

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
и образовательным инновациям


О. Н. Здрок

«04» июня 2020 г.

Регистрационный № УД- 9143 / уч.

Системы управления в промышленном программировании

**Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:**

1-31 03 04 Информатика

2020 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта высшего образования ОСВО 1-31 03 04-2013 и учебных планов УВО № G31-169/уч. от 30.05.2013 г.; УВО№ G31и-192/уч. от 30.05.2013 г.

СОСТАВИТЕЛИ:

Грозов Илья Андреевич - ассистент кафедры компьютерных технологий и систем факультета прикладной математики и информатики Белорусского государственного университета;

Козловская Инесса Станиславовна – доцент кафедры компьютерных технологий и систем факультета прикладной математики и информатики Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Баровик Дмитрий Валентинович - заместитель начальника управления автоматизации банковских операций ОАО «Центр банковских технологий», кандидат физико-математических наук

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой компьютерных технологий и систем Белорусского государственного университета
(протокол № 14 от 4 апреля 2020г.)

Методической комиссией факультета прикладной математики и информатики Белорусского государственного университета
(протокол № 5 от 16 мая 2020 г.).

Заведующий кафедрой



В. В. Казаченок

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цели и задачи учебной дисциплины

Учебная дисциплина "Системы управления в промышленном программировании" входит в разряд специальных курсов, читаемых студентам специальности "Информатика". Она основывается на знаниях, полученных в рамках изучения дисциплин «Математический анализ» и «Геометрия и алгебра».

Дисциплина «Системы управления в промышленном программировании» знакомит студентов с прикладными задачами из области робототехники, использования робототехнических комплексов для решения задач промышленной автоматизации, программирования робототехнических комплексов на базе роботов-манипуляторов. При этом рассматриваются алгоритмы и средства для создания систем управления роботами и дополнительным оборудованием. Исследуются способы программной эмуляции производственных процессов. Проводится экспериментальное исследование возможностей использования роботов-манипуляторов для автоматизации производственных процессов.

Цели учебной дисциплины:

1. Изучение основ робототехники, базовых алгоритмов их использования для решения практических задач промышленной автоматизации.

2. Формирование составной части банка знаний, получаемых будущими специалистами в процессе учебы и необходимых им в дальнейшем для успешной работы.

3. Формирование у студентов основ математического мышления, изучение алгоритмов оптимального использования робототехнических комплексов при решении прикладных задач.

Задачи учебной дисциплины:

Основная задача - освоение студентами теории и практики использования робототехнических комплексов для решения практических задач автоматизации производственных процессов.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием.

Учебная дисциплина относится к циклу дисциплин специализаций компонента учреждения высшего образования.

Связи с другими учебными дисциплинами, включая учебные дисциплины компонента учреждения высшего образования, дисциплины специализации и др.

Учебная дисциплина "Системы управления в промышленном программировании" базируется на знаниях, полученных при изучении дисциплин «Программирование», «Математический анализ» и «Геометрия и алгебра».

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Автоматические системы управления робототехнических комплексов» должно обеспечить формирование следующих академических, социально-личностных и профессиональных компетенций.

Академические компетенции:

- *АК-1.* Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.
- *АК-2.* Владеть системным и сравнительным анализом.
- *АК-3.* Владеть исследовательскими навыками.
- *АК-4.* Уметь работать самостоятельно.
- *АК-5.* Быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью).
- *АК-6.* Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.
- *АК-7.* Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.
- *АК-9.* Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.

Социально-личностные компетенции:

- *СЛК-6.* Уметь работать в команде.

Профессиональные компетенции:

- *ПК-7.* Пользоваться глобальными информационными ресурсами;
- *ПК-13.* Владеть современными информационными технологиями.

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

- базовые понятия из области робототехники;
- основные подходы к построению программного обеспечения робототехнических комплексов;
- современные робототехнические алгоритмы, их возможности и ограничения;

уметь:

- строить математические модели робототехнических комплексов;
- разрабатывать программы управления автоматическими системами;

владеть:

- программными средствами для разработки робототехнических алгоритмов;
- навыками разработки программного обеспечения для управления автоматическими системами;
- основными методами использования роботов-манипуляторов для задач автоматизации производственных процессов.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в 7 семестре. Всего на изучение учебной дисциплины "Системы управления в промышленном программировании" отведено:

– для очной формы получения высшего образования – 82 часа, в том числе 52 аудиторных часа, из них: лабораторные занятия – 30 часов, семинарские занятия 18 часов, управляемая самостоятельная работа – 4 часа.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Форма текущей аттестации по учебной дисциплине – зачет.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Тема 1. Введение

Обзор программы курса. Механические системы с программным управлением. Примеры практических задач. Обзор сред программного эмулирования механических систем. Промышленная механическая система с программным управлением, пример робота-манипулятора. Рассмотрение слоёв программного обеспечения для управления роботом-манипулятором.

Тема 2. Позиционирование и ориентация автоматических систем в пространстве

Работа с координатами в двумерном пространстве. Работа с координатами в трёхмерном пространстве. Представление ориентации в трёхмерном пространстве. Матрица вращения. Углы Эйлера. Кватернионы. Гомогенная матрица преобразования.

Тема 3. Описание движения автоматических систем в пространстве и времени.

Изменение позиции во времени. Производная позиции. Преобразования пространственных скоростей. Инкрементальное вращение. Инкрементальное движение твёрдого тела. Системы отсчёта.

Тема 4. Параметрическое описание автоматических систем на примере роботов-манипуляторов.

Параметры Денавита-Хартенберга. Модифицированные параметры Денавита-Хартенберга. Описание сочленений и связей. Кинематические цепи.

Тема 5. Задачи прямой и обратной кинематики.

Прямая кинематика. Методы решения задач прямой кинематики. Обратная кинематика. Численные и аналитические методы решения задач обратной кинематики.

Тема 6. Траектории.

Движение в пространстве сочленений. Движение в декартовом пространстве. Сингулярности. Движение через сингулярности.

Тема 7. Задачи динамики и управления: управление независимыми сочленениями.

Управление независимыми сочленениями. Приводы. Трение. Влияние массы связей. Редуктор. Моделирование привода. Velocity Control Loop. Position Control Loop.

Тема 8. Задачи динамики и управления: уравнения движения твёрдого тела.

Влияние гравитации. Матрица инерции. Матрица Кориолиса. Трение. Влияние нагрузки. RNE алгоритм.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дневная форма получения образования

№п/п	Название раздела, темы	Количество часов				Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Аудиторные					
		Лекции	Практ. и сем. занятия	Лаб. Занятия	Иное		
1	Введение		2				Устный опрос
2	Позиционирование и ориентация автоматических систем в пространстве.		2	4		2	Электронный тест
3	Описание движения автоматических систем в пространстве и времени.		2	4			Отчет по лабораторной работе
4	Параметрическое описание автоматических систем на примере роботов-манипуляторов.		2	4			Электронный тест
5	Задачи прямой и обратной кинематики.		2	4		2	Отчет по лабораторной работе, устный опрос
6	Траектории.		2	4			Электронный тест
7	Задачи динамики и управления: управление независимыми сочленениями.		2	6			Устный опрос
8	Задачи динамики и управления: уравнения движения твердого тела.		4	4			Электронный тест
ИТОГО			18	30		4	

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

№№ п/п	Список литературы	Год издания
1.	Corke P. Robotics, Vision and Control, Springer Tracts in Advanced Robotics – 693 p. – ISBN: 978-3-319-54413-7	2017
2.	Lynch K. M., Park F. C. Modern Robotics: Mechanics, Planning, and Control, Cambridge University Press – 642 p. – ISBN: 978-1-107-15630-2	2017
3.	Siciliano B., Sciavicco L., Villani L., Oriolo G. Robotics: Modelling, Planning and Control, Springer Advanced Textbooks in Control and Signal Processing – 632 p. – ISBN: 978-1-84628-642-1	2019

Перечень дополнительной литературы

№№ п/п	Список литературы	Год издания
1.	https://see.stanford.edu/Course/CS223A	2018
2.	http://www.stengel.mypanel.princeton.edu/MAE345Lectures.html	2017
3.	https://ocw.mit.edu/courses/mechanical-engineering/2-12-introduction-to-robotics-fall-2005/lecture-notes/	2016
4.	https://pybullet.org/wordpress/	2016

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой оценки

Для диагностики компетенций студентов используются следующие формы:

1. Устная форма.
2. Техническая форма.

К устной форме диагностики компетенций относятся:

1. Устный опрос.

К технической форме диагностики компетенций относятся:

1. Электронные тесты.

Перечень используемых средств диагностики результатов управляемой самостоятельной работы студентов:

- электронный тест

- отчет по лабораторной работе.

Контрольные мероприятия проводятся в соответствии с учебно-методической картой дисциплины. В случае неявки на контрольное мероприятие по уважительной причине студент вправе по согласованию с преподавателем выполнить его в дополнительное время. Для студентов, получивших неудовлетворительные оценки за контрольные мероприятия, либо не явившихся по уважительной причине, по согласованию с преподавателем и с разрешения заведующего кафедрой мероприятие может быть проведено повторно.

Оценка текущей успеваемости рассчитывается на основе модульно-рейтинговой системы, основанной на Положении о рейтинговой системе БГУ приказ ректора от 31.03.2020 № 189-ОД.

Текущая аттестация предусматривает проведение зачета(в том числе с учётом результатов промежуточного и итогового тестирования) и проводится согласно правилам проведения аттестации студентов, курсантов, слушателей при освоении содержания образовательных программ высшего образования от 29 мая 2012 г. N 53.

Перечень заданий управляемой самостоятельной работы студентов

Тема 2. Позиционирование и ориентация автоматических систем в пространстве.

Задание 1. Создать программу для работы с координатами в двумерном пространстве.

Задание 2. Создать программу для работы с координатами в трёхмерном пространстве.

Форма контроля – электронный тест.

Тема 5. Задачи прямой и обратной кинематики.

Задание 1. Создать программу для решения задачи прямой кинематики для математической модели робота-манипулятора.

Задание 2. Создать программу для решения задачи обратной кинематики для математической модели робота-манипулятора.

Форма контроля - устный опрос.

Примерная тематика лабораторных занятий

Тема 2. Позиционирование и ориентация автоматических систем в пространстве

– Работа с координатами в двумерном пространстве. Работа с координатами в трёхмерном пространстве.

- Представление ориентации в трёхмерном пространстве. Матрица вращения. Углы Эйлера. Кватернионы. Гомогенная матрица преобразования.

Тема 3. Описание движения автоматических систем в пространстве и времени.

- Изменение позиции во времени. Производная позиции. Преобразования пространственных скоростей.
- Инкрементальное вращение. Инкрементальное движение твёрдого тела. Системы отсчёта.

Тема 4. Параметрическое описание автоматических систем на примере роботов-манипуляторов.

- Параметры Денавита-Хартенберга. Модифицированные параметры Денавита-Хартенберга.
- Описание сочленений и связей. Кинематические цепи.

Тема 5. Задачи прямой и обратной кинематики.

- Прямая кинематика. Методы решения задач прямой кинематики.
- Обратная кинематика. Численные и аналитические методы решения задач обратной кинематики.

Тема 6. Траектории.

- Движение в пространстве сочленений. Движение в декартовом пространстве.
- Сингулярности. Движение через сингулярности.

Тема 7. Задачи динамики и управления: управление независимыми сочленениями.

- Управление независимыми сочленениями. Приводы.
- Трение. Влияние массы связей.
- Редуктор. Моделирование привода.

Тема 8. Задачи динамики и управления: уравнения движения твёрдого тела.

- Влияние гравитации. Матрица инерции. Матрица Кориолиса.
- Трение. Влияние нагрузки. RNE алгоритм.

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

При организации образовательного процесса используется **практико-ориентированный подход**, который предполагает:

- освоение содержание образования через решения практических задач;
- приобретение навыков эффективного выполнения разных видов профессиональной деятельности;
- ориентацию на генерирование идей, реализацию групповых студенческих проектов, развитие предпринимательской культуры;
- использованию процедур, способов оценивания, фиксирующих сформированность профессиональных компетенций.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

Для организации самостоятельной работы студентов по учебной дисциплине «Системы управления в промышленном программировании» используются современные информационные ресурсы:

на образовательном портале EDUFPMI размещены:

- учебно-методические материалы,
- учебное издание для теоретического изучения дисциплины,
- методические указания к лабораторным занятиям,
- материалы текущего контроля и текущей аттестации,
- вопросы для подготовки к экзамену,
- тесты, вопросы для самоконтроля,
- список рекомендуемой литературы и информационных ресурсов.

Примерный перечень вопросов к зачету

1. Механические системы с программным управлением. Примеры практических задач.
2. Обзор сред программного эмулирования механических систем.
3. Промышленная механическая система с программным управлением, пример работа-манипулятора.
4. Рассмотрение слоёв программного обеспечения для управления роботом-манипулятором.
5. Работа с координатами в двумерном пространстве.
6. Работа с координатами в трёхмерном пространстве.
7. Представление ориентации в трёхмерном пространстве.
8. Матрица вращения. Углы Эйлера. Кватернионы.
9. Гомогенная матрица преобразования.
10. Изменение позиции во времени. Производная позиции.
11. Преобразования пространственных скоростей.
12. Инкрементальное вращение.
13. Инкрементальное движение твёрдого тела.
14. Системы отсчёта.
15. Параметры Денавита-Хартенберга.
16. Модифицированные параметры Денавита-Хартенберга.

17. Описание сочленений и связей. Кинематические цепи.
18. Прямая кинематика. Методы решения задач прямой кинематики.
19. Обратная кинематика. Численные и аналитические методы решения задач обратной кинематики.
20. Движение в пространстве сочленений.
21. Движение в декартовом пространстве.
22. Сингулярности. Движение через сингулярности.
23. Управление независимыми сочленениями.
24. Приводы. Трение. Влияние массы связей.
25. Редуктор. Моделирование привода.
26. Velocity Control Loop. Position Control Loop.
27. Влияние гравитации.
28. Матрица инерции.
29. Матрица Кориолиса.
30. Трение. Влияние нагрузки.
31. RNE алгоритм.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ
на 20 / 20 учебный год

№№ Пп	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры компьютерных технологий и систем (протокол № от 20 г.)

Заведующий кафедрой

д.пед. наук
профессор

(подпись)

В. В. Казаченок
(И.О. Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

д.т. наук

(подпись)

А. М. Недзьведь
(И.О.Фамилия)