

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

Кафедра «Электропривод и автоматизация промышленных установок»



УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор

И.В. Макурин

20 25 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины «Методы идентификации и диагностики электроприводов»

основной профессиональной образовательной программы  
подготовки магистров по направлению  
13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»,  
профиль «Электропривод и автоматика»

Форма обучения Заочная  
Технология обучения Традиционная

Комсомольск-на-Амуре 20 25

Автор рабочей программы  
доцент, канд. техн. наук, доцент

 С.В. Стельмашук  
« 03 » 10 2017г.

СОГЛАСОВАНО

Директор библиотеки

 И.А. Романовская  
« 03 » 10 2017г.

Заведующий кафедрой ЭПАПУ

 В.А. Соловьев  
« 03 » 10 2017г.

Декан электротехнического факультета

 А.С. Гудим  
« 03 » 10 2017г.

Начальник учебно-методического  
управления

 Е.Е. Поздеева  
« 03 » 10 2017г.

## Введение

Рабочая программа дисциплины «Методы идентификации и диагностики электроприводов» составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 21.11.2014 № 1500, и основной профессиональной образовательной программы подготовки магистров по направлению 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника».

### 1 Аннотация дисциплины

Наименование дисциплины	<u>Методы идентификации и диагностики электроприводов</u>							
Цель дисциплины	Подготовка высококвалифицированного специалиста, владеющего основами применения современных методов параметрической идентификации электроприводов, методами построения и анализа диагностических моделей электроприводов и умеющего выполнять исследовательские и расчетные работы по созданию и применению диагностического обеспечения автоматизированных электроприводов с широким использованием современных средств вычислительной техники.							
Задачи дисциплины	- изучить методы построения и анализа диагностических моделей электроприводов во временной и частотной области, методы поиска дефектов электроприводов в статических и динамических режимах, основы идентификации параметров электроприводов; - выполнять исследовательские и расчетные работы по созданию и применению диагностического обеспечения автоматизированных электроприводов с широким использованием современных средств вычислительной техники; - выполнение исследовательских и расчетных работ в области построения и использования динамических моделей для диагностирования электроприводов с применением современных программных средств.							
Основные разделы дисциплины	- идентификация параметров электропривода - диагностика электропривода							
Общая трудоемкость дисциплины	5 з.е. / 180 академических часов							
	Семестр	Аудиторная нагрузка, ч				СРС, ч	Промежуточная аттестация, ч	Всего за семестр, ч
		Лекции	Пр. занятия	Лаб. работы	Курсовое проектирование			
3 семестр	12	12	-		152	4	180	
ИТОГО:		12	12	-		152	4	180

### 2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами образовательной программы

Дисциплина «Методы идентификации и диагностики электроприводов» нацелена на формирование компетенций, знаний, умений и навыков, указанных в таблице 1.

Таблица 1 – Компетенции, знания, умения, навыки

Наименование и шифр компетенции, в формировании которой принимает участие дисциплина	Перечень формируемых знаний, умений, навыков, предусмотренных образовательной программой		
	Перечень знаний (с указанием шифра)	Перечень умений (с указанием шифра)	Перечень навыков (с указанием шифра)
ПК-1 Способность планировать и ставить задачи исследования, выбирать методы экспериментальной работы, интерпретировать и представлять результаты научных исследований	31(ПК-1-5) Правила диагностики и идентификации элементов систем электропривода	У1(ПК-1-5) Применять методики и правила диагностики на различных стадиях проектируемых систем электропривода	Н1(ПК-1-5) Навыками объединения отдельных частей проектируемого электропривода в единую систему электропривода
	32(ПК-1-5) Существующие системы электропривода, разработанные отечественными и зарубежными производителями	У2(ПК-1-5) Использовать приемы диагностирования элементов систем электропривода для оценки параметров системы	Н2(ПК-1-5) Владеть навыками идентификации и диагностирования при выборе оборудования для систем электроприводов

### 3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Методы идентификации и диагностики электроприводов» изучается на 2 курсе в 3 семестре.

Дисциплина является обязательной дисциплиной входит, в состав блока 1 «Дисциплины (модули)» и относится к вариативной части.

Знания, умения и навыки, сформированные дисциплиной «Методы идентификации и диагностики электроприводов» являются основной для успешного и выполнения выпускной квалификационной работы.

Входной контроль при изучении дисциплины не проводится.

### 4 Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 академических часов.

Распределение объема дисциплины (модуля) по видам учебных занятий представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Объем дисциплины (модуля) по видам учебных занятий

Объем дисциплины	Всего академических часов
	Очная форма обучения
Общая трудоемкость дисциплины	180
<b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий), всего</b>	24
В том числе:	
<b>занятия лекционного типа</b> (лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации педагогическими работниками)	12
<b>занятия семинарского типа</b> (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия)	12
<b>Самостоятельная работа обучающихся и контактная работа,</b> включающая групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателями (в том числе индивидуальные консультации); взаимодействие в электронной информационно-образовательной среде вуза	152
Промежуточная аттестация обучающихся, зачет с оценкой	4

**5 Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

Таблица 3 – Структура и содержание дисциплины (модуля)

Содержание материала	Компонент учебного плана	Трудоемкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				компетенции	ЗУН
1	2	4	3	5	6
<b>Раздел 1 Идентификация параметров электропривода</b>					
<b>Тема 1.1</b> Проблема идентификации электроприводов. Основные понятия. Критерии идентификации. Классификация объектов, задач и методов идентификации. Требования, предъявляемые к методам идентификации.	Лекция	2	традиционная лекция	ПК-1-5	32(ПК-1-5)
<b>Тема 1.2</b> Идентификация методом Симою	Лекция	4	имитация ситуации	ПК-1-5	31(ПК-1-5)
<b>Тема 1.3</b> Динамическая идентификация электропривода на основе разностных уравнений	Лекция	2	традиционная лекция	ПК-1-5	31(ПК-1-5)
Идентификация электропривода по кривой разгона	Практическое занятие	4	работа с симулятором	ПК-1-5	31(ПК-1-5) У1(ПК-1-5)

1	2	4	3	5	6
Исследование методов идентификации параметров электропривода	Практическое занятие	4	работа с симулятором	ПК-1-5	31(ПК-1-5) У1(ПК-1-5)
	СРС	20	изучение теоретических разделов дисциплины	ПК-1-5	31(ПК-1-5)
	СРС	60	подготовка и выполнение КП	ПК-1-5	У1(ПК-1-5) Н1(ПК-1-5)
<b>ИТОГО по разделу 1</b>	Лекции	8	–	–	–
	Практические занятия	8	–	–	–
	СРС	80	–	–	–
<b>Раздел 2 Диагностика электропривода</b>					
<b>Тема 2.1</b> Основные понятия и определения технической диагностики. Характеристика задач диагностирования. Классификация методов диагностирования	Лекция	2	интерактивная лекция	ПК-1-5	32(ПК-1-5)
<b>Тема 2.2</b> Диагностирование в тестовых режимах. Диагностические модели динамических систем.	Лекция	2	традиционная лекция	ПК-1-5	31(ПК-1-5)
Диагностика электропривода методами динамической идентификации	Практическое занятие	4	работа с симулятором	ПК-1-5	31(ПК-1-5)
	СРС	12	изучение теоретических разделов дисциплины	ПК-1-5	32(ПК-1-5) У2(ПК-1-5)
	СРС	60	подготовка и выполнение КП	ПК-1-5	У2(ПК-1-5) Н2(ПК-1-5)
<b>ИТОГО по разделу 2</b>	Лекции	4	–	–	–
	Практические занятия	4	–	–	–
	СРС	72	–	–	–
<b>Курсовая работа /проект</b>		–	–	–	–
<b>Промежуточная аттестация по дисциплине</b>		4	Зачёт с оценкой	–	–
<b>ИТОГО по дисциплине</b>	Лекции	12	–	–	–
	Практические занятия	12	–	–	–
	СРС	152	–	–	–
<b>ИТОГО:</b> общая трудоемкость дисциплины 180 часов, в том числе с использованием активных методов обучения 8 часов					

## **6 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

Самостоятельная работа обучающихся, осваивающих дисциплину «Методы идентификации и диагностики электроприводов», состоит из следующих компонентов: изучение теоретических разделов дисциплины; подготовка к практическим занятиям; подготовка и оформление контрольной работы и курсового проекта. Для успешного выполнения всех разделов самостоятельной работы учащимся рекомендуется использовать следующее учебно-методическое обеспечение:

1. Структурный синтез. Повышение информативности нечеткого регулятора: методические указания к лабораторной работе / С.П. Черный, А.С. Гудим, Е.Д. Петренко, - Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «КнАГТУ», 2008. – 12 с.

2. Структурный синтез САР. Коррекция САР на примере системы управления тиристорный преобразователь-двигатель: методические указания к лабораторной работе / С.П. Черный, А.С. Гудим, Е.Д. Петренко, - Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «КнАГТУ», 2008. – 13 с.

3. Интеллектуальная система управления электроприводом с использованием мягких вычислений: методические указания к курсовой работе / С.П. Черный, А.С. Гудим, Е.Д. Петренко, - Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «КнАГТУ», 2008. – 20 с.

Рекомендуемый график выполнения самостоятельной работы представлен в таблице 4.



## 7 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Таблица 5 – Паспорт фонда оценочных средств

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
Разделы 1, 2	31(ПК-1-5), 32(ПК-1-5), У1(ПК-1-5), У2(ПК-1-5)	Практические задания	Полнота и правильность выполнения задания
Разделы 1, 2	31(ПК-1-5), 32(ПК-1-5), Н1(ПК-1-5), Н2(ПК-1-5)	Курсовой проект	Полнота и правильность выполнения задания

Промежуточная аттестация проводится в форме *зачёта с оценкой*.

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, представлены в виде технологической карты дисциплины (таблица 6).

Таблица 6 – Технологическая карта

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
3 семестр				
<i>Промежуточная аттестация в форме зачёта с оценкой</i>				
1	Практическое задание 1	в течение семестра	5 баллов	5 баллов – студент показал отличные навыки применения полученных навыков и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 4 балла – студент показал хорошие навыки применения полученных навыков и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 3 балла – студент показал удовлетворительное владение навыками применения полученных навыков и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 2 балла – студент продемонстрировал недостаточный уровень владения умениями и навыками при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.
2	Практическое задание 2	в течение семестра	5 баллов	
3	Практическое задание 3	в течение семестра	5 баллов	
ИТОГО:		-	15 баллов	-

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
<p><b>Критерии оценки результатов обучения по дисциплине, с учетом экзамена:</b>  0 – 64 % от максимально возможной суммы баллов – «неудовлетворительно» (недостаточный уровень для промежуточной аттестации по дисциплине);  65 – 74 % от максимально возможной суммы баллов – «удовлетворительно» (пороговый, минимальный уровень);  75 – 84 % от максимально возможной суммы баллов – «хорошо» (средний уровень);  85 – 100 % от максимально возможной суммы баллов – «отлично» (высокий, максимальный уровень)</p>				
5	Выполнение курсового проекта	в течение семестра	5 баллов	<p>5 – студент владеет знаниями в полном объеме, достаточно глубоко осмысливает выполненную работу; самостоятельно, в логической последовательности и исчерпывающе отвечает на вопросы, связанные с проектом</p> <p>4 – студент владеет знаниями почти в полном объеме (имеются пробелы знаний только в некоторых, особенно сложных разделах); не допускает вместе с тем серьезных ошибок в проектировании</p> <p>3 – студент способен решать лишь наиболее легкие задачи, владеет только обязательным минимумом методов проектирования</p> <p>2 – студент не освоил обязательного минимума знаний, не способен проектировать</p>
ИТОГО:		–	5 баллов	

## ЗАДАНИЯ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

#### *1. Идентификация электропривода по кривой разгона*

Задана математическая модель электропривода.

1. Реализовать модель привода с помощью программы PSM и получить кривую разгона.
2. По кривой разгона определить параметры привода графическим способом.
3. По кривой разгона определить параметры привода интерполяционным способом.
4. По кривой разгона определить параметры привода интегральным способом.

#### *2. Диагностика электропривода методами динамической идентификации*

Задана математическая модель электропривода со стохастически изменяющимися параметрами.

1. Реализовать модель привода с помощью программы PSM.

2. Составить разностные уравнения для оценки параметров привода и представить в матричном виде.
3. Построить с помощью программы PSM схему диагностики параметров привода.
4. Провести моделирование привода и получить кривые диагностики параметров.

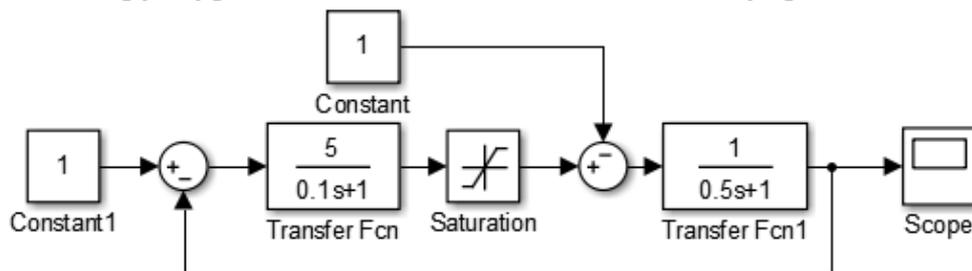
### 3. Диагностика электропривода методом наименьших квадратов

Задана математическая модель электропривода со стохастически изменяющимися параметрами.

1. Реализовать модель привода с помощью программы PSM.
2. Произвести дискретизацию модели привода и получить матрицу наблюдения и вектор предсказанных значений.
3. Построить с помощью программы PSM схему диагностики параметров привода.
4. Провести моделирование привода и получить кривые диагностики параметров.

## КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Задана структурная схема нелинейного объекта управления



1. Определить порядок передаточной функции модели по управляющему воздействию на основе метода Симою.
2. Выполнить идентификацию объекта по управляющему воздействию методом моментов. Использовать модели с порядком определённым в п.1.
3. Получить и сравнить переходные функции модели и объекта по управляющему воздействию.
4. Рассчитать модальный регулятор с настройкой на форму Баттерворта. Среднегеометрический корень настроенной САР задать в три раза меньше среднегеометрического корня модели.
5. Построить структурную схему САР, где используется модель как наблюдающее устройство с релейным элементом.
6. Получить переходную функцию САР по управлению и возмущению.

## 8 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

### 8.1 Основная литература

- 1) Алексеев, А.А., Солодовников, А.И. Диагностика в технических си-

стемах управления Учебное пособие для вузов. Под ред. В.Б.Яковлева - СПб. Изд-во ГЭТУ, 1997.- 187с.

2) Ольшанский В.В. Идентификация и диагностика систем [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.В. Ольшанский, С.В. Мартемьянов. — Электрон. текстовые данные. — Ростов-на-Дону: Институт водного транспорта имени Г.Я. Седова – филиал «Государственный морской университет имени адмирала Ф.Ф. Ушакова», 2016. — 106 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/57341.html>

3) Рубан А.И. Адаптивные системы управления с идентификацией [Электронный ресурс] / А.И. Рубан - Красноярск.: СФУ, 2015. - 140 с.: ISBN 978-5-7638-3194-8 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/550540>

## 8.2 Дополнительная литература

1) Черепанов О.И. Идентификация и диагностика систем [Электронный ресурс] : учебное пособие / О.И. Черепанов, Р.О. Черепанов, Р.А. Крехтулева. — Электрон. текстовые данные. — Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2016. — 138 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/72093.html>

2) Учебно-методическое пособие по курсу Диагностика и надежность автоматизированных систем [Электронный ресурс] / . — Электрон. текстовые данные. — М. : Московский технический университет связи и информатики, 2015. — 32 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/61473.html>

3) Зенкин В.И. Практический курс математического и компьютерного моделирования [Электронный ресурс] : учебно-практическое пособие / В.И. Зенкин. — Электрон. текстовые данные. — Калининград: Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта, 2006. — 152 с. — 5-88874-732-7. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/23869.html>

## **9 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее – сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

- 1) Методы и алгоритмы идентификации систем  
<https://pandia.ru/text/77/515/32336.php>
- 2) Идентификация и диагностика систем  
<https://studfiles.net/preview/712325/>
- 3) Динамическая идентификация объектов управления  
<https://habr.com/ru/post/345198/>

## **10 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Изучение дисциплины «*Методы идентификации и диагностики электроприводов*» осуществляется в процессе аудиторных занятий и самостоятельной работы студента. Аудиторные занятия проводятся в форме лекций, лабораторных занятий. Разделы дисциплин следует изучать последовательно, начиная с первого. Каждый раздел, формирует необходимые условия для создания системного представления о предмете дисциплины.

Самостоятельная работа является наиболее продуктивной формой образовательной и познавательной деятельности студента в период обучения. СРС направлена на углубление и закрепление знаний студента, развитие практических умений. СРС включает следующие виды работ:

- работу с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуальному заданию;
- опережающую самостоятельную работу;
- выполнение курсового проектирования;
- изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- подготовку к мероприятиям текущего контроля;

Студенту необходимо усвоить и запомнить основные термины, понятия и их определения, подходы, концепции и методики.

Контроль самостоятельной работы студентов и качество освоения дисциплины осуществляется во время аудиторных занятий. Для этого, во время лекций используются элементы дискуссии и контрольные вопросы. Уровень освоения умений и навыков проверяется в процессе лабораторных и практических занятий. Для этого используются задания, подготовленные студентами во время семестра и предназначенные для текущего контроля (таблица 6).

Максимальный итоговый рейтинг – 15 баллов. Оценке «отлично» соответствует 13-15 баллов; «хорошо» – 11-12; «удовлетворительно» – 10-11; менее 10 – «неудовлетворительно» (смотри таблицу 6).

### **Курсовой проект**

Курсовое проектирование ориентировано на формирование и развитие у обучающихся умений и навыков проектирования и представления результатов их проектной деятельности с учетом и использованием действующих нормативных и методических документов университета.

При курсовом проектировании студенты закрепляют теоретические знания, полученные при изучении дисциплины, глубже знакомятся с практическими методами определения статических нагрузок и моментов инерции производственных механизмов, расчетом характеристик статического и динамического режимов, математическим описанием и структурными схемами разомкнутых и замкнутых электромеханических систем, принципиальными электрическими схемами электропривода.

В период работы над курсовым проектом студенты получают практические навыки расчета переходных процессов аналитическими и графоаналитическими методами, построения нагрузочных диаграмм электропривода и выбора мощности двигателей производственных механизмов. Студенты учатся принимать обоснованные решения путем сравнения вариантов, логических суждений, рассмотрения основных теоретических положений; умение кратко и точно излагать ход решения.

При проектировании студенты глубже изучают основную и специальную литературу по автоматизированному электроприводу и вникают в суть технологического процесса промышленной установки. Все это позволяет вести проектирование электропривода заданного механизма с инженерной позиции.

### **Содержание курсового проекта**

Курсовой проект состоит из пояснительной записки и графической части. Пояснительная записка должна содержать: введение, техническое задание на проектирование, основную часть (этапы расчетов и моделирования со всеми пояснениями), заключение и библиографический список. Основную часть, согласно требованиям технического задания, разбивают на разделы и подразделы, название которых должно соответствовать их основному содержанию.

Пояснительную записку представляют к защите в сброшюрованном виде. Примерный объем пояснительной записки 25 – 30 с.

Графическая часть должна содержать:

- структурную схему электропривода;
- структурную схему идентификации;
- структурную схему диагностики;
- структурную схему;
- кривые диагностики и переходных процессов.

Выполненный курсовой проект должен удовлетворять нормативным документам университета, с которыми можно ознакомиться в отделе стандартизации или на сайте университета. Отступления от указанных требований могут служить основанием для возврата проекта на исправление.

### **11 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Освоение дисциплины «Методы идентификации и диагностики электроприводов» и выполнение курсового проекта основывается на активном использовании MS Word, MS Excel, программа структурного моделирования (PSM), разработанная на кафедре ЭПАПУ КнАГТУ (Распоряжение о вводе в учебный процесс ПО от 23.12.2015, акт внедрения результатов научных ис-

следований), а также математический редактор Mathcad (Сервисный контракт # 2A1820328, лицензионный ключ, договор № 106-АЭ120 от 27.11.2012).

С целью повышения качества ведения образовательной деятельности в университете создана электронная информационно-образовательная среда. Она подразумевает организацию взаимодействия между обучающимися и преподавателями через систему личных кабинетов студентов, расположенных на официальном сайте университета в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» по адресу <https://student.knastu.ru>. Созданная информационно-образовательная среда позволяет осуществлять взаимодействие между участниками образовательного процесса посредством организации дистанционного консультирования по вопросам выполнения практических заданий.

## **12 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Для реализации программы дисциплины *«Методы идентификации и диагностики электроприводов»* используется материально-техническое обеспечение, перечисленное в таблице 7.

Таблица 7 – Материально-техническое обеспечение дисциплины

Аудитория	Наименование аудитории (лаборатории)	Используемое оборудование	Назначение оборудования
202/3	Лаборатория ЭВМ и вычислительных промышленных сетей	Персональные компьютеры	Вычисление и моделирование