

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Яцун Сергей Федорович
Должность: Заведующий кафедрой
Дата подписания: 23.09.2022 14:42:24
Уникальный программный ключ:
3e7165623462b654f8168ff31eb0227f63cc84fe

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Юго-Западный государственный университет

Утверждаю:

Зав. кафедрой ММиР



С.Ф. Яцун

« 31 » 09 2022 г.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА
для текущего контроля успеваемости
и промежуточной аттестации обучающихся
по дисциплине

Механика роботов

(наименование дисциплины)

15.03.06 Мехатроника и робототехника

(код и наименование ОПОП ВО)

Курс – 20 22

1 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ

1.1 ВОПРОСЫ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОГО (УСТНОГО) ОПРОСА

Тема 1. «Введение. Исторические этапы и перспективы развития робототехники. Основные понятия и определения механики роботов»

- 1 Назовите области применения роботов.
- 2 Назовите основные классификационные признаки промышленных роботов-манипуляторов.
- 3 Проведите классификацию промышленных роботов (ПР) по основным классификационным признакам.
- 4 Каковы основные технические характеристики промышленных роботов-манипуляторов?
- 5 Какое управление ПР называется позиционным?
- 6 Какое управление ПР называется цикловым?
- 7 Какое управление ПР называется контурным?
- 8 Дайте определения основным понятиям структуры манипуляционных систем: манипулятор, кинематическое звено, кинематическая пара, кинематическая цепь, разомкнутая и замкнутая кинематические цепи.
- 9 Приведите классификацию кинематических пар по классам и типам движения.
- 10 Приведите классификацию робототехнических систем по переносным степеням подвижности.
- 11 Приведите классификацию робототехнических систем по ориентирующим степеням подвижности.
- 12 Какие системы координат используются при описании движения робота?
- 13 Приведите схемы роботов, работающих в наиболее используемых в робототехнике системах координат.
- 14 Назовите наиболее распространенные в технике схемы манипуляторов роботов.

Тема 2 «Кинематика манипуляторов»

- 1 Что такое исполнительный механизм манипуляционного робота?
- 2 Каковы основные типы кинематических схем манипуляторов?
- 3 Назовите параметры, определяющие кинематическую схему исполнительного механизма. Каковы геометрические параметры его звеньев?
- 4 Назовите инерционные параметры звеньев исполнительного механизма.

- 5 Что такое обобщенные координаты шарниров? Каким образом осуществляется учет типа кинематической пары?
- 6 Преобразования координат в манипуляционных системах.
- 7 Описание положения схвата в абсолютной системе координат.
- 8 Понятие о прямой и обратной задачах кинематики манипуляторов роботов
- 9 Однородные координаты в кинематике манипуляторов роботов.
- 10 Матрицы перехода 4×4 кинематических пар 5-го класса.
- 11 Уравнения движения в конфигурационном пространстве.
- 12 Уравнения движения в операционном пространстве.
- 13 Уравнения движения в форме вход-состояние-выход.
- 14 Сравнение основных методов вывода уравнений движения.
- 15 Прямая задача кинематики манипуляционных систем с последовательной кинематикой.
- 16 Обобщенные координаты манипуляционных систем.
- 17 Расчет положения схвата в пространстве абсолютных координат.
- 18 Определение взаиморасположений промежуточных звеньев манипулятора.

Тема 3 «Метод матриц в кинематике манипуляторов»:

- 1 В каких случаях и какие параметры кинематических пар выступают в роли обобщенных координат?
- 2 Каким образом составляется таблица кинематических пар манипулятора?
- 3 Приведите последовательность расчета положения схвата в абсолютном пространстве на основе матриц перехода 4×4 .
- 4 С помощью каких элементов результирующей матрицы определяется положение схватов в пространстве?
- 5 Каким образом можно определить положение в пространстве промежуточных звеньев манипулятора относительно стойки?
- 6 Каким образом можно определить положение одного промежуточного звена относительно другого промежуточного звена?
- 7 Какова постановка и каковы исходные данные для решения обратной задачи кинематики манипулятора?
- 8 Поясните понятие мобильность манипулятора.
- 9 Поясните порядок решения обратной задачи кинематики прямыми геометрическими методами.
- 10 Сформируйте алгоритм решения обратной задачи кинематики методом нелинейного математического программирования.
- 11 Поясните порядок формирования критериальных функции в обратной

задаче кинематики роботов.

12 Поясните порядок формирования штрафной функции в обратной задаче кинематики роботов.

13 Поясните порядок формирования целевой функции и в обратной задаче кинематики роботов.

Тема 4 «Динамика манипуляторов»:

1. Метод кинетостатики в динамике манипуляторов.
2. Силы инерции и моменты сил инерции.
3. Уравнения движения манипулятора.
4. Динамика манипуляторов с учетом кулоновского трения в парах.
5. Динамическая модель манипулятора с упругой связью в схвате.
6. Динамическая модель манипулятора с контактным взаимодействием.
7. Вывод уравнений движения на основе метода Ньютона-Эйлера.
8. Прямая рекурсия.
9. Обратная рекурсия.
10. Уравнение движения точечной массы.
11. Принцип Д'Аламбера и уравнение Эйлера-Лагранжа.
12. Вычисление энергии .
13. Учет динамики двигателя и редуктора.
14. Замкнутые кинематические цепи.
15. Роботы с гибкими сочленениями.
16. Свойства матрицы инерции.
17. Матрицы инерции роботов элементарной кинематики
18. Ограничения на компоненты.
19. Пассивность.
20. Линейность по параметрам.

Тема 5 «Уравнения Лагранжа в динамике манипуляторов»:

1. Кинетическая энергия манипулятора.
2. Потенциальная энергия манипулятора.
3. Обобщенные силы.
4. Уравнения Лагранжа II рода в матричной форме.
5. Вывод уравнений движения на основе метода Эйлера-Лагранжа.
6. Алгоритмы решения задач динамики манипуляторов с помощью уравнений Лагранжа II рода.
7. Определение реакций в кинематических парах.

8. Уравнения Лагранжа I рода.
9. Дополнительные факторы, влияющие на динамику манипуляторов.
10. Принцип Гаусса в динамике манипуляторов.
11. Исследование динамики манипуляционных систем с последовательной кинематикой на основе уравнений Лагранжа 2-го рода
12. Постановка задачи динамического синтеза и анализа манипуляционных систем
13. Динамический синтез и анализ манипулятора

Тема 6 «Обратные задачи динамики манипуляторов»:

1. Построение уравнений движения манипулятора по дифференциальной и по голономной программе.
2. Определение управляющих сил при позиционировании промышленного робота.
3. Определение управляющих сил при выводе схвата манипулятора в заданную точку пространства с заданной скоростью.
3. Обратные задачи динамики манипуляторов, выполняющих обработку поверхностей.
4. Построение алгоритма управления движением манипулятора.
Линейная параметризация уравнений движения.
5. Базовые параметры.
6. Идентификационная динамическая модель.
7. Оптимизация калибровочных траекторий.
8. Обработка экспериментальных данных.
9. Вычисление обобщенных скоростей и ускорений
10. Фильтрация измерений обобщенных сил/моментов
11. Оценивание динамических параметров.
12. Редуцирование модели.
13. Валидация разработанной модели.
14. Экспериментальный пример.

Тема 7 «Динамика вибрационных мобильных роботов»:

1. Управляющие периодические силы и моменты.
2. Дифференциальные уравнения движения вибрационного мобильного робота по шероховатой поверхности.
3. Режимы движения. Движение с отрывом.

4. Математическая модель вибрационного мобильного робота с электромеханическим приводом поступательного движения внутренней массы.
5. Принцип действия вибрационного мобильного робота.
6. Дифференциальные уравнения движения корпуса и внутренней подвижной массы вибрационного мобильного робота.
7. Модель движения вибрационного робота.
8. Алгоритм моделирования движения вибрационного мобильного
9. Расчет динамических параметров вибрационного мобильного робота с электромеханическим приводом поступательного движения внутренней массы.
10. Математическое моделирование движения вибрационного мобильного робота с внутренней подвижной массой.
11. Анализ средней скорости вибрационного робота и величины дискретного перемещения корпуса робота.
12. Влияния величин напряжения питания электромеханического привода внутренней подвижной массы и коэффициента трения между корпусом робота на динамику робота.
13. Влияние величины внутренней подвижной массы и массы корпуса робота на дискретное перемещение вибрационного робота.

Тема 8 «Динамика колесных мобильных роботов»:

1. Динамика свободного твердого тела.
2. Кинематика абсолютно твердого тела.
3. Основные законы динамики твердого тела
4. Уравнения связей.
5. Дифференциальные уравнения движения.
6. Плоское движение колесного робота.
7. Динамика модели трехколесного робота
8. Динамика модели четырехколесного робота
9. Динамика модели двухколесного робота

Тема 9 «Динамика ползающих многозвенников»:

1. Управляемые движения плоских многозвенников на горизонтальной плоскости.
2. Силы сухого трения, подчиняющиеся закону Кулона.
3. Управление многозвенником посредством внутренних моментов, приложенных к шарнирам, соединяющим звенья.
4. Способы управления, обеспечивающие движение многозвенника

5. Формы движения и модели перемещения змей и некоторых других животных.
6. «Медленные» и «быстрые» движения.
7. Типы движения.
8. Дифференциальные уравнения движения.

Шкала оценивания: 3 балльная.

Критерии оценивания (нижеследующие критерии оценки являются примерными и могут корректироваться):

3 баллов (или оценка «отлично») выставляется обучающемуся, если он демонстрирует глубокое знание содержания вопроса; дает точные определения основных понятий; аргументированно и логически стройно излагает учебный материал; иллюстрирует свой ответ актуальными примерами (типовыми и нестандартными), в том числе самостоятельно найденными; не нуждается в уточняющих и (или) дополнительных вопросах преподавателя.

2 баллов (или оценка «хорошо») выставляется обучающемуся, если он владеет содержанием вопроса, но допускает некоторые недочеты при ответе; допускает незначительные неточности при определении основных понятий; недостаточно аргументированно и (или) логически стройно излагает учебный материал; иллюстрирует свой ответ типовыми примерами.

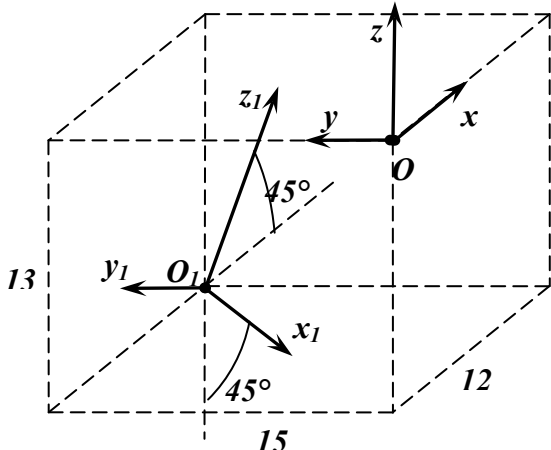
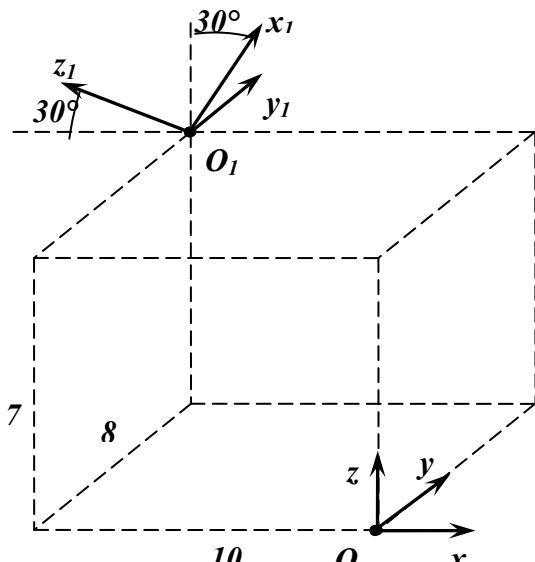
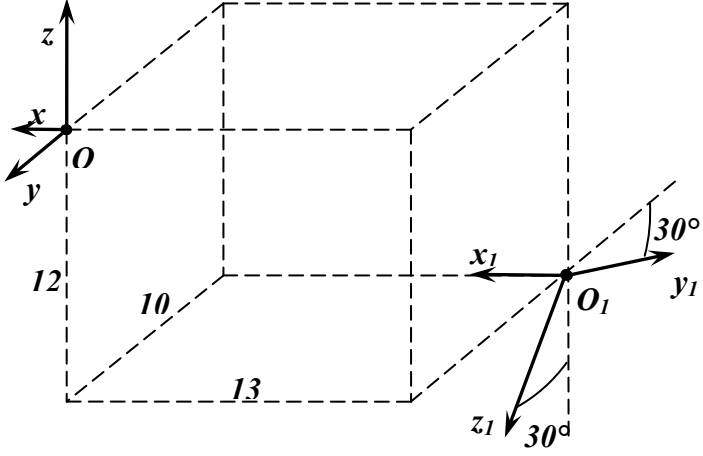
1 баллов (или оценка «удовлетворительно») выставляется обучающемуся, если он освоил основные положения контролируемой темы, но недостаточно четко дает определение основных понятий и дефиниций; затрудняется при ответах на дополнительные вопросы; приводит недостаточное количество примеров для иллюстрирования своего ответа; нуждается в уточняющих и (или) дополнительных вопросах преподавателя.

0 баллов (или оценка «неудовлетворительно») выставляется обучающемуся, если он не владеет содержанием вопроса или допускает грубые ошибки; затрудняется дать основные определения; не может привести или приводит неправильные примеры; не отвечает на уточняющие и (или) дополнительные вопросы преподавателя или допускает при ответе на них грубые ошибки.

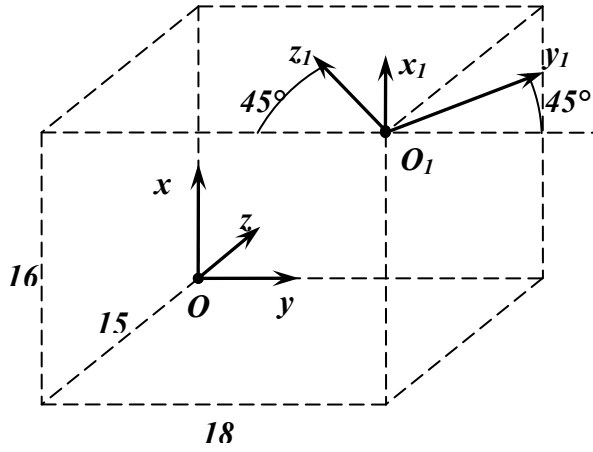
1.2 РАСЧЕТНЫЕ РАБОТЫ (задания к защите расчетных работ)

Тема 2 «Кинематика манипуляторов»

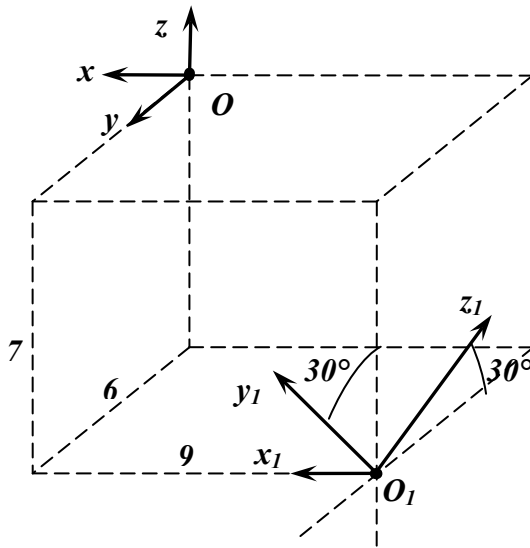
Найти расширенную матрицу перехода T_{01} от системы $Oxyz$ к системе $O_1x_1y_1z_1$. Рис. Схемы манипуляторов

| | |
|---|--|
| 1 |  |
| 2 |  |
| 3 |  |

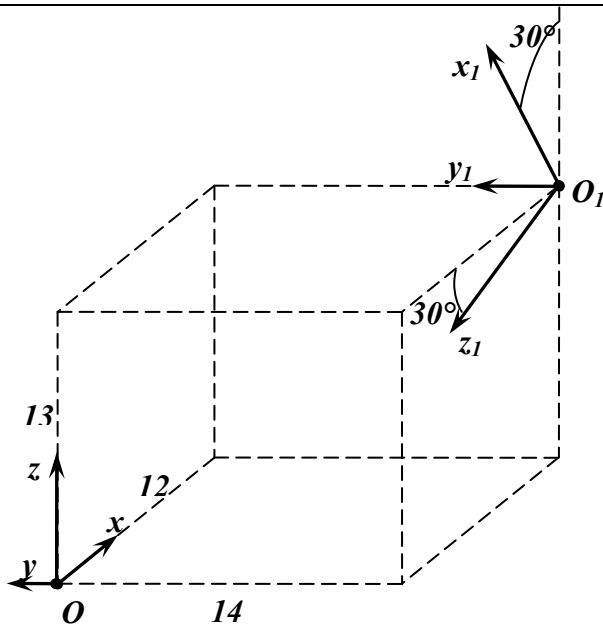
4



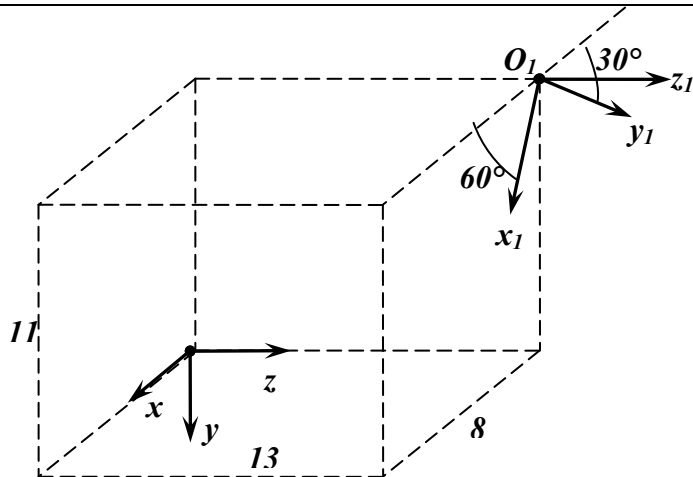
5



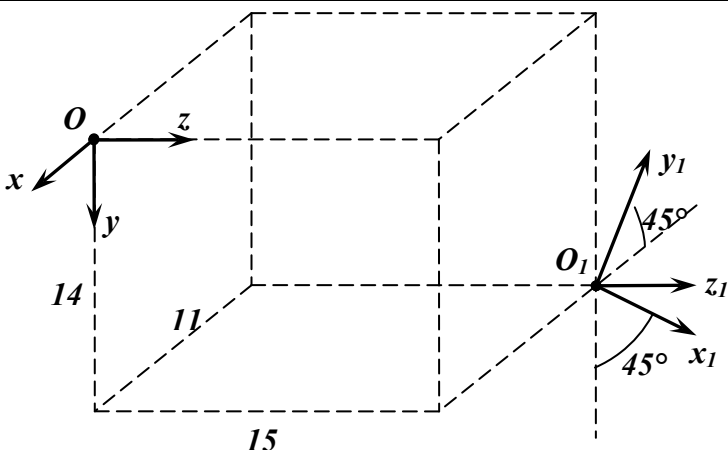
6



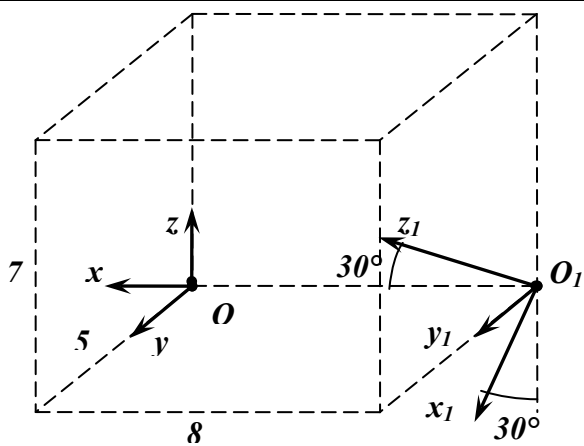
7



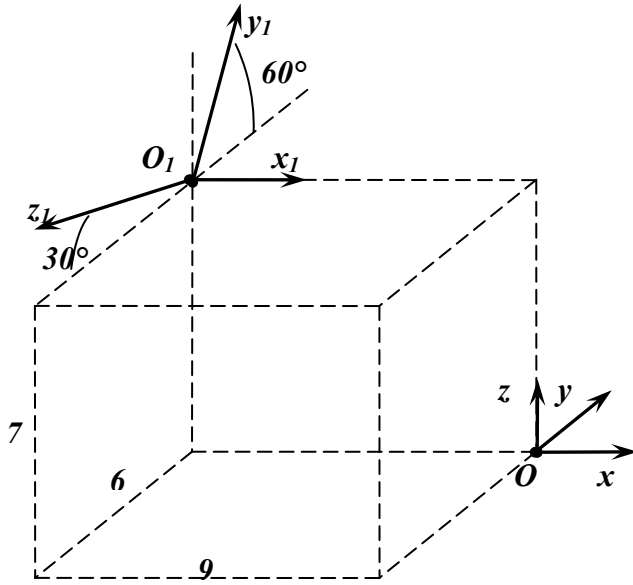
8



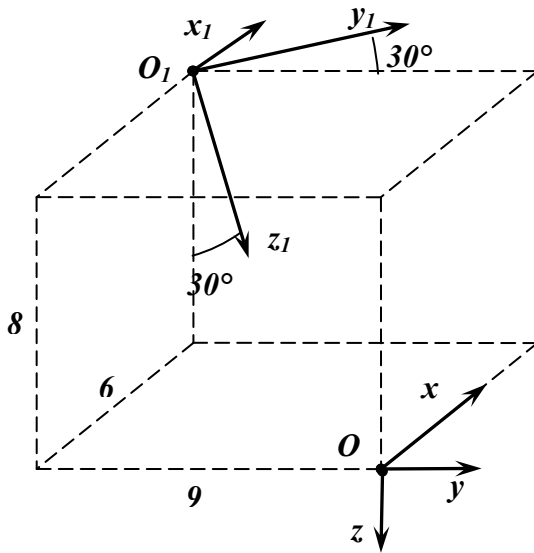
9



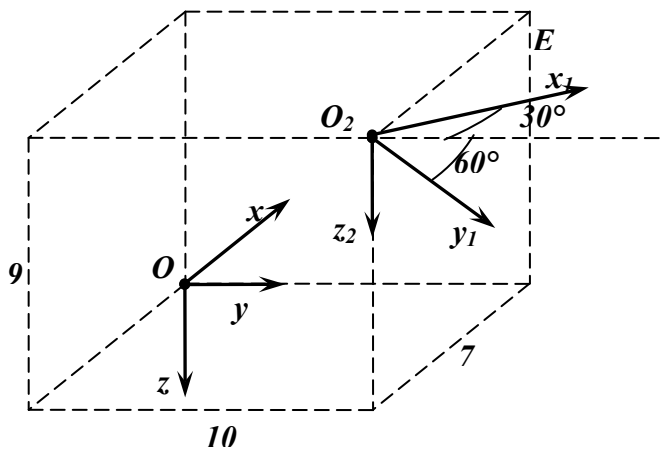
10



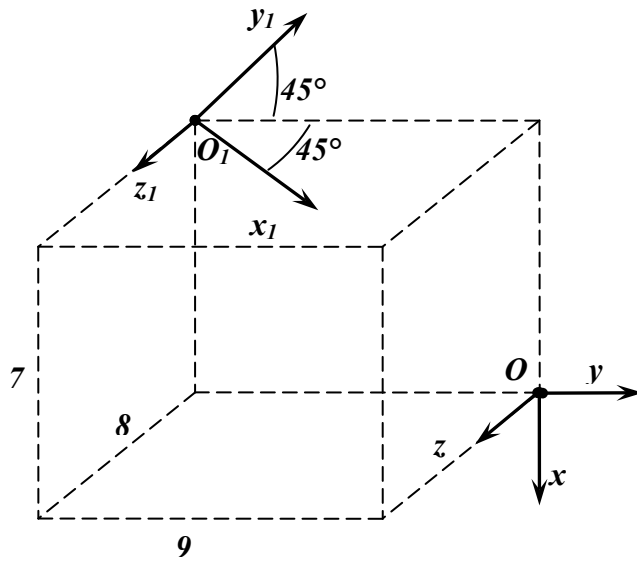
11



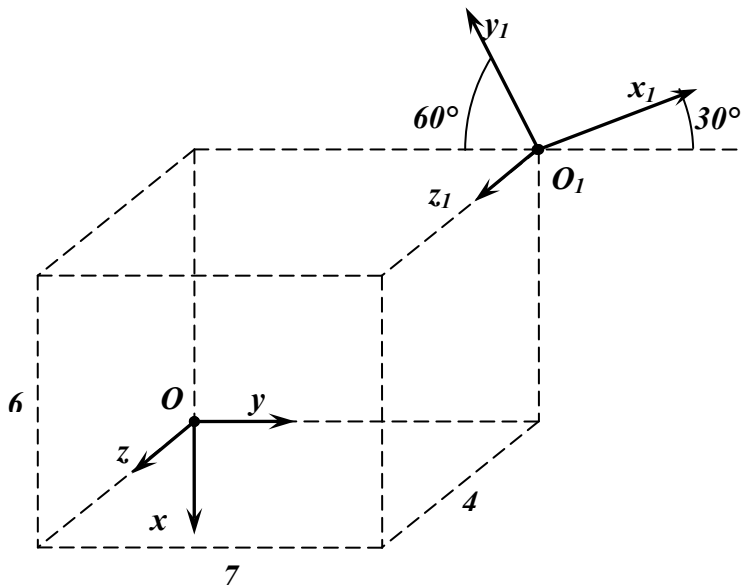
12



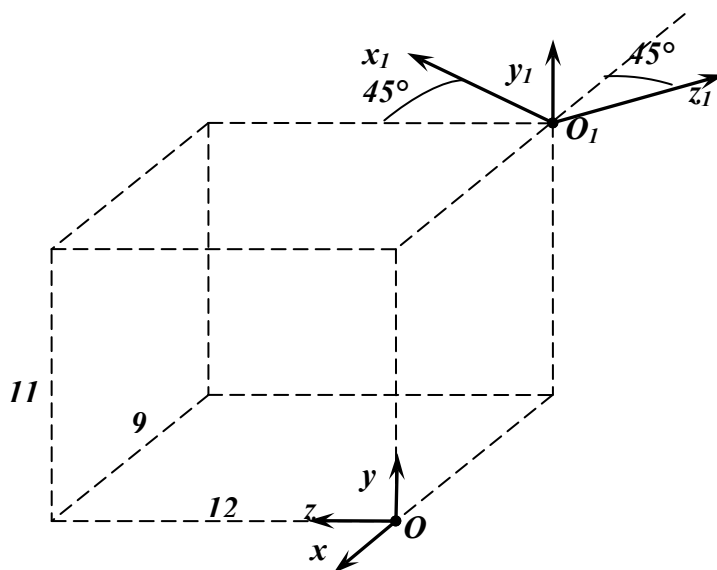
13



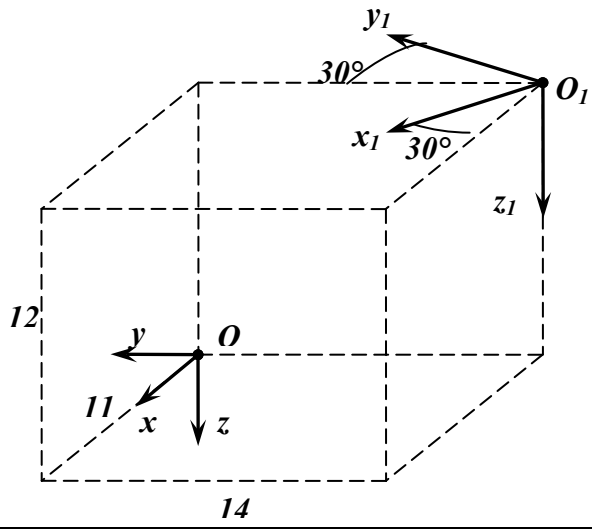
14



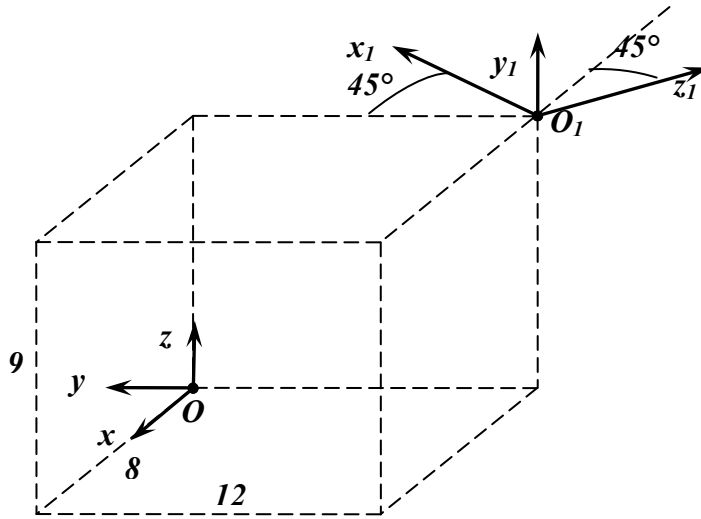
15



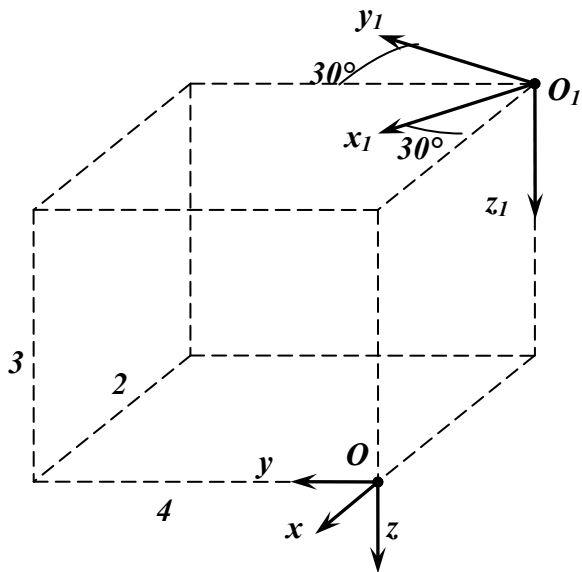
16



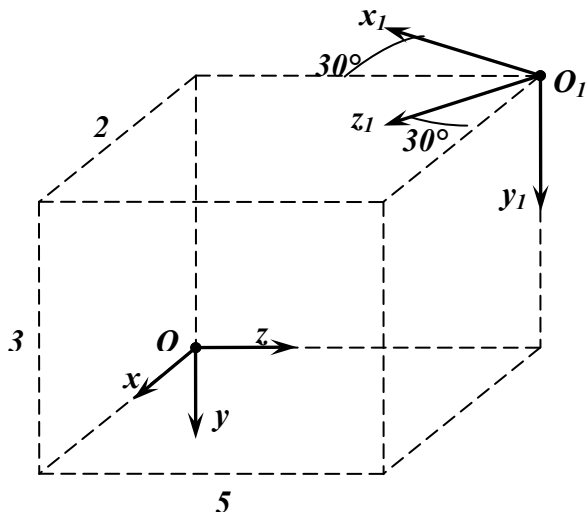
17



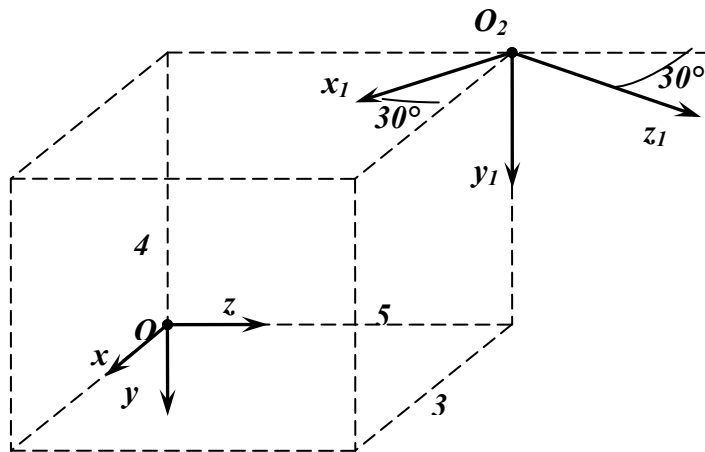
18



19

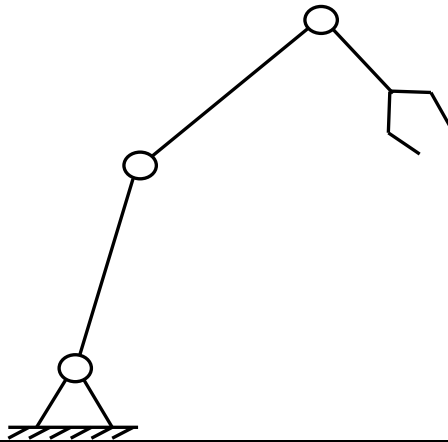


20



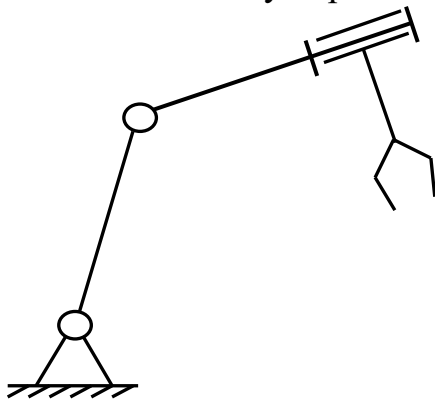
Тема 2 «Метод матриц в кинематике манипуляторов»

- 1 Показать на схеме системы координат, связанные со звеньями.
Составить таблицу перехода между системами координат.



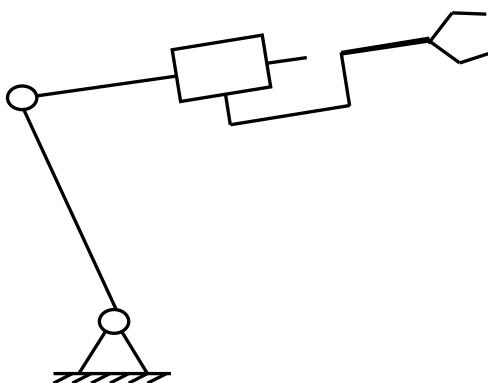
| | | θ | s | a | α |
|---|----|----------|-----|-----|----------|
| 1 | 01 | | | | |
| 2 | 12 | | | | |
| 3 | 23 | | | | |
| 4 | 34 | | | | |

- 2 Показать на схеме системы координат, связанные со звеньями.
Составить таблицу перехода между системами координат.



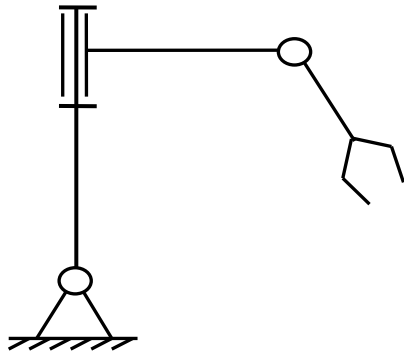
| | | θ | s | a | α |
|---|----|----------|-----|-----|----------|
| 1 | 01 | | | | |
| 2 | 12 | | | | |
| 3 | 23 | | | | |
| 4 | 34 | | | | |

- 3 Показать на схеме системы координат, связанные со звеньями.
Составить таблицу перехода между системами координат.



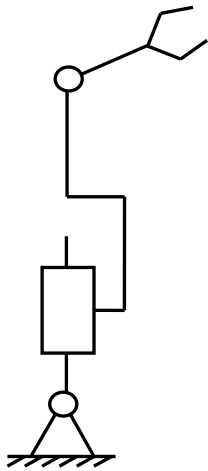
| | | θ | s | a | α |
|---|----|----------|-----|-----|----------|
| 1 | 01 | | | | |
| 2 | 12 | | | | |
| 3 | 23 | | | | |
| 4 | 34 | | | | |

- 4 Показать на схеме системы координат, связанные со звеньями.
Составить таблицу перехода между системами координат.



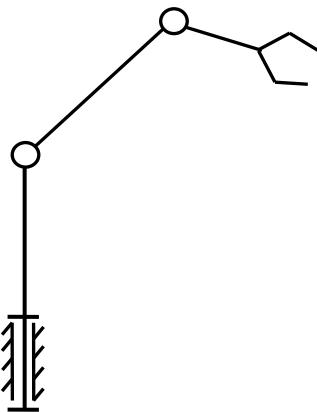
| | | θ | s | a | α |
|---|----|----------|-----|-----|----------|
| 1 | 01 | | | | |
| 2 | 12 | | | | |
| 3 | 23 | | | | |
| 4 | 34 | | | | |

- 5 Показать на схеме системы координат, связанные со звеньями.
Составить таблицу перехода между системами координат.



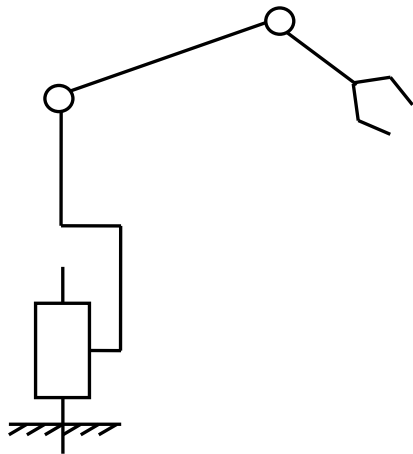
| | | θ | s | a | α |
|---|----|----------|-----|-----|----------|
| 1 | 01 | | | | |
| 2 | 12 | | | | |
| 3 | 23 | | | | |
| 4 | 34 | | | | |

- 6 Показать на схеме системы координат, связанные со звеньями.
Составить таблицу перехода между системами координат.



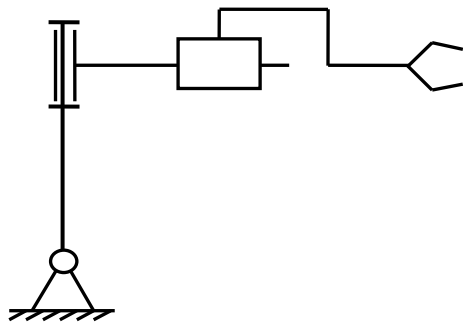
| | | θ | s | a | α |
|---|----|----------|-----|-----|----------|
| 1 | 01 | | | | |
| 2 | 12 | | | | |
| 3 | 23 | | | | |
| 4 | 34 | | | | |

7 Показать на схеме системы координат, связанные со звеньями.
Составить таблицу перехода между системами координат.



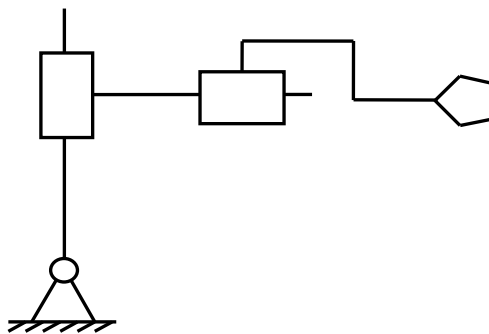
| | | θ | s | a | α |
|---|----|----------|-----|-----|----------|
| 1 | 01 | | | | |
| 2 | 12 | | | | |
| 3 | 23 | | | | |
| 4 | 34 | | | | |

8 Показать на схеме системы координат, связанные со звеньями.
Составить таблицу перехода между системами координат.



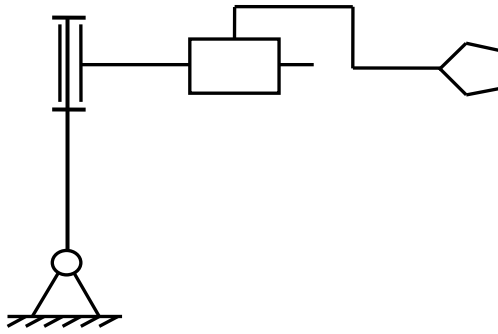
| | | θ | s | a | α |
|---|----|----------|-----|-----|----------|
| 1 | 01 | | | | |
| 2 | 12 | | | | |
| 3 | 23 | | | | |
| 4 | 34 | | | | |

9 Показать на схеме системы координат, связанные со звеньями.
Составить таблицу перехода между системами координат.



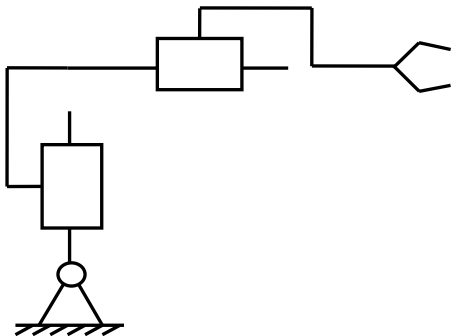
| | | θ | s | a | α |
|---|----|----------|-----|-----|----------|
| 1 | 01 | | | | |
| 2 | 12 | | | | |
| 3 | 23 | | | | |
| 4 | 34 | | | | |

10 Показать на схеме системы координат, связанные со звеньями.
Составить таблицу перехода между системами координат.



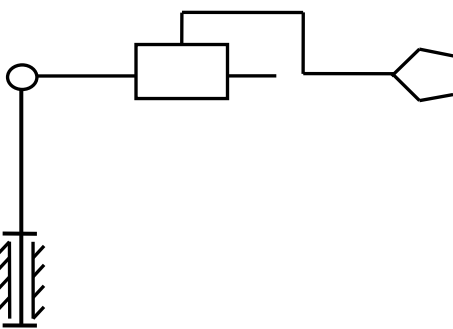
| | | θ | s | a | a |
|---|----|----------|-----|-----|-----|
| 1 | 01 | | | | |
| 2 | 12 | | | | |
| 3 | 23 | | | | |
| 4 | 34 | | | | |

11 Показать на схеме системы координат, связанные со звеньями.
Составить таблицу перехода между системами координат.



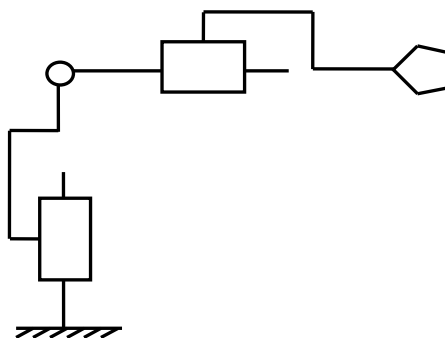
| | | θ | s | a | a |
|---|----|----------|-----|-----|-----|
| 1 | 01 | | | | |
| 2 | 12 | | | | |
| 3 | 23 | | | | |
| 4 | 34 | | | | |

12 Показать на схеме системы координат, связанные со звеньями.
Составить таблицу перехода между системами координат.



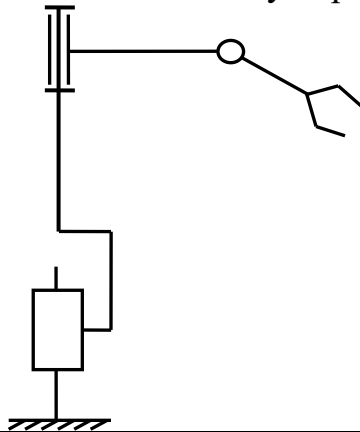
| | | θ | s | a | a |
|---|----|----------|-----|-----|-----|
| 1 | 01 | | | | |
| 2 | 12 | | | | |
| 3 | 23 | | | | |
| 4 | 34 | | | | |

13 Показать на схеме системы координат, связанные со звеньями.
Составить таблицу перехода между системами координат.



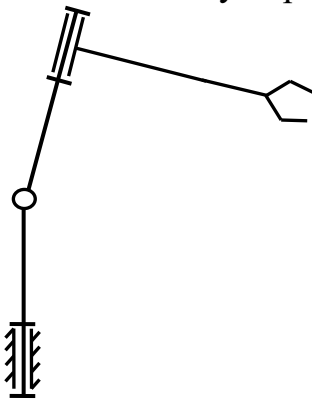
| | | θ | s | a | a |
|---|----|----------|-----|-----|-----|
| 1 | 01 | | | | |
| 2 | 12 | | | | |
| 3 | 23 | | | | |
| 4 | 34 | | | | |

14 Показать на схеме системы координат, связанные со звеньями.
Составить таблицу перехода между системами координат.



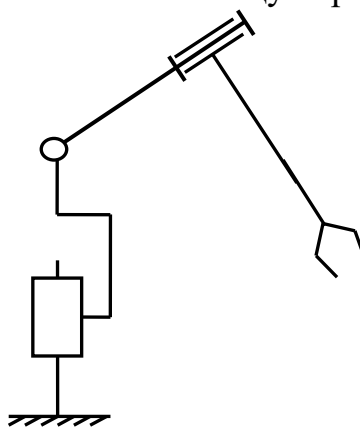
| | | θ | s | a | α |
|---|----|----------|-----|-----|----------|
| 1 | 01 | | | | |
| 2 | 12 | | | | |
| 3 | 23 | | | | |
| 4 | 34 | | | | |

15 Показать на схеме системы координат, связанные со звеньями.
Составить таблицу перехода между системами координат.



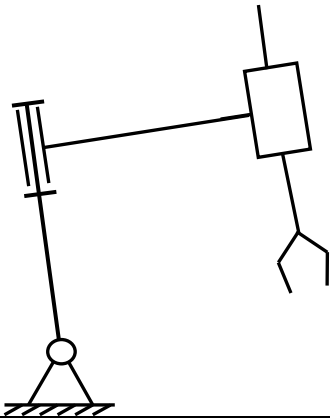
| | | θ | s | a | α |
|---|----|----------|-----|-----|----------|
| 1 | 01 | | | | |
| 2 | 12 | | | | |
| 3 | 23 | | | | |
| 4 | 34 | | | | |

16 Показать на схеме системы координат, связанные со звеньями.
Составить таблицу перехода между системами координат.



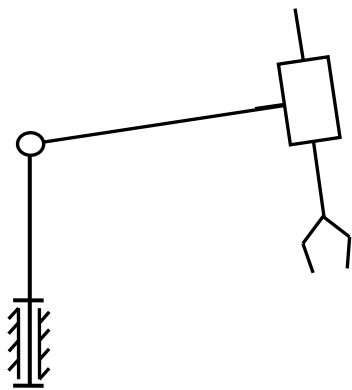
| | | θ | s | a | α |
|---|----|----------|-----|-----|----------|
| 1 | 01 | | | | |
| 2 | 12 | | | | |
| 3 | 23 | | | | |
| 4 | 34 | | | | |

17 Показать на схеме системы координат, связанные со звеньями.
Составить таблицу перехода между системами координат.



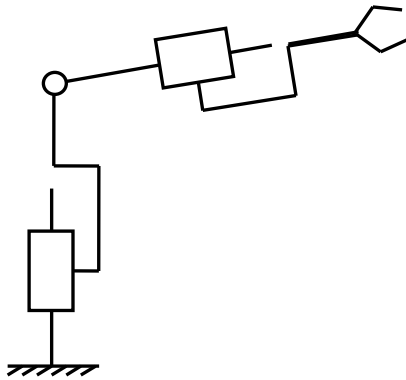
| | | θ | s | a | α |
|---|----|----------|-----|-----|----------|
| 1 | 01 | | | | |
| 2 | 12 | | | | |
| 3 | 23 | | | | |
| 4 | 34 | | | | |

18 Показать на схеме системы координат, связанные со звеньями.
Составить таблицу перехода между системами координат.



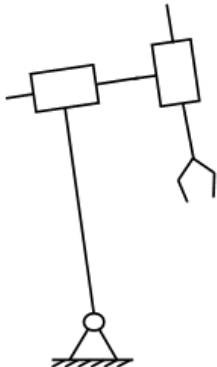
| | | θ | s | a | α |
|---|----|----------|-----|-----|----------|
| 1 | 01 | | | | |
| 2 | 12 | | | | |
| 3 | 23 | | | | |
| 4 | 34 | | | | |

19 Показать на схеме системы координат, связанные со звеньями.
Составить таблицу перехода между системами координат.



| | | θ | s | a | α |
|---|----|----------|-----|-----|----------|
| 1 | 01 | | | | |
| 2 | 12 | | | | |
| 3 | 23 | | | | |
| 4 | 34 | | | | |

20 Показать на схеме системы координат, связанные со звеньями.
Составить таблицу перехода между системами координат.



| | | θ | s | a | α |
|---|----|----------|-----|-----|----------|
| 1 | 01 | | | | |
| 2 | 12 | | | | |
| 3 | 23 | | | | |
| 4 | 34 | | | | |

Раздел (тема) 4 «Динамика манипуляторов»

Трёхкоординатный манипулятор состоит из траверсы 1, каретки 2, схвата 3. В системе координат, связанной с неподвижным основанием, схват движется из точки А с координатами (x_A, y_A, z_A) в точку В с координатами (x_B, y_B, z_B) . Записать уравнения изменения координат схвата при его движении в течение заданного интервала времени между точками по заданной траектории (по прямой, по параболе, по винтовой линии).

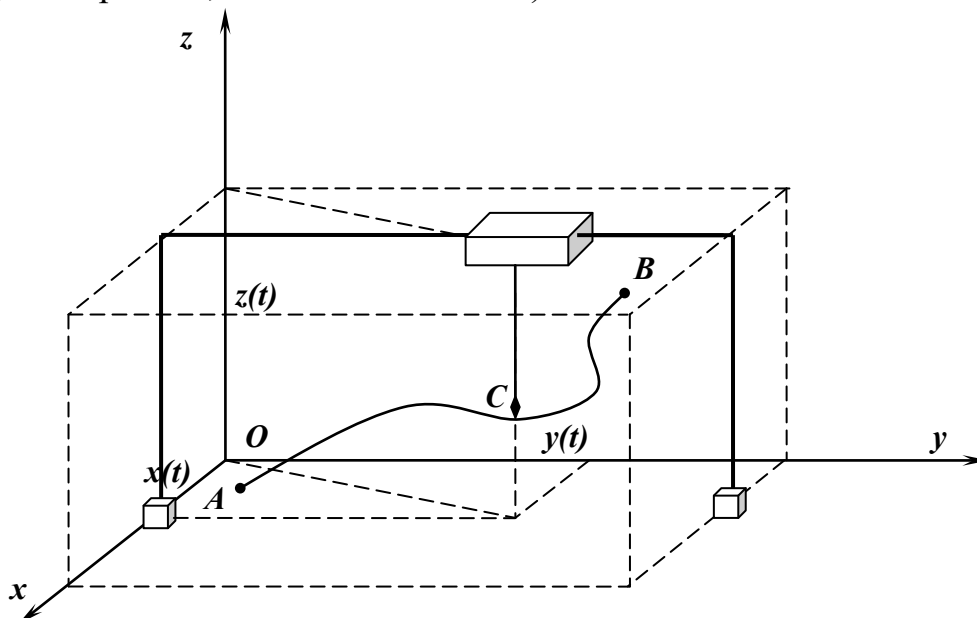


Рис. Схема портального манипулятора

Значения координат и интервала времени даны в таблице.

| | Координаты точки А | Координаты точки В | Интервал движения t_1 , с |
|----|--------------------|--------------------|-----------------------------|
| 1 | (1, 1, 1) | (12, 4, 6) | 10 |
| 2 | (1, 0, 1) | (10, 1, 4) | 1 |
| 3 | (1, 0, 1) | (3, 1, 2) | 2 |
| 4 | (1, 1, 0) | (5, 4, 1) | 3 |
| 5 | (0, 1, 1) | (7, 4, 4) | 4 |
| 6 | (0, 0, 1) | (1, 6, 4) | 5 |
| 7 | (0, 1, 0) | (3, 5, 12) | 6 |
| 8 | (0, 0, 1) | (4, 1, 15) | 7 |
| 9 | (1, 0, 0) | (3, 8, 12) | 8 |
| 10 | (0, 0, 1) | (1, 15, 12) | 9 |
| 11 | (0, 1, 1) | (10, 17, 13) | 10 |
| 12 | (1, 0, 1) | (11, 16, 8) | 1 |
| 13 | (7, 6, 1) | (0, 1, 11) | 2 |

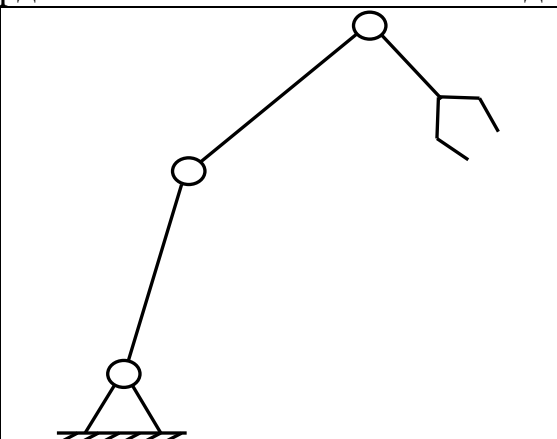
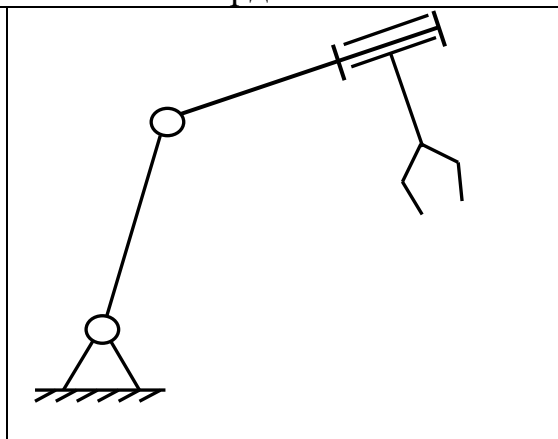
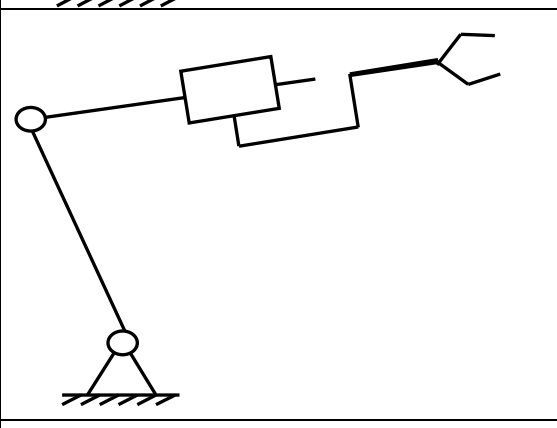
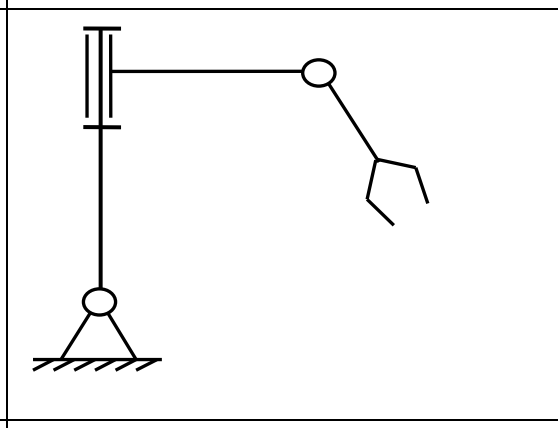
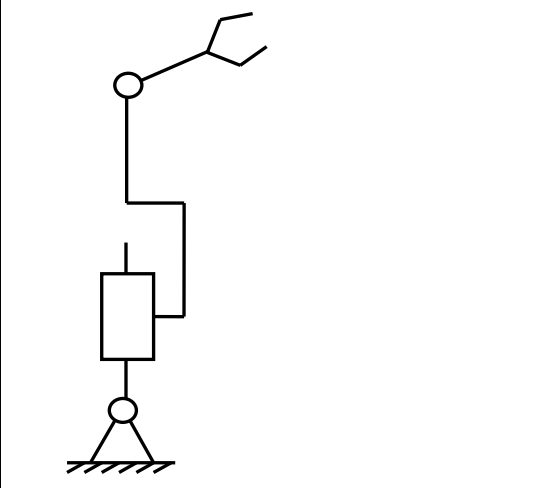
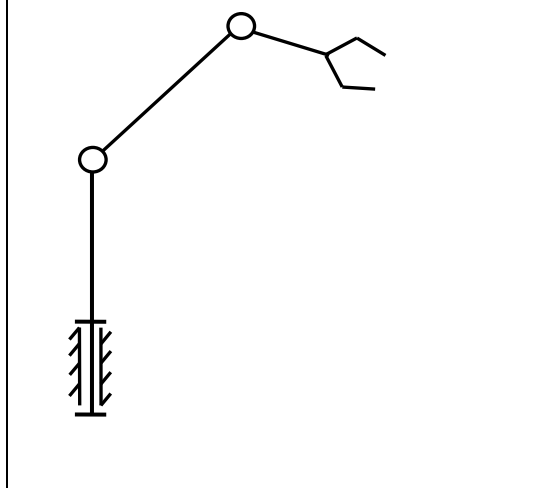
| | | | |
|----|------------|-------------|---|
| 14 | (8, 8, 0) | (1, 1, 1) | 3 |
| 15 | (7, 5, 4) | (1, 0, 0) | 4 |
| 16 | (10, 8, 7) | (0, 1, 2) | 5 |
| 17 | (14, 9, 1) | (1, 1, 8) | 6 |
| 18 | (15, 1, 1) | (1, 12, 2) | 7 |
| 19 | (1, 13, 1) | (11, 15, 7) | 8 |
| 20 | (1, 10, 9) | (0, 1, 0) | 9 |

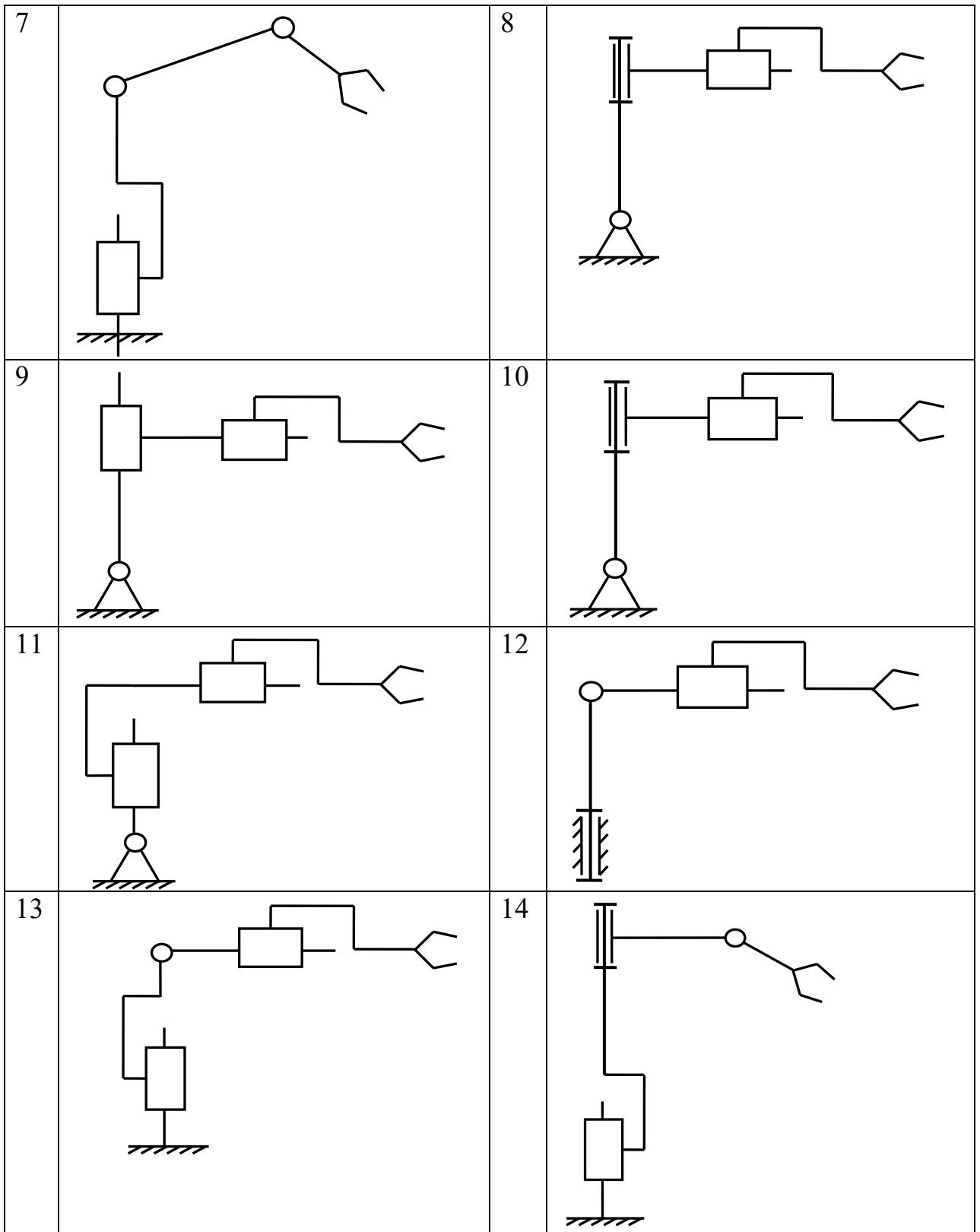
1.3 КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАЧИ

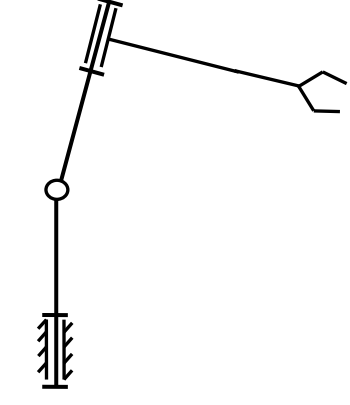
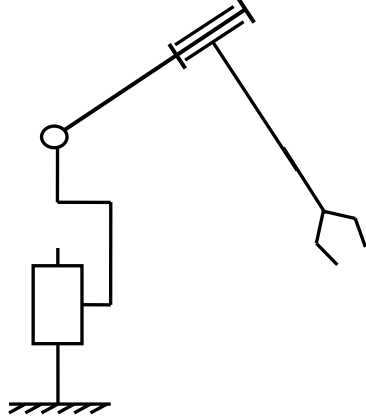
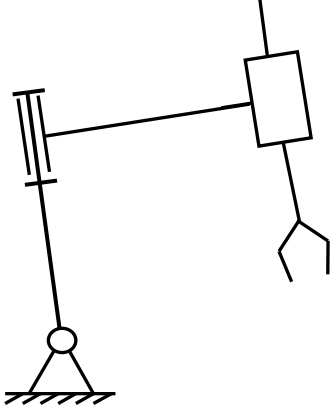
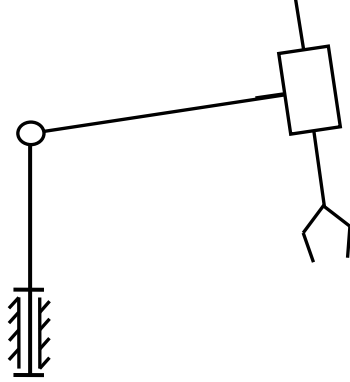
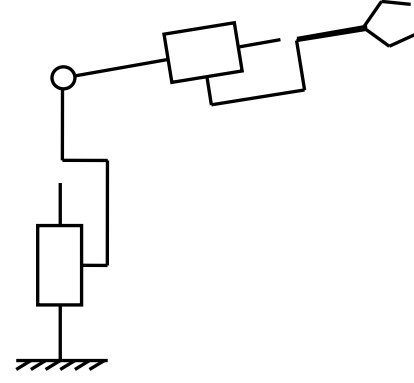
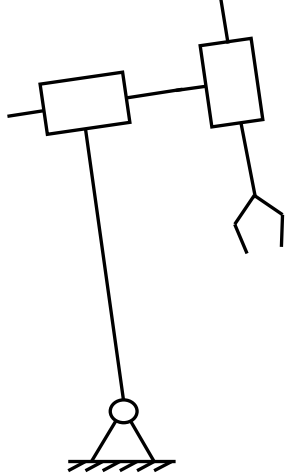
Задача 1

Для указанной на рисунке схемы манипулятора требуется:

1. Пронумеровать звенья и показать на схеме системы координат $O_i x_i y_i z_i$, связанные со звеньями. Выбор осей систем координат провести в соответствии с правилом Денавита-Хартенберга.
2. Составить таблицу перехода между системами координат.
3. Записать расширенные матрицы перехода между системами координат.
4. Найти координаты схвата и направляющие косинусы осей системы координат схвата в глобальной неподвижной системе координат основания.

| | | | |
|---|---|---|--|
| 1 |  | 2 |  |
| 3 |  | 4 |  |
| 5 |  | 6 |  |



| | | | |
|----|---|----|--|
| 15 |  | 16 |  |
| 17 |  | 18 |  |
| 19 |  | 20 |  |

Задача 2

Вибрационная мобильная система состоит из корпуса 1 и двух одинаковых подвижных внутренних масс 2 и 3, которые перемещаются относительно корпуса по заданным гармоническим законам $x_2(t)=a\sin(\omega t)$ и $y_2(t)=c+a\sin(\omega t)$, где c – постоянная величина (рис.).

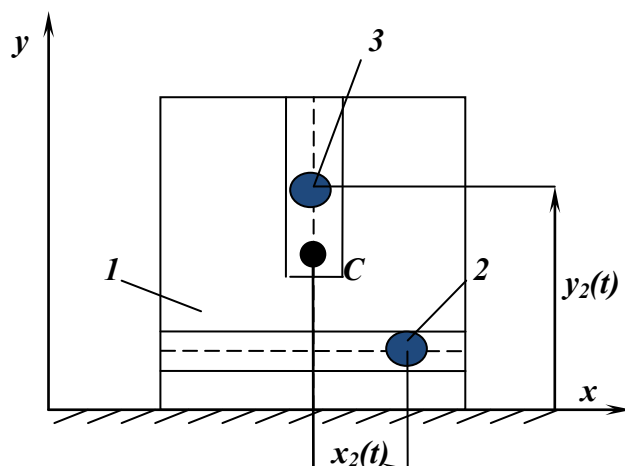


Рис. Схема трехмассовой вибрационной мобильной системы

Массы корпуса и каждой из внутренних масс соответственно равны M и m .

Корпус перемещается по шероховатой поверхности с коэффициентом кулонова трения f .

Определить для указанных в таблице значений параметров:

1. Предельное значение внутренних масс.
2. Предельные значения коэффициента трения f_{\max} , при котором корпус системы может перемещаться по поверхности в прямом и обратном направлениях.
3. Фазы начала скольжения и уравнения движения корпуса в фазах однонаправленного прямого и обратного скольжения до остановки при значениях коэффициентов трения $f=0,5f_{\max}$.
4. Значение коэффициента трения f_{cycl} , при котором корпус совершает движение с одной остановкой за цикл.
5. Величину одностороннего перемещения при движении с одной остановкой.

| | Масса корпуса M , кг | Амплитуда относительного перемещения внутренней массы a , м | Частота относительного перемещения внутренней массы ω , с^{-1} |
|---|------------------------|---|--|
| 1 | 0,2 | 0,1 | 20 |
| 2 | 0,4 | 0,1 | 10 |
| 3 | 0,3 | 0,1 | 10 |
| 4 | 0,6 | 0,2 | 20 |
| 5 | 0,7 | 0,5 | 10 |
| 6 | 0,9 | 0,5 | 10 |
| 7 | 0,4 | 0,2 | 10 |
| 8 | 0,5 | 0,1 | 10 |

| | | | |
|----|-----|-----|----|
| 9 | 0,8 | 0,4 | 10 |
| 10 | 0,3 | 0,1 | 20 |
| 11 | 0,6 | 0,2 | 20 |
| 12 | 0,4 | 0,3 | 10 |
| 13 | 0,8 | 0,3 | 10 |
| 14 | 1,1 | 0,5 | 20 |
| 15 | 1,0 | 0,5 | 10 |
| 16 | 1,2 | 0,6 | 20 |
| 17 | 1,3 | 0,4 | 20 |
| 18 | 1,5 | 0,4 | 10 |
| 19 | 1,7 | 0,5 | 10 |
| 20 | 0,7 | 0,1 | 20 |

(задача может выполняться группой студентов не более 3 человек)

Задача 5

Вибрационная мобильная система состоит из корпуса 1 и подвижной внутренней массы 2, которая перемещается относительно корпуса по заданному гармоническому закону $x_2(t)=a\sin(\omega t)$ (рис.)

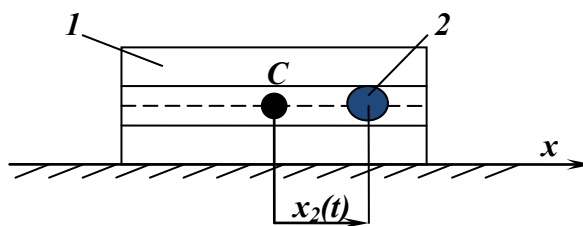


Рис. Схема двухмассовой вибрационной мобильной системы

Массы корпуса и внутренней массы соответственно равны M и m .

Корпус перемещается по шероховатой поверхности с коэффициентом кулонова трения f .

Определить для указанных в таблице значений параметров:

1. Максимальное предельное значение коэффициента трения f_{\max} , при котором корпус системы может перемещаться по поверхности.
2. Фазу начала скольжения и уравнение движения корпуса в фазе однонаправленного скольжения до остановки при значении коэффициента трения $f=0,5f_{\max}$.
3. Значение коэффициента трения f_{cycl} , при котором корпус совершает циклическое безостановочное движение.
4. Величину одностороннего перемещения при циклическом движении.

| | Масса корпуса M , кг | Внутренняя масса m , кг | Амплитуда относительного перемещения внутренней массы a , м | Частота относительного перемещения внутренней массы ω , с ⁻¹ |
|----|------------------------|---------------------------|---|--|
| 1 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 20 |
| 2 | 0,4 | 0,1 | 0,1 | 10 |
| 3 | 0,3 | 0,1 | 0,1 | 10 |
| 4 | 0,6 | 0,2 | 0,2 | 20 |
| 5 | 0,7 | 0,1 | 0,5 | 10 |
| 6 | 0,9 | 0,1 | 0,5 | 10 |
| 7 | 0,4 | 0,1 | 0,2 | 10 |
| 8 | 0,5 | 0,3 | 0,1 | 10 |
| 9 | 0,8 | 0,2 | 0,4 | 10 |
| 10 | 0,3 | 0,1 | 0,1 | 20 |
| 11 | 0,6 | 0,2 | 0,2 | 20 |
| 12 | 0,4 | 0,1 | 0,3 | 10 |
| 13 | 0,8 | 0,2 | 0,3 | 10 |
| 14 | 1,1 | 0,1 | 0,5 | 20 |
| 15 | 1,0 | 0,2 | 0,5 | 10 |
| 16 | 1,2 | 0,3 | 0,6 | 20 |
| 17 | 1,3 | 0,2 | 0,4 | 20 |
| 18 | 1,5 | 0,5 | 0,4 | 10 |
| 19 | 1,7 | 0,3 | 0,5 | 10 |
| 20 | 0,7 | 0,3 | 0,1 | 20 |

(задача может выполняться группой студентов не более 3 человек)

Задача 6

Вибрационная мобильная система состоит из корпуса 1 и одной подвижной внутренней массы – дебаланса 2, который вращается вокруг связанной с корпусом оси с частотой ω .

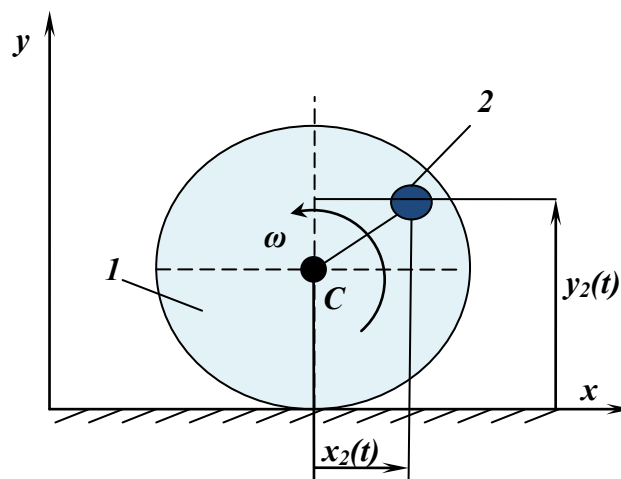


Рис.Схема вибрационной мобильной системы

Массы корпуса и дебаланса соответственно равны M и m .

Корпус перемещается с периодическим отрывом от поверхности.

Считая удар корпуса о поверхность происходящим с коэффициентом восстановления k , определить для указанных в таблице значений параметров:

1. Значение угла поворота дебаланса при отрыве корпуса от поверхности, а также скорость в начале удара, если период нахождения корпуса в воздухе кратен периоду вращения дебаланса.
2. Уравнения движения корпуса в фазе отрыва.
3. Среднее значение высоты подъема и длины прыжка.

| | Масса корпуса M , кг | Масса дебаланса m , кг | Амплитуда относительно го перемещения внутренней массы a , м | Частота относительно го перемещения внутренней массы ω , c^{-1} | Коэффициент восстановления при ударе k | Кратность периода между соударениями n |
|----|------------------------|--------------------------|--|--|--|--|
| 1 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 20 | 0 | 1 |
| 2 | 0,4 | 0,1 | 0,1 | 30 | 0,1 | 2 |
| 3 | 0,3 | 0,2 | 0,1 | 40 | 0,2 | 3 |
| 4 | 0,6 | 0,05 | 0,2 | 40 | 0,3 | 4 |
| 5 | 0,7 | 0,1 | 0,5 | 20 | 0,4 | 5 |
| 6 | 0,9 | 0,2 | 0,5 | 20 | 0,5 | 6 |
| 7 | 0,4 | 0,1 | 0,2 | 30 | 0,6 | 7 |
| 8 | 0,5 | 0,1 | 0,1 | 30 | 0,7 | 8 |
| 9 | 0,8 | 0,1 | 0,4 | 50 | 0,8 | 9 |
| 10 | 0,3 | 0,1 | 0,1 | 40 | 0,9 | 10 |
| 11 | 0,6 | 0,1 | 0,2 | 20 | 1 | 2 |
| 12 | 0,4 | 0,1 | 0,3 | 20 | 0,1 | 4 |
| 13 | 0,8 | 0,2 | 0,3 | 30 | 0,2 | 5 |

| | | | | | | |
|----|-----|-----|-----|----|-----|---|
| 14 | 1,1 | 0,1 | 0,5 | 40 | 0,3 | 6 |
| 15 | 1,0 | 0,2 | 0,5 | 20 | 0,4 | 3 |
| 16 | 1,2 | 0,1 | 0,6 | 20 | 0,5 | 2 |
| 17 | 1,3 | 0,2 | 0,4 | 20 | 0,6 | 5 |
| 18 | 1,5 | 0,3 | 0,4 | 30 | 0,7 | 1 |
| 19 | 1,7 | 0,1 | 0,5 | 40 | 0,8 | 3 |
| 20 | 0,7 | 0,1 | 0,1 | 50 | 0,9 | 8 |

(задача может выполняться группой студентов не более 3 человек)

Шкала оценивания: 10 балльная.

Критерии оценивания (нижеследующие критерии оценки являются примерными и могут корректироваться):

-9-10 баллов (или оценка «отлично») выставляется обучающемуся, если задача решена правильно, в установленное преподавателем время или с опережением времени, при этом обучающимся предложено оригинальное (нестандартное) решение, или наиболее эффективное решение, или наиболее рациональное решение, или оптимальное решение.

-7-8 баллов (или оценка «хорошо») выставляется обучающемуся, если задача решена правильно, в установленное преподавателем время, типовым способом; допускается наличие несущественных недочетов.

-5-6 баллов (или оценка «удовлетворительно») выставляется обучающемуся, если при решении задачи допущены ошибки не критического характера и (или) превышено установленное преподавателем время.

-0-4 баллов (или оценка «неудовлетворительно») выставляется обучающемуся, если задача не решена или при ее решении допущены грубые ошибки

2 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ

2.2 БАНК ВОПРОСОВ И ЗАДАНИЙ В ТЕСТОВОЙ ФОРМЕ

1. Автоматическое устройство, созданное по принципу живого организма. Действуя по заранее заложенной программе и получая информацию о внешнем мире от датчиков, самостоятельно осуществляет производственные и иные операции, обычно выполняемые человеком. Укажите термин соответствующий данному определению:

Робот

Машина

Механизм

Автомат

2. Промышленные роботы, которые могут самостоятельно в большей или меньшей степени ориентироваться в нестрого определенной обстановке, приспособляясь к ней, называются

- интеллектными;

- адаптивными;

- программными;

- цикловыми.

3. Антропоморфная, имитирующая человека машина, стремящаяся заменить человека в любой его деятельности. Укажите термин соответствующий данному определению:

Робот

Машина

Механизм

Андроид

4. Движения, обеспечиваемые первыми тремя звеньями манипулятора или его "рукой", величина которых сопоставима с размерами механизма, называются

- региональными;

- глобальными;

- локальными;

- местными.

5. Какие функции НЕ выполняет устройство компьютерного управления?

Преобразование движения от двигателя к исполнительному звену

Управление процессом механического движения мехатронного модуля в реальном времени с обработкой сенсорной информации.

Взаимодействие с человеком-оператором через человеко-машинный интерфейс в режимах автономного программирования (off-line) и непосредственно в процессе движения МС (режим on-line).

Организация обмена данными с периферийными устройствами, сенсорами и другими устройствами системы.

6. Наибольшей удельной мощностью (Вт/кг) среди перечисленных типов приводов обладают..

Пневматический

Гидравлический

Электрический

7. Определите соответствие элементов мехатронной системы выполняемым ими функциям

| | |
|-------------------------------------|--|
| Электромеханическая часть | Управление процессом механического движения мехатронного модуля |
| Электронная часть | преобразование движений звеньев и требуемое движение рабочего органа |
| Устройство компьютерного управления | сбор данных о фактическом состоянии внешней среды и объектов работ, механического устройства и блока приводов с последующей первичной обработкой и передачей этой информации в устройство компьютерного управления (УКУ) |
| | Обеспечение электрическим питанием всех механических и электронных компонентов |

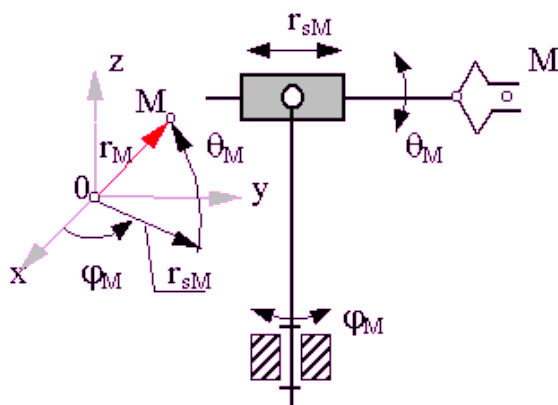
8. Зоной обслуживания манипулятора называется

- подвижность манипулятора при зафиксированном (неподвижном) схвате;
- число независимых обобщенных координат, однозначно определяющее положение схвата в пространстве;
- часть пространства, ограниченная поверхностями, огибающими к множеству возможных положений его звеньев;
- часть пространства, соответствующая множеству возможных положений центра схвата манипулятора.

9. Расположите данные типы приводов в порядке увеличения их удельной стоимости (руб/Вт)

- Пневматический
- Электрический
- Гидравлический

10. На схеме представлена система координат руки:



1. декартова;
2. цилиндрическая;
3. сферическая;
4. угловая.

11. Выберите лишний по смыслу вариант ответа.

По степени участия человека в процессе управления существуют системы:

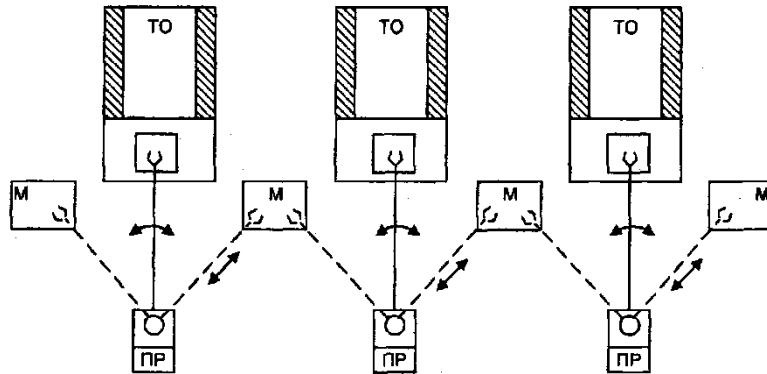
- Адаптивного управления
- Автоматического управления;
- Автоматизированного управления;
- ручного управления.

12. Укажите лишний по смыслу вариант ответа.

По типу алгоритма автоматического управления различают системы:

- ручного управления.
- Адаптивного управления
- программного управления;
- интеллектуального управления;

13. На рисунке изображена схема роботизированной технологической линии



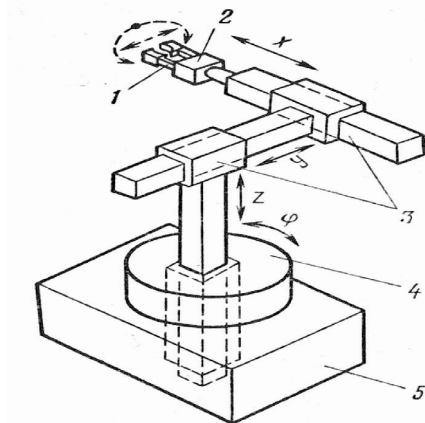
- Однопоточной с линейной компоновкой
- Двухпоточной с линейной компоновкой
- С круговой компоновкой

14. Расположите перечисленные технологические операции в порядке их следования

при сборке узлов из деталей

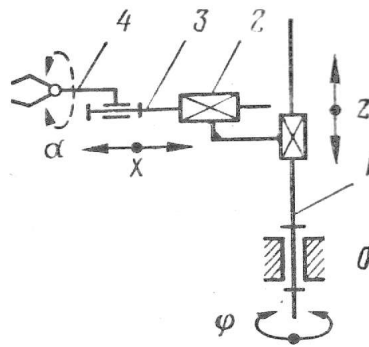
- перемещение деталей к месту сборки
- собственно операция сборки, т. е. сопряжения деталей
- загрузка собираемых деталей в загрузочные и транспортные устройства
- базирование, т. е. фиксация в строго определенной позиции, с ориентацией деталей на сборочной позиции

15. Укажите цифрами соответствующие звенья манипулятора:



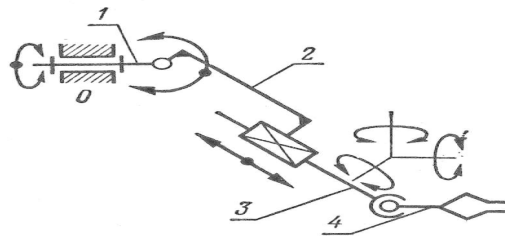
- кисть,
- схват,
- станина
- рука,
- стол

16. Степень подвижности манипулятора, изображенного на схеме, равна



- 4
- 2
- 3
- 5

17. Степень подвижности манипулятора, изображенного на схеме, равна

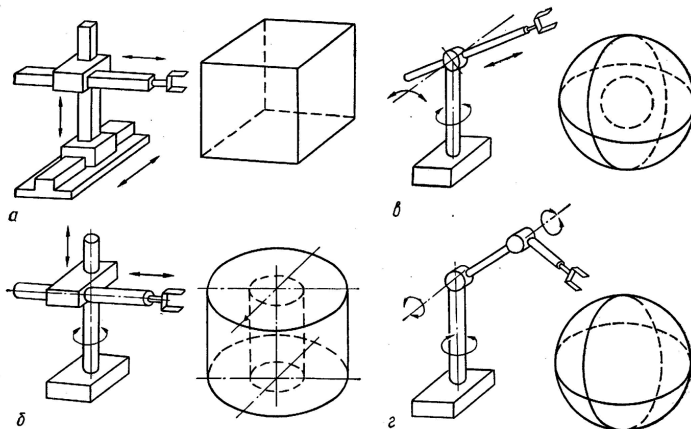


- 6
- 4
- 3
- 5

18. Объем, ограниченный поверхностью, огибающей все возможные положения схвата манипулятора, называется...

- Рабочий объем
- Маневренность
- Угол сервиса

19. Найдите соответствие между рисунками и видами рабочей зоны манипулятора



| | |
|----------|----------------|
| <i>a</i> | прямоугольная |
| <i>б</i> | ангулярной |
| <i>в</i> | цилиндрическая |
| <i>г</i> | сферическая |
| | коническая |

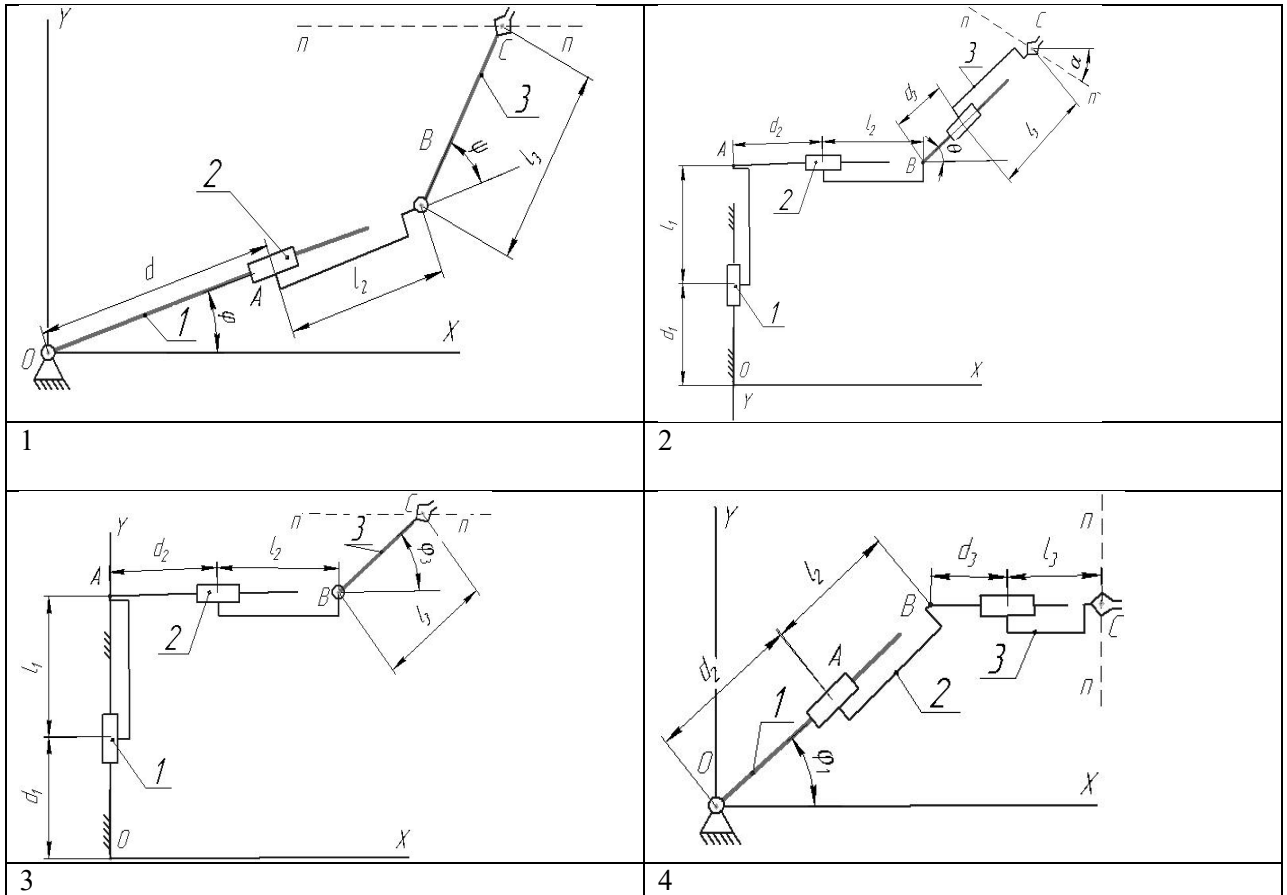
20. _____ задача кинематики манипулятора состоит в определении положений и скоростей всех его звеньев по заданным значениям обобщённых координат (впишите ответ)

21. _____ задача о положениях манипулятора состоит в определении относительных координат звеньев манипулятора по заданным положениям объекта или жёстко связанного ним схвата (впишите ответ)

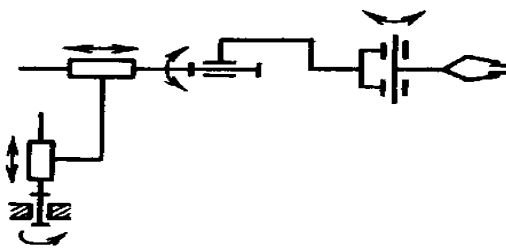
22. Приведенные ниже уравнения, связывающие координаты схвата (т.С) с обобщенными координатами манипулятора, соответствуют схеме

$$X_C = (l_2 + d) \cos \varphi + l_3 \cos(\varphi + \psi)$$

$$Y_C = (l_2 + d) \sin \varphi + l_3 \sin(\varphi + \psi)$$

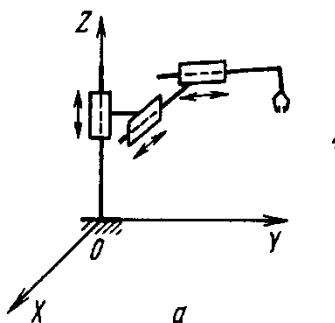


23. Степень подвижности манипулятора, изображенного на рисунке, равна ...



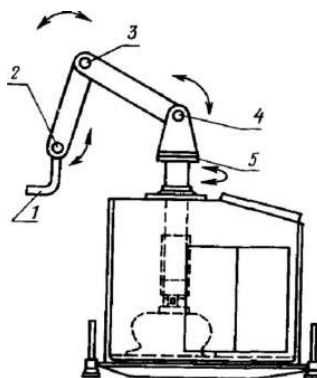
- 2
- 3
- 4

24. Степень подвижности манипулятора, изображенного на рисунке, равна ...



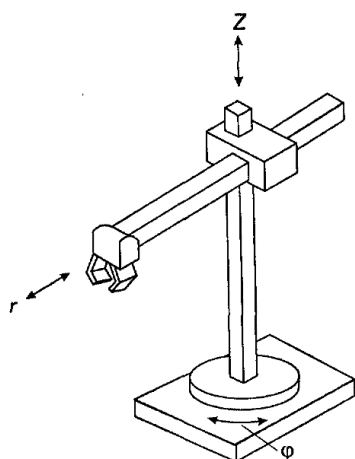
- 3
- 2
- 1
- 4

25. Степень подвижности манипулятора, изображенного на рисунке, равна ...



- 4
- 2
- 5
- 3

26. Степень подвижности манипулятора, изображенного на рисунке, равна ...



- 3
- 5
- 4

27. ПР с абсолютной линейной погрешностью позиционирования центра схвата в диапазоне $0,2 \text{ мм} < D_{гМ} < 1 \text{ мм}$ относятся к группе

- особовысокоточных;
- высокой точности;
- средней точности;
- малой точности.

28. Какому виду соответствует матрица

$$M_i^{\varphi} = \begin{vmatrix} \cos \varphi_i & -\sin \varphi_i & 0 & 0 \\ \sin \varphi_i & \cos \varphi_i & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

- a) повороту вокруг оси x_i на угол $-\varphi_i$;
- b) переносу вдоль оси x_i на $-a_i$;
- c) переносу вдоль оси z_{i-1} на $-s_i$;
- d) повороту вокруг оси z_{i-1} на угол $-\varphi_i$.

29. Недостатком метода уравнивания манипуляторов выбором кинематической схемы, в которой силы веса звеньев воспринимаются подшипниками кинематических пар, является:

1. значительное увеличение массы манипулятора и моментов инерции его звеньев;
2. усложнение конструкции манипулятора;
3. большие осевые нагрузки в подшипниках;
4. увеличение мощности привода и моментов тормозных устройств.

30. Разомкнутый привод перемещения ПР со ступенчатым регулированием скорости используется при

1. высоких требованиях к точности позиционирования;
2. средних требованиях к точности позиционирования;
4. использовании подвесных систем перемещения.

31. Для приведения в действие схватов чаще всего используются

- гидроприводы
- пневмоприводы
- электроприводы
- комбинированные приводы

32. Использование многоместных захватных устройств последовательного действия

1. повышает точность позиционирования;
2. позволяет манипулировать различными по форме объектами;
3. позволяет манипулировать различными по размерам объектами;
4. сокращает время загрузки.

33. Гидравлический привод используется для ПР

1. малой грузоподъемности;
2. средней грузоподъемности;
3. высокой грузоподъемности;
4. во всем диапазоне грузоподъемности.

34.. Из перечисленных преимуществ НЕ относится к пневмоприводам

1. простота и надежность конструкции;
2. высокая скорость выходного звена привода: при линейном перемещении до 1000 мм/с, при вращении – до 60 об/мин;
3. высокая стабильность скорости выходного звена
4. высокий коэффициент полезного действия (до 0,8);

35. Для промышленных роботов с пневматическим приводом в основном используются системы управления

1. цикловые;
2. позиционные;
3. контурные;
4. комбинированные.

36. Уровнем, на котором реализуется задача адаптивного управления, является

1. первый;
2. второй;
3. третий;
4. четвертый.

37. К датчикам восприятия внешней среды ПР относятся

1. датчики прикосновения, проскальзывания, ультразвуковые и светолокационные датчики расстояния;
2. силомоментные датчики, датчики обеспечения перемещений исполнительных органов робота;
3. ультразвуковые и светолокационные датчики расстояния, температурные датчики, датчики уровня;
4. датчики скорости и положения исполнительных органов робота.

38. Гидравлический привод используется для ПР

1. малой грузоподъемности;
2. средней грузоподъемности;
3. высокой грузоподъемности;
4. во всем диапазоне грузоподъемности.

39. Из перечисленных преимуществ НЕ относится к пневмоприводам

1. простота и надежность конструкции;
2. высокая скорость выходного звена привода: при линейном перемещении до 1000 мм/с, при вращении – до 60 об/мин;
3. высокая стабильность скорости выходного звена
4. высокий коэффициент полезного действия (до 0,8);

40. Для промышленных роботов с пневматическим приводом в основном используются системы управления

1. цикловые;
2. позиционные;
3. контурные;
4. комбинированные.

41. Уровнем, на котором реализуется задача адаптивного управления, является

1. первый;
2. второй;

3. третий;
4. четвертый.

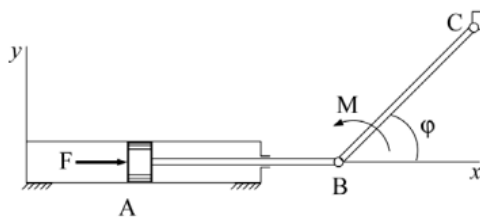
42. К датчикам восприятия внешней среды ПР относятся

1. датчики прикосновения, проскальзывания, ультразвуковые и светолокационные датчики расстояния;
2. силомоментные датчики, датчики обеспечения перемещений исполнительных органов робота;
3. ультразвуковые и светолокационные датчики расстояния, температурные датчики, датчики уровня;
4. датчики скорости и положения исполнительных органов робота.

Шкала оценивания результатов тестирования: в соответствии с действующей в университете балльно-рейтинговой системой оценивание результатов промежуточной аттестации обучающихся осуществляется в рамках 100-балльной шкалы, при этом максимальный балл по промежуточной аттестации обучающихся по очной форме обучения составляет 36 баллов, по очно-заочной и заочной формам обучения – 60 баллов (установлено положением П 02.016). Максимальный балл за тестирование представляет собой разность двух чисел: максимального балла по промежуточной аттестации для данной формы обучения (36 или 60) и максимального балла за решение компетентностно-ориентированной задачи (6). Балл, полученный обучающимся за тестирование, суммируется с баллом, выставленным ему за решение компетентностно-ориентированной задачи. Общий балл по промежуточной аттестации суммируется с баллами, полученными обучающимся по результатам текущего контроля успеваемости в течение семестра; сумма баллов переводится в оценку по _____ шкале (указать нужное: по 5-балльной шкале или дихотомической шкале) следующим образом (привести одну из двух нижеследующих таблиц): не зачтено Критерии оценивания результатов тестирования: Каждый вопрос (задание) в тестовой форме оценивается по дихотомической шкале: выполнено – 2 балла, не выполнено – 0 баллов.

2.3 КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАЧИ

Задача 1



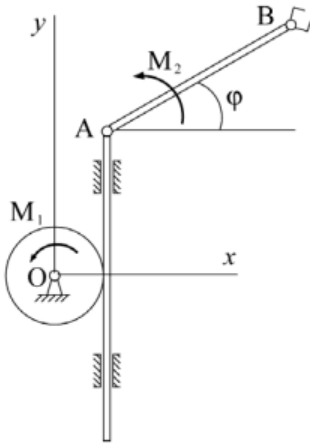
Манипулятор работает в вертикальной плоскости. Известно, что масса поршня А вместе со штоком АВ равна m_1 , масса схвата С равна m_2 , длина невисокого звена $BC = l$, $F_x = -a_1\dot{x} - b_1x$, момент: $M_z = M_{0z} + U_z - a_2\dot{\varphi}$, управление $U_z = -N(\varphi - \varphi_0)$,

a_1, a_2, b_1, N – константы. За обобщенные координаты принять угол φ и координату x поршня А, отсчитываемую от положения равновесия.

Требуется:

1. Составить уравнения движения в форме Лагранжа.
2. Определить M_{0z} из условия равновесия при $x = 0$, $\varphi = \varphi_0$ и $U_z = 0$.
3. Линеаризовать уравнения в окрестности положения равновесия.
4. Записать характеристический полином полученной линейной системы.

Задача 2



Манипулятор работает в вертикальной плоскости. Известно, что масса колеса m_1 , его радиус r , масса схвата m_2 , длина звена $AB = l$, его массой и массой рейки пренебречь; моменты $M_{1z} = M_{01z} - a_1\omega_{1z}$, $M_{2z} = M_{02z} + U_z - a_2\dot{\varphi}$, управление $U_z = -N(\varphi - \varphi_0)$, a_1, a_2, N – константы. За обобщенные координаты принять угол φ и координату y точки А, отсчитываемую от положения равновесия.

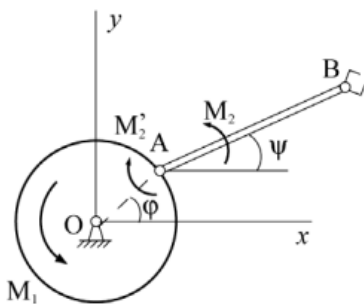
Требуется:

1. Составить уравнения движения в форме Лагранжа.
2. Определить M_{01z} , M_{02z} из условия равновесия

при $y = 0$, $\varphi = \varphi_0$ и $U_z = 0$.

3. Линеаризовать уравнения в окрестности положения равновесия.
4. Записать характеристический полином полученной линейной системы.

Задача 3

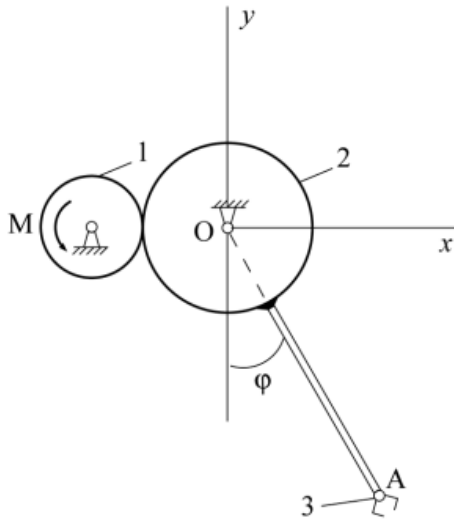


Манипулятор типа «Скара» работает в вертикальной плоскости. Известно, что масса диска m_1 , его радиус r ; масса схвата В m_2 , длина звена АВ равна $2r$, его массой пренебречь; моменты: $M_{1z} = M_{01z} + U_z - \mu_1\dot{\varphi}$, $M_{2z} = M_{02z} - \mu_2\dot{\psi}$, $M_{2z}' = -M_{2z}$, μ_1, μ_2, N – константы; управление $U_z = -N(\varphi - \varphi_0)$. За обобщенные координаты принять углы φ и ψ .

Требуется:

1. Составить уравнения движения в форме Лагранжа.
2. Определить M_{01z} и M_{02z} из условия равновесия при $\psi = 0$, $\varphi = \varphi_0$ и $U_z = 0$.
3. Линеаризовать уравнения в окрестности положения равновесия.
4. Записать характеристический полином полученной линейной системы.

Задача 4

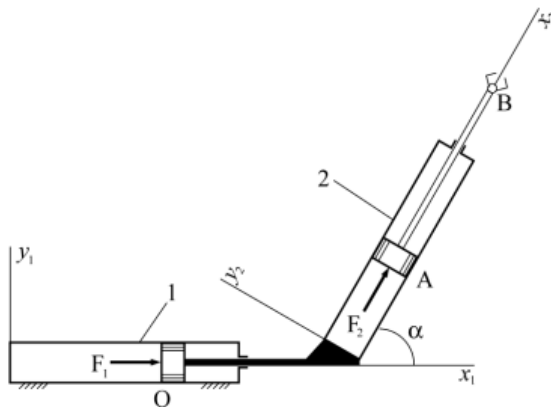


Одностепенный манипулятор работает в вертикальной плоскости. Дано: $m_1, m_2, m_3, r, R, OA=l$. Момент двигателя: $M_z = M_{0z} + U_z - \mu\omega_{1z}$, управление: $U_z = N(\varphi - \varphi_0)$, μ, N – константы. За обобщенную координату принять угол φ .

Требуется:

1. Составить уравнение движения в форме Лагранжа.
2. Определить M_{0z} из условия равновесия при $\varphi = \varphi_0$ и $U_z = 0$.
3. Линеаризовать уравнение в окрестности положения равновесия.
4. Записать характеристический полином линейного уравнения.
5. Найти условия устойчивости позиционирования.

Задача 5

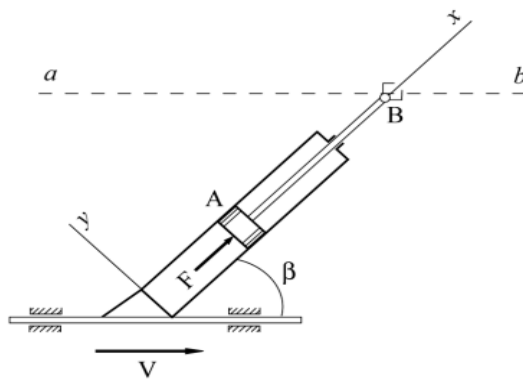


Манипулятор работает в горизонтальной плоскости. Известно, что масса поршня А, штока АВ и схвата В равна m_2 ; масса поршня О, штока и цилиндра 2 равна m_1 ; $F_{1x_1} = -bx_1$, $F_{2x_2} = U_{x_2} - a\dot{x}_2$, управление $U_{x_2} = -Nx_2$, a, b, N – константы. Угол между осями цилиндров α . За обобщенные принять координаты x_1, x_2 поршней О и А соответственно, отсчитываемые от положения равновесия.

Требуется:

1. Составить уравнения движения в форме Лагранжа.
2. Записать характеристический полином полученной линейной системы.
3. Найти условия устойчивости позиционирования (по Гурвицу).

Задача 6



Манипулятор работает в горизонтальной плоскости. Известно, что цилиндр движется с постоянной скоростью V , направленной под углом β к оси x . Схват В движется вблизи линии ab . Масса поршня А, штока АВ и схвата В равна m , сила $F = U_x - ax$, управление $U_x = -Nx$, a, N – константы. За обобщенную координату принять координату x , отсчитываемую от положения схвата В на траектории ab .

Требуется:

1. Составить уравнения движения в форме Лагранжа.
2. Записать характеристический полином полученного линейного уравнения.
3. Найти условие устойчивости движения схвата по линии ab .

Шкала оценивания решения компетентностно-ориентированной задачи: в соответствии с действующей в университете балльно-рейтинговой системой оценивание результатов промежуточной аттестации обучающихся осуществляется в рамках 100-балльной шкалы, при этом максимальный балл по промежуточной аттестации обучающихся по очной форме обучения составляет 36 баллов, по очно-заочной и заочной формам обучения – 60 (установлено положением П 02.016). Максимальное количество баллов за решение компетентностно-ориентированной задачи – 6 баллов.

Балл, полученный обучающимся за решение компетентностно-ориентированной задачи, суммируется с баллом, выставленным ему по результатам тестирования. Общий балл промежуточной аттестации суммируется с баллами, полученными обучающимся по результатам текущего контроля успеваемости в течение семестра; сумма баллов переводится в оценку по 5-балльной шкале или дихотомической шкале

Критерии оценивания решения компетентностно-ориентированной задачи (нижеследующие критерии оценки являются примерными и могут корректироваться):

6-5 баллов выставляется обучающемуся, если решение задачи демонстрирует глубокое понимание обучающимся предложенной проблемы и разностороннее ее рассмотрение; свободно конструируемая работа представляет собой логичное, ясное и при этом краткое, точное описание хода решения задачи (последовательности (или выполнения) необходимых трудовых действий) и формулировку доказанного, правильного вывода (ответа); при этом обучающимся предложено несколько вариантов решения или оригинальное, нестандартное решение (или наиболее эффективное, или наиболее рациональное, или оптимальное, или единственно правильное решение); задача решена в установленное преподавателем время или с опережением времени.

4-3 балла выставляется обучающемуся, если решение задачи демонстрирует понимание обучающимся предложенной проблемы; задача решена типовым способом в установленное преподавателем время; имеют место общие фразы и (или) несущественные недочеты в описании хода решения и (или) вывода (ответа).

2-1 балла выставляется обучающемуся, если решение задачи демонстрирует поверхностное понимание обучающимся предложенной проблемы; осуществлена попытка шаблонного решения задачи, но при ее решении допущены ошибки и (или) превышено установленное преподавателем время.

0 баллов выставляется обучающемуся, если решение задачи демонстрирует непонимание обучающимся предложенной проблемы, и (или) значительное место занимают общие фразы и голословные рассуждения, и (или) задача не решена