

Учреждение образования «Гомельский государственный  
технический университет имени П.О. Сухого»

УТВЕРЖДАЮ  
Первый проректор  
ГГТУ им. П.О. Сухого

\_\_\_\_\_ О. Д. Асенчик

\_\_\_\_\_ 02.12. \_\_\_\_\_ 2020 г.

Регистрационный № УД– 25–45 /уч.

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОПНЕВМОСИСТЕМ

Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальности  
1-36 01 07 «Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин»

2020

Учебная программа составлена на основе:  
образовательного стандарта ОСВО 1-36 01 07-2013;  
учебных планов учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» специальности 1-36 01 07 «Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин».  
№ I 36-1-12/уч. от 06.02.2019 № I 36-1-02/уч. от 05.02.2020

#### СОСТАВИТЕЛЬ:

В.В. Брель доцент кафедры «Нефтегазоразработка и гидропневмоавтоматика», кандидат технических наук, доцент учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

#### РЕЦЕНЗЕНТЫ:

В.А. Демидов, главный механик РУП «Белэнергострой» - управляющая компания холдинга, филиал «СМУ Гомельэнергострой»

#### РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой «Нефтегазоразработка и гидропневмоавтоматика» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол № 2 от 22.09.2020);

Научно-методическим советом машиностроительного факультета учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол № 1 от 05.10.2020); УД-НГ-362/уч.

Научно-методическим советом учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол № 2 от 01.12.2020).

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

### *Вступление*

Учебная программа по дисциплине «Математическое моделирование гидропневмосистем» составлена на основе образовательного стандарта ОСВО 1-36 01 07-2013 и учебного плана учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» специальности 1-36 01 07 «Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин».

### *Цели и задачи учебной дисциплины*

Для специальности 1-36 01 07 «Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин» дисциплина «Математическое моделирование гидропневмосистем» является базовым теоретическим курсом, обеспечивающим фундаментальную подготовку студентов по избранной специальности и возможность изучать последующие дисциплины.

### *Цель учебной дисциплины:*

- формирование профессиональных компетенций в области гидравлических и пневматических систем мобильных и технологических машин.

### *Задачи курса:*

- дать студентам знания основных методов моделирования и исследования реальных физических систем, гидравлических, механических и тепловых, а также навыки современных методов расчёта и моделирования гидропневмосистем.

Для этого изучаются основные понятия процесса моделирования и проектирования технических объектов; структуры математической модели; классификацию математических моделей и требования предъявляемые к ним; технологию математического моделирования; объекты проектирования и построение динамических систем технических объектов на макроуровне; компонентные и топологические уравнения систем; метод сосредоточенных масс в формировании математической модели; метод типовых элементов в формировании математической модели; методику построения математической модели пневмопривода и упрощение динамических систем; моделирование нелинейных систем, характеристик гидродвигателей и гидронасосов, пневматических приводов технических объектов, гидроприводов технических объектов; моделирование и анализ статических состояний, переходных процессов.

Дисциплина «Математическое моделирование гидропневмосистем» базируется на усвоении студентами фундаментальных положений дисциплин:

«Высшая математика», «Физика», «Теоретическая механика», «Теория машин и механизмов», «Механика жидкости и газа».

В результате изучения дисциплины студент должен знать:

- вопросы теории моделирования;
- методы построения математических моделей и реального описания процессов, происходящих в системах, агрегатах и узлах мобильных и технологических машин;
- методы анализа полученных математических моделей и их реализации с использованием современных математических методов и вычислительных средств;

уметь:

- составлять математические модели и описание процессов, происходящих в системах, агрегатах и узлах;
- разрабатывать алгоритмы решения;
- анализировать полученные математические модели;
- реализовывать полученные математические модели на ЭВМ;

владеть:

- методами анализа и синтеза гидравлических и пневматических систем;
- критериями моделирования при возможных вариантах гидравлических расчетов;
- методами расчета гидравлических и пневматических систем.

Требования к компетенциям специалиста:

При изучении дисциплины формируются или развиваются компетенции:

*академические*

- уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач;
- владеть системным и сравнительным анализом;
- владеть исследовательскими навыками;
- уметь работать самостоятельно;
- быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью);
- иметь навыки, связанные с использованием технических устройств;
- владеть междисциплинарным подходом при решении проблем;
- обладать навыками устной и письменной коммуникации;
- уметь учиться, повышать свою квалификацию в течении всей жизни;

*социально-личностные*

- владеть навыками здоровьесбережения;
- самостоятельно приобретать и использовать в практической де-

ятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности;

*профессиональные*

- осуществлять необходимые расчеты гидropневмосистем, их элементов, узлов и агрегатов;
- выбирать технические средства для измерения параметров и характеристик гидropневмосистем при их экспериментальных исследованиях;
- знать принципы планирования и организации экспериментов при проведении испытаний гидropневмосистем их элементов, узлов и агрегатов;
- знать и уметь применять современные способы обработки результатов экспериментальных и теоретических исследований, методы оценки точности измерений и результатов.

Общее количество часов, отводимое на изучение учебной дисциплины «Математическое моделирование гидropневмосистем» в соответствии с учебным планом по специальности 1-36 01 07 «Гидropневмосистемы мобильных и технологических машин» - 140.

Трудоемкость учебной дисциплины, выраженная в зачетных единицах - 3,5.

Форма получения высшего образования: дневная.

Распределение аудиторного времени по видам занятий, курсам и семестрам:

Форма обучения	Дневная
Курс	3
Семестр	6
Лекции (часов)	32
Практические (семинарские) занятия (часов)	16
Лабораторные занятия (часов)	16
Всего аудиторных (часов)	64
Формы текущей аттестации по учебной дисциплине	
Экзамен	6 семестр

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### Тема 1. Введение. Основные понятия моделирования

Основные понятия моделирования технических систем. Понятие объекта, модели, моделирования Математическое моделирование и требования, предъявляемые к математическим моделям. Роль моделирования в процессе познавательной и практической деятельности человека. Универсальность, точность, адекватность, экономичность математической модели.

### Тема 2. Классификация математических моделей.

Принципы классификации математических моделей применяемых при описании технических процессов по следующим критериям:

- по форме представления;
- по характеру отображаемых свойств;
- по степени абстрагирования;
- по способу получения;
- по учёту физических свойств;
- по способу прогнозирования результата;

Области применения математических моделей в зависимости от вида и особенностей получения.

### Тема 3. Структура и параметры объектов моделирования.

Компоненты, параметры, переменные, функциональные зависимости, ограничения, целевые функции математической модели. Объекты проектирования на микроуровне. Основы построения математических моделей на микроуровне. Модели гидравлических, механических систем на микроуровне. Приближенные математические модели технических объектов на микроуровне.

Тема 4. Математические модели простых дискретных элементов технических объектов

Объекты проектирования на макроуровне. Динамическая модель технического объекта на макроуровне. Компонентные и топологические уравнения. Компонентные и топологические уравнения механической системы. Компонентные и топологические уравнения гидравлической системы. Определение параметров элементов динамических моделей механической системы. Определение параметров элементов динамических моделей гидравлической системы. Определение параметров элементов динамических моделей гидромеханической системы.

Тема 5. Построение теоретических математических моделей на макроуровне.

Способы построения теоретических моделей. Графические формы представления математических моделей. Матричная форма представления математической модели.

Тема 6. Узловой метод.

Узловой метод формирования математической модели. Уравнения Лагранжа второго рода. Метод функционально законченных элементов.

Тема 7. Структурно-матричный метод формирования математических моделей.

Основы структурно-матричного метода. Моделирование механической системы при пространственном движении твердых тел.

Тема 8. Моделирование механической системы.

Моделирование механической системы при плоском движении твердых тел. Моделирование теплопередачи в телах.

Тема 9. Экспериментальные факторные математические модели.

Особенности экспериментальных факторных моделей. Основные принципы планирования эксперимента. Регрессионный анализ. Оценка параметров регрессионной модели. Планы экспериментов и их свойства. Определение коэффициентов регрессионной модели и проверка их значимости. Проверка адекватности и работоспособности регрессионной модели.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
«МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОПНЕВМОСИСТЕМ»**

(Дневная форма получения образования)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Введение. Основные понятия моделирования	4	2		2			Опрос Защ.лаб.
2	Классификация математических моделей	2	2		2			Опрос Защ.лаб.
3	Структура и параметры объектов моделирования	4	2		2			Опрос Защ.лаб.
4	Математические модели простых дискретных элементов технических объектов	4	2		2			Опрос Защ.лаб.
5	Построение теоретических математических моделей на макроуровне	4	3		3			Опрос Защ.лаб.
6	Узловой метод	4						Опрос
7	Структурно-матричный метод формирования математических моделей.	4	3		3			Опрос Защ.лаб.
8	Моделирование механической системы.	4						Опрос
9	Экспериментальные факторные математические модели	2	2		2			Зачет
	Всего за учебный год	32	16		16			



## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Основная литература

1. САПР. Системы автоматизированного проектирования: в 9 кн.: учеб. пособие для вузов / под ред. И.П.Норенкокова. Кн. 4. Математические модели технических объектов / В.А. Трудоношин, Н.В. Пивоварова. - Минск: Высшая школа, 1988. - 159с.
2. Тарасик В.П. Математическое моделирование технических систем: Учебник для вузов. - Минск: Дизайн ПРО, 1997.- 640 с.
3. Попов Д.Н. Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем. Учеб. Для машиностроительных вузов. - М.: Машиностроение, 1987.- 464с.
4. MathCAD 6.0 Plus Финансовые, инженерные и научные расчёты в среде Windows - М.Филинь, 1997
5. Математическое моделирование: учебное пособие: сост. Д.В. Арясова, М.А. Аханова, С.В. Овчинникова; Тюменский индустриальный университет. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2018. – 283 с.: ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=611357>

### Дополнительная литература

6. Тарасик В.П. Математическое моделирование технических систем: Учебник для вузов. - Мн.: ДизайнПРО, 1997.- 640., ил.
7. Осипенко, С.А. Статистические методы обработки и планирования эксперимента: учебное пособие: С.А. Осипенко. – Москва; Берлин: Директ-Медиа, 2020. – 62 с.: ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=598682>
8. Герц П.В. Динамика пневматических систем машин. - М.: Машиностроение, 1985. - 256 с., ил.
9. Компьютеры, модели, вычислительный эксперимент. Введение в информатику с позиций математического моделирования. - М.: Наука, 1985.
10. Дьяконов В.П. Справочник по MathCAD PLUS 7.0 Pro. - М: СК Пресс, 1998.
11. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. - М.: Наука, 1978
12. Горинштейн А.М. Практика решения инженерных задач на ЭВМ. - М.: Радио и связь, 1984
13. Метлюк Н.Ф., Автушко В.П. Динамика пневматических и гидравлических приводов автомобилей. - М.: Машиностроение, 1980

### Электронные учебно-методические комплексы

12. Лаевский, Д. В. Математическое моделирование гидропневмосистем: электронный учебно-методический комплекс дисциплины для студентов спец. 1-36 01 07 "Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин" дневной и заочной форм обучения / Д. В. Лаевский, Д. Л. Стасенко. - Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2017. – Режим доступа: <https://elib.gstu.by/handle/220612/15286>

Перечень компьютерных программ, методических пособий, методических указаний, материалов и технических средств обучения

14. Лаевский, Д. В. Математическое моделирование гидропневмосистем: практикум по выполнению лабораторных работ по одноименной дисциплине для студентов специальности 1-36 01 07 "Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин" дневной и заочной форм обучения / Д. В. Лаевский, Д. Л. Стасенко. - Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2016. - 45 с. – Режим доступа: <https://elib.gstu.by/handle/220612/14991>

15. Лаевский, Д. В. Математическое моделирование гидропневмосистем: практикум по одноименному курсу для студентов специальности 1-36 01 07 "Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин" дневной и заочной форм обучения / Д. В. Лаевский, Д. Л. Стасенко. - Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2017. - 84 с. – Режим доступа: <https://elib.gstu.by/handle/220612/15213>

16. Стасенко, Д. Л. Математическое моделирование гидропневмосистем: учебно-методическое пособие по одноименному курсу для студентов специальности 1-36 01 07 "Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин" дневной и заочной форм обучения / Д. Л. Стасенко, Д. В. Лаевский. - Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2017. – 150с. Режим доступа: <https://elib.gstu.by/handle/220612/18210>

17. Мультимедийный проектор.

#### Примерный перечень практических занятий

1. Моделирование статических гидросистем.
2. Получение эквивалентных схем технических объектов
3. Построение математических моделей технических объектов при моделировании на метауровне.
4. Моделирование гидравлических трубопроводов.
5. Моделирование систем подрессоривания.
6. Моделирование пневмосистем.
7. Построение динамической модели гидромеханической системы
8. Получение динамической модели механической вращательной системы
9. Формирование графической модели механической вращательной системы.
10. Получение динамической модели гидромеханической системы
11. Формирование графической модели гидромеханической системы.
12. Построение плана многофакторного эксперимента
13. Получение регрессионной математической модели.
14. Проверка адекватности регрессионной математической модели

#### Примерный перечень лабораторных занятий

1. Линейная аппроксимация таблично заданной функции. Построение уравнения регрессии.
2. Методы одномерной и многомерной оптимизации.
3. Моделирование характеристик трубопровода.
4. Моделирование переходных процессов в объёмном гидроприводе с разветвлённой сетью трубопроводов.
5. Моделирование гидропневматических систем.
6. Построение математической модели гидравлической системы на микроуровне.
7. Определение параметров регрессионной модели с использованием программных средств

#### Примерный перечень вопросов для самостоятельной работы студентов

1. Основные определения: виды моделей и моделирования; понятие алгоритма.
2. Определение параметров элементов динамических моделей гидромеханических систем.
3. Классификация математических моделей.
4. Графические формы представления теоретических математических моделей на макроуровне.
5. Структура и параметры объектов проектирования.
6. Основные принципы планирования эксперимента.
7. Построение эмпирических формул: определение параметров математической модели методом «средних отклонений».
8. Динамическая модель технического объекта на макроуровне.

9. Построение эмпирических формул: определение параметров математической модели методом «наименьших квадратов».
10. Структурно-матричный метода формирования математической модели гидравлической системы.
11. Объекты проектирования на микроуровне.
12. План эксперимента
13. Основы построения математических моделей на микроуровне.
14. Регрессионный анализ.
15. Модели гидравлических систем на микроуровне.
16. Оценка, параметров регрессионной модели.
17. Модели механических систем на микроуровне.
18. Планы экспериментов и их свойства.
19. Объекты проектирования на макроуровне.
20. Особенности экспериментальных факторных моделей.
21. Динамическая модель технического объекта на макроуровне.
22. Основные определения: виды моделей и моделирования; понятие алгоритма.
23. Компонентные и топологические уравнения, описывающие инерционные, упругие, диссипативные свойства и условия равновесия и непрерывности в общем виде.
24. Построение теоретических математических моделей на макроуровне с использованием уравнения Лагранжа второго рода.
25. Определение параметров элементов динамических моделей механических систем.
26. Построение теоретических математических моделей на макроуровне с использование метода функционально законченных элементов.
27. Определение параметров элементов динамических моделей гидравлических систем.
28. Построение фрагмента динамической модели гидравлической магистрали с ветвлением в точке на макроуровне с использование метода функционально законченных элементов.
29. Способы построения теоретических математических моделей на макроуровне.
30. Особенности математических моделей электромеханики.
31. Алгоритм построения математических моделей электромеханических объектов.

### Организация и выполнение самостоятельной работы

При изучении дисциплины используются следующие формы самостоятельной работы:

- контролируемая самостоятельная работа в виде решения индивидуальных задач в аудитории во время проведения практических занятий под контролем преподавателя в соответствии с расписанием;

- самостоятельная работа, в том числе в виде выполнения индивидуальных расчетных заданий с консультациями преподавателя;
- подготовка индивидуальных домашних заданий в соответствии с конкретным вариантом исходных данных;
- подготовка к сдаче экзамена.

Контроль самостоятельной работы студентов и оценка ее результатов организуется как единство двух форм: самоконтроль и самооценка, а также контроль и оценка со стороны преподавателя. Самостоятельную работу студентов можно разделить на обязательную и дополнительную. Обязательная самостоятельная работа обеспечивает подготовку студента к текущим аудиторным занятиям. Результаты этой подготовки проявляются в активности студента на занятиях, выполненных лабораторных и практических работ и других форм текущего контроля. Баллы, полученные студентом по результатам аудиторной работы, формируют рейтинговую оценку текущей успеваемости студента по дисциплине.

Дополнительная самостоятельная работа направлена на углубление и закрепление знаний студента, развитие аналитических навыков по проблематике учебной дисциплины. Подведение итогов и оценка результатов таких форм самостоятельной работы осуществляется во время контактных часов с преподавателем. Баллы, полученные по этим видам работы, формируют оценку по дополнительной самостоятельной работе студента и учитываются при итоговой аттестации по курсу.

#### Критерии оценок результатов учебной деятельности.

При оценке знаний обучающихся отметками в баллах по десятибалльной шкале применяются критерии оценки результатов учебной деятельности обучающихся в учреждениях высшего образования по десятибалльной шкале (Письмо Министерства образования Республики Беларусь от 28.05.2013 г. № 09-10/53-ПО).

#### Диагностика компетентности студентов.

Для оценки достижений студента используется следующий диагностический инструментарий:

- проведение текущих контрольных опросов по отдельным темам;
- защита выполненных на лабораторных занятиях индивидуальных заданий;
- защита выполненных в рамках управляемой самостоятельной работы индивидуальных заданий;
- модульно-рейтинговый контроль знаний;
- выступление студента на конференции по подготовленному докладу;
- сдача экзамена по дисциплине.

### Методы (технологии обучения)

Основными методами (технологиями) обучения, отвечающими целям изучения дисциплины «Математическое моделирование гидropневмосистем», являются: элементы проблемного обучения (проблемное изложение, частично-поисковый метод), реализуемые на лекционных занятиях; элементы учебно-исследовательской деятельности с использованием творческого подхода, реализуемые на лабораторных занятиях, а также при самостоятельной работе.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ  
ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ С ДРУГИМИ  
ДИСЦИПЛИНАМИ СПЕЦИАЛЬНОСТИ

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об из- менениях в содержа- нии учебной про- граммы по изучае- мой дисциплине	Решение, при- нятое кафед- рой, разрабо- тавшей учеб- ную программу (с указанием даты и номера протокола)
Механика жидкости и газа	НГР и ГПА	Нет  В.В. Пинчук	
Элементы управления и регулирования ГПС	НГР и ГПА	Нет  В.В. Пинчук	