

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВПО ВГУ)

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
Информационных технологий управления (ИТУ)



МАТВЕЕВ М.Г.

31.08.2018г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б2 В.ОД.21 Основы теории управления

1. Шифр и наименование направления подготовки/специальности:

09.03.03 Прикладная информатика

2. Профиль подготовки/специализации: Прикладная информатика в экономике

3. Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: информационных технологий управления

6. Составители программы: Сапегина Светлана Леонидовна

ФИО

ассистент

ученая степень

ученое звание

vesvet@yandex.ru

e-mail

ФКН

ИТУ

факультет

кафедра

7. Рекомендована: НМС
25.06.2018 г.

Научно-методическим советом ФКН, протокол № 6 от

8. Учебный год: 2021-2022

Семестр(-ы): 8

9. Цели и задачи учебной дисциплины: ознакомить студентов с основными положениями теории управления, основными методами анализа и синтеза

непрерывных и дискретных систем управления, особенностями применения ЭВМ в системах управления.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: (цикл, к которому относится дисциплина, требования к входным знаниям, умениям и компетенциям, дисциплины, для которых данная дисциплина является предшествующей) Дисциплина «Основы теории управления» читается после дисциплин математического цикла и изучения дисциплин профессионального цикла.

11. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины: ОПК-3, ПК-23.

12. Структура и содержание учебной дисциплины:

Объем дисциплины в зачетных единицах/часах в соответствии с учебным планом — 2 / 72 .

13. Виды учебной работы:

Вид учебной работы	Трудоемкость (часы)				
	Всего	В том числе в интерактивной форме	По семестрам		
			№ 8	№ сем.
Аудиторные занятия	26	8	26		
в том числе:					
лекции	18		18		
практические		8	8		
лабораторные					
Самостоятельная работа	46		46		
Итого:	72	8	72		
Форма промежуточной аттестации	зачет				

13.1 Содержание разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1	Основные понятия теории управления	Определение понятия управления и управляемости. Принципы управления; компенсационный и по обратной связи. Одношаговые и многошаговые системы управления.
2	Основы теории выбора	Классификация задач выбора, выбор в условиях случайной неопределенности, выбор в условиях нечеткой неопределенности.
3	Линейные системы управления	Линейные динамические звенья, критерии устойчивости, передаточные функции звеньев. Замкнутая система управления.
4	Оптимальное управление	Принцип Беллмана (динамическое программирование) и принцип максимума Понтрягина.
5	Адаптивные и интеллектуальные системы управления	Основные понятия адаптивного управления. Параметрическая и структурная адаптация. Нечеткие регуляторы.

13.2 Разделы дисциплины и виды занятий:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)			
		Лекции	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего

1	Основные понятия теории управления	2		8	10
2	Основы теории выбора	2	2	8	12
3	Линейные системы управления	4	2	10	16
4	Оптимальное управление	6	2	10	18
5	Адаптивные и интеллектуальные системы управления	4	2	10	16

14 Междисциплинарные связи с другими дисциплинами:

№ п/п	Наименование дисциплин учебного плана, с которым организована взаимосвязь дисциплины рабочей программы	№ № разделов дисциплины рабочей программы, связанных с указанными дисциплинами

Итого: 18 8 46 72

15. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

а) основная литература:

№ п/п	Источник
	<i>Кнорринг В.И. Теория, практика и искусство управления : Учеб. для вузов по спец. "Менеджмент" .— М. : НОРМА:ИНФРА-М, 1999 .— 511 с. : ил.,табл. — ISBN 5-89123-372-X : 57.15 .— ISBN 5-86225-927-9.</i>

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1	<i>Модели и методы искусственного интеллекта. Применение в экономике. М.: Финансы и статистика, 2011. – 448с.</i>

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
1	Зубов, В.И. Лекции по теории управления [Электронный ресурс] : учебное пособие. – Электрон. дан. – СПб. : Лань, 2009. – 496 с.
2	–Охорзин, В.А. Теория управления [Электронный ресурс] : учебник / В.А. Охорзин, К.В. Сафонов. – Электрон. дан. – СПб. : Лань, 2014. – 224 с. – Режим доступа: http://lanbook.lib.vsu.ru/books/element.php?pl1_id=49470 – Загл. с экрана. Режим доступа: http://lanbook.lib.vsu.ru/books/element.php?pl1_id=155 – Загл. с экрана.

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных) работ и др.)

№ п/п	Источник
-------	----------

1	Сирота, Александр Анатольевич . Методы и алгоритмы анализа данных и их моделирование в MATLAB : [учебное пособие] / А.А. Сирота .— Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2016 .— 381 с. : ил. — Библиогр.: с. 371-374 .— Предм. указ.: с. 377-381 .— ISBN 978-5-9775-3778-0.
2	Практикум по курсу "Моделирование систем" [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие для вузов : [для студ. 4-5 курсов фак. компьютер. наук днев. и вечер. формы обучения; для направлений: 230200 - Информ. системы, 230400 - Информ. системы и технологии; специальности, 230201 - Информ. системы и технологии]. Ч. 1 / Воронеж. гос. ун-т ; сост.: А.А. Сирота, Е.Ю. Митрофанова, М.А. Дрюченко .— Электрон. текстовые дан. — Воронеж : Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2013

17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)

Для реализации учебного процесса используются:

1) ПО Microsoft в рамках подписок «Imagine», ежегодные сублицензионные договоры № 56035/ВРН3739 и № 56036/ВРН3739 от 07.10.2016.

2) ПО MATLAB Classroom ver. 7.0, 10 конкурентных бессрочных лицензий на каждый, компоненты: Matlab, Simulink, Stateflow, 1 тулбокс, N 21127/VRN3 от 30.09.2011 (за счет проекта ЕК TEMPUS/ERAMIS).

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

(при использовании лабораторного оборудования указывать полный перечень, при большом количестве оборудования можно вынести данный раздел в приложение к рабочей программе)

1) Мультимедийная лекционная аудитория (корп.1а, ауд. № 479), ПК-Intel-i3, рабочее место преподавателя: проектор, видеоконмутатор, микрофон, аудиосистема, специализированная мебель: доски меловые 2 шт., столы 60 шт., лавки 30 шт., стулья 64 шт.; доступ к фондам учебно-методической документации и электронным библиотечным системам, выход в Интернет.

2) Компьютерный класс (один из №1-4 корп. 1а, ауд. № 382-385), ПК-Intel-i3 16 шт., специализированная мебель: доска маркерная 1 шт., столы 16 шт., стулья 33 шт.; доступ к фондам учебно-методической документации и электронным изданиям, доступ к электронным библиотечным системам, выход в Интернет.

19. Фонд оценочных средств:

19.1 Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их)	ФОС* (средства оценивания)

	компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	наименование)	
ОПК-3,	<p>знать: основные положения теории управления; принципы и методы построения моделей систем управления; методы расчета линейных непрерывных и дискретных систем.</p>	<p>Разделы 1-4</p> <p>Общие вопросы теории управления и системного анализа</p> <p>Методы оптимизации управления</p> <p>Многокритериальные задачи управления</p> <p>Модели и методы управления в прикладных системах.</p>	<p>Устный опрос</p> <p>Практическое задание №1 и №2.</p> <p>Практическое задание №№3-5</p> <p>Практическое задание №6</p> <p>Практическое задание №7 и №8</p>
	<p>уметь: применять принципы построения моделей объектов управления широкого класса; применять методы анализа и синтеза при создании, исследовании и эксплуатации автоматизированных систем обработки информации и управления.</p>	<p>Разделы 1-4</p> <p>Общие вопросы теории управления и системного анализа</p> <p>Методы оптимизации управления</p> <p>Многокритериальные задачи управления</p> <p>Модели и методы управления в прикладных системах</p>	<p>Устный опрос</p> <p>Практическое задание №1 и №2.</p> <p>Практическое задание №№3-5</p> <p>Практическое задание №6</p> <p>Практическое задание №7 и №8</p>
	<p>владеть: навыками решения практических задач</p>	<p>Разделы 1-4</p> <p>Общие вопросы теории управления и системного анализа</p> <p>Методы оптимизации управления</p> <p>Многокритериальные задачи управления</p> <p>Модели и методы управления в</p>	<p>Устный опрос</p> <p>Практическое задание №1 и №2.</p> <p>Практическое задание №№3-5</p> <p>Практическое задание №6</p> <p>Практическое</p>

		прикладных системах	задание №7 и №8
Промежуточная аттестация			Комплект КИМ

* В графе «ФОС» в обязательном порядке перечисляются оценочные средства текущей и промежуточной аттестаций.

19.2. Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Для оценивания результатов обучения на экзамене используются следующие содержательные показатели (формулируется с учетом конкретных требований дисциплины):

1) знание теоретических основ учебного материала, основных определений, понятий и используемой терминологии;

2) умение проводить обоснование и представление основных теоретических и практических результатов (теорем, алгоритмов, методик) с использованием математических выкладок, блок-схем, структурных схем и стандартных описаний к ним;

3) умение связывать теорию с практикой, иллюстрировать ответ примерами, в том числе, собственными, умение выявлять и анализировать основные закономерности, полученные, в том числе, в ходе выполнения лабораторно-практических заданий;

4) умение обосновывать свои суждения и профессиональную позицию по излагаемому вопросу;

5) владение навыками программирования и экспериментирования с компьютерными моделями алгоритмов обработки информации в среде Matlab в рамках выполняемых лабораторных заданий;

6) владение навыками проведения компьютерного эксперимента, тестирования компьютерных моделей алгоритмов обработки информации.

Различные комбинации перечисленных показателей определяют критерии оценивания результатов обучения (сформированности компетенций) на государственном экзамене:

- высокий (углубленный) уровень сформированности компетенций;
- повышенный (продвинутый) уровень сформированности компетенций;
- пороговый (базовый) уровень сформированности компетенций.

Для оценивания результатов обучения на государственном экзамене используется 4-балльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Для оценивания результатов обучения на зачете используется – зачтено, не зачтено по результатам тестирования.

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения на государственном экзамене представлено в следующей таблице.

Критерии оценивания компетенций и шкала оценок на экзамене

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности	Шкала оценок
---------------------------------	--------------------------	--------------

	компетенций	
Обучающийся демонстрирует полное соответствие знаний, умений, навыков по приведенным критериям свободно оперирует понятийным аппаратом и приобретенными знаниями, умениями, применяет их при решении практических задач.	Повышенный уровень	Отлично
Ответ на контрольно-измерительный материал не полностью соответствует одному из перечисленных выше показателей, но обучающийся дает правильные ответы на дополнительные вопросы. При этом обучающийся демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, но допускает незначительные ошибки, неточности, испытывает затруднения при решении практических задач.	Базовый уровень	Хорошо
Обучающийся демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, допускает значительные ошибки при решении практических задач. При этом ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым двум из перечисленных показателей, обучающийся дает неполные ответы на дополнительные вопросы.	Пороговый уровень	Удовлетворительно
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым трем из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки	–	Неудовлетворительно

19.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

19.3.1 Примерный перечень применяемых оценочных средств

№ п/п	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде	Критерии оценки
1	2	3	4
1	Устный опрос	Вопросы по темам/разделам дисциплины	Правильный ответ – зачтено, неправильный или принципиально неточный ответ - не зачтено
2	Практическое задание	Содержит 10 практических заданий, предусматривающие разработку, тестирование и эксплуатацию моделей и алгоритмов оптимизации бизнес-процессов по разделам.	При успешно выполнении заданий ставится оценка зачтено и осуществляется допуск к экзамену, в противном случае ставится оценка не зачтено и обучающийся не допускается к экзамену.
4	КИМ промежуточной аттестации	Каждый контрольно-измерительный материал для проведения промежуточной аттестации включает 2 заданий	Шкалы оценивания приведены в разделе 19.2

		вопросов для контроля знаний, умений и владений в рамках оценки уровня сформированности компетенции.	
--	--	--	--

19.3.2. Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Процессы и сигналы. Типы сигналов.
2. Основные понятия теории управления. Управление и системы управления. Главные элементы процесса управления. Управляющее воздействие.
3. Структурная схема системы управления. Цель управления. Блок управления.
4. Основные задачи теории управления. Активные и пассивные системы.
5. Субъекты и объекты управления.
6. Фундаментальные принципы управления. Система управления.
7. Принципы управления. Виды систем управления.
8. Классифицирующие признаки систем управления.
9. Статические характеристики систем управления. Виды статических характеристик. Статическое и астатическое регулирование. Статические регуляторы. Астатический регулятор.
10. Динамический режим работы. Переходные процессы в системе.
11. Оценки переходных характеристик. Импульсная характеристика.
12. Уравнения состояния систем управления. Поведение системы.
13. Линеаризация уравнения динамики.
14. Передаточная функция.
15. Структурные схемы систем управления. Преобразования структурных схем. Последовательное соединение. Параллельное соединение. Замкнутое соединение с обратной связью.
16. Контрольно-измерительный материал № Управление сложными системами.
17. Контрольно-измерительный материал № Локальные задачи управления. Многоканальное управление.
18. Контрольно-измерительный материал № Регуляторы и задающие блоки. Специальные блоки систем управления.
19. Контрольно-измерительный материал № Математическая модель объекта управления. Система линейных уравнений объекта.
20. Контрольно-измерительный материал № Передаточная функция системы. Преобразование Лапласа.
- 21.

19.3.3. Пример практического задания

Практическое задание №1

ПОЛУЧЕНИЕ УРАВНЕНИЯ КРИВОЙ РАЗГОНА

Цель работы: решить аналитическим методом и с использованием метода преобразования Лапласа неоднородные дифференциальные уравнения первого и второго порядков и получить уравнение кривой разгона:

$$A \frac{dy}{dt} + By = Ct + D, \quad y|_{t=0} = 0 \quad \text{– начальное условие;}$$

$$A_1 \frac{d^2 y}{dt^2} + B_1 \frac{dy}{dt} + C_1 y = D_1, \quad y|_{t=0} = 0, \quad \left. \frac{dy}{dt} \right|_{t=0} = 0 \quad \text{– начальные условия,}$$

где $A, B, C, D, A_1, B_1, C_1, D_1$, – постоянные коэффициенты, (выбираются из табл. 1 прил. 1).

1.1 Теоретические сведения

Кривая разгона является одной из основных динамических характеристик систем управления. Уравнение кривой разгона может быть получено экспериментальным путем (если это не противоречит функционированию исследуемого объекта) или путем решения дифференциального уравнения, которое описывает динамику объекта.

Поведение систем автоматического регулирования (САР) в процессе функционирования представляет собой сочетание статических и динамических режимов. Для проведения теоретических исследований САР и её отдельных элементов необходимо иметь уравнения, описывающие их поведение при изменяющихся внешних воздействиях. Эти уравнения представляют собой выраженные в математической форме соотношения, связывающие входные и выходные сигналы и воздействия.

В общем случае действие непрерывной линейной САР описывается неоднородным дифференциальным уравнением вида:

$$a_0 \frac{d^m y}{dt^m} + a_1 \frac{d^{m-1} y}{dt^{m-1}} + \dots + a_n y = b_0 \frac{d^m x}{dt^m} + b_1 \frac{d^{m-1} x}{dt^{m-1}} + \dots + b_m x + c_0 \frac{d^k z}{dt^k} + c_1 \frac{d^{k-1} z}{dt^{k-1}} + \dots + c_k z,$$

где a, b, c – постоянные коэффициенты, зависящие от параметров системы.

Решение неоднородных дифференциальных уравнений складывается из решения однородного дифференциального уравнения y_0 и частного решения y_1 : $Y = Y_0 + Y_1$.

Для решения однородного дифференциального уравнения составляется характеристическое уравнение, и находятся его корни, далее, в зависимости от полученных значений (табл. 2 прил. 1) записывается общее решение. Частное решение получается в результате решения правой части дифференциального уравнения методом неопределенных коэффициентов.

В теории автоматического регулирования широко используется специальный метод прикладного анализа, в основе которого лежит функциональное преобразование Лапласа. Преобразование Лапласа служит для перехода от функции вещественного переменного – время, к функции комплексного переменного.

Преобразованной по Лапласу функцией называется функция комплексного переменного,

$$F(p) = \int_0^{\infty} f(t) e^{-pt} dt$$

определяемого соотношением: $F(p) = \int_0^{\infty} f(t) e^{-pt} dt$, где $f(t)$ – исходная функция действительного переменного t , называемая оригиналом; p – комплексная переменная, $p = \alpha + j\omega$; α, ω – действительные переменные; $j = \sqrt{-1}$; $F(p)$ – функция комплексного переменного, называемая изображением по Лапласу функции $f(t)$.

Иначе это можно записать в виде: $L\{f(t)\} = F(p)$, где L – символ преобразования Лапласа.

Обратный переход от изображения к оригиналу осуществляется по

$$f(t) = \frac{1}{2\pi j} \int_{c-j\infty}^{c+j\infty} F(p) e^{pt} dp$$

формуле, где c – абсцисса сходимости функции $f(t)$.

Использование преобразования Лапласа объясняется рядом преимуществ этого метода перед прямым решением задач в области действительного переменного. В частности, изображения некоторых функций оказываются проще их оригиналов.

Для нахождения изображения от производных используют правило дифференцирования: операция дифференцирования функции вещественного переменного соответствует операция умножения изображения функции на комплексную переменную в соответствующей степени:

$$\begin{aligned} f(t) &= F(p), \\ f'(t) &= F(p)p^1, \\ f''(t) &= F(p)p^2, \\ &\dots\dots\dots, \\ f^{(n)}(t) &= F(p)p^n. \end{aligned}$$

Использование преобразования Лапласа для решения дифференциальных уравнений упрощает решение, благодаря тому, что в области комплексного переменного дифференциальное уравнение

преобразуется в алгебраическое, а оригиналы найденного решения легко определяются по табл. 3 прил. 1.

Решение дифференциального уравнения с применением преобразования Лапласа складывается из трех этапов:

- 1) преобразование уравнения по Лапласу с использованием правила дифференцирования;
- 2) отыскание решения в области комплексного переменного;
- 3) переход в область действительного переменного путем обратного преобразования по Лапласу функции и отыскание ее оригинала.

1.2 Примеры расчета

Пример 1. Решить неоднородное дифференциальное уравнение первого

порядка $15 \frac{dy}{dt} + 2y = 3t + 4$, с начальным условием: $y|_{t=0} = 0$.

Алгоритм аналитического решения

1. Запишем однородное дифференциальное уравнение $15 \frac{dy}{dt} + 2y = 0$.

2. Заменяем $\frac{dy}{dt}$ и y соответственно на $k^1, k^0 = 1$ и составим характеристическое уравнение $15k + 2 = 0$.

3. Корень характеристического уравнения $k = -\frac{2}{15}$.

4. Общее решение дифференциального уравнения запишется в виде: $y_0 = C_1 e^{-\frac{2}{15}t}$.

5. Правая часть уравнения представляет собой линейную зависимость, которую можно

записать следующим образом: $y_1 = At + B$, откуда $\frac{dy_1}{dt} = A$.

6. Подставим полученные значения в исходное уравнение: $15A + 2(At + B) = 3t + 4$,

откуда $\begin{cases} 2A = 3, \\ 15A + 2B = 4; \end{cases}$ и $A = \frac{3}{2}, B = -\frac{37}{4}$.

7. Запишем частное решение дифференциального уравнения: $y_1 = 1,5t - \frac{37}{4}$.

8. Решение исходного дифференциального уравнения: $y(t) = C_1 e^{-\frac{2}{15}t} + 1,5t - \frac{37}{4}$.

9. В полученное уравнение подставим начальное условие: $0 = C_1 e^0 - \frac{37}{4}$, откуда $C_1 = \frac{37}{4}$.

10. В результате уравнение будет иметь вид: $y(t) = \frac{37}{4} e^{-\frac{2}{15}t} + 1,5t - \frac{37}{4}$.

Алгоритм метода преобразования Лапласа

1. Преобразуем по Лапласу левую и правую части уравнения с учетом линейности этой операции, правил преобразования производных и изображения единичной функции, получим:

$$15py(p) + 2y(p) = \frac{3}{p^2} + \frac{4}{p}$$

2. Решение этого уравнения в операторной форме:

$$y(p) = \frac{3 + 4p}{p^2(15p + 2)}$$

3. Раскладываем полученное уравнение на простейшие дроби: $y(p) = \frac{C_1 p + C_2}{p^2} + \frac{C_3}{15p + 2}$,

откуда $p_1 = -\frac{2}{15}, p_2 = p_3 = 0$. Постоянные C_1, C_2, C_3 находятся методом неопределенных коэффициентов из уравнений:

$$(C_1 p + C_2)(15 p + 2) + C_3 p^2 = 3 + 4 p,$$

$$15 C_1 p^2 + 2 C_2 + 15 C_2 p + 2 C_1 p + C_3 p^2 = 3 + 4 p,$$

$$\begin{cases} 15 C_1 + C_3 = 0, \\ 2 C_1 + 15 C_2 = 4, \\ 2 C_2 = 3, \end{cases}$$

откуда

Решив полученную систему уравнений относительно C_1, C_2, C_3 , получим следующие значения

$$C_2 = \frac{3}{2}, \quad C_1 = -\frac{37}{4}, \quad C_3 = 15 \frac{37}{4}.$$

4. Подставляя вычисленные значения, получим:

$$y(p) = \frac{-\frac{37}{4} p + \frac{3}{2}}{p^2} + \frac{15 \frac{37}{4}}{15 p + 2} = -\frac{37}{4 p} + \frac{3}{2 p^2} + 15 \frac{37}{8} \cdot \frac{1}{\frac{15}{2} p + 1}.$$

5. По табл. 3 прил. 1 производим обратное преобразование Лапласа и находим

оригинал $y(t) = -\frac{37}{4} + \frac{3}{2} t + 9,25 e^{-\frac{2t}{15}}$. Получили аналогичное аналитическому решению выражение.

Пример 2. Решить неоднородное дифференциальное уравнение второго

порядка $15 \frac{d^2 y}{dt^2} + 12 \frac{dy}{dt} + 4 y = 8$, с начальными условиями: $y|_{t=0} = 0, \quad \frac{dy}{dt}|_{t=0} = 0$.

Алгоритм аналитического решения

1. Запишем однородное дифференциальное уравнение $15 \frac{d^2 y}{dt^2} + 12 \frac{dy}{dt} + 4 y = 0$.

2. Заменим $\frac{d^2 y}{dt^2}, \frac{dy}{dt}$ и y соответственно на $k^2, k^1, k^0 = 1$ и составим характеристическое уравнение $15 k^2 + 12 k + 4 = 0$.

3. Найдем корни характеристического уравнения

$$k_1 = -0,4 + 0,33i, \quad k_2 = -0,4 - 0,33i.$$

4. Общее решение дифференциального уравнения запишется в виде $y_0 = C_1 e^{-0,4t} \cdot \cos(0,33t) + C_2 e^{-0,4t} \cdot \sin(0,33t)$.

5. Правая часть уравнения представляет собой постоянную, частное решение можно

записать следующим образом $y_* = A$, откуда $\frac{dy_*}{dt} = 0, \quad \frac{d^2 y_*}{dt^2} = 0$.

6. Подставим полученные значения в исходное уравнение: $4A = 8$, откуда $A = 2$.

7. Запишем частное решение дифференциального уравнения $y_* = 2$.

8. Решение исходного дифференциального уравнения $y(t) = C_1 e^{-0,4t} \cdot \cos(0,33t) + C_2 e^{-0,4t} \cdot \sin(0,33t) + 2$.

9. Для определения постоянных C_1 и C_2 запишем первую производную от полученной зависимости и подставим в уравнения соответствующие начальные условия.

$$\frac{dy}{dt} = -0,4 e^{-0,4t} \cdot (C_1 \cos(0,33t) + C_2 \sin(0,33t)) + e^{-0,4t} \cdot (0,33 C_2 \cos(0,33t) - 0,33 C_1 \sin(0,33t))$$

$$\begin{cases} 0 = C_1 e^0 \cdot \cos(0) + C_2 e^0 \cdot \sin(0) + 2, \\ 0 = -0,4 e^0 \cdot (C_1 \cos(0) + C_2 \sin(0)) + e^0 \cdot (0,33 C_2 \cos(0) - 0,33 C_1 \sin(0)) \end{cases}$$

откуда, $C_1 = -2, \quad C_2 = -2,4$.

10. В результате уравнение будет иметь вид: $y(t) = -2 e^{-0,4t} \cdot \cos(0,33t) - 2,4 e^{-0,4t} \cdot \sin(0,33t) + 2$.

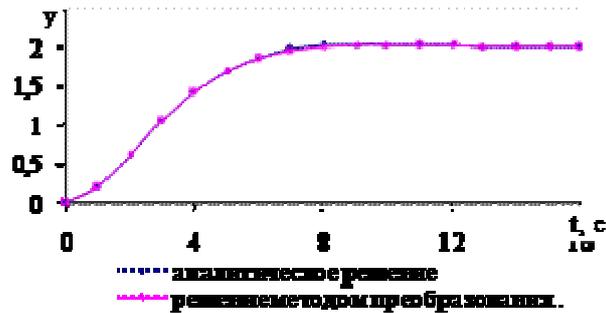


Рисунок 1. Решение дифференциального уравнения II-ого порядка.

11. График решения неоднородное дифференциальное уравнение второго порядка $15 \frac{d^2 y}{dt^2} + 12 \frac{dy}{dt} + 4y = 8$, с начальными условиями: $y|_{t=0} = 0$, $\frac{dy}{dt}|_{t=0} = 0$ при t , изменяющемся от 0 до 16 с шагом 1, представлен на рисунке 1.

Алгоритм метода преобразования Лапласа

1. Преобразуем по Лапласу левую и правую части уравнения с учетом линейности этой операции, правил преобразования производных и изображения единичной функции, получим:

$$15p^2 y(p) + 12p y(p) + 4y(p) = \frac{8}{p}$$

$$y(p) = \frac{8}{p(15p^2 + 12p + 4)}$$

2. Решение этого уравнения:

3. Преобразуем полученное уравнение к виду

$$y(p) = \frac{1}{p(T^2 p^2 + 2\zeta T p + 1)}$$

$$y(p) = \frac{2}{p \left(\frac{15}{4} p^2 + 3p + 1 \right)} = \frac{2}{p \left(\left(\frac{\sqrt{15}}{2} \right)^2 p^2 + 2 \cdot \frac{\sqrt{15}}{2} \cdot \frac{3}{\sqrt{15}} p + 1 \right)}$$

т.е. $T = \frac{\sqrt{15}}{2}$, $\zeta = \frac{3}{\sqrt{15}}$.

4. По табл. 3 прил. 1 производим обратное преобразование

Лапласа при $\gamma = \frac{6}{15}$, $\lambda = \frac{2\sqrt{6}}{15}$, $C = \sqrt{\frac{15}{6}}$, $\theta = \arctg \frac{2}{\sqrt{6}}$ оригинал функции:

$$y(t) = 2 \left(1 - \sqrt{\frac{15}{6}} e^{-\frac{6}{15}t} \sin \left(\frac{2\sqrt{6}}{15}t + \arctg \frac{2}{\sqrt{6}} \right) \right)$$

5. График $y(t)$ при $t \in [0; 16]$ с шагом 1 на рисунке.

1.3 Контрольные вопросы и задания

1. Что такое кривая разгона? Каким образом может быть получено уравнение кривой разгона?
2. Какого вида уравнениями описывается поведение САР в процессе функционирования?
3. Каковы этапы аналитического решения неоднородных дифференциальных уравнений?
4. Для чего служит преобразование Лапласа?
5. Запишите формулы перехода от оригинала к изображению по Лапласу и обратно.
6. Каковы этапы решения дифференциальных уравнений с применением преобразования Лапласа?

19.3.4. Пример контрольно-измерительного материала

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой информационных технологий управления

_____ М.Г. Матвеев

__._.2018

Направление подготовки / специальность

09.03.03 Прикладная информатика

Дисциплина Б3.В.ОД7 Методы оптимизации и математическое моделирование

Форма обучения Очное

Вид контроля Экзамен

Вид аттестации Промежуточная

Контрольно-измерительный материал № 1

УТВЕРЖДАЮ

заведующий кафедрой ИТУ

М.Г. Матвеев

__._.20__

Направление подготовки / **09.03.03 Прикладная информатика**

Дисциплина **Б1.В.ОД.21 Основы теории управления**

Вид контроля зачет

1. Процессы и сигналы. Типы сигналов.
2. Передаточная функция системы. Преобразование Лапласа.

Преподаватель _____ С.Л.Сапегина

19.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в формах устного опроса (индивидуальный опрос, фронтальная беседа) и письменных работ (контрольные,

лабораторные работы). При оценивании могут использоваться количественные или качественные шкалы оценок.

Промежуточная аттестация может включать в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и/или практическое (ие) задание(я), позволяющее (ие) оценить степень сформированности умений и навыков.

При оценивании используется количественная шкала. Критерии оценивания приведены выше в таблице раздела 19.2.