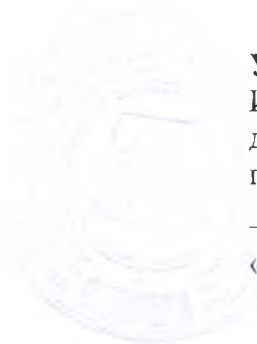


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Чайковский филиал  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**  
Кафедра автоматизации, информационных и инженерных технологий



**УТВЕРЖДАЮ**

Исполняющий обязанности  
директора, заместитель директора  
по учебной работе ЧФ ПНИПУ  
\_\_\_\_\_ Н. М. Куликов

«04» 09 \_\_\_\_\_ 2020 г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине  
**«Методы идентификации»**  
*Приложение к рабочей программе дисциплины*

**Направление подготовки:** 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

**Направленность (профиль) образовательной программы:** Автоматизация технологических процессов и производств в машиностроении и энергетике

**Квалификация выпускника:** «бакалавр»

**Выпускающая кафедра:** кафедра автоматизации, информационных и инженерных технологий

**Форма обучения:** очная

**Курс:** 4 **Семестр:** 7

**Трудоёмкость:**  
Кредитов по рабочему учебному плану: 3 ЗЕ  
Часов по рабочему учебному плану: 108 ч.

**Форма промежуточной аттестации:**  
Зачет: 7 семестр.

Чайковский 2020

**Фонд оценочных средств** для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины «Методы идентификации». Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

### **1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля**

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (7-ой семестр учебного плана) и разбито на 2 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные, лабораторные и практические занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций знать, уметь, владеть, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, выполнении лабораторных и практических работ, самостоятельной работы. Виды контроля сведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля					
	Текущий		Рубежный			Итоговый
	С	ТО	ОЛР	ОПР	Т/КР	Зачет
<b>Усвоенные знания</b>						
<b>3.1</b> знать постановку задачи идентификации	С	ТО	ОЛР	ОПР	Т, Р	Выполнение и успешная защита всех видов работ
<b>3.2</b> знать математические методы описания систем автоматического управления	С	ТО	ОЛР	ОПР	Т, Р	
<b>3.3</b> знать основные подходы к решению структурной идентификации	С	ТО	ОЛР	ОПР	Т, Р	
<b>3.4</b> знать методы идентификации с использованием тестовых сигналов	С	ТО	ОЛР	ОПР	Т, Р	
<b>3.5</b> знать основы линейного регрессионного анализа	С	ТО	ОЛР	ОПР	Т, Р	
<b>3.6</b> знать методы идентификации динамических систем управления	С	ТО	ОЛР	ОПР	Т, Р	
<b>3.7</b> знать основные подходы к решению задачи идентификации нелинейных систем	С	ТО	ОЛР	ОПР	Т, Р	
<b>3.8</b> знать основные принципы исследования идентификационных моделей	С	ТО	ОЛР	ОПР	Т, Р	
<b>3.9</b> знать основы теории планирования эксперимента; методы оценивания адекватности моделей	С	ТО	ОЛР	ОПР	Т, Р	

Освоенные умения						
У.1 уметь решать задачу структурной идентификации динамических систем			ОЛР	ОПР		Выполнение и успешная защита всех видов работ
У.2 уметь применять методы линейного регрессионного анализа для идентификации динамических систем			ОЛР	ОПР		
У.3 уметь осуществлять выбор наилучшего метода и модели идентификации;			ОЛР	ОПР		
У.4 уметь оценивать адекватность моделей			ОЛР	ОПР		
У.5 уметь осуществлять постановку эксперимента и обработку экспериментальных данных			ОЛР	ОПР		
Приобретенные владения						
В.1 владеть навыками построения моделей идентификации объектов и систем управления			ОЛР	ОПР		Выполнение и успешная защита всех видов работ
В.2 владеть навыками исследования идентификационных моделей			ОЛР	ОПР		

*С – собеседование по теме; ТО – теоретический опрос; ОЛР – отчет по лабораторной работе; ОПР – отчет по практической работе; Р - реферат; Т – рубежное тестирование.*

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде зачета, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

## 2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования в ЧФ ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланочного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д. Рубежный контроль по дисциплине проводится на

следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

– межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

– контроль остаточных знаний.

## **2.1. Текущий контроль усвоения материала**

Текущий контроль усвоения материала в форме опроса и анализа усвоения материала предыдущей лекции, собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

## **2.2. Рубежный контроль**

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений проводится в форме защиты лабораторных и практических работ, подготовки реферата.

### **2.2.1. Защита лабораторных работ**

Всего запланировано 6 лабораторных работ. Типовые темы лабораторных работ приведены в РПД.

Защита лабораторной работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценивания уровня освоения дисциплинарных частей компетенций, приобретаемых при выполнении лабораторных работ описаны в документе «Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации по основной профессиональной образовательной программе бакалавриата. Общая часть», пункт 4.

Примеры типовых заданий на лабораторные работы представлены в Приложении 1 данного документа.

### **2.2.2. Защита практических работ**

Всего запланировано 7 практических работ. Типовые темы практических работ приведены в РПД.

Защита практической работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценивания уровня освоения дисциплинарных частей компетенций, приобретаемых при выполнении практических работ описаны в документе «Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации по основной профессиональной образовательной программе бакалавриата. Общая часть», пункт 4.

Примеры типовых заданий на практические работы представлены в Приложении 2 данного документа.

### **2.2.3. Подготовка реферата**

Реферат подготавливается студентом самостоятельно, должен носить творческий характер, по своему содержанию и оформлению быть приближенным к научному исследованию. Реферат пишется по темам, выносимым на самостоятельное изучение. При подготовке реферата студенту предварительно следует подобрать различные технические, периодические и другие источники и

материалы, систематизируя и обобщая при этом нужную информацию по теме.

*Примерная тематика рефератов:*

1. Метод Винера для оценивания параметров нелинейного объекта.
2. Метод Винера для идентификации нелинейных систем.
3. Модель Гаммерштейна для нелинейных систем.
4. Идентификация нелинейных объектов с использованием линеаризованных моделей.
5. Применение интерполяционных полиномов для оценивания статистических характеристик нелинейных систем.
6. Применение метода припасовывания для идентификации нелинейных систем.
7. Основные статистические показатели модели.
8. Оптимальный регрессионный эксперимент. Его план и критерии оптимальности.
9. Рототабельные планы эксперимента
10. Условия рототабельности и виды рототабельных планов второго порядка.

Критерии оценивания качества реферата:

- качество проработки темы;
- объем проанализированной информации;
- правильность оформления.

Оценка реферата по 4-х бальной шкале:

Оценка *«отлично»* ставится за реферат, в котором четко определены цель и задачи работы, полно и последовательно раскрыто содержание темы, творчески, самостоятельно исследована проблема, проанализирован значительный объем информации по теме реферата, продемонстрированы навыки исследовательской работы. Отсутствуют грамматические ошибки. Полностью соблюден стандарт оформления работы.

Оценка *«хорошо»* ставится за реферат, в котором содержание раскрыто на достаточном творческом уровне, содержательно рассмотрены отдельные вопросы, собран и проанализирован значительный объем информации, продемонстрированы умения исследовательской работы. Однако в реферате имеют место отдельные неточности, незначительные ошибки, недостатки в оформлении.

Оценка *«удовлетворительно»* ставится за реферат, в котором большей частью правильно, но недостаточно полно раскрыто содержание основных вопросов, отсутствует надлежащая глубина анализа информации по теме. Реферату присущи отдельные стилистические и грамматические ошибки, есть нарушения стандарта оформления реферата.

Оценка *«неудовлетворительно»* ставится за реферат, в котором допущены существенные ошибки в изложении материала, использован довольно узкий круг литературных источников, отсутствует их анализ.

### **2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)**

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех лабораторных и практических работ, реферата и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в форме зачета.

### **2.3.1. Порядок организации зачета по дисциплине**

Процедура промежуточной аттестации без дополнительного аттестационного испытания, критерии и шкалы выведения итоговой оценки за компоненты компетенций при проведении промежуточной аттестации в виде зачета описаны в документе «Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации по основной профессиональной образовательной программе бакалавриата. Общая часть», пункт 5.2.1.

## **3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и дисциплинарных компетенций**

### **3.1. Оценка уровня сформированности компонентов дисциплинарных компетенций**

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде зачета без дополнительного аттестационного испытания используются типовые критерии, приведенные в документе «Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации по основной профессиональной образовательной программе бакалавриата. Общая часть», пункт 5.2.1. Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены там же.

Типовые задания на лабораторные работы для проверки умений и владений

**Лабораторная работа 1.** Расчет одномерной модели на основе линейного регрессионного метода.

В таблице приведены данные о среднедушевом прожиточном минимуме в день на одного работающего  $x$  (в рублях) и данные о средней заработной плате за один рабочий день  $y$  (в рублях) в 15-ти регионах

1. Постройте уравнение парной регрессии  $y$  от  $x$ .
2. Рассчитайте коэффициент парной корреляции, коэффициент детерминации и среднюю ошибку аппроксимации.
3. Оцените статистическую значимость параметров регрессии и уравнения регрессии с помощью  $F$ -критерия Фишера и  $t$ -критерия Стьюдента.
4. Найдите доверительные интервалы для коэффициентов регрессии и уравнения регрессии на уровне значимости  $\alpha = 0,05$ . Отразите на графике.
5. Найдите и удалите из выборки две точки, наиболее удалённые от линии регрессии. Постройте линию регрессии для этой выборки. Сравните результаты.

Вариант 1	
Прожиточный минимум	Заработная плата
234	445
246	484
261	518
237	457
267	524
318	623
201	396
264	517
219	434
261	517
228	449
345	685
207	419
252	526
276	553

**Лабораторная работа 2.** Расчет многомерной модели на основе линейного регрессионного метода.

По данным, представленным в таблице ниже, изучается зависимость объема валового национального продукта  $Y$  (млрд. долл.) от следующих переменных:  $X_1$  – потребление, млрд.долл.,  $X_2$  – инвестиции, млрд. долл.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$Y$	8	9,5	11	12	13	14	15	16,5	17	18
$X_1$	1,65	1,8	2,0	2,1	2,2	2,4	2,65	2,85	3,2	3,55
$X_2$	14	16	18	20	23	23,5	25	26,5	28,5	30,5

Задание:

1. Для заданного набора данных постройте линейную модель множественной регрессии. Оцените точность и адекватность построенного уравнения регрессии.

2. Дайте экономическую интерпретацию параметров модели.
3. Для полученного уравнения проверьте выполнение условия гомоскедастичности остатков, применив тест Голдфелда-Квандта.
4. Проверьте полученную модель на наличие автокорреляции остатков с помощью теста Дарбина – Уотсона.

**Лабораторные работы 3.** Расчет параметров нелинейной модели.

1. Выбрать нелинейную функцию, аппроксимирующую исходные данные.
2. Привести нелинейное соотношение к линейному виду, то есть линеаризовать путем логарифмирования или метода замены переменных.
3. По статистическим данным построить уравнение регрессии, характеризующее данную зависимость.
4. Осуществить проверку, не обеспечивает ли одна из моделей значимо лучшего соответствия.
5. Дать экономическую трактовку полученного результата.

**Лабораторная работа 4.** Расчет значимости коэффициента множественной корреляции.

**Задача.** Зависимость уровня рентабельности  $y$  от производительности труда  $x_1$ , тыс. руб., продолжительности оборота оборотных средств предприятия  $x_2$ , дни и материалоотдачи  $x_3$ , тыс. ден. ед. приведена в табл.

1. Считая, что между результативным и факторными признаками имеет место линейная связь, найти линейное уравнение связи (регрессии).
2. Найти парные коэффициенты корреляции и составить корреляционную матрицу. По полученным данным сделать вывод о тесноте связи между рассматриваемыми переменными. Проверить значимость коэффициентов корреляции и проанализировать полученные данные. Сделать вывод о наличии либо отсутствии мультиколлинеарности и при необходимости устранить мультиколлинеарность.
3. Найти линейное уравнение регрессии для преобразованной модели. Для полученной линейной модели определить коэффициенты эластичности. Сделать выводы.
4. Проверить адекватность полученной модели по критерию Фишера и определить среднюю относительную ошибку аппроксимации. Уровень значимости.

<b>B1</b>	<b>y</b>	<b>x<sub>1</sub></b>	<b>x<sub>2</sub></b>	<b>x<sub>3</sub></b>
1	20	32	33	68
2	24	30	31	65
3	28	36	41	72
4	30	40	39	79
5	31	41	46	80
6	33	47	43	85
7	34	56	34	87
8	37	54	38	86
9	34	55	34	90
10	38	60	42	92
11	40	55	35	86



**Лабораторная работа 5.** Оценка адекватности идентификационной модели.

1. По данным вычислительного эксперимента рассчитать дисперсию воспроизводимости.
2. Оценить однородность дисперсий методом Кохрена.
3. Рассчитать коэффициенты уравнения регрессии по формулам

$$B_j = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_j y_i ;$$
$$B_o = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_o y_i ; \quad B_{ij} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i x_j y_i .$$

4. Составить математическую модель.
5. Рассчитать доверительный интервал коэффициентов уравнений регрессии и оценить значимость коэффициентов.
6. Проверить полученную модель на адекватность.

**Лабораторная работа 6.** Построение полных и дробных планов.

1. Получить математическое описание зависимости выходного напряжения  $U_2$  трансформатора от входного напряжения  $U_1$  и сопротивления нагрузки  $R$  по результатам полного факторного эксперимента.
2. Произвести статистический анализ полученной линейной модели. Сделать выводы об изучаемом явлении по модели.
3. Получить математическое описание исследуемой зависимости  $U_2=f(U_1,R)$  по результатам планируемого расчета схемы замещения трансформатора. Применить схему ДФЭ  $\frac{1}{2} \cdot 2^3$ .

**Типовые задания на практические работы для проверки умений и владений**

**Практическая работа 1.** Выбор класса моделей по формализованному описанию объекта управления.

Определить функцию выхода  $T(R_d, \tau)$  ( $R_d$  – расположение датчика,  $\tau$  – время). Уравнение теплопроводности, описывающее объект, в цилиндрической системе координат, имеет вид:

$$\frac{\partial T(r, \tau)}{\partial \tau} = a \cdot \left( \frac{\partial^2 T(r, \tau)}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial T(r, \tau)}{\partial r} \right),$$

$$0 < r < R, \tau > 0,$$

где  $r$  - текущая координата,

$\partial r$  - шаг дискретизации по  $r$  (выбирается самостоятельно, в зависимости от исходных данных),

$\partial \tau$  - шаг дискретизации по  $\tau$ .

Исходные данные для расчета:

№	$R, м.$	$a$	$\partial \tau, сек$	$R_d, м.$	$S1$	$S2$
1	0.1	0.0001	$\leq 0.1$	$0.1 \cdot R$	q	0

**Практическая работа 2.** Выбор и ранжирование значимых переменных.

1. Проверить гипотезу о наличии связи между несколькими рядами рангов, присвоенных объектам в связи с изучаемым явлением (процессом, качеством и т.д.). применить различные методы ранговой корреляции (по Кендалу и по Спирмену).

2. Применить метод конкордации для выяснения степени согласия исследователей в связи с ранжировкой объектов по изучаемому признаку.

3. Определить, существует ли связь между двумя факторами – производительностью оборудования и степенью его износа. Для этого произведем ранжировку оборудования, обозначенного как №1, №2, №3, №4, №5, №6, по производительности (ряд  $X$ ) и по степени износа (ряд  $Y$ ).

Оборудование	№1	№2	№3	№4	№5	№6
$X$	2	4	3	1	5	6
$Y$	1	4	2	3	6	5

**Практическая работа 3.** Постановка и выбор метода оптимизации при решении задачи идентификации.

Необходимо определить оптимальные условия суперфинишной обработки цилиндрической детали охватывающей головкой с брусками марки 24АМ40СМ1К. В качестве параметра оптимизации выбрана производительность процесса, характеризуемая интенсивностью съема припуска  $Q$  (мкм/мин); в качестве влияющих факторов — частота колебаний брусков  $f$  (мин<sup>-1</sup>); частота вращения детали  $n$  (об/мин); давление в гидроцилиндре, прижимающем бруски к детали,  $p$  (МПа); амплитуда осцилляции  $A$  (мм).

Исходный уровень факторов и интервалы их варьирования приведены в таблице.

Уровень варьируемых факторов	Обозначение кодовое	$f, \text{мин}^{-1}$	$n, \text{об/мин}$	$p, \text{МПа}$	$L, \text{мм}$
		$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$
Основной уровень	0	885	25,75	2,25	3,5
Интервал варьирования	$\Delta x_i$	135	5,75	0,25	0,5
Верхний уровень	+1	1020	31,5	2,5	4
Нижний уровень	-1	750	20	2,0	3

**Практическая работа 4.** Построение модели динамических объектов с использованием линейного регрессионного анализа.

По 20 предприятиям региона изучается зависимость выработки продукции на одного работника  $y$  (тыс. руб.) от ввода в действие новых основных фондов  $x_1$  (% от стоимости фондов на конец года) и от удельного веса рабочих высокой квалификации в общей численности рабочих  $x_2$  (%).

*Требуется:*

1. Построить линейную модель множественной регрессии. Выполнить анализ результатов.

2. Записать стандартизованное уравнение множественной регрессии. На основе стандартизованных коэффициентов регрессии и средних коэффициентов эластичности ранжировать факторы по степени их влияния на результат.

3. С помощью  $F$ -критерия Фишера оценить статистическую надежность уравнения регрессии и коэффициента детерминации  $R^2_{yx_1x_2}$ .

4. Найти коэффициенты парной, частной и множественной корреляции. Проанализировать их.

5. С помощью частных  $F$ -критериев Фишера оценить целесообразность включения в уравнение множественной регрессии фактора  $x_1$  после  $x_2$  и фактора  $x_2$  после  $x_1$ .

6. Составить уравнение линейной парной регрессии, оставив лишь один значащий фактор.

Номер предприятия	$y$	$x_1$	$x_2$	Номер предприятия	$y$	$x_1$	$x_2$
1	6	3,6	9	11	9	6,3	21
2	6	3,6	12	12	11	6,4	22
3	6	3,9	14	13	11	7	24
4	7	4,1	17	14	12	7,5	25
5	7	3,9	18	15	12	7,9	28
6	7	4,5	19	16	13	8,2	30
7	8	5,3	19	17	13	8	30
8	8	5,3	19	18	13	8,6	31
9	9	5,6	20	19	14	9,5	33
10	10	6,8	21	20	14	9	36

**Практическая работа 5.** Построение моделей с использованием динамических характеристик объекта управления.

В качестве объекта исследования выступают линейные (линеаризованные) динамические стационарные системы управления с одним входом и одним выходом. При этом модель одномерной САУ задана в виде комплексной передаточной функции, записанной как отношение полиномов

$$W(s) = \frac{b_m s^m + \dots + b_1 s + b_0}{a_n s^n + \dots + a_1 s + a_0}$$

Необходимо:

1. Определить полюса и нули передаточной функции

$$s_j^*, (j = \overline{1, n}), \quad s_j^0, (j = \overline{1, m})$$

2. Записать дифференциальное уравнение, определяющее функционирование САУ.

3. Построить графики переходной и импульсно-переходной функции:  $h(t)$ ,  $w(t)$ .

**Практическая работа 6.** Построение моделей с использованием частотных характеристик объекта управления.

По данным практической работы 7:

1. Построить логарифмические частотные характеристики  $L(\omega)$ .
2. Построить частотный годограф Найквиста  $W(i\omega)$ ,  $\omega = [0, \infty]$ .
3. Представить исходную систему в виде последовательного соединения типовых звеньев. Построить характеристики этих типовых звеньев.

**Практическая работа 7.** Выбор плана эксперимента для объектов 2-3-го порядка.

1. Выбрать основные факторы и их уровни (три фактора).
2. Принять план проведения эксперимента и провести эксперимент.
3. Определить коэффициенты уравнения регрессии.
4. Провести статистический анализ результатов эксперимента.
5. Проанализировать полученное уравнение на экстремум.

Исходные данные для выполнения работы делятся на общие и базовые данные для расчета.

*Общие данные:*

Значения нулевых уровней факторов:  $x_{01}=0,3$ ;  $x_{02}=2$ ;  $x_{03}=15$ .

Значения интервалов варьирования:  $E_1=0,1$ ;  $E_2=0,5$ ;  $E_3=5$ .

В расчетах используется 5% уровень значимости.

Для трехфакторного эксперимента:

- $K=3$  – количество факторов;
- $KPR=0$  (полный факторный эксперимент);
- число точек ядра  $NC=8$ ;
- число центральных точек  $N0=6$ ;
- общее число опытов  $NI=20$ ;
- величина плана для звездных точек  $Z=1,68179$ ;
- число звездных точек равно  $NI-NC-N0=20-8-6=6$ .

Так как  $KP=K-KPR=3-0=3$ , то план эксперимента использовать из таблицы:

№ экспериментального результата	K=4			
	K=3			
	1	2	3	4
1	+1	+1	+1	+1
2	-1	+1	+1	-1
3	+1	-1	+1	-1
4	-1	-1	+1	+1
5	+1	+1	-1	-1
6	-1	+1	-1	+1
7	+1	-1	-1	+1
8	-1	-1	-1	-1
9	+ $\alpha$	0	0	0
10	0	+ $\alpha$	0	0
11	0	0	+ $\alpha$	0
12	0	0	0	+ $\alpha$
(NC+K+1)	- $\alpha$	0	0	0
(NC+K+2)	0	- $\alpha$	0	0
(NC+K+3)	0	0	- $\alpha$	0
(NC+K+4)	0	0	0	- $\alpha$
(NI-N0+1)	0	0	0	0
...	0	0	0	0
NI	0	0	0	0

*Базовые данные*

№ опыта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
y <sub>1</sub>	46,7	42,0	40,0	35,4	39,5	35,3	33,4	29,5	41,1	43,1
y <sub>2</sub>	46,9	42,1	39,9	35,5	39,6	35,5	33,6	29,6	41,0	43,3
y <sub>3</sub>	46,8	41,9	39,8	35,3	39,7	35,4	33,5	29,7	41,2	43,2

Продолжение 1

№ опыта	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
y <sub>1</sub>	43,2	34,0	32,6	32,3	37,3	37,2	37,2	37,4	37,1	37,2
y <sub>2</sub>	43,3	34,1	32,5	32,5	37,2	37,3	37,1	37,2	37,0	37,3
y <sub>3</sub>	43,4	33,9	32,4	32,4	37,1	37,1	37,0	37,3	37,2	37,4