

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Новомосковский институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего  
образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева»

И.о. директора НИ (ф) РХТУ им. Д.И. Менделеева

УТВЕРЖДАЮ

Земляков Ю.Д.

« 31 » 2017 г.



Рабочая программа дисциплины

Динамика и управление манипуляторами

Уровень высшего образования Бакалавриат

Направление подготовки 15.03.04

«Автоматизация технологических процессов и производств»

Направленность (профиль) подготовки «Автоматизация технологических процессов и производств»

Квалификация выпускника Бакалавр

(наименование, код, форма, наименование дисциплины)

Форма обучения очная

(очная, очно-заочная и др.)

г. Новомосковск – 2017г.

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» направленность «Автоматизация технологических процессов и производств», утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 12 марта 2015 г. № 200.

Разработчик (ки):

НИ РХТУ  
(место работы)

к.т.н., доцент



(подпись)

/Сидельников С.И./

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры  
Автоматизация производственных процессов

Протокол № 1 от 31.08 2017

Зав.кафедрой,

д.т.н., профессор

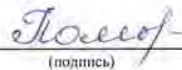


(подпись)

/Вент Д.П./

Эксперт:

АО "НАК "Азот" Ведущий инженер ЦЦРТО КИП и А  
(место работы)



(подпись)

/Поморцева Л.В./

Рабочая программа согласована с деканом факультета Кибернетика

Декан факультета, к.т.н., доцент



(подпись)

/Маслова Н.В./

« 31 » 08 2017г

Рабочая программа согласована с учебно-методическим управлением НИ РХТУ

Руководитель, д.х.н., профессор



(подпись)

/Кизим Н.Ф./

« 31 » 08 2017г

## Содержание

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.....	4
Нормативные документы, используемые при разработке основной образовательной программы .....	4
Область применения программы .....	4
2. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП.....	4
4. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ ДОСТИЖЕНИЕ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....	4
5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	4
5.1. Объем дисциплины и виды учебной работы.....	4
5.2. Разделы (модули) дисциплины, виды занятий и формируемые компетенции .....	5
5.3. Содержание дисциплины.....	5
5.4. Тематический план лабораторных работ.....	6
5.6. Курсовые работы .....	6
5.7. Внеаудиторная СРС.....	6
6. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ .....	6
6.1 Система оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок .....	6
6.2. Цель контроля, вид контроля и условия достижения цели контроля.....	7
6.3. Шкала оценки и критерии уровня сформированности компетенций по дисциплине при текущей аттестации .....	7
6.4. Шкала оценивания уровня сформированности компетенций при промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.....	7
6.5. Оценочные материалы для текущего контроля .....	8
7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	11
7.1. Образовательные технологии .....	11
7.2. Лекции .....	11
7.3. Лабораторные работы .....	11
7.4. Самостоятельная работа студента.....	11
7.7. Методические рекомендации для преподавателей.....	12
7.8. Методические указания для студентов.....	13
7.9. Методические рекомендации по обучению лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов .....	14
8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	14
8.1. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины.....	14
8.2. Информационные и информационно-образовательные ресурсы .....	15
9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	15
Приложение 1 АННОТАЦИЯ .....	17

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

### Нормативные документы, используемые при разработке основной образовательной программы

Нормативную правовую базу разработки рабочей программы дисциплины составляют:

Федеральный закон от 29 декабря 2012 года № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» (с учетом дополнений и изменений);

«Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования — программам бакалавриата, программам специализации, программам магистратуры», утвержденный приказом Министерства образования и науки РФ от 05.04.2017 N 301;

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования (ФГОС ВО) (ФГОС-3+) по направлению подготовки 15.03.04 "Автоматизация технологических процессов и производств". Направленность (профиль) "Автоматизация технологических процессов и производств". Приказ № 200 от 12.03.2015 (в редакции приказа Минобрнауки России от 05.04.2017 г. № 301) (далее – стандарт);

Нормативно-методические документы Минобрнауки России;

Устав ФГБОУ ВО РХТУ им. Д.И. Менделеева;

Положение о Новомосковском институте (филиале) РХТУ им. Д.И. Менделеева.

Локальные акты Новомосковского института (филиала) РХТУ им. Д.И. Менделеева (далее Институт).

### Область применения программы

Программа дисциплины является частью основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств, направленность (профиль) Автоматизация технологических процессов и производств, соответствующей требованиям ФГОС ВО 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств, утвержденной приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 12.03.2015 г. N 200 (Зарегистрировано в Минюсте России 27.03.2015 г. N 36578).

## 2. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

- изучение основ построения кинематических и динамических моделей роботов и задач управления движением, методов построения программных траекторий движения.

## 3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Дисциплина «Динамика и управление манипуляторами» относится к вариативной части блока 1 Дисциплины (модули). Является факультативной для освоения в 6 семестре, на 3 курсе.

Дисциплина базируется на курсах циклов естественнонаучных и общепрофессиональных дисциплин: "Математика" (логические исчисления, графы), "Теория автоматического управления" (устойчивость систем, методы оптимального управления, методы синтеза и анализа), "Технические средства автоматизации" (функциональные и принципиальные схемы, схемы внешних соединений, исполнительные устройства), "Технические измерения и приборы" (первичные преобразователи) и является основой для последующих дисциплин: Интеллектуальные системы управления, Робототехнические системы, Современные проблемы кибернетики.

## 4. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ ДОСТИЖЕНИЕ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Изучение дисциплины направлено на формирование следующей профессиональной компетенции:

- способность участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с автоматизацией производств, выборе на основе анализа вариантов оптимального прогнозирования последствий решения; (ОПК-4)
- способность участвовать в разработке новых автоматизированных и автоматических технологий производства продукции и их внедрении, оценке полученных результатов, подготовке технической документации по автоматизации производства и средств его оснащения (ПК-33). Этап освоения базовый.

В результате изучения дисциплины студент должен:

### Знать:

- особенности исполнительных систем как объектов управления;
- методы решения задач кинематики манипуляторов;
- методы построения моделей динамики манипуляторов;
- методы планирования траекторий движения манипулятора в декартовом пространстве и в пространстве обобщенных координат;
- принципы построения исполнительных систем роботов;
- основные методы управлений движением манипуляторов.

### Уметь:

- разрабатывать алгоритмы и программы работы манипуляторов;

### Владеть:

- навыками синтеза систем управления движением манипуляторов.

## 5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 72 час или 2 зачетные единицы (з.е). 1 з.е. равна 27 астрономическим часам или 36 академическим часам (п.16 Положения «Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета в Новомосковском институте (филиале) ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» )

Вид учебной работы	Всего ак.час.	Семестры ак.час
		6
<b>Контактная работа обучающегося с педагогическими работниками (всего)</b>	<b>32</b>	<b>32</b>
<b>Контактная работа аудиторная</b>	<b>32</b>	<b>32</b>

В том числе:		
Лекции	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	16	16
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	<b>40</b>	<b>40</b>
<b>Контактная самостоятельная работа</b> (групповые консультации и индивидуальная работа обучающихся с педагогическим работником)	2	2
Проработка лекционного материала	16	16
Подготовка к допуску для выполнения лабораторной работы	8	8
Подготовка к защите лабораторной работы	14	14
Вид аттестации ( <b>зачет</b> )	-	-
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>ак.час.</b>	<b>72</b>
	<b>з.е.</b>	<b>2</b>

## 5.2. Разделы (модули) дисциплины, виды занятий и формируемые компетенции

№ раздела	Наименование раздела дисциплины	Лекции час.	Лаб. занятия час.	СРС час.	Всего час.	Код формируемой компетенции
1	Тема 1. Введение	2	-	2	4	ОПК-4; ПК-33
2	Тема 2. Кинематика манипуляторов	4	4	6	14	ОПК-4; ПК-33
3	Тема 3. Динамика манипуляторов	4	4	10	18	ОПК-4; ПК-33
4	Тема 4. Генерация траекторий	2	4	10	16	ОПК-4; ПК-33
5	Тема 5. Системы управления роботами	1	-	2	3	ОПК-4; ПК-33
6	Тема 6. Линейное управление манипуляторами	2	4	8	14	ОПК-4; ПК-33
7	Тема 7. Задачи управления движением робота	1	-	2	3	ОПК-4; ПК-33
8	<i>В том числе текущий контроль</i>	-	-	-	-	-
	<b>Всего</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>40</b>	<b>72</b>	

\* СРС – самостоятельная работа студента

## 5.3. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1.	Введение	Цель и задачи курса. Основные понятия роботов и робототехнических устройств. Классификация промышленных роботов. Особенности робота как объекта управления. Задачи управления манипуляционными роботами. Манипуляционные механизмы и исполнительные системы роботов.
2.	Кинематика манипуляторов	Системы координат, выбор и преобразование. Кинематические параметры, используемые для описания углового и поступательного движения твердого тела. Определение положения и ориентации звеньев манипулятора. Прямая и обратная задачи кинематики.
3.	Динамика манипуляторов	Ускорение твердого тела. Распределение масс. Методы получения моделей динамики. Динамическая модель стационарного робота. Пример получения дифференциальных уравнений движения манипулятора.
4.	Генерация траекторий	Общие аспекты планирования траекторий. Особенности планирования траекторий в пространстве обобщенных координат. Типы траекторий. Планирование траекторий движения манипулятора в декартовом пространстве. Планирование траекторий на основе динамической модели.
5.	Системы управления роботами	Цикловая система. Позиционная система. Контурная система. Адаптивные системы управления.
6.	Линейное управление манипуляторами	Управление с обратной связью. Управление движением по заданной траектории.
7.	Задачи управления движением робота	Методы, основанные на решении обратной задачи динамики. Способы силового управления при реализации задач сборки и механообработки. Применение методов самонастройки при управлении роботами. Особенности реализации алгоритмов динамического управления с помощью микропроцессорных управляющих устройств. Обучение роботов.

#### 5.4. Тематический план лабораторных работ

Лабораторный практикум включает выполнение 4 лабораторных работ.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость час.	Форма контроля	Код формируемой компетенции
1.	2	Определение положения и ориентации звеньев манипулятора.	4	Отчет. «Защита»	ОПК-4; ПК-33
2.	3	Динамическая модель стационарного робота.	4	Отчет. «Защита»	ОПК-4; ПК-33
3.	4	Планирование траекторий движения манипулятора.	4	Отчет. «Защита»	ОПК-4; ПК-33
4.	8	Управление движением по заданной траектории.	6	Отчет. «Защита»	ОПК-4; ПК-33

#### 5.6. Курсовые работы

Курсовые работы не предусмотрены.

#### 5.7. Внеаудиторная СРС

Внеаудиторная СРС направлена на поиск информации в ЭОС и ее использовании при выполнении домашнего задания, являющегося расчетом тех же параметров, что и при контактной работе, но при других условиях.

### 6. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

#### Текущий контроль успеваемости, обеспечивающий оценивание хода освоения дисциплины

Для оценивания результатов обучения в виде знаний текущий контроль организуется в формах:

- устного опроса (фронтальной беседы, индивидуального опроса, докладов);
- проверки письменных заданий (вывод формул, их преобразование);
- тестирования (бланкового или компьютерного);

Для оценивания результатов обучения в виде умений и навыков (владений) текущий контроль организуется в формах:

- проверки письменных заданий (решения простых и/или сложных практико-ориентированных заданий); простые задания используются для оценки умений. Они представляют собой определение адекватности алгоритмов управления в виде сетей Петри, задачи по синтезу и анализу блоков стандартной позиционной структуры, Сложные задания используются для оценки навыков. Они представляют собой индивидуальные задания, включающие в себя синтез системы логического управления заданной структуры аппаратного оформления технологического процесса.

Отдельно оцениваются личностные качества студента (аккуратность, исполнительность, инициативность) – работа у доски, своевременная сдача тестов, отчетов к лабораторным работам и письменных домашних заданий.

#### Критерии для оценивания устного опроса

Оценка «отлично» выставляется в случае, если студент свободно оперирует приобретенными знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

Оценка «хорошо» выставляется в случае, если студент оперирует приобретенными знаниями, умениями, применяет их в стандартных ситуациях, но допускает незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

Оценка «удовлетворительно» выставляется в случае, если студент допускает существенные ошибки, проявляет отсутствие знаний, умений, по отдельным темам (не более 33%), испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется в случае, если студент демонстрирует полное отсутствие или явную недостаточность (менее 33%) знаний, умений в соответствии с планируемыми результатами обучения.

#### Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация обучающихся – оценивание промежуточных результатов обучения по дисциплине

Промежуточная аттестация осуществляется в форме **зачета**.

Зачет проставляется автоматически, если обучающийся выполнил и защитил все лабораторные работы, предусмотренные маршрутным листом, выполнил контрольный тест с оценкой не ниже чем «удовлетворительно». Критерии оценивания приведены в разделе 6.3.

Результаты текущей и промежуточной аттестации каждого обучающегося по дисциплине фиксируются в электронной информационно-образовательной среде Института в соответствии с требованиями Положения об электронной информационно-образовательной среде Новомосковского института (филиала) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева»

#### 6.1 Система оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок

##### Описание показателей и критериев оценивания сформированности части компетенции по дисциплине

- способность участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с автоматизацией производств, выборе на основе анализа вариантов оптимального прогнозирования последствий решения; (ОПК-4); - способность участвовать в разработке новых автоматизированных и автоматических	Формирование знаний	Сформированность знаний (полнота, глубина, осознанность)	<b>Знать:</b> - особенности исполнительных систем как объектов управления; - методы решения задач кинематики манипуляторов; - методы построения моделей динамики манипуляторов; - методы планирования траекторий движения манипулятора в декартовом пространстве и в пространстве обобщенных координат; - принципы построения исполнительных систем роботов; - основные методы управлений движением манипуляторов.
--	---------------------	--	--



технологий производства продукции и их внедрении, оценке полученных результатов, подготовке технической документации по автоматизации производства и средств его оснащения (ПК-33).	Формирование умений	Сформированность умений (прочность, последовательность, правильность, результативность, рефлексивность)	<b>Уметь:</b> - разрабатывать алгоритмы и программы работы манипуляторов;
	Формирование навыков и (или) опыта деятельности	Сформированность навыков и (или) опыта деятельности (качественность, скорость, автоматизм, редуцированность действий)	<b>Владеть:</b> - навыками синтеза систем управления движением манипуляторов.

## 6.2. Цель контроля, вид контроля и условия достижения цели контроля

Цель контроля	Постановка задания	Вид контроля	Условие достижения цели контроля
Выявление уровня знаний, умений, овладения навыками по дисциплине	Задания ставятся в соответствии с алгоритмом действий, лежащих в основе знаний, умения, овладения навыками	Текущий Оценивание достижения планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), обеспечивающие достижение планируемых результатов освоения образовательной программы	Цель контроля достигается при выполнении обучающимися соответствующих заданий требующих действий, контрольных задач, упражнений

### Пример задания для оценки уровня сформированности части компетенции по дисциплине

1. Написать уравнения кинематики трехзвенного манипулятора.

## 6.3. Шкала оценки и критерии уровня сформированности компетенций по дисциплине при текущей аттестации

Компетенция	Показатели текущего контроля	Уровень сформированности компетенции		
		высокий	пороговый	не сформирована
- способность участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с автоматизацией производств, выборе на основе анализа вариантов оптимального прогнозирования последствий решения; (ОПК-4); - способность участвовать в разработке новых автоматизированных и автоматических технологий производства продукции и их внедрении, оценке полученных результатов, подготовке технической документации по автоматизации производства и средств его оснащения (ПК-33).	выполнение лабораторных работ	в полном объеме с оценкой* «отлично» или «хорошо».	в полном объеме с оценкой «удовлетворительно»	не выполнены в полном объеме ко времени контроля
	тестирование	с оценкой «отлично» или «хорошо».	с оценкой «удовлетворительно»	с оценкой «неудовлетворительно»
	уровень использования дополнительной литературы	использует самостоятельно	по указанию преподавателя	с помощью преподавателя

### \*Критерии оценивания

Оценка «отлично» выставляется в случае, если студент демонстрирует полное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, оперирует приобретенными знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

Оценка «хорошо» выставляется в случае, если студент демонстрирует частичное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

Оценка «удовлетворительно» выставляется в случае, если студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям: в ходе контрольных мероприятий студент показывает владение менее 50% приведенных показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется в случае, если студент демонстрирует полное отсутствие или явную недостаточность (менее 33%) знаний, умений, навыков в соответствии с планируемыми результатами обучения.

## 6.4. Шкала оценивания уровня сформированности компетенций при промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Компетенция	Показатели оценки (дескрипторы) и результаты достижения планируемых результатов	Уровень сформированности компетенции		
		высокий	пороговый	не сформирована

	обучения по дисциплине	оценка «отлично»	оценка «хорошо»	оценка «удовлетвори тельно»	оценка «неудовлетв орительно»
	1. Уровень усвоения материала, предусмотренного программой. 2. Уровень выполнения заданий, предусмотренных программой. 3. Уровень изложения (культура речи, аргументированность, уверенность). 4. Уровень использования справочной литературы. 5. Уровень раскрытия причинно-следственных связей. 6. Ответы на вопросы: полнота, аргументированность, убежденность. 7. Ответственное отношение к работе, стремление к достижению высоких результатов, готовность к дискуссии.	Демонстрирует полное понимание проблемы. Все требования, предъявляемые к заданию выполнены	Демонстрирует понимание проблемы. Большинство требований, предъявляемых к заданию выполнены.	Демонстрирует понимание проблемы. В основном требования, предъявляемые к заданию, выполнены.	Демонстрирует непонимание проблемы. Задания не выполнены
- способностью участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с автоматизацией производств, выборе на основе анализа вариантов оптимального прогнозирования последствий решения; (ОПК-4); - способностью участвовать в разработке новых автоматизированных и автоматических технологий производства продукции и их внедрении, оценке полученных результатов, подготовке технической документации по автоматизации производства и средств его оснащения (ПК-33).	<b>Знать:</b> - особенности исполнительных систем как объектов управления; - методы решения задач кинематики манипуляторов; - методы построения моделей динамики манипуляторов; - методы планирования траекторий движения манипулятора в декартовом пространстве и в пространстве обобщенных координат; - принципы построения исполнительных систем роботов; - основные методы управлений движением манипуляторов. <b>Уметь:</b> - разрабатывать алгоритмы и программы работы манипуляторов; <b>Владеть:</b> - навыками синтеза систем управления движением манипуляторов.	<i>Полные ответы на все теоретические вопросы теста. Практические задания выполнены в полном объеме. Получены правильные значения всех расчетных (определяемых) величин.</i>	<i>Ответы по существу на все теоретические вопросы теста. Практические задания выполнены. Допущена неточность в расчете (определении) расчетной величины.</i>	<i>Ответы по существу на все теоретические вопросы теста, но не имеет доказательств, выводов, обоснований. Намечены схемы решения предложенных практических заданий</i>	<i>Ответы менее чем на половину теоретических вопросов теста. Решение практических заданий не предложено</i>

#### 6.5. Оценочные материалы для текущего контроля

##### Пример вопросов и заданий для текущего контроля.

##### Примеры вопросов для контрольной работы КР1

1. Дайте определение системы отсчета, степени свободы и позиционного управления.
2. Вектор  $^A P$  повернули на  $Q_1$  градусов вокруг оси Z и затем на  $Q_2$  градусов вокруг оси X. Постройте матрицу вращения реализующую в указанном порядке эти повороты.

##### Вопросы для контрольной работы КР1

1. Дайте определение кинематики, рабочего пространства и траектории вокруг и робота.
2. Дайте определение системы отсчета, степени свободы и позиционного управления.
3. Вектор  $^A P$  повернули на  $Q_1$  градусов вокруг оси Z и затем на  $Q_2$  градусов вокруг оси X. Постройте матрицу вращения реализующую в указанном порядке эти повороты.



4. Изначально система отсчета {B} совпадает с системой отсчета {A}. Мы поворачиваем систему отсчета {B} на  $30^\circ$  вокруг оси  $Z_B$  и затем поворачиваем результирующую систему отсчета на  $45^\circ$  градусов вокруг оси  $X_B$ . Постройте матрицу вращения, изменяющую описание векторов с  ${}^B P$  на  ${}^A P$ .
5. На рисунке 1 изображена символическая схема робота свяжите со звеньями этого манипулятора системы отсчета с {0} по {3}, изобразите их на рисунке. Найдите матрицы преобразований  ${}^0_1T$ ,  ${}^1_2T$ ,  ${}^2_3T$ . Нарисуйте рабочее пространство диаграммы робота.

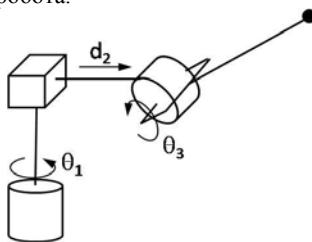


Рисунок 1. Символическая схема робота

6. На рисунке 2 изображена символическая схема робота свяжите со звеньями этого манипулятора системы отсчета с {0} по {3}, изобразите их на рисунке. Найдите матрицы преобразований  ${}^0_1T$ ,  ${}^1_2T$ ,  ${}^2_3T$ . Нарисуйте рабочее пространство диаграммы робота.

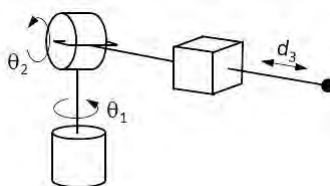


Рисунок 2. Сферический робот (RRP)

7. На рисунке 3 изображена символическая схема робота свяжите со звеньями этого манипулятора системы отсчета с {0} по {3}, изобразите их на рисунке. Найдите матрицы преобразований  ${}^0_1T$ ,  ${}^1_2T$ ,  ${}^2_3T$ . Нарисуйте рабочее пространство диаграммы робота.

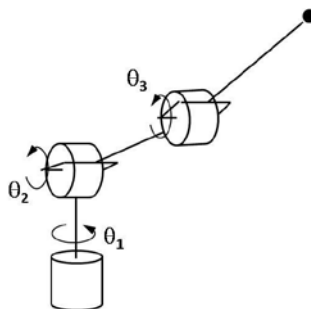


Рисунок 3. Сочлененный робот (RRR)

8. На рисунке 4 изображена символическая схема робота свяжите со звеньями этого манипулятора системы отсчета с {0} по {3}, изобразите их на рисунке. Найдите матрицы преобразований  ${}^0_1T$ ,  ${}^1_2T$ ,  ${}^2_3T$ . Нарисуйте рабочее пространство диаграммы робота.

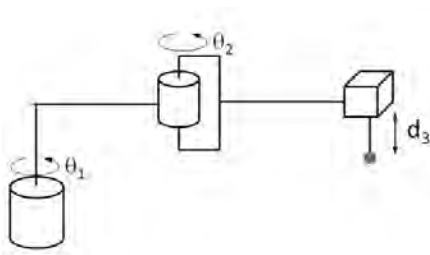


Рисунок 4. Робот SCARA (RRP)

9. На рисунке 5 изображена символическая схема робота свяжите со звеньями этого манипулятора системы отсчета с {0} по {3}, изобразите их на рисунке. Найдите матрицы преобразований  ${}^0_1T$ ,  ${}^1_2T$ ,  ${}^2_3T$ . Нарисуйте рабочее пространство диаграммы робота.

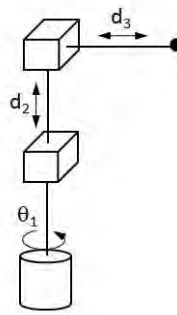


Рисунок 5. Цилиндрический робот (RPP)

10. На рисунке 6 изображена символическая схема робота свяжите со звеньями этого манипулятора системы отсчета с  $\{0\}$  по  $\{3\}$ , изобразите их на рисунке. Найдите матрицы преобразований  ${}^0_1T$ ,  ${}^1_2T$ ,  ${}^2_3T$ . Нарисуйте рабочее пространство диаграммы робота.

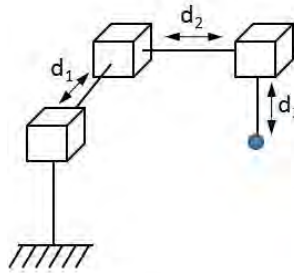


Рисунок 6. Декартовый робот (PPP)

### Контрольная работа КР2 является итоговой промежуточной аттестацией

#### Примеры вопросов для контрольной работы КР2

- Для трехзвенного плоского шарнирного манипулятора при известных желаемых положении и ориентации кисти существует два возможных решения. Сколько будет существовать решений, если в манипулятор добавить еще одно вращательное сочленение (чтобы при этом он оставался плоским)?
- На рисунке изображена двухзвенная плоская шарнирная рука. Первое звено равно второму звену, т.е.  $L_1=L_2$ . Пределы перемещения в шарнирах равны (в градусах)

$$0 < \theta_1 < 180$$

$$-90 < \theta_2 < 180$$

Схематично изобразите примерное достижимое рабочее пространство конца второго звена.

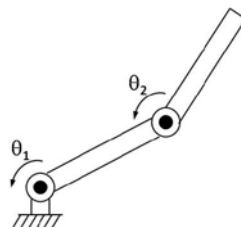


Рисунок. Двухзвенный планарный робот

#### Вопросы для контрольной работы КР2

- Перечислите факторы, которые могут повлиять на повторяемость манипуляторов. Перечислите факторы, которые могут повлиять на точность манипуляторов.
- Для трехзвенного плоского шарнирного манипулятора при известных желаемых положении и ориентации кисти существует два возможных решения. Сколько будет существовать решений, если в манипулятор добавить еще одно вращательное сочленение (чтобы при этом он оставался плоским)?
- На рисунке 7 изображена двухзвенная плоская шарнирная рука. Первое звено равно второму звену, т.е.  $L_1=L_2$ . Пределы перемещения в шарнирах равны (в градусах)

$$0 < \theta_1 < 180$$

$$-90 < \theta_2 < 180$$

Схематично изобразите примерное достижимое рабочее пространство конца второго звена.

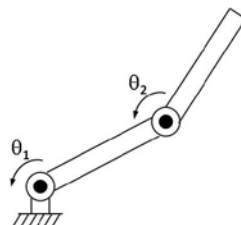


Рисунок 7. Двухзвенный планарный робот

4. На рисунке 7 изображена двухзвенная плоская шарнирная рука. Первое звено вдвое длиннее второго звена, т.е.  $L_1=2L_2$ . Пределы перемещения в шарнирах равны (в градусах)

$$\begin{aligned} 0 < \theta_1 < 180 \\ -90 < \theta_2 < 180 \end{aligned}$$

Схематично изобразите примерное достижимое рабочее пространство конца второго звена.

5. Найдите тензор инерции прямого однородного цилиндра в системе отсчета, начало которой совпадает с центром масс тела.
6. Постройте уравнение динамики двухзвенного манипулятора изображенного на рисунке 7 у которого на дальнем конце каждого звена находится точечная масса  $m_i$ . Каждое звено моделируется как прямоугольное твердое тело с размерами  $l_i$ ,  $s_i$ ,  $h_i$ .

## Критерии оценивания и шкала оценок по контрольной работе КР1, КР2

Поскольку подавляющее число вопросов (заданий) в базе являются вопросами на простое воспроизведение знаний, то тест считается пройденным с положительным результатом, если число правильных ответов 50 или более. В зависимости от контингента обучающихся эта граница может сдвигаться как в нижнюю (45), так и в верхнюю сторону (55) Вопрос о сдвиге границы решает лектор после прохождения тестирования всеми студентами учебной группы.

## Примеры вопросов для допуска и защиты лабораторных работ

1. Какие поколения роботов Вы знаете? Что такое робот?
2. Этапы синтеза робототехнических систем.
3. Как определяются положение манипулятора?
4. Как определяются ориентация манипулятора?
5. Дайте понятие однородного преобразования.
6. Сформулируйте задачу прямой кинематики.
7. Сформулируйте задачу обратной кинематики.
8. Сформулируйте конвенцию Денавита-Хартенберга.
9. На конкретном примере продемонстрируйте угол в сочленении, смещение звена, длину звена, и угол скрутки.

## 7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Организация образовательного процесса регламентируется учебным планом и расписанием учебных занятий. Язык обучения (преподавания) — русский. Для всех видов аудиторных занятий «час» устанавливается продолжительностью 45 минут. Зачетная единица составляет 27 астрономических часов или 36 академических час. Через каждые 45 мин контактной работы делается перерыв продолжительностью 5 мин, а после двух час. контактной работы делается перерыв продолжительностью 10 мин.

Сетевая форма реализации программы дисциплины не используется.

Обучающийся имеет право на зачет результатов обучения по дисциплине, если она освоена им при получении среднего профессионального образования и (или) высшего образования, а также дополнительного образования (при наличии) (далее - зачет результатов обучения). Зачтенные результаты обучения учитываются в качестве результатов промежуточной аттестации. Зачет результатов обучения осуществляется в порядке и формах, установленных локальным актом НИ РХТУ – Порядок и формы зачета результатов обучения по отдельным дисциплинам (модулям) и практикам, освоенным обучающимся, при реализации образовательных программ высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета в Новомосковском институте (филиале) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева».

### 7.1. Образовательные технологии

Учебный процесс при преподавании дисциплины основывается на использовании традиционных, инновационных и информационных образовательных технологий. Традиционные образовательные технологии представлены лекциями и семинарскими (практическими) занятиями и лабораторными работами. Инновационные образовательные технологии используются в виде применения активных и интерактивных форм проведения занятий. Информационные образовательные технологии реализуются путем активизации самостоятельной работы студентов в информационной образовательной среде. При проведении учебных занятий обеспечивается развитие у обучающихся навыков командной работы, межличностной коммуникации, принятия решений, лидерских качеств (включая проведение интерактивных лекций, групповых дискуссий, ролевых игр, тренингов, анализ ситуаций и имитационных моделей, преподавание дисциплин (модулей) в форме курсов, составленных на основе результатов научных исследований, проводимых организацией, в том числе с учетом региональных особенностей профессиональной деятельности выпускников и потребностей работодателей).

### 7.2. Лекции

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов содержания дисциплины.

На первой лекции лектор обязан предупредить студентов, применительно к какому базовому учебнику (учебникам, учебным пособиям) будет прочитан курс.

Лекционный курс обеспечивает более глубокое понимание учебных вопросов при значительно меньшей затрате времени, чем это требуется среднестатистическому студенту на самостоятельное изучение материала.

### 7.3. Лабораторные работы

Лабораторный практикум начинается с ознакомления с техникой безопасности.

По каждой лабораторной работе студент оформляет письменный отчет. Текущий контроль на лабораторных работах проводится в виде устных опросов – «защита» по итогам лабораторных работ. Оценивается ход лабораторных работ, достигнутые результаты, качество оформление отчета, своевременность сдачи.

### 7.4. Самостоятельная работа студента

Для успешного усвоения дисциплины необходимо не только посещать аудиторные занятия, но и вести активную самостоятельную работу. При самостоятельной проработке курса обучающиеся должны:

- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- изучить рекомендованную основную и дополнительную литературу, составлять тезисы, аннотации и конспекты наиболее важных моментов;

- самостоятельно выполнить лабораторные работы, подготовить отчет и вопросы к защите;
- использовать для самопроверки материала оценочные средства.

#### 7.7. Методические рекомендации для преподавателей

##### **Основные принципы обучения**

1. Цель обучения – развить мышление, выработать мировоззрение; познакомить с идеями и методами науки; научить применять принципы и законы для решения простых и нестандартных задач.

2. Обучение должно органически сочетаться с воспитанием. Нужно развивать в студентах волевые качества и трудолюбие. Ненавязчиво, к месту прививать элементы культуры поведения. В частности, преподаватель должен личным примером воспитывать в студентах пунктуальность и уважение к чужому времени. Недопустимо преподавание односеместровой учебной дисциплины превращать в годичное.

3. Обучение должно быть не пассивным (сообщим студентам некоторый объем информации, расскажем, как решаются те или иные задачи), а активным. Нужно строить обучение так, чтобы в овладении материалом основную роль играла память логическая, а не формальная. Запоминание должно достигаться через глубокое понимание.

4. Одно из важнейших условий успешного обучения – умение организовать работу студентов.

5. Отношение преподавателя к студентам должно носить характер доброжелательной требовательности. Для стимулирования работы студентов нужно использовать поощрение, одобрение, похвалу, но не порицание (порицание может применяться лишь как исключение). Преподаватель должен быть для студентов доступным.

6. Необходим регулярный контроль работы студентов. Правильно поставленный, он помогает им организовать систематические занятия, а преподавателю достичь высоких результатов в обучении.

7. Важнейшей задачей преподавателей, ведущих занятия по дисциплине, является выработка у студентов осознания необходимости и полезности знания дисциплины как теоретической и практической основы для изучения профильных дисциплин.

8. С целью более эффективного усвоения студентами материала данной дисциплины рекомендуется при проведении лекционных, практических и лабораторных занятий использовать современные технические средства обучения, а именно презентации лекций, наглядные пособия в виде схем приборов, деталей и конструкций приборов, компьютерное тестирование.

9. Для более глубокого изучения предмета и подготовки ряда вопросов (тем) для самостоятельного изучения по разделам дисциплины преподаватель предоставляет студентам необходимую информацию о использовании учебно-методического обеспечения: учебниках, учебных пособиях, сборниках примеров и задач и описание лабораторных работ, наличии Интернет-ресурсов.

При текущем контроле рекомендуется использовать компьютерное или бланковое тестирование, контрольные коллоквиумы или контрольные работы.

Контрольное (итоговое) тестирование включает в себя задания по всем темам раздела рабочей программы дисциплины.

10. Цель лекции – формирование у студентов ориентировочной основы для последующего усвоения материала методом самостоятельной работы. Содержание лекции должно отвечать следующим дидактическим требованиям:

- изложение материала от простого к сложному, от известного к неизвестному;
- логичность, четкость и ясность в изложении материала;
- возможность проблемного изложения, дискуссии, диалога с целью активизации деятельности студентов;
- опора смысловой части лекции на подлинные факты, события, явления, статистические данные;
- тесная связь теоретических положений и выводов с практикой и будущей профессиональной деятельностью студентов.

Преподаватель, читающий лекционные курсы, должен знать существующие в педагогической практике варианты лекций, их дидактические и воспитывающие возможности, а также их место в структуре процесса обучения.

11. При проведении аттестации студентов важно всегда помнить, что систематичность, объективность, аргументированность – главные принципы, на которых основаны контроль и оценка знаний студентов. Знание критериев оценки знаний обязательно для преподавателя и студента.

##### **Организация лабораторного практикума**

Освоение студентом лабораторного практикума – необходимая составная часть работы студента при освоении дисциплины. Каждый студент за один семестр должен выполнить по индивидуальному графику 4 лабораторных работы, указанных в «маршрутном» листе. Маршрутный лист составляет лектор потока. Маршрутный лист выдается студенту за неделю до начала лабораторного практикума.

Все студенты перед началом работы в лаборатории проходят инструктаж по технике безопасности. Каждый студент в специальном журнале ставит свою подпись о том, что он прослушал инструктаж по технике безопасности работы в лаборатории и обязуется выполнять все пункты инструктажа.

1. Студенты не допускаются к работе в лаборатории в верхней одежде.

2. Студент допускается к выполнению работы только после «допуска», т.е. проверки преподавателем готовности студента.

Готовность студента к выполнению лабораторной работы состоит в следующем:

- подготовлена текущая работа, подготовка включает: название работы, теоретическое введение, схему установки, рабочие формулы и формулы для расчета погрешностей; перечень приборов и принадлежностей (технические характеристики заполняются в лаборатории); перечень заданий и таблицы для записи результатов измерений;
- знание эксперимента и теории данной работы в рамках описания работы в практикуме и учебнике, умение работать с приборами, установками, оборудованием;
- знание правил техники безопасности при работе с приборами и оборудованием, используемым в данной работе.

3. Студент не допускается к выполнению работы, если:

- отсутствует лабораторный журнал (в качестве лабораторного журнала студент использует общую тетрадь) или не подготовлен протокол,
- студент не знает теории работы в рамках теоретического введения в практикуме и не представляет, что и каким методом он будет измерять;
- имеется более одной несданной ранее выполненной работы.

Однако до окончания лабораторного занятия студент, не получивший допуск, работает в лаборатории, устраняя допущенные недоработки.

4. Студентам, пропустившим занятия по уважительным причинам (имеется допуск из деканата), предоставляется возможность ее выполнения во время указанное ведущим преподавателем. Студентам, пропустившим занятия по неуважительным причинам, предоставляется возможность ее выполнения в зачетную неделю на «дублерском» занятии во время указанное ведущим преподавателем. Студенты, нуждающиеся в дополнительной подготовке, могут воспользоваться услугами Центра дополнительного образования и профессиональной подготовки.

5. В течение одного занятия допускается выполнение не более одной лабораторной работы.

6. Не допускается совместная работа 2-х и большего числа студентов за одной установкой, если это не предусмотрено методическими указаниями к выполнению данной работы.

7. На титульном листе лабораторного журнала должны быть указаны фамилия и инициалы студента, код учебной группы. Оформление каждой работы начинается с новой страницы. Схемы и графики выполняются карандашом, все записи делаются ручкой, для графиков используется миллиметровая бумага, или они выполняются с использованием компьютера; графики вклеиваются в лабораторный журнал. На расчетных страницах должны обязательно присутствовать рабочие формулы с подстановкой результатов прямых измерений и констант в одной системе единиц. На этих же страницах производится расчет погрешностей. Оформление работы завершается написанием выводов.

В выводах должны содержаться ответы на следующие вопросы:

а) как составляли алгоритм,

8. Прием «защиты» по лабораторной работе заключается в проверке:

а) результатов работы,

б) оформления работы и выводов.

Выполненная работа отмечается в журнале студента подписью преподавателя и простановкой даты. Работа считается зачетной, если на странице, где начинается ее описание, имеется 3 подписи преподавателя: за «допуск», «выполнение» и «защита» с указанием даты. После выполнения и защиты всех лабораторных работ преподаватель в журнале студента делает запись: «Все лабораторные работы, предусмотренные маршрутным листом, выполнены и защищены», ставит подпись и дату.

9. Журнал преподавателя хранится у лаборанта той лаборатории, в которой эта работа выполняется. Правила ведения журнала преподавателя.

1. В графе журнала учета выполненных студентами лабораторных работ делается отметка о выполнении. Если работа «защищена», делается отметка о защите с указанием даты.

2. В случае отсутствия студента на лабораторном занятии в журнале учета выполненных студентами лабораторных работ пишется «нб».

3. Около работы, пропущенной по уважительной причине (допуск из деканата), пишется «ув».

Правила работы преподавателей в лаборатории в зачетную неделю

1. К выполнению работ допускаются студенты, которым лектор или ведущий преподаватель предоставил допуск.

2. Дежурный преподаватель делает отметку о выполнении лабораторной работы в журнале студента и в журнале учета выполненных студентами лабораторных работ.

Студент может защитить работу дежурному преподавателю, проводившему занятия. Студент, не успевший выполнить работу на занятии, приглашается для ее выполнения повторно.

3. Лабораторные работы, выполненные в течение семестра, принимает тот преподаватель, который проводил занятия с группой в течение семестра. В случае отсутствия по уважительной причине этого преподавателя на зачетной неделе, зачет по лаборатории принимает лектор. При отсутствии лектора – зав. кафедрой.

4. Во время проведения лабораторных работ учебно-вспомогательный персонал лаборатории работает под руководством ведущих занятий преподавателей и зав. лабораториями.

#### 7.8. Методические указания для студентов

##### По подготовке к лекционным занятиям

Изучение дисциплины требует систематического и последовательного накопления теоретических знаний, следовательно, пропуски отдельных тем не позволяют глубоко освоить предмет. Студентам необходимо:

1. перед каждой лекцией просматривать рабочую программу дисциплины;

2. перед следующей лекцией необходимо просмотреть по конспекту материал предыдущей.

При затруднениях в восприятии материала следует обратиться к основным литературным источникам. Если разобраться в материале не удалось, необходимо обратиться к лектору или к преподавателю на практических занятиях. Не оставляйте «белых пятен» в освоении материала!

##### По подготовке к лабораторному практикуму

1. Освоение студентом лабораторного практикума – необходимая составная часть работы студента при освоении курса РРС. Каждый студент за один семестр должен выполнить по индивидуальному графику 4 (если специально не оговорено) лабораторных работ, указанных в «маршрутном» листе. График работ студент получает за неделю до начала лабораторного практикума.

2. Каждый студент перед началом семестра получает полный комплект литературы - набор учебных пособий, в которых помещены описания лабораторных работ. Инструкции по лабораторным работам, отсутствующим в учебных пособиях, имеются в читальном зале библиотеке и в соответствующей лаборатории на кафедре и каждый студент может получить ее во временное пользование. Описание каждой лабораторной работы содержит достаточно проработанное теоретическое введение, основные расчетные формулы и формулы расчета погрешности, подробное описание лабораторной установки, сценарий проведения лабораторной работы, виды таблиц, для внесения в них результатов измерений, контрольные вопросы, дающие студенту возможность осуществить самоконтроль уровня своей подготовки к работе.

3. Студент допускается к выполнению работы только после «допуска», т.е. проверки преподавателем готовности студента. Готовность студента к выполнению лабораторной работы состоит в следующем:

а) в журнале (в качестве журнала используется общая тетрадь) имеется описание текущей лабораторной работы: название работы, теоретическое введение, схема установки, рабочие формулы, перечень приборов и принадлежностей; перечень заданий и таблицы для записи результатов;

б) знание теории данной работы в рамках описания работы в практикуме и учебнике, умение работать с приборами, установками, оборудованием;

в) знание правил техники безопасности при работе с приборами и оборудованием, используемым в данной работе.

Студент не допускается к выполнению работы, если:

а) отсутствует лабораторный журнал или не подготовлен протокол,

б) студент не знает теории работы в рамках теоретического введения в практикуме и не представляет, что и как он будет проводить работу;

Однако до окончания лабораторного занятия студент, не получивший допуск, работает в лаборатории, устраняя допущенные недоработки.

4. Студентам, пропустившим занятия по уважительным причинам (имеется допуск из деканата), предоставляется возможность ее выполнения во время указанное ведущим преподавателем. Студентам, пропустившим занятия по неуважительным причинам, предоставляется возможность ее выполнения в зачетную неделю на «дублерском» занятии во время, указанное ведущим преподавателем.

5. В течение одного занятия допускается выполнение не более одной лабораторной работы.

6. Не допускается совместная работа 2-х и большего числа студентов за одной установкой, если это не предусмотрено методическими указаниями к выполнению данной работы.

8. На титульном листе лабораторного журнала должны быть указаны фамилия и инициалы студента, код учебной группы. Оформление каждой работы начинается с новой страницы. Порядок работы и содержание протокола отражено в методических указаниях. Оформление работы завершается написанием выводов.

Прием «защиты» по лабораторной работе заключается в проверке:

а) результатов работы,

г) оформления работы и выводов.

Работа считается зачетной, если на странице, где начинается ее описание, имеется 3 подписи преподавателя: за «допуск», «выполнение» и «защиту» с указанием даты.

#### **По работе с литературой**

В рабочей программе дисциплины представлен список основной и дополнительной литературы – это учебники, учебно-методические пособия или указания. Дополнительная литература – учебники, монографии, сборники научных трудов, журнальные и газетные статьи, различные справочники, энциклопедии, Интернет-ресурсы.

Любая форма самостоятельной работы студента (подготовка к семинарскому занятию, докладу и т.п.) начинается с изучения соответствующей литературы как в библиотеке / электронно-библиотечной системе, так и дома. Изучение указанных источников расширяет границы понимания предмета дисциплины.

При работе с литературой выделяются следующие виды записей. Конспект – краткая схематическая запись основного содержания научной работы. Целью является не переписывание произведения, а выявление его логики, системы доказательств, основных выводов. Хороший конспект должен сочетать полноту изложения с краткостью. Цитата – точное воспроизведение текста. Заключается в кавычки. Точно указывается страница источника. Тезисы – концентрированное изложение основных положений прочитанного материала. Аннотация – очень краткое изложение содержания прочитанной работы. Резюме – наиболее общие выводы и положения работы, ее концептуальные итоги.

#### **7.9. Методические рекомендации по обучению лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Профессорско-преподавательский состав знакомится с психолого-физиологическими особенностями обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, индивидуальными программами реабилитации инвалидов (при наличии). При необходимости осуществляется дополнительная поддержка преподавания психологами, социальными работниками, прошедшими подготовку ассистентами.

Предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений с другими студентами, создании комфортного психологического климата в студенческой группе. Подбор и разработка учебных материалов производится с учетом предоставления материала в различных формах: аудиальной, визуальной, с использованием специальных технических средств и информационных систем.

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения (персонального и коллективного использования).

Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной или электронной форме (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- в печатной форме или электронной форме с увеличенным шрифтом и контрастностью (для лиц с нарушениями слуха, речи, зрения);
- методом чтения ассистентом задания вслух (для лиц с нарушениями зрения).

Лабораторные работы выполняются методом вычислительного эксперимента.

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге или набором ответов на компьютере (для лиц с нарушениями слуха, речи);
- выбором ответа из возможных вариантов при тестировании с использованием услуг ассистента (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- устно (для лиц с нарушениями зрения, опорно-двигательного аппарата).

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

#### **8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

##### **8.1. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

###### **а) основная литература**

Основная литература	Режим доступа	Обеспеченность
Основы робототехники: учеб. для втузов / Е. И. Юревич. - Л. : Машиностроение, 1985. - 271 с.	Библиотека НИ РХТУ	Да (14)

###### **б) дополнительная литература**

Основная литература	Режим доступа	Обеспеченность
Анализ и контроль роботов с помощью Scilab и RTSX, Varodom Toochinda 2014г	<a href="http://dewninja.blogspot.com/p/robot-analysis-and-control-with-scilab.html">http://dewninja.blogspot.com/p/robot-analysis-and-control-with-scilab.html</a>	Да
Афонин В.Л. Интеллектуальные робототехнические системы [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.Л. Афонин, В.А. Макушкин. – Электрон.дан. – Москва: , 2016. – 222 с.	<a href="https://e.lanbook.com/book/100607">https://e.lanbook.com/book/100607</a>	Да

## 8.2. Информационные и информационно-образовательные ресурсы

При освоении дисциплины студенты должны использовать информационные и информационно-образовательные ресурсы следующих порталов и сайтов:

Система поддержки учебных курсов НИ РХТУ. Кафедра Автоматизация производственных процессов / ВМСС URL: <http://moodle.nirhtu.ru>

Библиотека Новомосковского института (филиала) Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева. URL: [http://irbis.nirhtu.ru/ISAPI/irbis64r\\_opak72/cgiirbis\\_64.dll?C21COM=F&I21DBN=IBIS&P21DBN=IBIS](http://irbis.nirhtu.ru/ISAPI/irbis64r_opak72/cgiirbis_64.dll?C21COM=F&I21DBN=IBIS&P21DBN=IBIS)

ЭБС «Издательство «Лань» (договор № 616/2016 от 26.09.2016г.) - <https://e.lanbook.com/>

Научная электронная библиотека «КиберЛенинка» - <https://cyberleninka.ru/>

Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - <https://elibrary.ru/>

Портал АСУТП.ру — популярный интернет-ресурс, который предназначен для профессионалов, работающих в сфере автоматизации производства - <http://asutp.ru/>

Профессиональные базы данных

База данных Scopus (сублицензированный договор № Scopus//130 от 08.08.2017г) - <https://www.scopus.com>

База данных Web of Science компании Clarivate Analytics (Scientific) LLC (сублицензионный договор № WoS/1035 от 01.04.2017г.) - <https://clarivate.com/>

Википедия — общедоступная многоязычная универсальная интернет-энциклопедия со свободным контентом. - [ru.wikipedia.org](http://ru.wikipedia.org)

Служба, обеспечивающая с помощью веб-интерфейса, хранение, накопление, передачу и обработку материалов Пользователей, представленных в электронном виде в публичный доступ, с предоставлением в распоряжение последних уникальных аккаунтов, в которых хранятся материалы - <https://www.twirpx.com/>

Электронный ресурс «Все для студента» - <https://www.twirpx.com/>

<http://www.robotics.ru>

<http://www.raai.org/resurs/resurs.shtml>

<http://www.prorobot.ru/>

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспеченные доступом в электронную информационно-образовательную среду Института, помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Приспособленность помещений для использования инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья
Лекционная аудитория. Аудитория для практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, проведения текущего контроля и промежуточной аттестации (109 учебный корпус 1, Трудовые Резервы, 29)	Учебная мебель, доска. Презентационная техника: ноутбук, проектор, экран (постоянное место хранения: ауд.109а)	приспособлено (1 этаж)
Аудитория для лабораторных занятий (107а учебный корпус 1, Трудовые Резервы, 29)	Учебная мебель, доска ПК (1 шт) Доступ в Интернет, к ЭБС, электронным образовательным и информационным ресурсам, базе данных электронного каталога НИ РХТУ, системе управления учебными курсами Moodle Прибор Щ-711, Пульт "Пуск", Реактор (4 шт), Робот «Электроника»	приспособлено (1 этаж)
Аудитория для лиц с ограниченными возможностями и самостоятельной	Учебная мебель, доска ПК (2шт) Доступ в Интернет, к ЭБС, электронным образовательным и информационным ресурсам, базе данных электронного каталога НИ РХТУ, системе управления учебными	приспособлено (1 этаж)



работы студентов (107, учебный корпус 1, Трудовые Резервы, 29)	курсами Moodle	
---	----------------	--

**Технические средства обучения, служащие для предоставления учебной информации большой аудитории**

Ноутбук с возможностью просмотра видеоматериалов и презентаций, с неограниченным доступом в Интернет, к ЭБС, электронным образовательным и информационным ресурсам, базе данных электронного каталога Института, системе управления учебными курсами Moodle, учебно-методическим материалам.

Проектор, экран

**Программное обеспечение**

Операционная система (MSWindows XP распространяется под лицензией [TheNovomoskovskuniversity \(thebranch\) - EMDEPT-DreamSparkPremiumhttp://e5.onthehub.com/WebStore/Welcome.aspx?vsro=8&ws=9f5a10ad-c98b-e011-969d-0030487d8897](http://e5.onthehub.com/WebStore/Welcome.aspx?vsro=8&ws=9f5a10ad-c98b-e011-969d-0030487d8897). Номер учетной записи e5: 100039214

MS Word, Excel, PowerPoint из пакета MS Office 365 A1 бесплатная веб-версия Office <https://products.office.com/ru-ru/academic/compare-office-365-education-plans> для учащихся, преподавателей и сотрудников

Текстовый редактор (LibreOffice Writer) распространяется под лицензией LGPLv3

Табличный процессор (LibreOffice Calc) распространяется под лицензией LGPLv3 Редактор презентаций (LibreOfficeImpress) распространяется под лицензией LGPLv3

Архиватор 7zip (распространяется под лицензией GNU LGPL license)

Adobe Acrobat Reader - ПО [Acrobat Reader DC](https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader/volume-distribution.html) и мобильное приложение Acrobat Reader являются бесплатными и доступны для корпоративного распространения (<https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader/volume-distribution.html>).

Браузер Mozilla Firefox (распространяется под лицензией Mozilla Public License 2.0 (MPL))

SCADA система TRACE MODE бесплатная инструментальная система базовая линия <http://www.adastra.ru/products/overview/licence/>

**Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:**

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса;

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде; кафедральная библиотека электронных изданий.

**Учебно-наглядные пособия:**

Комплекты плакатов к разделам лекционного курса и лабораторного практикума.

Приложение 1  
АННОТАЦИЯ  
рабочей программы дисциплины

**Динамика и управление манипуляторами**

**1. Общая трудоемкость** (з.е./ час): 2 / 72. Контактная работа 32 час., из них: лекционные 16, лабораторные 16. Самостоятельная работа студента 40 час. Форма промежуточного контроля: зачет. Дисциплина изучается на 3 курсе в 6 семестре.

**2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Динамика и управление манипуляторами» относится к вариативной части блока 1 Дисциплины (модули).

Дисциплина базируется на курсах циклов естественнонаучных и общепрофессиональных дисциплин: "Математика" (логические исчисления, графы), "Теория автоматического управления" (устойчивость систем, методы оптимального управления, методы синтеза и анализа), "Технические средства автоматизации" (функциональные и принципиальные схемы, монтажно-коммутационные схемы, схемы внешних соединений, исполнительные устройства), "Технические измерения и приборы" (первичные преобразователи, вторичные приборы) и является основой для последующих дисциплин: Интеллектуальные системы управления, Современные проблемы кибернетики

**3. Цель и задачи изучения дисциплины**

Целью освоения дисциплины является - изучение основ построения кинематических и динамических моделей роботов и задач управления движением, методов построения программных траекторий движения.

**4. Содержание дисциплины**

№ раздела	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1.	Введение	Цель и задачи курса. Основные понятия роботов и робототехнических устройств. Классификация промышленных роботов. Особенности робота как объекта управления. Задачи управления манипуляционными роботами. Манипуляционные механизмы и исполнительные системы роботов.
2.	Кинематика манипуляторов	Системы координат, выбор и преобразование. Кинематические параметры, используемые для описания углового и поступательного движения твердого тела. Определение положения и ориентации звеньев манипулятора. Прямая и обратная задачи кинематики.
3.	Динамика манипуляторов	Ускорение твердого тела. Распределение масс. Методы получения моделей динамики. Динамическая модель стационарного робота. Пример получения дифференциальных уравнений движения манипулятора.
4.	Генерация траекторий	Общие аспекты планирования траекторий. Особенности планирования траекторий в пространстве обобщенных координат. Типы траекторий. Планирование траекторий движения манипулятора в декартовом пространстве. Планирование траекторий на основе динамической модели.
5.	Системы управления роботами	Цикловая система. Позиционная система. Контурная система. Адаптивное управление.
6.	Линейное управление манипуляторами	Управление с обратной связью. Управление движением по заданной траектории.
7.	Задачи управления движением робота	Методы, основанные на решении обратной задачи динамики. Способы силового управления при реализации задач сборки и механообработки. Применение методов самонастройки при управлении роботами. Особенности реализации алгоритмов динамического управления с помощью микропроцессорных управляющих устройств. Обучение роботов.

**5. Планируемые результаты обучения по дисциплине, обеспечивающие достижение планируемых результатов освоения образовательной программы**

В результате освоения ООП бакалавриата обучающийся должен овладеть следующим результатом обучения по дисциплине:

- способностью участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с автоматизацией производств, выборе на основе анализа вариантов оптимального прогнозирования последствий решения; (ОПК-4);
- способностью участвовать в разработке новых автоматизированных и автоматических технологий производства продукции и их внедрении, оценке полученных результатов, подготовке технической документации по автоматизации производства и средств его оснащения (ПК-33). Этап освоения базовый.

В результате изучения дисциплины студент должен:

**Знать:**

- особенности исполнительных систем как объектов управления;
- методы решения задач кинематики манипуляторов;
- методы построения моделей динамики манипуляторов;
- методы планирования траекторий движения манипулятора в декартовом пространстве и в пространстве обобщенных координат;

- принципы построения исполнительных систем роботов;
- основные методы управлений движением манипуляторов.

**Уметь:**

- разрабатывать алгоритмы и программы работы манипуляторов;

**Владеть:**

- навыками синтеза систем управления движением манипуляторов.

ЛИСТ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ДЕЙСТВИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Динамика и управление манипуляторами

на 2018/2019 учебный год

Направление подготовки: 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Направленность (профиль) подготовки: Автоматизация технологических процессов и производств

Квалификация выпускника: бакалавр.

Форма обучения: очная (факультатив).

Действие программы дисциплины с дополнениями и изменениями по решению кафедры «Автоматизация производственных процессов» распространено на 2018/2019 уч.год.

Список дополнений и изменений:

1. Изменено название министерства: Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
2. Программное обеспечение: Изменена подписка Microsoft Imagine Premium: бессрочные права и бессрочная лицензия по подписке Microsoft Imagine Premium, идентификатор подписки: a936248f-3805-4c6a-a64f-8c344976ef6d, идентификатор подписчика: ICM-164914
3. Заключены договора: ЭБС «Издательство «Лань» (договор № 0917 от 26.09.2017г.)- <https://e.lanbook.com/>  
ЭБС «Электронное издательство ЮРАЙТ» (договор № 6/н от 22.02.2018г) - <https://urait.ru/>  
БД Web of Science компании Clarivate Analytics (Scientific) LLC, сублицензионный договор № WoS/940 от 02.04.2018г - <https://clarivate.com/>.

Протокол № 1 от 31.08.2018г.

Заведующий кафедрой АПП, руководитель ОПОП: \_\_\_\_\_



Д.П. Вент

## ЛИСТ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ДЕЙСТВИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

### Динамика и управление манипуляторами

на 2019/2020 учебный год

Направление подготовки: 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Направленность (профиль) подготовки: Автоматизация технологических процессов и производств

Квалификация выпускника: бакалавр.

Форма обучения: очная.

Действие рабочей программы дисциплины с дополнениями и изменениями по решению кафедры «Автоматизация производственных процессов» распространено на 2019/2020 уч.год.

Список дополнений и изменений:

1. Программное обеспечение: Изменена подписка MS Windows, MS Access, MS Visual Studio, MS Office 365 A1, действует бессрочная лицензия по подписке Azure Dev Tools for Teaching (бывш. Microsoft Imagine Premium) ИД пользователя: 000340011208DF77, идентификатор подписки: a936248f-3805-4c6a-a64f-8c344976ef6d, идентификатор подписчика: ICM-164914, ИД учетной записи: Novomoskovsk Institute (branch) of the Federal state budgetary educational institution of higher education "Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia".
2. Заключен договор: [«Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ»](#) договор № 29.01- P-2.0-1168/2018 от 11.01.2019г. Срок действия с 11 .01.2019 по 10.01.2020г.

Разработчик: к.т.н. доц.



С.И.Сидельников

Протокол № 14 от 28.06.2019г.

Руководитель ОПОП:



Д.П. Вент

ЛИСТ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ДЕЙСТВИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Динамика и управление манипуляторами

на 2020/2021 учебный год

Направление подготовки: 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Направленность (профиль) подготовки: Автоматизация технологических процессов и производств

Квалификация выпускника: бакалавр.

Форма обучения: очная.

Действие рабочей программы дисциплины с дополнениями и изменениями по решению кафедры «Автоматизация производственных процессов» распространено на 2020/2021 уч.год.

Список дополнений и изменений:

1. Заключен договор: «Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» договор № 33.03-Р-3.1-2220/2020 от 16.03.2020 г. Срок действия с 16.03.2020 по 15.03.2021 г.

Разработчик: к.т.н. доц.



С.И.Сидельников

Протокол № 12 от 29.06.2020г.

Руководитель ОПОП:



Д.П. Вент