

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Московский авиационный институт  
(национальный исследовательский университет)»

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ Козорез Д.А.  
“26” июня 2019

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (000133979)**

**Системы автоматизированного проектирования**

(указывается наименование дисциплины по учебному плану)

Направление подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Квалификации выпускника Бакалавр

Профиль подготовки Автоматизация технологических процессов и производств (в машиностроении)

Форма обучения очная

(очно, очно-заочное, заочное)

Выпускающая кафедра ТАОМ

Обеспечивающая кафедра ТАОМ

Кафедра-разработчик рабочей программы ТАОМ

Семестр	З.Е.	Трудоемкость, час.	Лекций, час.	Практич. занятий, час.	Лаборат. работ, час.	КСР, час.	СРС, час.	Экзаменов, час.	Форма промежуточного контроля
6	4	144	36	36	0	0	36	36	Э
Итого	4	144	36	36	0	0	36	36	

Москва  
2019

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Разделы рабочей программы**

1. Цели освоения дисциплины. Перечень планируемых результатов обучения.
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
3. Структура и содержание дисциплины.
4. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
5. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.
6. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.
8. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.
9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

### **Приложения к рабочей программе дисциплины**

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Прикрепленные файлы

Программа составлена в соответствии с требованиями СУОС НИУ МАИ, разработанного на основе ФГОС ВО по направлению 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

---

Авторы программы:

Поляков О.А.

---

Заведующий обеспечивающей кафедрой  
ТАОМ

---

Программа одобрена:

Заведующий выпускающей кафедрой ТАОМ      Директор выпускающего филиала

---

---

# **1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ И РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ.**

Целью освоения дисциплины Системы автоматизированного проектирования является достижение следующих результатов освоения(РО):

№	Шифр	Результат обучения
1	З-1(ПК-1)	Знать методы анализа исходных информационных данных для проектирования технологических процессов изготовления продукции, средств и систем автоматизации, контроля, технологического оснащения, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством
2	У-1(ПК-1)	Уметь участвовать в работах по расчету и проектированию процессов изготовления продукции и указанных средств и систем с использованием современных информационных технологий, методов и средств проектирования
3	В-1(ПК-1)	Владеть навыками проектирования технологических процессов изготовления продукции, средств и систем автоматизации, контроля, технологического оснащения, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции
4	З-1(ПК-5)	Знать проектную и рабочую техническую документацию, действующие стандарты и другую нормативную документацию в области автоматизации технологических процессов и производств, их эксплуатационному обслуживанию, управлению жизненным циклом продукции и ее качеством
5	У-1(ПК-5)	Уметь разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию в области автоматизации технологических процессов и производств, их эксплуатационному обслуживанию, управлению жизненным циклом продукции и ее качеством
6	В-1(ПК-5)	Владеть навыками участия в мероприятиях по контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации действующим стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам
7	З-1(ПК-15)	Знать основные инструментальные средства и средства вычислительной техники при организации процессов проектирования, изготовления, контроля и испытаний продукции
8	У-1(ПК-15)	Уметь выбирать технологии, инструментальные средства и средства вычислительной техники при организации процессов проектирования, изготовления, контроля и испытаний продукции; средства и системы автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления производством, жизненным циклом продукции и ее качеством
9	В-1(ПК-15)	Владеть навыками применения средств вычислительной техники при организации процессов проектирования, изготовления, контроля и испытаний продукции
10	З-ДПК-1	Знать принципы создания твердотельных моделей деталей и узлов изделий авиационного машиностроения в специализированном программном обеспечении.
11	У-ДПК-1	Умеет реализовывать принципы создания твердотельных моделей деталей и узлов.
12	В-ДПК-1	Владеет навыками создания твердотельных моделей деталей и узлов изделий авиационного машиностроения.

Перечисленные РО являются основой для формирования следующих компетенций:

№	Шифр	Компетенция
1	ПК-1	Способность собирать и анализировать исходные информационные данные для проектирования технологических процессов изготовления продукции, средств и систем автоматизации, контроля, технологического оснащения, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством; участвовать в работах по расчету и проектированию процессов изготовления продукции и указанных средств и систем с использованием современных информационных технологий, методов и средств проектирования
2	ПК-5	Способность участвовать в разработке (на основе действующих стандартов и другой нормативной документации) проектной и рабочей технической документации в области автоматизации технологических процессов и производств, их эксплуатационному обслуживанию, управлению жизненным циклом продукции и ее качеством, в мероприятиях по контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации действующим стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам

3	ДПК-1	Способность создания компьютерных 3D-моделей деталей и узлов изделий машиностроения с использованием специализированного программного обеспечения.
4	ПК-15	Способность выбирать технологии, инструментальные средства и средства вычислительной техники при организации процессов проектирования, изготовления, контроля и испытаний продукции; средства и системы автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления производством, жизненным циклом продукции и ее качеством

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.

Дисциплина Системы автоматизированного проектирования является предшествующей и последующей для следующих дисциплин:

N	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины
1	Организация баз данных (Программные средства управления данными)	Автоматизация управления жизненным циклом продукции
2	Теория автоматического управления	Системы с ЧПУ
3	Математика. Теория вероятностей и математическая статистика	Преддипломная практика
4	Математика. Численные методы	Итоговая гос. аттестация
5	Электротехника и электроника 2	Проектирование автоматизированных систем
6	Программирование и алгоритмизация	Защита интеллектуальной собственности (Авторское право и право промышленной собственности)
7	Учебная практика 2	Автоматизированные системы технологической подготовки производства (Системы автоматизированного проектирования технологических процессов)
8	Учебная практика 1	Интегрированные системы АСУ ТП
9	Схемотехника	
10	Информационные технологии цифрового моделирования	
11	Инженерная и компьютерная графика	
12	Твердотельное моделирование (Основы цифрового прототипирования)	
13	Теория машин и механизмов (Структурный и динамический анализ механизмов)	
14	Вычислительные машины и сети	

## 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы), 144 часа(ов).

Модуль	Раздел	Лекции	Практич. занятия	Лаборат. работы	КСР	СРС	Всего часов	Всего с экзаменами и курсовыми

Системы автоматизированного проектирования (6 сем)	Введение в автоматизированное проектирование	4	0	0	0	0	4	144
	Техническое обеспечение систем автоматизированного проектирования	8	0	0	0	0	8	
	Математическое обеспечение анализа проектных решений	6	8	0	0	8	22	
	Математическое обеспечение синтеза проектных решений	6	4	0	0	4	14	
	Методическое и программное обеспечение автоматизированных систем	12	24	0	0	24	60	
<b>Всего</b>		<b>36</b>	<b>36</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>36</b>	<b>108</b>	<b>144</b>

### 3.1.Содержание (дидактика) дисциплины

*В разделе приводится полный перечень дидактических единиц, подлежащих усвоению при изучении данной дисциплины.*

- 1. Основы автоматизированного проектирования
- 2. Техническое обеспечение систем автоматизированного проектирования
- 3. Математическое обеспечение анализа проектных решений
- 4. Математическое обеспечение синтеза проектных решений
- 5. Методическое и программное обеспечение автоматизированных систем

### 3.2.Лекции

№ п/п	Раздел дисциплины	Объем, часов	Тема лекции	Дидакт. единицы
1	1.1.Введение в автоматизированное проектирование	2	Понятие инженерного проектирования	1
2	1.1.Введение в автоматизированное проектирование	2	Понятие о CALS-технологиях.	1
3	1.2.Техническое обеспечение систем автоматизированного проектирования	4	Требования, предъявляемые к техническому обеспечению.	2
4	1.2.Техническое обеспечение систем автоматизированного проектирования	4	Методы доступа. Сети Ethernet	2

5	1.3.Математическое обеспечение анализа проектных решений	2	Требования к математическим моделям и численным методам в САПР.	3
6	1.3.Математическое обеспечение анализа проектных решений	4	МКЭ в программах анализа механической прочности.	3
7	1.4.Математическое обеспечение синтеза проектных решений	2	Место процедур синтеза в проектировании.	4
8	1.4.Математическое обеспечение синтеза проектных решений	4	Планирование процессов и распределение ресурсов	4
9	1.5.Методическое и программное обеспечение автоматизированных систем	6	САПР в машиностроении	5
10	1.5.Методическое и программное обеспечение автоматизированных систем	6	Проектные процедуры. Ассоциативные связи. Типы производства и стратегии позиционирования изделий.	5
<b>Итого:</b>		<b>36</b>		

### 3.3.Содержание лекций.

#### 1.1.1. Понятие инженерного проектирования (АЗ: 2, СРС: 0)

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция

**Описание:** Понятие инженерного проектирования. Принципы системного подхода. Основные понятия системотехники. Иерархическая структура проектных спецификаций и иерархические уровни проектирования. Стадии проектирования. Содержание технических заданий на проектирование. Классификация моделей и параметров, используемых при автоматизированном проектировании. Типовые проектные процедуры.

#### 1.1.2. Понятие о CALS-технологиях. (АЗ: 2, СРС: 0)

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция

**Описание:** Этапы жизненного цикла промышленных изделий. Структура САПР. Разновидности САПР. Понятие о CALS-технологиях. Особенности проектирования автоматизированных систем.

#### 1.2.1. Требования, предъявляемые к техническому обеспечению. (АЗ: 4, СРС: 0)

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция

**Описание:** Требования, предъявляемые к техническому обеспечению. Типы вычислительных сетей. Эталонная модель взаимосвязи открытых систем. Типы вычислительных машин и систем. Автоматизированные рабочие места. Особенности технических средств в АСУТП.

#### **1.2.2. Методы доступа. Сети Ethernet (АЗ: 4, СРС: 0)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция

**Описание:** . Характеристики и типы каналов передачи данных. Аналоговые каналы. Цифровые каналы. Сетевое коммутационное оборудование. Транспортный протокол TCP в стеке протоколов TCP/IP. Сетевой протокол IP в стеке протоколов TCP/IP. Адресация в сетях TCP/IP. Протоколы управления в стеке TCP/IP.

#### **1.3.1. Требования к математическим моделям и численным методам в САПР. (АЗ: 2, СРС: 0)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция

**Описание:** Математический аппарат в моделях разных иерархических уровней. Место процедур формирования моделей в маршрутах проектирования. Исходные уравнения моделей. Представление топологических уравнений. Особенности эквивалентных схем механических объектов. Методы решения систем нелинейных алгебраических уравнений. Методы решения систем линейных алгебраических уравнений.

#### **1.3.2. МКЭ в программах анализа механической прочности. (АЗ: 4, СРС: 0)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция

**Описание:** Анализ в частотной области. Многовариантный анализ. Моделирование и анализ аналоговых устройств. Математические модели дискретных устройств. Сети Петри. Анализ сетей Петри. Построение геометрических моделей. Поверхностные модели. Программно-аппаратная реализация графических систем.

#### **1.4.1. Место процедур синтеза в проектировании. (АЗ: 2, СРС: 0)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция

**Описание:** Критерии оптимальности. Задачи оптимизации с учетом допусков. Классификация методов математического программирования. Методы одномерной оптимизации. Методы безусловной оптимизации. Необходимые условия экстремума. Методы поиска условных экстремумов. Процедуры синтеза проектных решений.

#### 1.4.2. Планирование процессов и распределение ресурсов (АЗ: 4, СРС: 0)

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция

**Описание:** Задача принятия решений. Представление множества альтернатив. Морфологические таблицы. Альтернативные графы. Исчисления. . Метод ветвей и границ. Элементы теории сложности. Методы локальной оптимизации и поиска с запретами. Методы распространения ограничений. Интеллектуальные системы структурного синтеза и принятия проектных решений.

#### 1.5.1. САПР в машиностроении (АЗ: 6, СРС: 0)

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция

**Описание:** Спецификации проектов программных систем. История развития САПР в машиностроении. Основные функции и проектные процедуры, реализуемые в ПО САПР.

#### 1.5.2. Проектные процедуры. Ассоциативные связи. Типы производства и стратегии позиционирования изделий. (АЗ: 6, СРС: 0)

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция

**Описание:** Программное обеспечение. Технология проектирования «сверху вниз».

### 3.4. Практические занятия

№ п/п	Раздел дисциплины	Объем, часов	Тема практического занятия	Дидакт. единицы
1	1.3. Математическое обеспечение анализа проектных решений	6	Динамическое моделирование КШМ средствами САПР	3, 4, 5
2	1.3. Математическое обеспечение анализа проектных решений	2	Основы работы в Autodesk Inventor	5
3	1.4. Математическое обеспечение синтеза проектных решений	4	3D-моделирование каркасных, поверхностных и объёмных моделей	4, 5



4	1.5.Методическое и программное обеспечение автоматизированных систем	4	Создание параметрической модели в Autodesk Inventor	4, 5
5	1.5.Методическое и программное обеспечение автоматизированных систем	4	Построение ассоциативно-параметрических сборок	4, 5
6	1.5.Методическое и программное обеспечение автоматизированных систем	6	Технология проектирования «сверху вниз» - гидромотор	5
7	1.5.Методическое и программное обеспечение автоматизированных систем	10	Технология проектирования «сверху вниз» - редуктор	5
<b>Итого:</b>		<b>36</b>		

### 3.5.Содержание практических занятий

### **1.3.2. Динамическое моделирование КШМ средствами САПР (А3: 6, СРС: 6)**

**Форма организации:** Практическое занятие

**Описание:** Рассматриваются примеры динамических расчетов поршневых двигателей в среде «Динамическое моделирование» приложения САПР Autodesk Inventor Professional

### **1.3.3. Основы работы в Autodesk Inventor (А3: 2, СРС: 2)**

**Форма организации:** Практическое занятие

**Описание:** Основные принципы работы в САПР-приложении

### **1.4.1. 3D-моделирование каркасных, поверхностных и объёмных моделей (А3: 4, СРС: 4)**

**Форма организации:** Практическое занятие

### **1.5.1. Создание параметрической модели в Autodesk Inventor (А3: 4, СРС: 4)**

**Форма организации:** Практическое занятие

**Описание:** Параметрическое моделирование одноступенчатого зубчатого механизма

### **1.5.2. Построение ассоциативно-параметрических сборок (А3: 4, СРС: 4)**

**Форма организации:** Практическое занятие

**Описание:** Моделирование пружинной подвески автомобиля

### **1.5.3. Технология проектирования «сверху вниз» - гидромотор (А3: 6, СРС: 6)**

**Форма организации:** Практическое занятие

**Описание:** Проектирование цифрового прототипа гидромотора "сверху вниз" по шаблону

### **1.5.4. Технология проектирования «сверху вниз» - редуктор (А3: 10, СРС: 10)**

**Форма организации:** Практическое занятие

**Описание:** Проектирование цифрового прототипа многоступенчатого редуктора "сверху вниз"

## **3.6.Лабораторные работы**

№ п/п	Раздел дисциплины	Наименование лабораторной работы	Объем, часов	Дидакт. единицы
Ит ого :				

## **3.7.Содержание лабораторных работ**

## **3.8.Контроль самостоятельной работы (КСР)**

№ п/п	Раздел дисциплины	Объем, часов	Тема КСР
Итого:			

### **3.9.Содержание КСР**

### **3.10.Курсовые работы и проекты по дисциплине**

### **3.11.Промежуточная аттестация**

**1.**

**Прикрепленные файлы:** Билеты САПР.pdf

## **4. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

1. Основная и дополнительная литература по дисциплине
2. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».
3. Ресурсы научно-технической библиотеки МАИ.
4. Информационные стенды кафедры.

## **5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Описание показателей, критерии оценивания компетенций и описание шкал оценивания осуществляются в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценки результатов обучения студентов по дисциплине (Приказ №42 от 04.04.2014 «Об утверждении положения «Рейтинг по дисциплине»).

Для оценивания интегрированных и практико-ориентированных заданий обучающихся используются следующие критерии по 100-балльной шкале:

1. Формулирование представленной информации в виде проблемы;
2. Предложение способа решения проблемы;
3. Обоснование способа решения проблемы;
4. Демонстрация способа решения проблемы.

Оценивание осуществляется по следующей шкале:

100-балльная шкала	Результат освоения
менее 40	Критерий не сформирован
41-70	Критерий четко не выражен
71-100	Критерий выражен четко

Для оценивания ситуационных заданий используется следующая шкала:

100-балльная шкала	Результат освоения
менее 30	обучающийся не может сформулировать проблему, представленную в задании

31-50	обучающийся формулирует поставленную задачу, у него сформированы изолированные знания и умения, однако отсутствуют интегрированные понятия и навыки, в результате чего допущены ошибки в решении и задание не выполнено
51-80	задание выполнено, обучающийся применяет знания для решения поставленной проблемы, однако не сформированы компетенции, вследствие чего обучающийся испытывает затруднения в демонстрации способов решения задачи
81-100	задание выполнено как в теоретическом, так и в практическом плане, обучающийся легко демонстрирует свою компетентность по данному вопросу

Фонды оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения, включают в себя:

- вопросы к промежуточной аттестации.

Перечень компетенций и этапы их формирования приведены в следующей таблице:

N	Шифр	Компетенция	Этапы формирования компетенции
1	ПК-1	Способность собирать и анализировать исходные информационные данные для проектирования технологических процессов изготовления продукции, средств и систем автоматизации, контроля, технологического оснащения, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством; участвовать в работах по расчету и проектированию процессов изготовления продукции и указанных средств и систем с использованием современных информационных технологий, методов и средств проектирования	Лекции: 1. Понятие инженерного проектирования. 2. Требования, предъявляемые к техническому обеспечению. . 3. Методы доступа. Сети Ethernet. 4. Требования к математическим моделям и численным методам в САПР. . 5. МКЭ в программах анализа механической прочности.. 6. Место процедур синтеза в проектировании. . 7. Планирование процессов и распределение ресурсов. 8. САПР в машиностроении.
2	ПК-5	Способность участвовать в разработке (на основе действующих стандартов и другой нормативной документации) проектной и рабочей технической документации в области автоматизации технологических процессов и производств, их эксплуатационному обслуживанию, управлению жизненным циклом продукции и ее качеством, в мероприятиях по контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации действующим стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам	Лекции: 1. Требования, предъявляемые к техническому обеспечению. . 2. Методы доступа. Сети Ethernet. 3. Проектные процедуры. Ассоциативные связи. Типы производства и стратегии позиционирования изделий. .

3	ДПК-1	Способность создания компьютерных 3D-моделей деталей и узлов изделий машиностроения с использованием специализированного программного обеспечения.	Лекции: 1. МКЭ в программах анализа механической прочности.. 2. САПР в машиностроении. 3. Проектные процедуры. Ассоциативные связи. Типы производства и стратегии позиционирования изделий. .
4	ПК-15	Способность выбирать технологии, инструментальные средства и средства вычислительной техники при организации процессов проектирования, изготовления, контроля и испытаний продукции; средства и системы автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления производством, жизненным циклом продукции и ее качеством	Лекции: 1. Понятие инженерного проектирования. 2. Понятие о CALS-технологиях. . 3. Требования, предъявляемые к техническому обеспечению. . 4. Требования к математическим моделям и численным методам в САПР. . 5. Место процедур синтеза в проектировании. .

### Вопросы к промежуточной аттестации

#### «Системы автоматизированного проектирования»

##### 1. Экзамен (6 семестр)

Прикрепленные файлы: Билеты САПР.pdf

#### 6. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

а)основная литература:

1. Кондаков А.И. САПР технологических процессов. М.: Издательский центр «Академия», 2008, 270 с.
2. Экспертные системы САПР: учебное пособие / А.Л. Ездаков. - М.: ИД ФОРУМ, 2012. - 160 с.: ил.; 60х90 1/16. - (Высшее образование). (переплет)ISBN 978-5-8199-0398-8, 1000 экз.  
<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=343778>

б)дополнительная литература:

1. Ли К. Основы САПР (CAD/CAM/CAE). СПб.: Питер, 2004;
2. Роджерс Д., Адамс Дж. Математические основы машинной графики. М.: Мир, 2001, 604 с.
3. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования. М.: Изд- во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009.
4. Божко А.Н., Жук Д.М., Маничев В.Б. Компьютерная графика. М.: Изд- во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007.

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Для обеспечения образовательного процесса по дисциплине обучающимся предоставляется возможность круглосуточного дистанционного индивидуального доступа к электронным библиотечным системам из любой точки, в которой имеется доступ к сети «Интернет».

Наименование ресурса	Интернет-ссылка на ресурс
<b>"ZNANIUM.COM"</b>	
Электронная библиотечная система "ZNANIUM.COM".	<a href="http://znanium.com">http://znanium.com</a>
<b>ООО "Издательство Лань"</b>	
Электронная библиотечная система ООО "Издательство Лань".	<a href="http://e.lanbook.com">e.lanbook.com</a>
<b>ООО "Электронное издательство ЮРАЙТ"</b>	
Электронная библиотечная система ЮРАЙТ. ЭБС "Легендарные книги"	<a href="http://biblio-online.ru">http://biblio-online.ru</a> , <a href="https://biblio-online.ru/catalog/legendary">https://biblio-online.ru/catalog/legendary</a>
<b>Электронная библиотека МАИ</b>	
Электронная библиотека МАИ (собственность МАИ).	<a href="http://elibrary.mai.ru/MegaPro2/Web">http://elibrary.mai.ru/MegaPro2/Web</a>
<b>Электронная библиотека Консорциума аэрокосмических вузов России</b>	
Электронная библиотека Консорциума аэрокосмических вузов России.	<a href="http://elsau.ru">http://elsau.ru</a>
<b>Библиотека РФФИ</b>	
Библиотека РФФИ	<a href="http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library">http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library</a>
<b>Единое окно доступа к образовательным ресурсам</b>	
Единое окно доступа к образовательным ресурсам	<a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
<b>Polpred.com</b>	
Polpred.com. Обзор СМИ	<a href="http://polpred.com">http://polpred.com</a>
<b>ООО "РУНЭБ"</b>	
Электронная библиотечная система eLIBRARY.	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>
<b>ООО "Национальный цифровой ресурс "Рукоонт"</b>	
ООО "Национальный цифровой ресурс "Рукоонт".	<a href="http://text.rucont.ru">http://text.rucont.ru</a>
<b>ООО "ИВИС"</b>	
ООО "ИВИС".	<a href="http://ivis.ru">http://ivis.ru</a>
<b>ООО "Интегратор авторского права"</b>	
ООО "Интегратор авторского права" IQlib.	<a href="http://www.iqlib.ru/">http://www.iqlib.ru/</a>
<b>ФГБУ "РГБ"</b>	
Электронная библиотека диссертаций РГБ.	<a href="http://dvs.rsl.ru">http://dvs.rsl.ru</a>
Национальная электронная библиотека (НЭБ).	<a href="http://нэб.рф">http://нэб.рф</a>
<b>НП НЭИКОН</b>	

Некоммерческое партнерство "Национальный Электронно-Информационный Консорциум".	<a href="http://archive.neicon.ru">http://archive.neicon.ru</a>
Научные полнотекстовые ресурсы издательства Springer (архив).	<a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a>
Научные полнотекстовые журналы издательства Taylor&Francis Group (архив).	<a href="http://www.tandfonline.com/">http://www.tandfonline.com/</a>
База данных GreenFile компании EBSCO.	<a href="http://www.greeninfoonline.com.">http://www.greeninfoonline.com.</a>
<b>Внешнеэкономическое объединение "Академинторг"</b>	
American Physical Society American Mathematical Society	<a href="http://publish.aps.org/">http://publish.aps.org/</a> <a href="http://www.ams.org/mathscinet/index.html">http://www.ams.org/mathscinet/index.html</a>
<b>ФГБУ "ГПНТБ России"</b>	
База данных Web of Science (правообладатель - Thomson Reuters, с 03.10.2016 г. - Clarivate Analytics).	<a href="http://www.webofscience.com">www.webofscience.com</a>
База данных Scopus издательства Elsevier.	<a href="http://scopus.com">http://scopus.com</a>
Springer Customer Service Center GmbH в научных и образовательных целях. Springer Nature	<a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a> <a href="http://www.nature.com/">http://www.nature.com/</a>
База данных компании EBSCO Publishing: БД CASC. БД <a href="http://www.mathscinet.org/">MathSciNet via EBSCOhost</a> .	<a href="http://search.ebscohost.com">http://search.ebscohost.com</a>
Научные полнотекстовые журналы и книги издательства Elsevier.	<a href="http://www.sciencedirect.com">http://www.sciencedirect.com</a> <a href="http://www.elsevier.com/locate/science-direct">http://www.elsevier.com/locate/science-direct</a>
<b>РФФИ</b>	
Научные полнотекстовые англоязычные журналы American Chemical Society.	<a href="http://pubs.acs.org">http://pubs.acs.org</a> .

## 8.МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Эффективным способом развития творческих способностей студентов при изучении дисциплины является самостоятельная работа, которая нацелена на проработку студентами материала прошедших контактных занятий и подготовку к предстоящим занятиям.

Самостоятельная работа студентов проводится ими в соответствии с собственными возможностями. Можно, однако, рекомендовать групповое изучение материалов, обеспечивающее совместную работу нескольких студентов, что положительно влияет на качество проработки программы курса.

В то же время высокая степень усвоения изучаемой дисциплины достигается при постоянной работе студентов над текущим материалом. В этой связи желательна проработка лекционного материала в день его прочтения, что позволяет, во-первых, оперативно (на следующей лекции) снимать возникающие вопросы и, во-вторых, создавать багаж знаний по дисциплине задолго до промежуточной аттестации.

При подготовке к практическим занятиям также необходима проработка лекционного материала. Это позволит осознанно работать с предлагаемым материалом преподавателем на практическом занятии, а, следовательно, закладывать базу методик и приемов при решении практических задач.

При изучении материала необходимо делать акцент не на зазубривании материала, а на понимании его физической сути, что развивает мышление и позволяет понять методологию изучаемой дисциплины.

#### *Лекции:*

В ходе лекционных занятий необходимо вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации.

Желательно оставлять в рабочих конспектах поля, где делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Рекомендуется задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Свой конспект лекции следует дорабатывать, делая в нём соответствующие записи из литературы, рекомендованной преподавателем и предусмотренной рабочей программой для рабочей программы дисциплины (РПД).

Для понимания материала и качественного его усвоения рекомендуется такая последовательность и продолжительность действий:

- Изучение конспекта лекции в тот же день (после лекции): 10-15 минут.
- Изучение конспекта лекции за день перед следующей лекцией: 10-15 минут.
- Изучение теоретического материала по учебнику и конспекту: 2 часа в неделю.
- В течение недели 1 час работать с литературой в библиотеке (электронной библиотеке).

Рекомендации по работе с литературой заключаются в необходимости изучения информации по изучаемой тематике и изложенной в учебниках, учебных пособиях, периодических изданиях.

Рекомендуется после изучения очередного параграфа учебника выполнить несколько простых упражнений на данную тему. Кроме того, очень полезно мысленно задать себе следующие вопросы и попробовать ответить на них:

- о чём этот параграф?
- какие новые понятия введены, каков их смысл?
- что дадут эти понятия на практике?

#### *Семинарские занятия:*

Важной составной частью учебного процесса в вузе являются семинарские/практические занятия. Планы семинарских занятий, их тематика, рекомендуемая литература, цель и задачи её изучения сообщаются преподавателем на вводных занятиях или берутся из РПД.

Подготовка к семинарскому занятию включает 2 этапа: 1-й – организационный; 2-й - закрепление и углубление теоретических знаний. На первом этапе студент планирует свою самостоятельную работу, которая включает:

- уяснение задания на самостоятельную работу;
- подбор рекомендованной литературы;
- составление плана работы, в котором определяются основные пункты предстоящей подготовки.

Второй этап включает непосредственную подготовку студента к занятию. Начинать надо с изучения рекомендованной литературы. На лекции обычно рассматривается не весь материал, а



только его часть. Остальная его часть восполняется в процессе самостоятельной работы. Особое внимание при этом необходимо обратить на содержание основных положений и выводов, объяснение явлений и фактов, уяснение практического приложения рассматриваемых теоретических вопросов.

При необходимости следует обращаться за консультацией к преподавателю. На семинаре каждый его участник должен быть готовым к выступлению по всем поставленным в плане вопросам, проявлять максимальную активность при их рассмотрении. Выступление должно строиться свободно, убедительно и аргументировано. Преподаватель следит, чтобы выступление не сводилось к репродуктивному уровню (простому воспроизведению текста), не допускается и простое чтение конспекта.

При подготовке к практическим занятиям, обучающимся необходимо изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, новыми публикациями в периодических изданиях: журналах, газетах и т.д. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования учебной программы. В ходе подготовки к практическим занятиям необходимо освоить основные понятия и методики расчета показателей, ответить на контрольные вопросы.

#### *Подготовка к зачётам и экзаменам:*

При подготовке к зачёту по дисциплине обучающийся прорабатывает содержание лекций по своему конспекту и по рекомендованным учебникам. На каждый вопрос, обучающийся должен написать план ответа, кратко перечислить и запомнить основные факты, положения. На этапе подготовки к зачёту обучающийся систематизирует и интегрирует информацию, относящуюся к разным разделам лекционного материала, лучше понимает взаимосвязь различных фактов и положений дисциплины, восполняет пробелы в своих знаниях.

#### *Методические рекомендации к заданиям:*

Выполнение домашнего задания студентом является повторением, закреплением и усвоением пройденного на занятии материала, подготовка к изучению новых вопросов, расширение и углубление знаний, формирование умений и навыков. Преподаватель формулирует домашнее задание оптимальным по объёму и содержанию с вопросами для обсуждения и расчетными задачами, предполагая преемственность перехода от ранее изученного к новому.

Темы рефератов, как правило, посвящены рассмотрению одной проблемы. Объём реферата может быть от 12 до 15 страниц машинописного текста. Текстовая часть работы состоит из Введения, Основной части и Заключения.

Во введении студент кратко обосновывает актуальность избранной темы реферата, раскрывает конкретные цели и задачи, которые он собирается решить в ходе своего небольшого исследования.

В основной части подробно раскрывается содержание вопроса (вопросов) темы.

В заключении кратко должны быть сформулированы полученные результаты исследования и даны выводы. Кроме того, заключение может включать предложения автора, в том числе и по дальнейшему изучению заинтересовавшей его проблемы.

В список литературы (источников и литературы) студент включает только те документы, которые он использовал при написании реферата.

## **9. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Дисциплина ориентирована на применение компьютерной техники, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», электронной библиотеки МАИ для поиска, сбора, хранения, обработки и представления информации.

Программное обеспечение, Интернет-ресурсы, электронные библиотечные системы:

а) Программное обеспечение:

- Autodesk Inventor Pro;
- SolidWorks;
- APM WinMachine;
- Microsoft Office.

б) Интернет ресурсы:

- <http://students.autodesk.com/?nd=russia> (сайт предлагает ресурсы и инструменты для совершенствования навыков обращения с программами: электронные учебные материалы, возможность обмениваться проектами и многое другое, а также позволяет скачивать бесплатные полнофункциональные версии продуктов Autodesk)
- <http://www.apm.ru/rus/> (сайт содержит информацию о функциональных возможностях системы автоматизированного расчета и проектирования деталей машин, механизмов, элементов конструкций и узлов, машиностроительных объектов и оборудования APM WinMachine)

## **10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Лаборатория «Информационная поддержка жизненного цикла продукции», а. 105

Аудитория 402, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, ноутбук), набор электронных слайдов, видеоролики по читаемой дисциплине.

### Аннотация рабочей программы

Дисциплина Системы автоматизированного проектирования является частью Блока 1 Дисциплины дисциплин подготовки студентов по направлению подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств. Дисциплина реализуется на Ступино факультете «Московский авиационного института (национального исследовательского университета)» кафедрами (кафедрами) ТАОМ.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций: ПК-1 ,ПК-5 ,ДПК-1 ,ПК-15.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с: - обучением студентов общим принципам системного подхода при проектировании сложных объектов;

- демонстрацией методов совершенствования проектирования на основе применения математических методов и средств вычислительной техники;

- формированием навыков, связанных с разработкой компьютерных моделей, предназначенных для выполнения расчетов на прочность, жесткость и устойчивость деталей машин и элементов конструкций, а также навыки функционального моделирования процессов фрезерной и токарной обработки для систем с ЧПУ;

- обеспечением навыками для поиска оптимальных решений при создании отдельных видов продукции с учетом требований динамики и прочности, долговечности, безопасности жизнедеятельности, качества, стоимости, сроков исполнения и конкурентоспособности;

- обучением создавать 3D-прототипы изделий, отвечающих принципам параметризации и ассоциативности.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: Лекция, Практическое занятие.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: промежуточная аттестация в форме Экзамен (6 семестр).

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 часов. Программой дисциплины предусмотрены лекционные (36 часов), практические (36 часов), лабораторные (0 часов) занятия и (36 часов) самостоятельной работы студента. Дисциплина «Системы автоматизированного проектирования» относится к вариативной части профессионального цикла. Поэтому дисциплина тесно связана с высшей математикой, прикладной механикой, основами конструирования, инженерной и компьютерной графикой. Знания, умения и навыки, полученные при освоении данной дисциплины, используются при дальнейшем изучении дисциплин «Системы с ЧПУ», «Автоматизированные системы управления технологическими процессами», «Проектирование технологического оборудования», «Моделирование систем и процессов» и других дисциплин, направленных на решение вышеуказанных задач подготовки.

## Прикрепленные файлы

### Вопросы САПР.docx

#### *Экзаменационные вопросы по «САПР» (теория)*

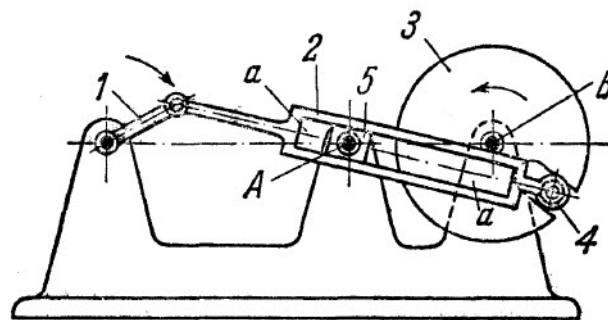
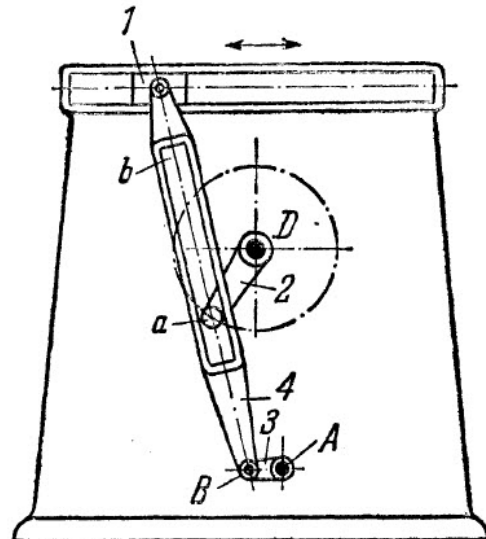
1. Дайте определение понятия "проектирование".
2. Что является предметом изучения в теории систем?
3. Назовите признаки, присущие сложной системе.
4. Приведите примеры иерархической структуры технических объектов, их внутренних, внешних и выходных параметров.
5. Приведите примеры условий работоспособности.
6. Почему проектирование обычно имеет итерационный характер?
7. Какие причины привели к появлению и развитию CALS-технологии?
8. Приведите примеры проектных процедур, выполняемых в системах CAE, CAD, CAM.
9. Что понимают под комплексной автоматизированной системой?
10. Назовите основные типы промышленных автоматизированных систем и виды их обеспечения.
11. Назовите основные функции автоматизированных систем: САПР, АСУП, АСУТП, АСД. Поясните состав и назначение устройств графической рабочей станции.
12. Что такое "растеризация" и "векторизация"?
13. Что такое "промышленный компьютер"? Каковы его особенности?
14. Перечислите основные особенности БД в САПР.
15. В чем заключаются трудности решения многокритериальных задач оптимизации?
16. Какие функции выполняет сетевое ПО?
17. Что понимают под менеджером и агентом в ПО управления сетью?
18. Что такое эмуляция терминала?
19. В чем сущность метода предотвращения конфликтов в RadioEthernet?
20. Представьте IDEFO-диаграмму верхнего уровня для этапов жизненного цикла промышленной продукции.
21. Каким образом реализуется приоритетная передача данных в сети Token Ring?
22. Почему в сетях Ethernet введено ограничение на размер кадра снизу? Рассчитайте нижнюю границу длины кадра для Gigabit Ethernet.
23. В чем заключаются специфические особенности компонентно-ориентированных технологий разработки ПО?
24. Назовите основные стадии проектирования технических систем. Для чего нужно прототипирование?
25. Назовите основные особенности хранилищ данных. Почему они используются в PDM?
26. Система PDM. Чем отличается система PDM от обычного БД?
27. Каким образом выполняется контроль правильности передачи данных по протоколу TCP?
28. Почему в IP-пакете имеется контрольный код заголовка, а не всего пакета?
29. Что такое "менеджеры" и "агенты" в сетевом программном обеспечении?
30. Назовите факторы, обуславливающие высокие скорости передачи данных в сетях ATM.
31. Что такое "маршрутизация от источника"?
32. Что понимают под виртуальной ЛВС?
33. Дайте определение области адекватности математической модели.

34. Что понимают под постоянной времени физической системы?
35. Каким образом обеспечивается сходимость итераций при решении СНАУ?
36. На чем основаны алгоритмы автоматического выбора шага интегрирования при решении систем дифференциальных уравнений?
37. Что такое "вторичные ненулевые элементы" в методах разреженных матриц?
38. В чем заключается различие способов интерпретации и компиляции при реализации метода разреженных матриц?
39. Что понимают под областью работоспособности?
40. Назовите причины появления стандартов STEP. Прикладным протоколом в STEP-технологии.
41. Постройте таблицы логических функций И и ИЛИ для пятизначного алфавита.
42. Поясните сущность событийного метода моделирования.
43. Приведите вывод уравнений Колмогорова для систем массового обслуживания.
44. Что такое параметрическая модель и ассоциативное моделирование?
45. В чем заключаются отличия геометрических моделей Безье и В-сплайнов?
46. Дайте формулировку задачи математического программирования.

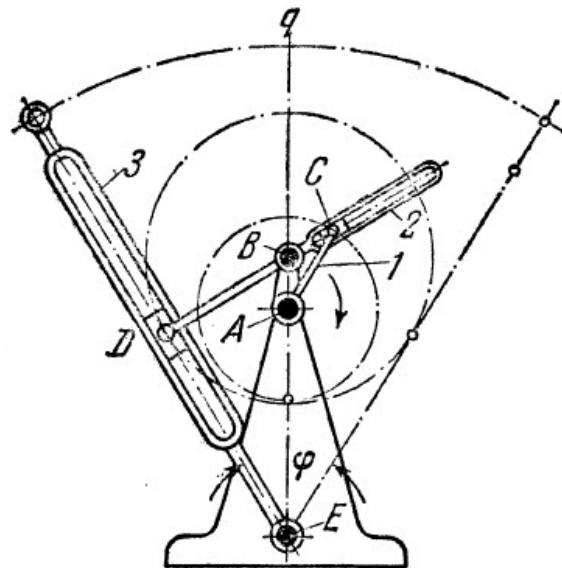
**Прикладные экзаменационные задания по «САПР»**

**Задание:** Для описанной схемы построить действующий цифровой прототип.

Кривошип 2, вращающийся вокруг неподвижной оси  $D$ , имеет палец  $a$ , скользящий в прямолинейном пазе  $b$  звена 4, входящего во вращательную пару  $B$  со звеном 3, вращающимся вокруг неподвижной оси  $A$ . Изменяя положение оси  $A$  на стойке, можно получать различные законы движения ползуна 1.



Звено 5, вращающееся вокруг неподвижной оси  $A$ , выполнено в виде ползуна, по которому скользит кулиса 2 с прорезью  $a - a$ . Кулиса 2 снабжена роликом 4, входящим в прорезь диска 3, вращающегося вокруг неподвижной оси  $B$ . При равномерном вращении кривошипа 1 диск 3 вращается неравномерно.



При вращении кривошипа 1 вокруг неподвижной оси A кулиса 2 вращается вокруг неподвижной оси B, а кулиса 3 качается вокруг неподвижной оси E. Передаточное отношение  $u_{13}$  между угловыми скоростями  $\omega_1$  звена 1 и  $\omega_3$  звена 3 равно

$$u_{13} = \frac{\omega_1}{\omega_3} = - \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma \cos (\beta - \alpha) \cos (\beta + \gamma)},$$

где угол  $\alpha = \angle CAB$ , угол  $\beta = \angle CBq$  и угол  $\gamma = \angle DEB$  связаны условиями

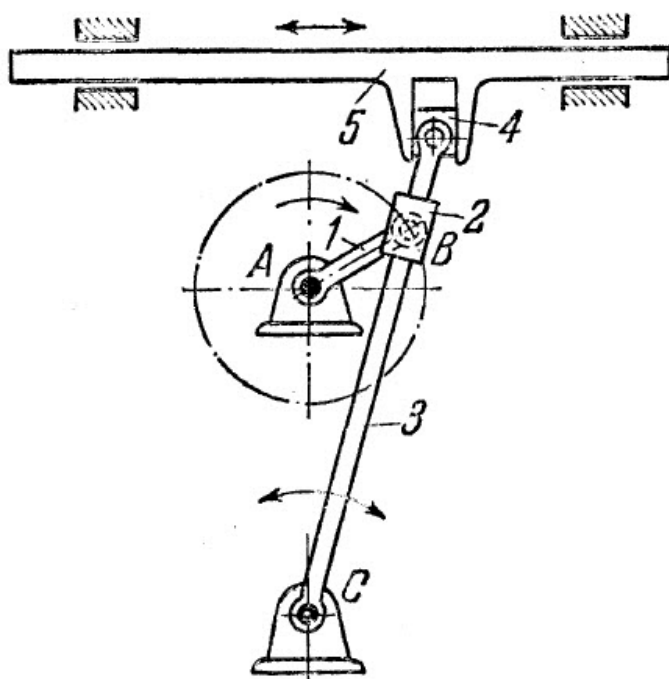
$$\operatorname{tg} \beta = \frac{AC \sin \alpha}{AC \cos \alpha - AB}$$

и

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{BD \sin \beta}{BE - BD \cos \beta}.$$

Полный угол  $\varphi$  поворота кулисы 3 равен

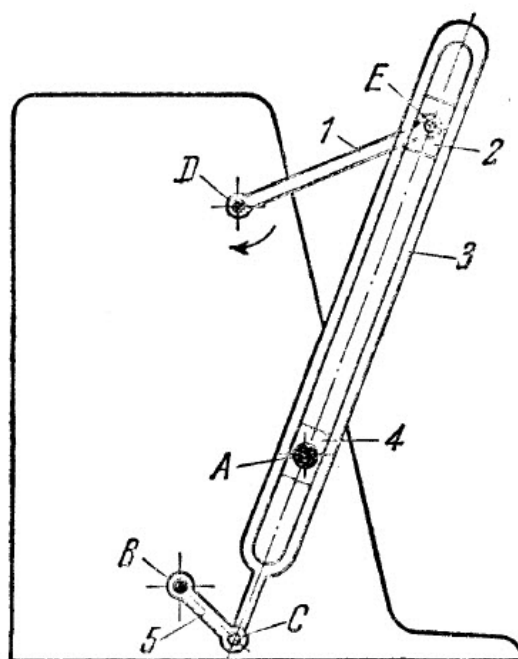
$$\varphi = 2 \arcsin \frac{BD}{EB}.$$



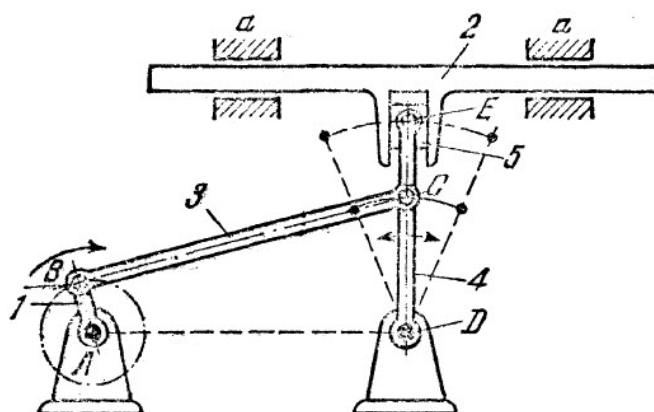
Кривошип 1, вращающийся вокруг неподвижной оси  $A$ , входит во вращательную пару  $B$  с ползуном 2, скользящим вдоль звена 3, вращающегося вокруг неподвижной оси  $C$ . Звено 3 с промежуточным ползуном 4, скользящим в направляющих, принадлежащих ползуну 5, осуществляет возвратно-поступательное движение ползуна 5. Ползун 5 имеет разные законы движения при прямом и обратном ходах. При равномерном вращении криво-

шипа 1 отношение  $k$  времени прямого и обратного ходов равно

$$k = \frac{\pi}{\arccos \frac{AB}{AC}} - 1.$$



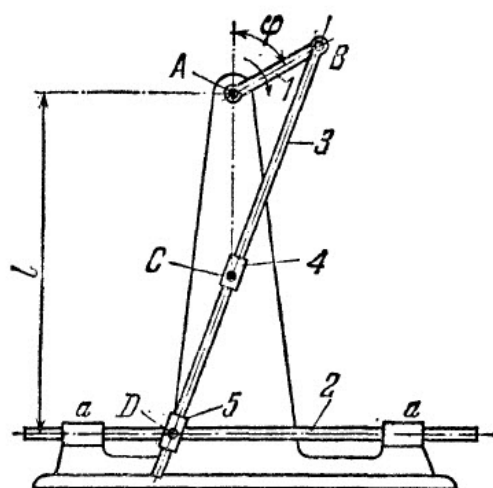
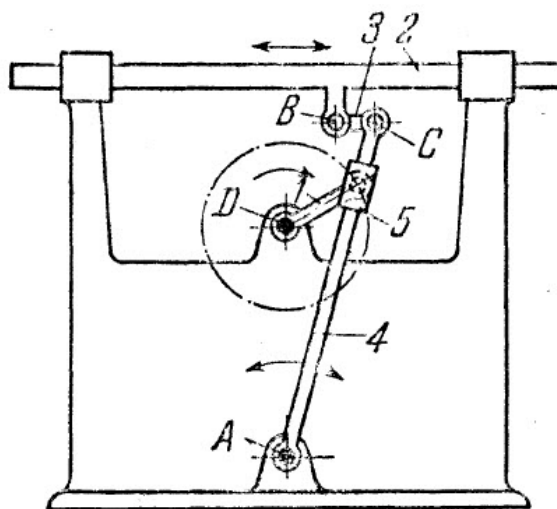
Ползун 2, вращающийся вокруг неподвижной оси  $D$  и входящий во вращательную пару  $E$  с кривошипом 1, скользит в кулисе 3. При вращении звена 1 кулиса 3 скользит по ползуну 4, вращающемуся вокруг неподвижной оси  $A$ , совершая таким образом сложное движение: вращаясь вокруг неподвижного шарнира  $A$  и скользя вдоль своей оси. Изменяя длину  $BC$  звена 5 и положение точки  $B$  на неподвижной стойке можно получать различные законы движения кулисы 3.



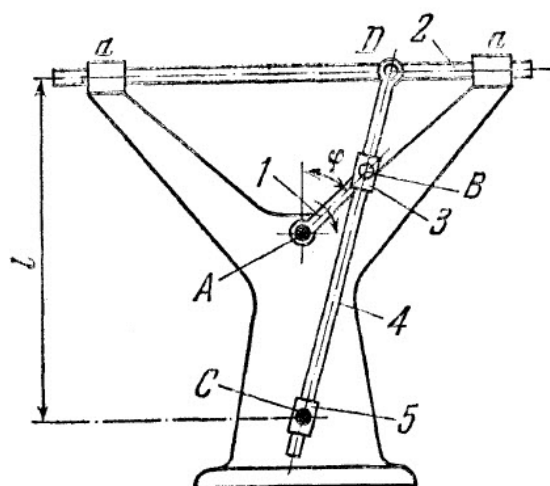
Коромысло 4 шарнирного четырехзвенника  $ABCD$ , приводимое в движение шатуном 3, входит в кинематическую пару  $E$  с ползуном 5, движущимся в направляющих звена 2. Звено 2 движется поступательно в неподвижных направляющих  $a$ . При вращении кривошипа 1 ползун 2 имеет разные скорости при прямом и обратном ходах.



Звено 4, вращающееся вокруг неподвижной оси  $A$ , входит в поступательную пару с ползуном 5, который приводится в движение кривошипом 1, вращающимся вокруг неподвижной оси  $D$ . Звено 3 входит во вращательные пары  $B$  и  $C$  со звеном 4 и ползуном 2. При вращении кривошипа 1 ползун 2 имеет разные законы движения при прямом и обратном ходах. Изменяя длину  $BC$  звена 3, можно получать различные законы движения ползуна 2.



При равномерном вращении кривошипа 1 на угол  $\varphi$  в обе стороны от вертикали  $AC$  звено 2 движется приближенно-равномерно.



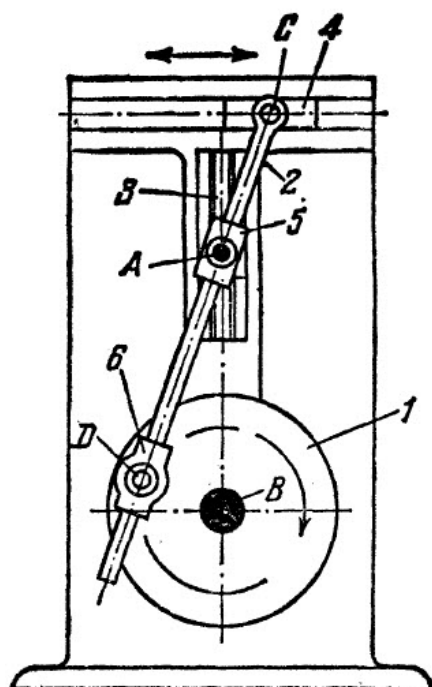
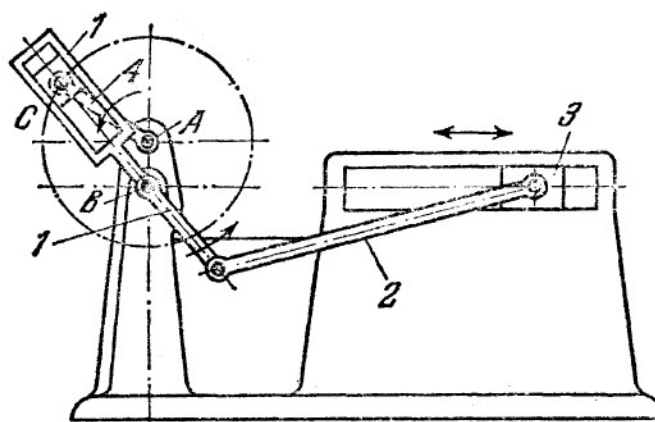
При равномерном вращении кривошипа 1 на угол  $\varphi$  в обе стороны от вертикали  $AC$  звено 2 движется приближенно-равномерно.

Длины звеньев механизма удовлетворяют условиям:  $AC = 1,83 AB$  и  $l = 3,57 AB$ . Кривошип 1, вращающийся вокруг неподвижной оси  $A$ , входит во вращательную пару  $B$  со звеном 3, скользящим в ползуне 4, вращающемся вокруг неподвижной оси  $C$ . Звено 2 входит в поступательную пару с ползуном 5, который входит во вращательную пару  $D$  со звеном 2, скользящим в неподвижных направляющих  $a - a$ . При равномерном вращении кривошипа 1 на

Длины звеньев механизма удовлетворяют условиям:  $AC = 1,86 AB$  и  $l = 3,57 AB$ . Кривошип 1, вращающийся вокруг неподвижной оси  $A$ , входит во вращательную пару  $B$  с ползуном 3, скользящим вдоль оси звена 4. Звено 4 входит в поступательную пару с ползуном 5, вращающимся вокруг неподвижной оси  $C$ . Звено 2, входящее во вращательную пару  $D$  со звеном 4, скользит в неподвижных направляющих  $a - a$ .

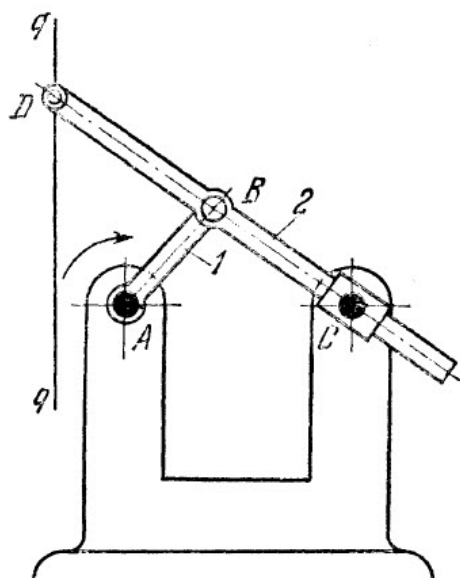
Звено 1 четырехзвенного кулисного механизма  $ABC$  приводит в движение шатун 2 и ползун 3, который имеет разное время прямого и обратного ходов. При равномерном вращении кривошипа 4 отношение  $k$  времени прямого и обратного ходов равно

$$k = \frac{\pi}{\arccos \frac{AB}{AC}} - 1.$$

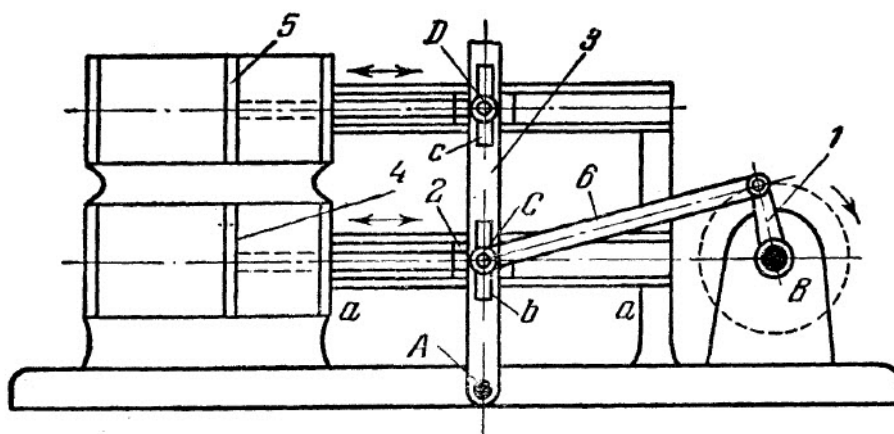


Кулиса 2, подвешенная в точке  $C$  к ползуну 4, скользит в направляющих 5 и 6, вращающихся вокруг осей  $A$  и  $B$ . С помощью винта 3 изменяется положение оси  $A$ , а следовательно, и длина хода ползуна 4. Полный ход  $s$  ползуна 4 равен

$$s = 2BD \frac{AB}{AC}.$$



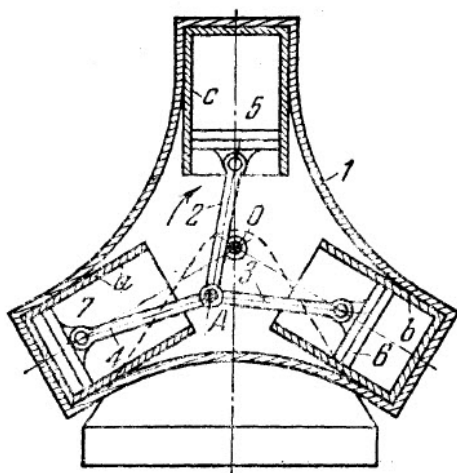
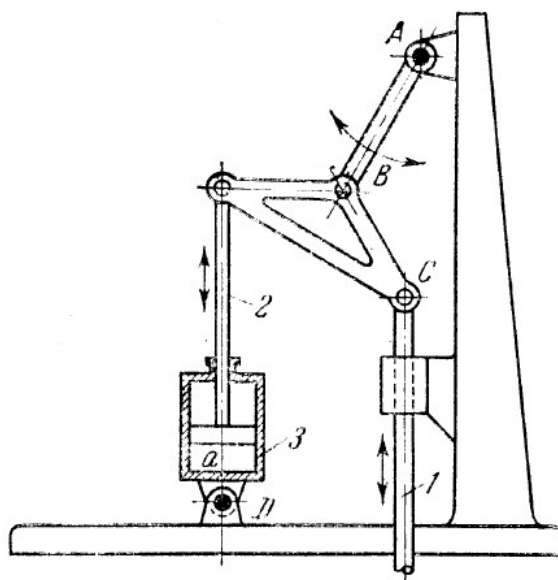
Длины звеньев кулисно-рычажного механизма  $ABC$  удовлетворяют условиям:  $AC = 1,81AB$  и  $BD = 1,64AB$ . При вращении звена 1 вокруг неподвижной оси  $A$  точка  $D$  звена 2 имеет траекторию, на некотором участке близкую к прямой  $q - q$ , перпендикулярной к направлению  $AC$ .



Кривошип 1 вращается вокруг неподвижной оси  $B$  и шатуном 6 передает движение ползуну 2, скользящему в неподвижных направляющих  $a$ . Кулиса 3, вращающаяся вокруг неподвижной оси  $A$ , имеет прорези  $b$  и  $c$ , в которых скользят пальцы  $C$  и  $D$ , принадлежащие штокам поршней 4 и 5. При вращении кривошипа 1 ползун 2 совершает возвратно-поступательное движение, заставляя кулису 3 качаться вокруг неподвижного центра  $A$ . Кулиса 3 приводит в движение поршень 5.



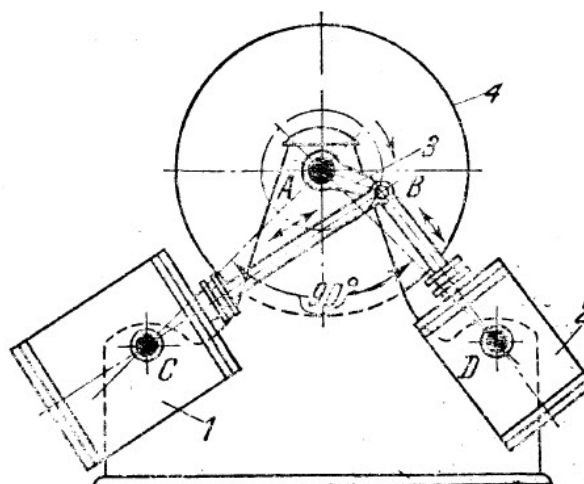
Цилиндр 3 вращается вокруг неподвижной оси  $D$ . Поршень  $a$ , скользящий в этом цилиндре, снабжен штоком 2. Движение штока 2 поршня передается тяге 1, являющейся ползуном кривошипно-ползунного механизма  $ABC$ .

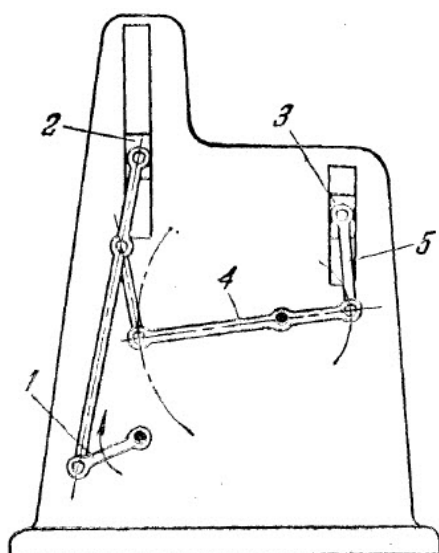


Блок цилиндров  $a$ ,  $b$  и  $c$  вращается вокруг неподвижной оси  $O$ . Шатуны 2, 3 и 4, вращающиеся вокруг оси  $A$ , сообщают поршням 5, 6 и 7 поступательное движение относительно осей цилиндров. Полный ход  $s$  поршней относительно цилиндров равен

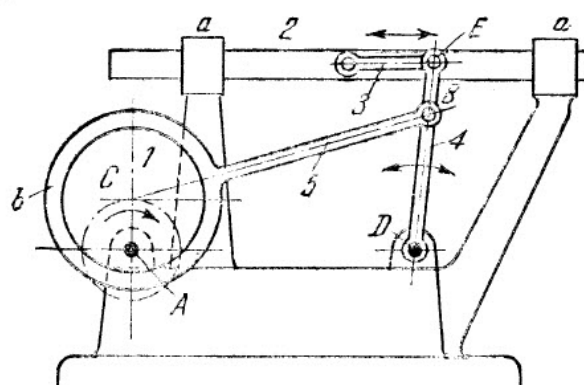
$$s = 2 OA.$$

Цилиндры 1 и 2 качаются вокруг неподвижных осей  $C$  и  $D$ . Оси цилиндров всегда проходят через точку  $B$  кривошипа 3, вращающегося вокруг неподвижной оси  $A$ . Угол  $CAD$  равен  $90^\circ$ . С кривошипом 3 жестко связан тяжелый маховик 4, вращающийся вокруг неподвижной оси  $A$ .

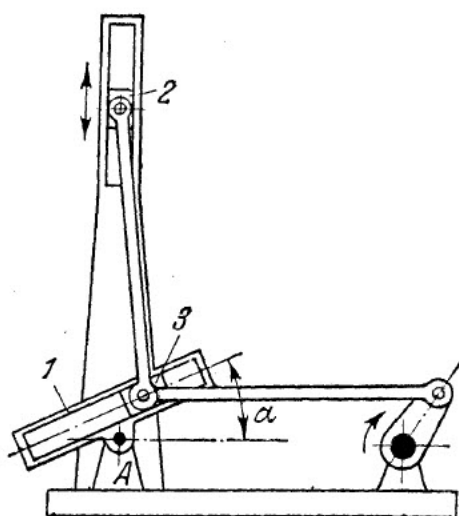




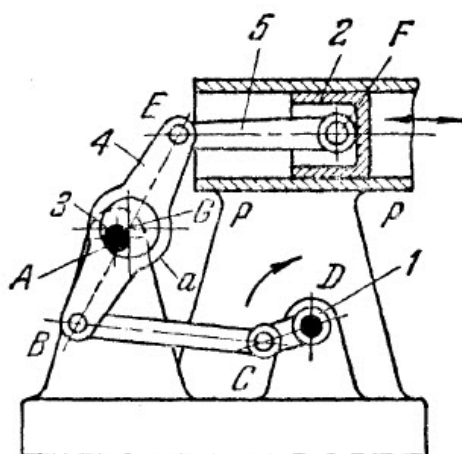
При вращении кривошипа 1 ползун 2 движется возвратно-поступательно. Движение ползуну 3 сообщается посредством рычага 4 и шатуна 5.



Движение ползуна 2 в неподвижных направляющих  $a - a$  осуществляется промежуточным звеном 3, входящим во вращательную пару  $E$  с коромыслом 4 шарнирного четырехзвенного механизма  $ACBD$ . Кривошип  $AC$  шарнирного четырехзвенника  $ACBD$  выполнен в виде эксцентрика 1. Шатун 5 имеет расширенную втулку  $b$ .

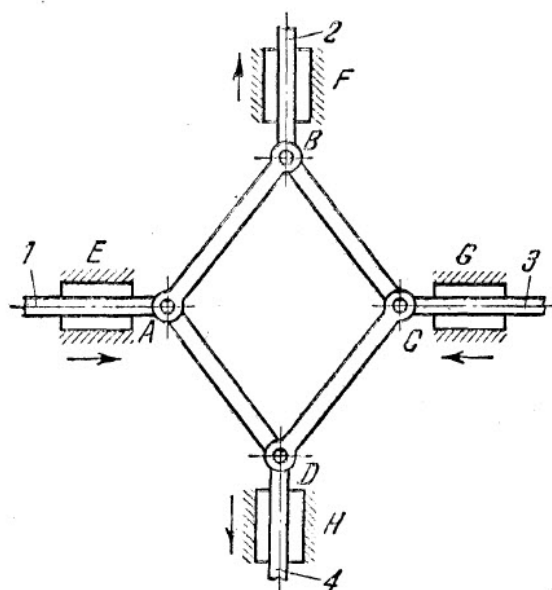


Закрепляя жестко на оси  $A$  направляющую 1 под различными углами  $\alpha$  к горизонту, можно получать различные законы движения ползунков 2 и 3.

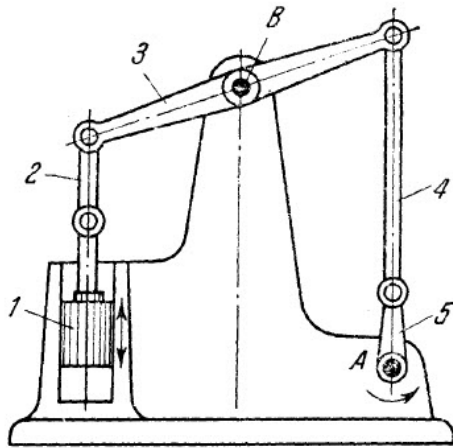


Коромысло 4 шарнирного четырехзвенника  $GBCD$  имеет расширенную втулку  $a$ , охватывающую неподвижный эксцентрик 3. Коромысло 4 входит во вращательную пару  $E$  с шатуном 5, входящим во вращательную пару  $F$  с поршнем 2, скользящим в неподвижных направляющих  $p-p$ . При вращении кривошипа 1 поршень 2 движется возвратно поступательно. Перемещение поршня 2 регулируется поворотом эксцентрика 3, жестко закрепляемого на оси  $A$  в различных положениях.

Длины звеньев механизма удовлетворяют условию:  $AB = BC = CD = DA$ . Прямолинейное перемещение звена 1 трансформируется в прямолинейное движение звеньев 2, 3 и 4. При расположении осей поступательных пар  $E, F, G$  и  $H$ , указанном на чертеже, скорости точек  $A, C$  и  $B, D$  попарно равны и противоположны по знаку.

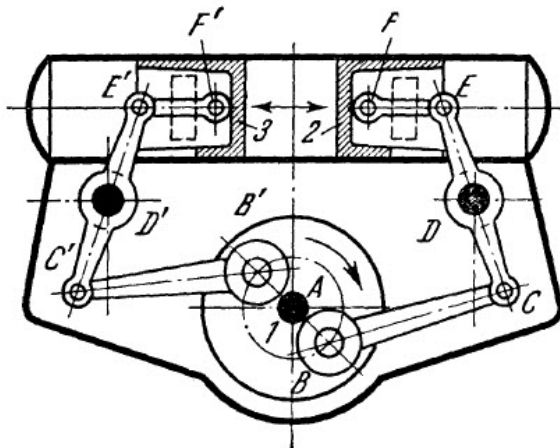
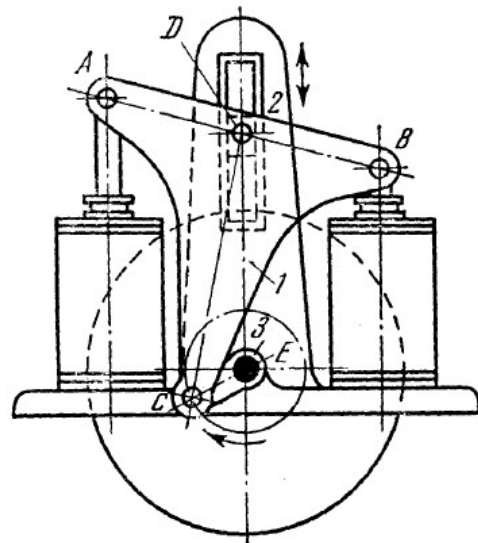




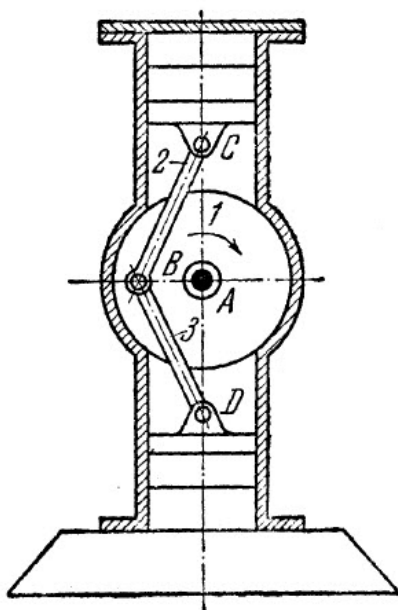


Кривошип 5 вращается вокруг неподвижной оси  $A$  и шатуном 4 приводит в качательное движение вокруг неподвижной оси  $B$  балансир 3, передающий посредством шатуна 2 движение штоку поршня 1, движущегося возвратно-поступательно. Балансир 3 уравновешен относительно оси вращения  $B$ .

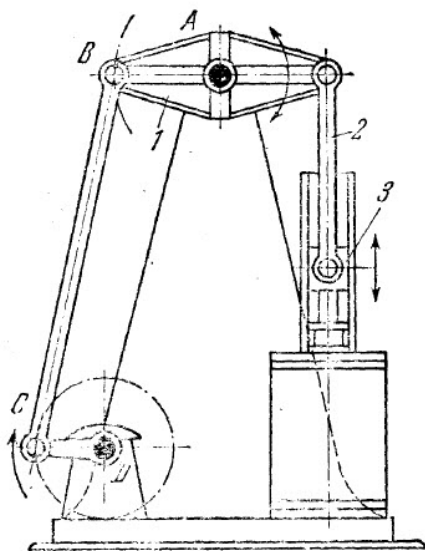
Шатун 1 выполнен в виде треугольной траверзы  $ABC$ . В точке  $D$ , лежащей на середине отрезка  $AB$ , шатун 1 входит во вращательную пару с ползуном 2. Точки  $A$  и  $B$  шатуна 1 движутся по участкам шатунных кривых. При малом значении отношения  $\frac{EC}{CD}$  участки шатунных кривых могут быть приближенно заменены участками прямых, совпадающими по направлению с осями цилиндров. Механизм может работать при наличии некоторых малых зазоров в кинематических парах,



Длины звеньев механизма удовлетворяют условиям:  
 $AB = A'B'$ ,  $BC = B'C'$ ,  
 $CD = C'D'$ ,  $DE = DE'$ ,  
 $EF = E'F'$ . При расположении точек  $B$  и  $B'$ ,  $D$  и  $D'$ , указанном на чертеже, при вращении кривошипа 1 поршни 2 и 3 движутся в противоположных направлениях.



С кривошипом  $1$ , выполненным в виде тяжелого маховика, в точке  $B$  входят в кинематические пары шатуны  $2$  и  $3$ . Оси цилиндров расположены на общей вертикали. При указанной схеме механизма достигается частичное уравнивание сил инерции масс звеньев.



К коромыслу  $1$  четырехзвенного шарнирного механизма  $ABCD$  присоединен шатун  $2$ , входящий во вращательную пару с ползуном  $3$ . Коромысло  $1$  качается относительно неподвижной оси  $A$ , приводя посредством шатуна  $2$  в поступательное движение поршень. Длины звеньев механизма  $ABCD$  подобраны так, что сумма длин звеньев  $AB$  и  $BC$  лишь немногим больше суммы длин звеньев  $AD$  и  $DC$ , благодаря чему коромысло  $1$  имеет большой угол размаха, что в свою очередь обеспечивает большой ход ползуна  $3$ . Коромысло  $1$  сбалансировано относительно оси вращения  $A$ .