

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Филиал в г. Сургуте
Кафедра ЭТТМ**

УТВЕРЖДАЮ

Председатель КСН


Ю.В. Ваганов

« 01 » 09. 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Дисциплина: **«Теория механизмов и машин»**
Направление: 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
Направленность: Эксплуатация и обслуживание объектов добычи нефти
Форма обучения: Очная (4 года) / очно-заочная (5 лет)

Рабочая программа разработана в соответствии с утвержденным учебным планом от 08.06.2020 г. и требованиями ОПОП ВО по направлению подготовки 21.03.01 Нефтегазовое дело, направленность: Эксплуатация и обслуживание объектов добычи нефти

Рабочая программа рассмотрена на заседании кафедры ЭТТМ

Протокол № 10 от «12» июня 2020 г.

И.о. заведующего кафедрой _____



Р.А.Зиганшин

СОГЛАСОВАНО:

И.о. заведующего выпускавшей кафедры

«12» июня 2020 г.



Р.Д. Татлыев

Рабочую программу разработал:

Головина Н.Я., к.т.н., доцент _____



1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью изучения дисциплины «Теория механизмов и машин» является формирование необходимой начальной базы знаний по общим методам анализа и синтеза механических систем, положенных в основу технологического оборудования, применяемого в сфере будущей профессиональной деятельности выпускников высших технических учебных заведений.

Задачи ТММ: разработка общих методов исследования структуры, геометрии, кинематики и динамики типовых механизмов и их систем.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина Б1.О.05 «Теория механизмов и машин» относится к дисциплинам обязательной части, формируемой участниками образовательных отношений учебного плана.

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются:

Знание основных понятий математики и физики; способов решения систем линейных уравнений; знание основных законов физики

Умение решать системы линейных уравнений различными способами; находить производные функций и интегралы; использовать законы физики для решения задач;

Владение умением выбора метода решения системы линейных уравнений; навыками решения типовых задач; навыками решения практических задач с использованием алгебраических методов и законов физики.

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплин: Б1.О.20 «Теоретическая механика» и Б1.О.21 «Сопrotивление материалов» и служит основой для освоения дисциплины Б1.В.06 «Машины и оборудование для бурения, добычи, подготовки и транспорта нефти и газа».

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Теория механизмов и машин» направлен на формирование следующих компетенций:

Таблица 3.1

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции (ИДК)	Код и наименование результата обучения по дисциплине
ОПК-1 Способен решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общеинженерные знания	ОПК-1.8 Обработка расчетных и экспериментальных данных вероятностно-статическими методами	Знать: способы обработки расчетных и экспериментальных данных (З1)
		Уметь: обрабатывать расчетные и экспериментальные данные (У1)
	ОПК-1.9 Решение инженерно-геометрических задач графическими способами	Владеть: обработкой расчетных и экспериментальных данных вероятностно-статическими методами (В1)
		Знать: способы решения типовых задач по теоретической механике,

		сопротивлению материалов (32)
		Уметь: решать типовые задачи по теоретической механике, сопротивлению материалов (У2)
		Владеть: навыками решения задач профессиональной деятельности (В2)
ОПК-2 Способен участвовать в проектировании технических объектов, систем и технологических процессов с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений	ОПК-2.1 Определение подходов к проектированию технических объектов, систем и технологических процессов	Знать: подходы к проектированию технических объектов, систем и технологических процессов (33)
		Уметь: определять подходы к проектированию технических объектов, систем и технологических процессов (У3)
		Владеть: способами определения подходов к проектированию технических объектов, систем и технологических процессов (В3)
	ОПК-2.2 Определение потребность в промышленном материале, необходимом для составления рабочих проектов.	Знать: как определить потребность в промышленном материале, необходимом для составления рабочих проектов (34)
		Уметь: определить потребность в промышленном материале, необходимом для составления рабочих проектов (У4)
		Владеть: приемами определения потребность в промышленном материале, необходимом для составления рабочих проектов (В4)

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общий объем дисциплины составляет 10 зачетных единицы, 360 часов.

Таблица 4.1

Форма обучения	Курс / семестр	Аудиторные занятия / контактная работа, час.			Контроль	Самостоятельная работа (СР), час.	Форма промежуточной аттестации
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			
Очная	2/4	16	-	32	36	24	Экзамен
Очно-заочная	2/4	14	-	18	36	40	Экзамен

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Структура дисциплины

Очная форма обучения (ОФО)

Таблица 5.1.1

№ п/п	Структура дисциплины		Аудиторные занятия, час.			СР+ конт роль час.	Всего час.	Код ИДК	Оценочные средства
	Номер раздела	Наименование раздела	Л.	Пр.	Лаб.				
1	1	Структурный анализ и синтез механизмов	4	-	10	8	22	ОПК-1.8 ОПК-1.9 ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-6.2 ОПК-6.4 ОПК-6.6	Отчет РГР (Зд:1) Отчет по лаб. работам (Лб:1)
2	2	Кинематический анализ и синтез механизмов	6	-	10	8	24		Отчет РГР (Зд:2) Отчет по лаб. работам (Лб:2)
3	3	Динамический анализ и синтез механизмов	6	-	12	8	26		Отчет РГР (Зд:3) Отчет по лаб. работам (Лб:3)
10	Контроль (тестирование/экзамен, защита РГР, защита ЛР)		-	-		36	36		Тесты, устный опрос
Итого:			16	-	32	60	108		

Очно-заочная форма обучения (ОЗФО)

Таблица 5.1.2

№ п/п	Структура дисциплины		Аудиторные занятия, час.			СР+ конт роль час.	Всего час.	Код ИДК	Оценочные средства
	Номер раздела	Наименование раздела	Л.	Пр.	Лаб.				
1	1	Структурный анализ и синтез механизмов	4	-	6	10	20	ОПК-1.8 ОПК-1.9 ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-6.2 ОПК-6.4 ОПК-6.6	Отчет РГР (Зд:1) Отчет по лаб. работам (Лб:1)

2	2	Кинематический анализ и синтез механизмов	6	-	6	14	26	Отчет РГР (Зд:2) Отчет по лаб. работам (Лб:2)
3	3	Динамический анализ и синтез механизмов	4	-	6	16	26	Отчет РГР (Зд:3) Отчет по лаб. работам (Лб:3)
10	Контроль (тестирование/экзамен, защита РГР, защита ЛР)		-	-		36	36	Тесты, устный опрос
Итого:			14	-	18	76	108	

5.2. Содержание дисциплины

5.2.1. Содержание разделов дисциплины (дидактические единицы)

Раздел 1. Структурный анализ и синтез механизмов.

Основные понятия ТММ. Кинематические пары, кинематические цепи. Структурный анализ механизмов. Структурные группы звеньев. Структурный синтез. Структурный принцип образования механизмов, группы Ассура. Структурный анализ рычажного механизма.

Раздел 2. Кинематический анализ и синтез механизмов.

Кинематическое исследование рычажных механизмов. Определение скоростей и ускорений точек звеньев при поступательном, вращательном и плоскопараллельном движениях. Планы скоростей и ускорений. Принцип подобия в планах скоростей и ускорений.

Раздел 3. Динамический анализ и синтез механизмов.

Основные задачи. Силы, действующие на звенья механизма. Реакции в кинематических парах. Принципы и последовательность силового расчёта. Расчёт групп Ассура. Расчет начального механизма. Силовой анализ рычажного механизма.

5.2.2. Содержание дисциплины по видам учебных занятий

Лекционные занятия

Таблица 5.2.1

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, час.		Тема лекции
		ОФО	ОЗФО	
1	1	2	2	Основные понятия ТММ. Кинематические пары, кинематические цепи. Структурные группы звеньев. Структурный синтез.
2	1	2	2	Структурный принцип образования механизмов, группы Ассура. Структурный анализ рычажного механизма.

3	2	2	2	Определение скоростей и ускорений точек звеньев при поступательном, вращательном и плоскопараллельном движениях.
4	2	4	4	Кинематическое исследование рычажных механизмов. Планы скоростей и ускорений. Принцип подобия в планах скоростей и ускорений.
5	3	2	2	Основные задачи динамического анализа. Силы, действующие на звенья механизма. Реакции в кинематических парах.
6	3	4	2	Принципы и последовательность силового расчёта. Расчёт групп Ассура. Расчет начального механизма. Силовой анализ рычажного механизма.
Итого:		16	14	

Практические занятия

Практические занятия учебным планом не предусмотрены

Лабораторные работы

Таблица 5.2.2

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, час.		Тема лабораторной работы
		ОФО	ОЗФО	
1	1	10	6	Структурный анализ и метрический синтез рычажных механизмов
2	2	12	6	Кинематический анализ плоских рычажных механизмов
3	3	10	6	Синтез динамических моделей плоских рычажных механизмов
Итого:		32	18	

В приложении А, в качестве образца, приведены методические указания по выполнению лабораторных работ и оформлению отчетов к ним.

Самостоятельная работа студента

Таблица 5.2.3

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, час.		Тема	Вид СР
		ОФО	ОЗФО		
1	1	4	6	Основные понятия ТММ. Кинематические пары, кинематические цепи. Структурные группы звеньев. Структурный синтез.	Изучение теоретического материала по разделу 1. Выполнение РГР (задача №1).
2	1	4	6	Структурный принцип образования механизмов, группы Ассура. Структурный анализ рычажного механизма.	Подготовка и оформление отчета по ЛР №1
3	2	4	6	Определение скоростей и ускорений точек звеньев при поступательном, вращательном и плоскопараллельном движениях.	Изучение теоретического материала по разделу 2.

4	2	4	8	Кинематическое исследование рычажных механизмов. Планы скоростей и ускорений. Принцип подобия в планах скоростей и ускорений.	Выполнение РГР (задача № 2а, б). Подготовка и оформление отчета по ЛР №2
5	3	4	6	Основные задачи динамического анализа. Силы, действующие на звенья механизма. Реакции в кинематических парах.	Изучение теоретического материала по разделу 3.
6	3	4	8	Принципы и последовательность силового расчёта. Расчёт групп Ассура. Расчет начального механизма. Силовой анализ рычажного механизма.	Выполнение РГР (задача №2в, г). Подготовка и оформление отчета по ЛР №3
Итого:		24	40		
Контроль		36	36		Тестирование/экзамен, защита РГР, защита ЛР

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

- визуализация учебного материала в PowerPoint в диалоговом режиме (лекционные занятия);
- работа в малых группах (практические занятия);
- разбор практических ситуаций (практические занятия).

6. ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ РАБОТ/ПРОЕКТОВ

Курсовые работы/проекты учебным планом не предусмотрены.

7. РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Расчетная часть расчетно-графических работ студентов очной формы обучения оформляются с использованием компьютера. Расчетная часть расчетно-графических работ студентов очно-заочной формы обучения могут быть оформлены в тетради от руки. Графическая часть расчетно-графических работ (структурные и кинематические схемы, планы скоростей, ускорений, сил) выполняются на отдельных листах миллиметровой бумаги формата А3 с использованием чертежных инструментов с соблюдением пропорций.

Расчетно-графические работы сдаются преподавателю в распечатанном виде, подшитыми в папку-файл.

Защита расчетно-графических работ является обязательным условием допуска студента к экзамену. К защите принимаются контрольные работы, выполненные студентом самостоятельно.

В приложении Б содержатся задания для выполнения расчетно-графических работ и примеры решения задач.

8. ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Критерии оценивания степени полноты и качества освоения компетенций в соответствии с планируемыми результатами обучения приведены в приложении В.

8.2. Рейтинговая система оценивания степени полноты и качества освоения компетенций обучающихся очной, очно-заочной формы обучения представлена в таблице 8.1.

Таблица 8.1

№ п/п	Виды мероприятий в рамках текущего контроля	Количество баллов
1 аттестация		
1	Выполнение и защита расчетно-графической работы по разделу 1 (задача № 1)	0 – 5
2	Выполнение лабораторной работы №1 и защита отчета	0 – 5
3	Тест по разделу 1	0 – 20
ИТОГО за первую текущую аттестацию		0 – 30
2 аттестация		
6	Выполнение и защита расчетно-графической работы по разделу 2 (задача № 2а, б)	0 – 5
7	Выполнение лабораторной работы №2 и защита отчета	0 – 5
8	Тест по разделу 2	0 – 20
ИТОГО за вторую текущую аттестацию		0 – 30
3 аттестация		
9	Выполнение и защита расчетно-графической работы по разделу 3 (задача № 2в, г)	0 – 10
10	Выполнение лабораторной работы №3 и защита отчета	0 – 5
11	Тест по разделу 3	0 – 25
ИТОГО за третью текущую аттестацию		0 – 40
ВСЕГО		0 – 100

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

- 9.1. Перечень рекомендуемой литературы представлен в приложении Г.
- 9.2. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:
- Собственная полнотекстовая база (ПБД) БИК ТИУ <http://elib.tyuiu.ru/>
 - Научно-техническая библиотеки ФГБОУ ВО РГУ Нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина <http://elib.gubkin.ru/>
 - Научно-техническая библиотека ФГБОУ ВПО УГНТУ <http://bibl.rusoil.net>
 - Научно-техническая библиотека ФГБОУ ВПО «Ухтинский государственный технический университет» <http://lib.ugtu.net/books>
 - База данных Консультант «Электронная библиотека технического ВУЗа»
 - Электронно-библиотечная система IPRbooks <http://www.iprbookshop.ru/>
 - ООО «Издательство ЛАНЬ» <http://e.lanbook.com>
 - ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ» www.biblio-online.ru
 - Электронно-библиотечная система elibrary <http://elibrary.ru/>
 - Электронно-библиотечная система BOOK.ru <https://www.book.ru>
- 9.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в т.ч. отечественного производства:
- Microsoft Windows;
 - Microsoft Office Professional.
- 9.4. Медиамаатериалы
- <https://www.youtube.com/watch?v=EHkGstkRm7A> — Момент силы

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Помещения для проведения всех видов работы, предусмотренных учебным планом, укомплектованы необходимым оборудованием и техническими средствами обучения.

Таблица 10.1

№ п/п	Перечень оборудования, необходимого для освоения дисциплины	Перечень технических средств обучения, необходимых для освоения дисциплины (демонстрационное оборудование)
1	-	Комплект мультимедийного оборудования: проектор, экран, компьютер, акустическая система. Локальная и корпоративная сеть.

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ СР

11.1. Методические указания по подготовке к практическим занятиям.

Важной формой самостоятельной работы студента является систематическая и планомерная подготовка к практическому занятию. После лекции студент должен познакомиться с планом практических занятий и списком обязательной и дополнительной литературы, которую необходимо прочитать, изучить и законспектировать. Разъяснение по вопросам новой темы студенты получают у преподавателя в конце предыдущего практического занятия.

Подготовка к практическому занятию требует, прежде всего, чтения рекомендуемых источников и монографических работ. Важным этапом в самостоятельной работе студента является повторение материала по конспекту лекции. Одна из главных составляющих внеаудиторной подготовки – работа с книгой. Она предполагает: внимательное прочтение, критическое осмысление содержания, обоснование собственной позиции по дискуссионным моментам, постановки интересующих вопросов, которые могут стать предметом обсуждения на практическом занятии.

В начале практического занятия должен присутствовать организационный момент и вступительная часть. Преподаватель произносит краткую вступительную речь, где формулируются основные вопросы и проблемы, способы их решения в процессе работы.

В конце каждой темы подводятся итоги, предлагаются темы докладов, выносятся вопросы для самоподготовки. Как средство контроля и учета знаний студентов в течение семестра проводятся контрольные работы.

Практические занятия являются одной из важнейших форм обучения студентов: они позволяют студентам закрепить, углубить и конкретизировать знания по курсу алгебры и теории чисел, подготовиться к научно-исследовательской деятельности. В процессе работы на практических занятиях обучающийся должен совершенствовать умения и навыки самостоятельного анализа источников и научной литературы, что необходимо для научно-исследовательской работы.

Усвоенный материал необходимо научиться применять при решении практических задач.

Успешному осуществлению внеаудиторной самостоятельной работы способствуют тестирования. Они обеспечивают непосредственную связь между студентом и преподавателем (по ним преподаватель судит о трудностях, возникающих у студентов в ходе учебного процесса, о степени усвоения предмета, о помощи, какую надо указать, чтобы устранить пробелы в знаниях); они используются для осуществления контрольных функций.

11.2. Методические указания по организации самостоятельной работы.

Самостоятельная работа является одной из важнейших форм изучения любой дисциплины. Она позволяет систематизировать и углубить теоретические знания, закрепить умения и навыки, способствует развитию умений пользоваться научной и учебно-методической литературой. Познавательная деятельность в процессе самостоятельной работы требует от студента высокого уровня активности и самоорганизованности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы: аудиторная и внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа студентов представляет собой логическое продолжение аудиторных занятий. Затраты времени на выполнение этой работы регламентируются рабочим учебным планом. Режим работы выбирает сам обучающийся в зависимости от своих способностей и конкретных условий.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

Самостоятельная работа включает в себя работу с конспектом лекций, изучение и конспектирование рекомендуемой литературы, подготовка мультимедиа-сообщений/докладов, подготовка реферата, тестирование, решение задач и упражнений по образцу, решение вариативных задач, выполнение чертежей, схем, расчетов (графических работ), решение ситуационных (профессиональных) задач, подготовка к деловым играм, проектирование и моделирование разных видов и компонентов профессиональной деятельности, научно-исследовательскую работу и др.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов может осуществляться в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине и внеаудиторную самостоятельную работу студентов по дисциплине, может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

Работа на лекции – это сложный процесс, который включает в себя такие элементы как слушание, осмысление и, собственно, конспектирование. Для того, чтобы лекция выполнила свое назначение, важно подготовиться к ней и ее записи еще до прихода преподавателя в аудиторию, поскольку в первые минуты лекции объявляется тема лекции, формулируется ее основная цель. Без этого дальнейшее восприятие лекции становится сложным. Важно научиться слушать преподавателя во время лекции. Здесь не следует путать такие понятия как слышать и слушать. Слушание лекции состоит из нескольких этапов, начиная от слышания и заканчивая оценкой сказанного.

Чтобы процесс слушания стал более эффективным, нужно разделять качество общения с лектором, научиться поддерживать непрерывное внимание к выступающему. Для оптимизации процесса слушания следует:

1. научиться выделять основные положения. Нельзя понять и запомнить все, что говорит выступающий, однако можно выделить основные моменты. Для этого необходимо обращать внимание на вводные слова, словосочетания, фразы, которые используются, как правило, для перехода к новым положениям, выводам и обобщениям;

2. во время лекции осуществлять поэтапный анализ и обобщение, услышанного. Необходимо постоянно анализировать и обобщать положения, раскрываемые в речи говорящего. Стараясь представить материал обобщенно, мы готовим надежную базу для экономной, свернутой его записи. Делать это лучше всего по этапам, ориентируясь на момент логического завершения одного вопроса (подвопроса, тезиса и т.д.) и перехода к другому;

3. готовность слушать выступление лектора до конца.

Слушание является лишь одним из элементов хорошего усвоения лекционного материала.

Поток информации, который сообщается во время лекции необходимо фиксировать, записывать – научиться вести конспект лекции, где формулировались бы наиболее важные моменты, основные положения, излагаемые лектором. Для ведения конспекта лекции следует использовать тетрадь. Ведение конспекта на листочках не рекомендуется, поскольку они не так удобны в использовании и часто теряются. При оформлении конспекта лекции необходимо оставлять поля, где студент может записать свои собственные мысли, возникающие параллельно с мыслями, высказанными лектором, а также вопросы, которые могут возникнуть в процессе слушания, чтобы получить на них ответы при самостоятельной проработке материала лекции, при изучении рекомендованной литературы или непосредственно у преподавателя в конце лекции.

Составляя конспект лекции, следует оставлять значительный интервал между строчками. Это связано с тем, что иногда возникает необходимость вписать в первоначальный текст лекции одну или несколько строчек, имеющих принципиальное значение и почерпнутых из других источников. Расстояние между строками необходимо также для подчеркивания слов или целых групп слов (такое подчеркивание вызывается необходимостью привлечь внимание к данному месту в тексте при повторном чтении). Обычно подчеркивают определения, выводы.

Главным отличием конспекта лекции от текста является свертывание текста. При ведении конспекта удаляются отдельные слова или части текста, которые не выражают значимую информацию, а развернутые обороты речи заменяют более лаконичными или же синонимичными словосочетаниями. Особенно важные моменты лекции, на которые следует обратить особое внимание лектор, как правило, читает в замедленном темпе, что позволяет сделать их запись дословной. Также важно полностью без всяких изменений вносить в тетрадь схемы, таблицы, чертежи и т.п., если они предполагаются в лекции. Для того, чтобы совместить механическую запись с почти дословным фиксированием наиболее важных положений, можно использовать системы условных сокращений. В первую очередь сокращаются длинные слова и те, что повторяются в речи лектора чаще всего. При этом само сокращение должно быть по возможности кратким.

Приложение А

Методические указания к выполнению лабораторных работ

Выполненная лабораторная работа оформляется в виде отчета на листах белой бумаги форматом А4 и включает следующие разделы: титульный лист (прил. А1), задание (прил. А2), решение требуемых заданий и пояснения к ним, содержащие необходимые уравнения, выводы соответствующих зависимостей, теоремы и расчеты, сопровождаемые требуемыми графическими иллюстрациями, рисунками и чертежами (прил. А3). В конце отчета лабораторной работы приводится список литературных источников, использованных студентом при ее выполнении, в том числе дается библиография методических указаний и пособий. Необходимый графический материал выполняется на формате А4 и подшивается к отчету после библиографии. При написании текста отчета используются чернила синего или черного цвета, при оформлении графического материала – простые карандаши и чертежные принадлежности. Использование цветных карандашей и фломастеров не допускается. Оформление как тестовой части отчета, так и требуемых графических построений выполняется в соответствии с требованиями ЕСКД и СТО 4.2-07-2008. При оформлении отчетов лабораторных работ допускается полное или частичное использование ПЭВМ.

Отчеты лабораторных работ, оформленные небрежно и без соблюдения предъявляемых к ним требований, не рассматриваются и не засчитываются. Отчеты лабораторных работ, оформленные не в соответствии с требованиями ЕСКД и СТО 4.2-07-2008, не проверяются и возвращаются студенту для переоформления.

Выполненные и соответственно оформленные отчеты лабораторных работ должны быть представлены преподавателю для проверки.

Проверка правильности выполнения лабораторных работ и оформления отчета осуществляется в течение семестра на аудиторных занятиях или консультациях, проводимых в соответствии с расписанием работы преподавателя. Проверенные отчеты лабораторных работ и допущенные преподавателем к защите студент обязан самостоятельно защитить до момента сдачи итогового контроля, т. е. экзамена. Срок защит лабораторных работ оканчивается по завершении зачетной недели или с началом сессии. Без защит лабораторных работ студент к сдаче зачета или экзамена не допускается. Защита лабораторных работ после указанного срока проводится только после экзаменационной сессии.

Ответственность за сохранность отчетов лабораторных работ до момента ее защиты целиком и полностью лежит на студенте.

В случае предъявления студентом отчета лабораторной работы без ее выполнения отчет не рассматривается и к защите не допускается. При доказательном установлении факта выполнения лабораторной работы или оформления отчета не студентом, представившим его для проверки, а иным лицом отчет аннулируется и студенту выдается новое задание для выполнения данного вида работы. При повторении данного факта защита лабораторной работы производится только на комиссии, формируемой распоряжением заведующего кафедрой ЭТТМ из числа профессорско-преподавательского состава кафедры.

Лабораторная работа 1

Структурный анализ и метрический синтез рычажных механизмов

Цель работы

Ознакомиться с разновидностями элементов структуры и этапами синтеза основных видов механизмов и машин, а также научиться выполнять структурный анализ и метрический синтез рычажных механизмов.

Краткие теоретические сведения

Основными понятиями дисциплины «Теория машин и механизмов» являются машина и механизм, которые рассматриваются как технические системы.

Техническая система – это ограниченная область реальной действительности, осуществляющая взаимодействие с окружающей средой. При этом под окружающей средой понимается совокупность внешних объектов, осуществляющих взаимодействие с технической системой.

Каждая техническая система предназначена для выполнения определенных функций и имеет собственную структуру, изучение которой осуществляется с помощью заменяющих образов, или моделей.

Модель – это устройство (или образ) какого-либо объекта или явления, адекватно отражающее его свойства.

Модель любого механизма или машины составляется по критериям подобия, формулируемым в зависимости от принятых допущений, основными из которых являются следующие:

1. Все звенья механизмов и машин являются абсолютно твердыми и жесткими, т. е. не подвержены деформациям никакого рода.
2. Контактующие поверхности звеньев механизмов и машин являются абсолютно гладкими.
3. Все механизмы предназначены только для преобразования движения и силовых факторов.

Наиболее распространенным видом моделей является схемный образ, или схема. Для одного и того же механизма или машины различают: функциональную, структурную, геометрическую, кинематическую и динамическую схемы.

Машины и механизмы

Машина – это техническая система, выполняющая механическое движение для преобразования энергии, материалов и информации. Все машины предназначены для облегчения физического и умственного труда человека, т. е. для повышения его качеств и производительности.

Все существующие машины можно разделить на четыре вида.

1. Энергетические машины – это машины, преобразующие энергию одного вида в энергию другого вида (например, двигатели и генераторы).
2. Рабочие машины – это машины, использующие механическую энергию для совершения работы по перемещению и преобразованию объектов или материалов (например, транспортные и технологические машины).
3. Информационные машины – это машины, предназначенные для обработки и преобразования информации (например, математические и контрольно-управляющие машины).
4. Кибернетические машины – это машины, управляющие машинами других видов, которые способны изменять программу своих действий в зависимости от состояния окружающей среды (например, машины, обладающие элементами искусственного интеллекта).

С целью выполнения функционального назначения машины разных видов взаимодействуют друг с другом. Совокупность нескольких машин образует привод.

Привод – это система взаимосвязанных устройств, предназначенная для приведения в движение одного или нескольких звеньев, входящих в состав механизма или машины. Все приводы можно разделить на три основных вида: гидравлический, пневматический и электрический. Доступность электропитания в учреждениях и организациях мирового сообщества, а также сравнительная простота и обусловили наибольшее распространение электропривода.

Все машины состоят из механизмов, которые призваны обеспечивать выполнение требуемых функций. В зависимости от сложности схемы машины могут содержать несколько механизмов одновременно.

Механизм – это техническая система, состоящая из подвижных звеньев, стойки и кинематических пар, образующих кинематические цепи.

Все механизмы машин и приводов выполняют определенное служебное назначение и являются действительными механизмами. Однако, следуя принятым допущениям построения моделей, изучение структуры механизмов можно выполнять без учета специфики их дальнейшей эксплуатации, что позволяет разбить механизмы на типовые группы по принципу сходности строения структуры и воспользоваться уже разработанными для них методами и алгоритмами анализа и синтеза. Полученные таким образом механизмы называются типовыми.

Типовой механизм – это простой механизм, имеющий при различном функциональном назначении широкое применение в машинах разных видов.

Использование типовых механизмов позволяет существенно упростить любой вид анализа или синтеза механизмов и машин.

Звенья механизмов

Все механизмы состоят из совокупности звеньев. Звено (контур) – это тело или система жестко связанных тел, входящих в состав механизма (рис. 1).

Звенья (контур) любого механизма подразделяются: по структурному состоянию, конструктивному исполнению, служебному назначению, кинематическому состоянию, преобразованию движения и силовых факторов.

По структурному состоянию выделяют:

- твердое звено – это звено, упругая деформация которого не вносит существенных изменений в работу механизма;
- упругое звено – это звено, упругая деформация которого вносит существенные изменения в работу механизма (пружины, мембраны и др.);
- гибкое звено – это звено, обладающее способностью изменения формы рабочих поверхностей для обеспечения функционирования механизма (ремни, цепи, канаты и др.);
- жидкое звено – это звено, обладающее жидкой структурой (вода, масло и др.);
- газообразное звено – это звено, обладающее газообразной структурой (газ, воздух).

По конструктивному исполнению звенья бывают простыми и сложными.

Простое звено (одно- или двухвершинное) – это звено, входящее в состав двух и более кинематических пар, через геометрические центры которых можно провести одну прямую (рис. 1, а–в). Сложное, или составное, звено (трех- и более вершинное) – это звено, входящее в состав трех и более кинематических пар, через геометрические центры которых невозможно провести одну прямую (рис. 1, г, д).

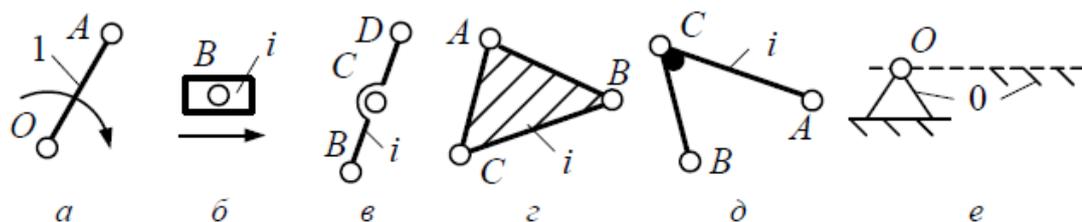


Рис. 1. Условные обозначения звеньев механизмов

Простые звенья на схемах механизмов изображают в виде линий или кривых (рис. 1, а–в), а сложные, или составные, звенья (рис. 1, г, д) обозначаются в виде замкнутых и

незамкнутых геометрических фигур. Замкнутые геометрические фигуры, изображающие сложные, или составные, звенья, заштриховываются (рис. 1, г).

Сложные, или составные, звенья (рис. 1, г, д) образованы неподвижным соединением нескольких простых звеньев, которые не могут совершать движения относительно друг друга, однако могут перемещаться совместно как единое целое, т. е. одно звено. В большинстве случаев сложные, или составные, звенья вводятся в состав механизма с целью увеличения жесткости звеньев или для реализации сложной структуры механизма.

Разделение звеньев механизмов на сложные, или составные, и простые несовершенно, т. к. не оказывает влияния на анализ и синтез механизмов. Более актуально разделение звеньев механизмов по числу конечных элементов (вершин) звена, которыми оно взаимодействует с другими звеньями механизма и входит в состав кинематических пар.

По служебному назначению звенья бывают задающими и ведомыми. Начальное, или задающее, звено – это звено, координата которого принята за обобщенную координату (рис. 1, а, б). Ведомое звено – это звено, не являющееся начальным, задающим, или ведущим, звеном (рис. 1, в–д).

Согласно ГОСТ 2.703-68 ведущее звено в схемах механизмов обозначается единицей и выделяется стрелочкой, которая указывает на вид и направление совершаемого движения (рис. 1, а, б), а звенья, (рис. 1, в–д), не отмеченные стрелочками, являются ведомыми и обозначаются произвольно. При этом под обобщенными координатами понимаются независимые друг от друга параметры механизма, однозначно определяющие возможные положения его звеньев в пространстве или на плоскости в рассматриваемый момент времени.

По кинематическому состоянию выделяются: подвижное звено – это звено механизма, имеющее возможность совершать какое-либо движение (рис. 1, а–д); стойка – это звено механизма, условно принятое при его анализе и синтезе за неподвижное звено (рис. 1, е).

В схемах механизмов все неподвижные элементы относятся к стойке, которая обозначается 0. За стойку принимают то звено, относительно которого производится изучение закономерностей движения всех звеньев механизма. Например, при анализе металлорежущих станков, технологических линий за стойку принимают станину с фундаментом; при анализе составляющих их приводов, т. е. редукторов, компрессоров, насосов, – корпус; при анализе автомобилей, поездов, самолетов – колеса или шасси и т. д. Стойка в составе механизма всегда одна, но в составе схемы она может быть представлена несколькими элементами: шарнирно-неподвижными опорами и направляющими ползунов (рис. 1, е), т. е. присоединений подвижных звеньев к стойке может быть сколько угодно. В качестве стойки может выступать любое звено механизма, которое в составе схемы помечается штриховкой под углом 45° .

По преобразованию движения и силовых факторов звено может быть входным, выходным и промежуточным.

Входное, или ведущее, звено – это звено механизма, которому сообщается заданное движение и соответствующие силовые факторы (силы и моменты пар сил).

Выходное звено – это звено механизма, на котором получают требуемое движение и требуемые силовые факторы.

Промежуточное звено – это звено механизма, расположенное между входным и выходным звеньями и предназначенное для передачи движения и преобразования силовых факторов.

Кинематические пары

В процессе движения механизма звенья взаимодействуют друг с другом, образуя подвижные и неподвижные соединения. Подвижные соединения звеньев называются кинематическими парами (КП).

Кинематическая пара – это подвижное соединение двух соприкасающихся звеньев, допускающее относительные движения.

В зависимости от конструктивного исполнения, служебного назначения и видов движения звеньев все кинематические пары классифицируются по следующим признакам:

- 1) по относительному движению звеньев кинематической пары:
 - вращательные;
 - поступательные;
 - винтовые;
 - плоскостные;
 - сферические;
- 2) по виду контакта звеньев:
 - низшие – это кинематические пары, в которых контакт звеньев, их образующих, осуществляется по плоскости или по поверхности;
 - высшие – это кинематические пары, в которых контакт звеньев, их образующих, осуществляется по линии или в точке;
- 3) по способу обеспечения контакта звеньев, образующих кинематические пары:
 - силовые – это кинематические пары, в которых постоянство контакта звеньев обеспечивается за счет действия сил тяжести или силы упругости пружины;
 - геометрические – это кинематические пары, в которых постоянство контакта звеньев реализуется за счет конструкции рабочих поверхностей звеньев;
- 4) по числу условий связи, накладываемых на относительное движение звеньев, образующих кинематическую пару (число условий связи определяет класс кинематической пары);
- 5) по числу подвижностей в относительном движении звеньев (число подвижностей определяет подвижность кинематической пары).

Рассмотрим более подробно два последних признака классификации кинематических пар.

Известно, что человечество в силу специфики своего организма воспринимает окружающий мир только в трехмерном пространстве. Следовательно, в общем случае свободное абсолютно твердое тело (звено), находясь в трехмерном пространстве, может максимально совершить шесть движений: три вращательных – вокруг осей X , Y , Z ; три поступательных движения – вдоль этих же осей (рис. 2). Однако движения звеньев в пространстве или на плоскости ограничиваются конструктивными особенностями кинематической пары, образованной этими звеньями. Конструктивные ограничения, наложенные на перемещения звеньев кинематической пары, называются условиями связей или связями.

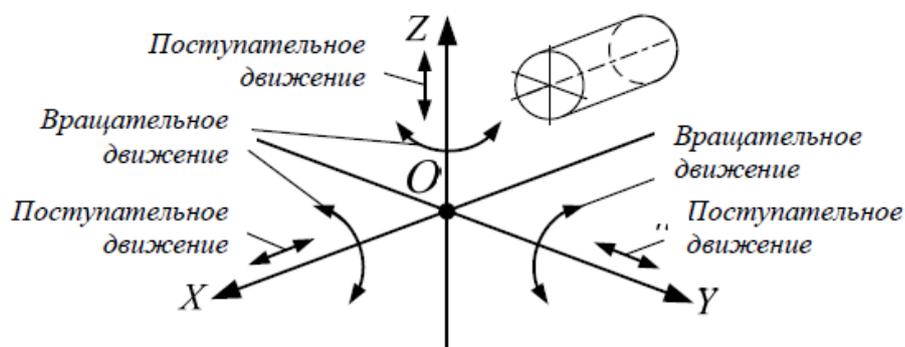


Рис. 2. Схема движений свободного тела в трехмерном пространстве

Связи – это ограничения, наложенные на движения звеньев механизма, делающие их несвободными и предназначенные для передачи энергии или информации между этими звеньями.

Число связей определяет класс кинематической пары, а число разрешенных движений соответствует ее подвижности.

Для образования кинематической пары необходимо наличие как минимум одной связи, ибо в случае равенства числа связей нулю звенья не взаимодействуют, т. е. не соприкасаются, следовательно, кинематическая пара не существует. В этом случае имеются два тела, совершающих определенные движения в пространстве или на плоскости независимо друг от друга.

Число связей может быть только целым числом и должно быть меньше шести, т. к. в случае равенства числа связей шести звенья теряют способность совершать даже простейшие относительные движения (вращательные или поступательные) и кинематическая пара перестает существовать, поскольку соединение, образованное этими звеньями, является неподвижным. Следовательно, максимально возможное число подвижностей кинематической пары равно пяти, а минимальное – единице. При этом число подвижностей любой кинематической пары определяется по выражению

$$H = 6 - S,$$

где S , H – число связей и число подвижностей кинематической пары соответственно.

Исходя из вышесказанного, классификация кинематических пар по двум последним признакам представлена в табл. 1.

Таблица 1

Класс	Число связей	Подвижность	Пространственная схема	Вид контакта	Условное обозначение
1	Кинематическая пара «Шар – плоскость»				
	1	5		Точка «высшая»	
2	Кинематическая пара «Цилиндр – плоскость»				
	2	4		Линия «высшая»	
3	Кинематическая пара «Сферическая»				
	3	3		Поверхность «низшая»	

3	Кинематическая пара «Плоскостная»				
	3	3		Плоскость <hr/> «низшая»	
4	Кинематическая пара «Сферическая с пальцем»				
	4	2		Поверхность <hr/> «низшая»	
	Кинематическая пара «Цилиндрическая»				
	4	2		Поверхность <hr/> «низшая»	
5	Кинематическая пара «Поступательная»				
	5	1		Поверхность <hr/> «низшая»	
	Кинематическая пара «Вращательная»				
	5	1		Поверхность <hr/> «низшая»	
	Кинематическая пара «Винтовая»				
5	1		Поверхность <hr/> «низшая»		

Стрелочки у координатных осей X, Y, Z на пространственных схемах показывают возможные вращательные и поступательные движения звеньев.

Если стрелочка перечеркнута, то данное движение в кинематической паре запрещено, т. е. на него наложена связь. При этом несмотря на то, что у координатной оси X на пространственной схеме «винтовой» кинематической пары не перечеркнуты две стрелочки, звенья этой пары могут совершать по отношению друг к другу только по одному простейшему движению, а именно: звено j – вращательное движение вокруг оси X, звено i – поступательное движение вдоль этой же оси.

Кинематические цепи

Все механизмы состоят из совокупности звеньев, образующих кинематические пары, которые составляют кинематические цепи.

Кинематическая цепь – это система звеньев, образующих между собой кинематические пары (рис. 3, рис. 4).

Кинематические цепи подразделяются:

1) по конструктивному исполнению:

простая – это кинематическая цепь, каждое звено которой входит в состав не более двух кинематических пар, т. е. она содержит только одно или двухвершинные звенья (рис. 3);

сложная – это кинематическая цепь, которая имеет хотя бы одно звено, входящее в состав трех и более кинематических пар, т. е. содержит хотя бы одно звено с тремя или более вершинами (рис. 3);

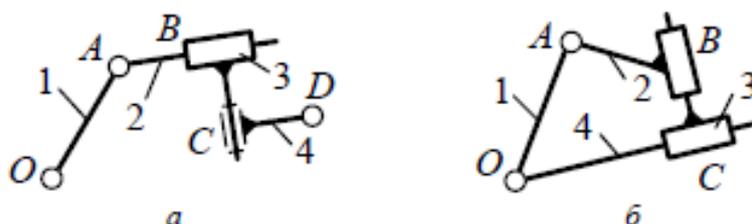


Рис. 3. Простые кинематические цепи

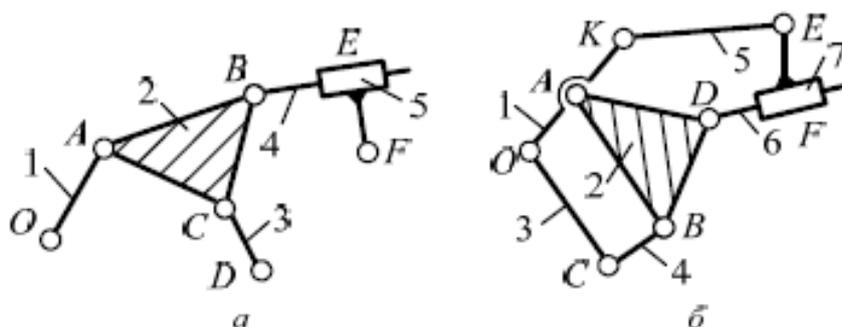


Рис. 4. Сложные кинематические цепи

2) по взаимодействию звеньев:

незамкнутая, или разомкнутая – это кинематическая цепь, в которой хотя бы одно звено имеет свободный элемент, не взаимодействующий с другими звеньями и не образующий с ними кинематических пар (рис. 3, а, рис. 4, а);

замкнутая – это кинематическая цепь, каждое звено которой входит в состав как минимум двух кинематических пар (рис. 3, б, рис. 4, б).

Соединения кинематических цепей со стойкой образуют механизмы.

Взаимодействие кинематических цепей между собой приводит к образованию кинематических соединений.

Кинематическое соединение – это кинематическая пара, образованная звеньями нескольких кинематических цепей.

В зависимости от сложности структуры в механизме может присутствовать несколько кинематических соединений.

Механизмы с низшими кинематическими парами

Механизмы с низшими кинематическими парами – это механизмы, структура которых содержит только низшие кинематические пары (рис. 5).

Все многообразие механизмов с низшими кинематическими парами можно свести к следующим группам:

- клиновые механизмы (рис. 5, а);
- винтовые механизмы (рис. 5, б);
- рычажные механизмы (рис. 6).

Клиновой механизм – это механизм, структура которого содержит только низшие поступательные кинематические пары (рис. 5, а).

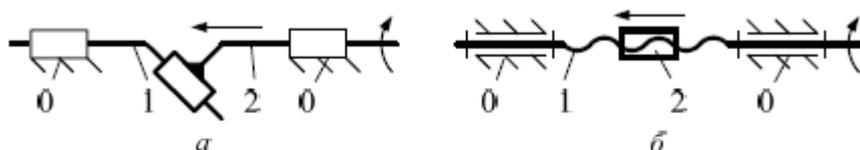


Рис. 5. Структурные схемы механизмов с низшими кинематическими парами

Клиновые механизмы предназначены для передачи движения и силовых факторов между звеньями с пересекающимися осями вращения. Все клиновые механизмы относятся к разновидности механизмов, преобразующих поступательное движение звена 1 в поступательное движение звена 2.

Винтовой механизм – это механизм, структура которого содержит только низшие кинематические пары, хотя бы одна из которых является винтовой (рис. 5, б).

Винтовые механизмы предназначены для передачи движения и силовых факторов между соосными звеньями. Все винтовые механизмы относятся к разновидности механизмов, преобразующих вращательное движение в поступательное.

Схема типового винтового механизма содержит стойку и два подвижных звена (рис. 5, б). Подвижными звеньями типовых винтовых механизмов являются винт 1 и гайка 2.

Винт – это звено винтового механизма, выполненное в виде цилиндра, имеющего внешнюю рабочую поверхность в виде винтовой линии.

Гайка – это звено винтового механизма, выполненное в виде втулки, имеющей внутреннюю рабочую поверхность в виде винтовой линии.

В винтовых механизмах преобразование движения и силовых факторов осуществляется путем непосредственного касания рабочей поверхности винта с рабочей поверхностью гайки. В этом случае вследствие разности скоростей движения контактирующих звеньев в зоне их контакта имеет место трение-скольжение, что приводит к интенсивному износу этих поверхностей, а также к росту потерь, уменьшению КПД и ресурса работы механизма.

Для замены в винтовой паре трения-скольжения на трение-качение в схему винтового механизма вводят дополнительное звено, которое называется шариком. С целью повышения эффективности шариков в схеме обычно несколько, а полученный механизм является шарико-винтовым.

Рычажный механизм – это механизм, образованный звеньями, выполненными в виде стержневых конструкций-рычагов.

Рычажные механизмы широко распространены практически во всех видах машин. Все плоские рычажные механизмы сводятся к следующим типовым схемам (рис. 6):

- кривошипно-ползунный механизм (рис. 6, а);
- шарнирный механизм (рис. 6, б);
- кулисный механизм (рис. 6, в);
- синусный механизм (рис. 6, г);

– тангенсный механизм (рис. 6, д).

Подвижные звенья плоских рычажных механизмов могут совершать как простейшие виды движений, так и сложные.

К звеньям, совершающим вращательные движения, относятся кривошип, коромысло, кулиса и качающийся ползун.

Кривошип – это звено рычажного механизма, входящее в состав только вращательных кинематических пар и обладающее возможностью поворота вокруг оси вращения на угол более 360° (рис. 6, звено 1).

Коромысло – это звено рычажного механизма, входящее в состав только вращательных кинематических пар и обладающее возможностью поворота вокруг оси вращения на угол менее 360° (рис. 6, звено 4).

Кулиса – это звено рычажного механизма, входящее в состав вращательных и поступательных кинематических пар и обладающее возможностью поворота вокруг оси вращения на угол менее 360° (рис. 6, звено 5).

Качающийся ползун – это звено рычажного механизма, образующее поступательную кинематическую пару со штоком и вращательную кинематическую пару со стойкой. Все представленные звенья взаимодействуют со стойкой. При этом кривошип в большинстве случаев является начальным, ведущим или задаваемым звеном.

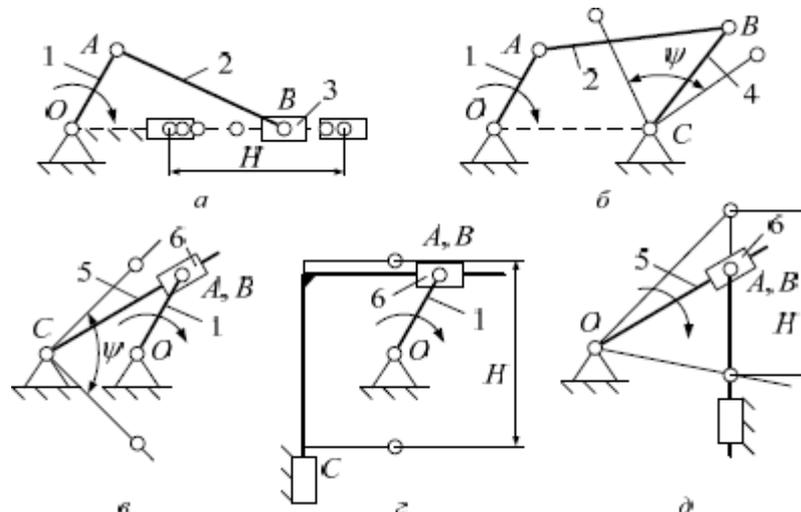


Рис. 6. Структурные схемы типовых плоских рычажных механизмов

К звеньям, совершающим поступательные движения, относятся ползун, камень и шток.

Ползун – это звено, образующее поступательную кинематическую пару со стойкой (рис. 6, звено 3).

Камень – это звено, образующее поступательную кинематическую пару с кулисой (рис. 6, звено 6).

Шток – это звено, образующее поступательную кинематическую пару с качающимся ползуном.

К звеньям, совершающим сложные движения, относятся шатуны.

Шатун – это звено рычажного механизма, образующее кинематические пары только с подвижными звеньями, не имеющими связей со стойкой (рис. 6, звено 2).

Структура механизмов и ее дефекты

Структура механизма – это совокупность звеньев, образующих подвижные и неподвижные соединения. Структура механизма на уровне звеньев и структурных групп описывается структурной схемой.

Структурная схема – это графическое изображение механизма, выполненное без соблюдения масштабов с использованием условных обозначений, рекомендованных ГОСТ.

Все типовые механизмы обладают рациональной структурой, однако большинство действительных механизмов содержит дефекты структуры.

Рациональная структура – это структура механизма, которая не содержит дефектов.

К дефектам структуры механизмов относятся (рис. 7):

- избыточные, или пассивные, связи – это связи в механизме, которые
- повторяют связи, уже имеющиеся по данной координате, и поэтому не изменяют реальной подвижности механизма;
- местные подвижности – это подвижности механизма, которые не оказывают влияния на его передаточные функции, а введены в состав механизма с целями иного характера.

Дефекты структуры необходимо устранять или исключать. В качестве примера исключения (устранения) дефектов структуры рассмотрим плоский рычажный механизм, обладающий нерациональной структурой (рис. 7). Данный механизм сохраняет работоспособность только при условии, что длины звеньев находятся в следующих соотношениях:

$$l_{OA} = l_{BC}, l_{AB} = l_{DE} = l_{OC} \text{ и } l_{OD} = l_{EC}.$$

Следовательно, точки механизма образуют фигуру OABC, всегда представляющую собой параллелограмм. Тогда, не изменяя совершаемых движений звеньев механизма, можно удалить шатун 2, т. к. данное звено, образуя со звеньями 1 и 4 кинематические пары с центрами шарниров в точках D и E, налагает на эти звенья условия связи, не оказывающие влияния на характер их движения. При этом условия связи, наложенные шатуном 2 на звенья 1 и 4, являются пассивными, или избыточными. Подвижности кинематических пар с центрами шарниров в точках D и E представляют собой пример местных подвижностей, т. к. при их отсутствии подвижность остальных звеньев механизма не изменится. Аналогичная ситуация будет иметь место и при исключении из структуры механизма шатуна 3.

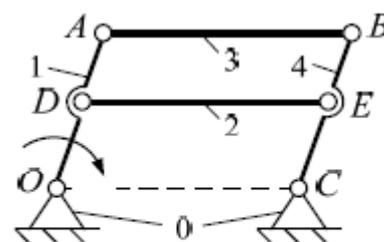


Рис. 7. Схема механизма с дефектами структуры

Структурный анализ механизмов

Структурный анализ – это исследование структуры механизма, т. е. определение числа звеньев и структурных групп, числа и вида кинематических пар, количества и вида кинематических цепей, числа основных и местных подвижностей, избыточных или пассивных связей.

Структурный анализ механизмов проводится с целью выявления дефектов их структуры. В общем случае структурный анализ рычажных механизмов сводится к решению следующих задач:

для пространственных механизмов:

- 1) определение подвижности механизма;
- 2) определение маневренности механизма.

для плоских механизмов:

- 1) определение подвижности механизма;
- 2) определение состава структуры механизма.

Подвижность механизма – это число независимых обобщенных координат, однозначно определяющих положения звеньев механизма на плоскости или в пространстве в рассматриваемый момент времени.

Подвижность механизмов рассчитывается по структурным формулам:

плоских механизмов – по формуле Чебышева:

$$W = 3n - 2p_5 - p_4,$$

пространственных механизмов – по формуле Сомова-Малышева:

$$W = 6n - 5p_5 - 4p_4 - 3p_3 - 2p_2 - p_1,$$

где n – количество подвижных звеньев; p_5, p_4, p_3, p_2, p_1 – число кинематических пар, соответственно, пятого, четвертого, третьего, второго и первого класса.

Маневренность – это подвижность манипулятора (пространственного рычажного механизма) при неподвижном выходном звене.

Обеспечение работоспособности манипулятора (пространственного рычажного механизма) возможно только при выполнении условия

$$m = 6n - 5p_5 - 4p_4 - 3p_3 - 2p_2 - p_1 \geq 1,$$

где все слагаемые идентичны слагаемым, представленным выше.

Для решения второй задачи структурного анализа плоских рычажных механизмов профессором Л.В. Ассуром была предложена оригинальная структурная классификация, согласно которой механизмы, не имеющие избыточных связей и местных подвижностей, состоят из первичных (элементарных) механизмов и структурных групп звеньев.

Первичный механизм (ПМ) – это элементарный механизм, состоящий из двух звеньев, одно из которых неподвижное и которые образуют кинематическую пару с одной или несколькими подвижностями.

Структурная группа звеньев (СГЗ) – это кинематическая цепь, образованная подвижными звеньями, подвижность которой в пространстве и на плоскости равна нулю в любой момент времени, и не распадающаяся на более простые цепи, обладающие подобными свойствами.

Условие существования структурной группы с низшими кинематическими парами записывается следующим образом:

$$W_r = 3 \cdot n_r - 2 \cdot p_1 - p_2 = 0,$$

где W_r , n_r – подвижность и число подвижных звеньев структурной группы соответственно; p_2, p_1 – количество кинематических пар соответствующей подвижности.

Структурные группы могут быть образованы четным количеством звеньев (рис. 8). Степень сложности структурной группы определяется ее классом, который устанавливается по количеству звеньев и кинематических пар с учетом числа вершин наиболее сложного звена. Соответственно, класс механизма определяется классом наиболее сложной структурной группы, входящей в его состав. В пределах класса структурные группы подразделяются на порядки. Порядок структурной группы соответствует числу поводков.

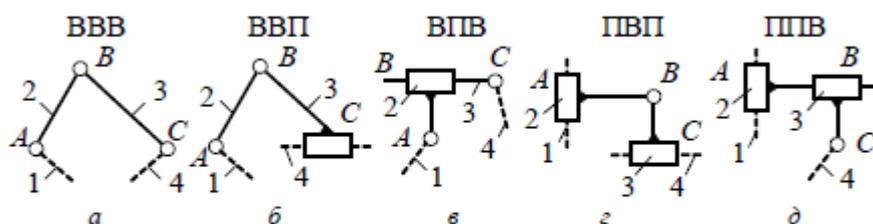


Рис. 8. Структурные группы второго класса

Поводок – это конечное звено структурной группы, одним элементом входящее в состав одной кинематической пары и имеющее второй свободный элемент звена.

В конструкциях рычажных механизмов наиболее часто используются структурные группы, состоящие из двух звеньев (2 и 3) и трех кинематических пар пятого класса и являющиеся группами второго класса (рис. 8). Механизмы, содержащие только структурные группы второго класса, относятся к механизмам второго класса.

Синтез механизмов

Синтез механизмов выполняется в два этапа. Первый этап называется структурным синтезом, а второй – метрическим синтезом.

Структурный синтез – это процесс проектирования новой или модернизации (усовершенствования) уже существующей структуры механизма, обладающей заданными свойствами: заданное число подвижностей, отсутствие лишней местной подвижности и избыточных связей, минимум звеньев, использование кинематических пар определенного вида.

Результатом выполнения этапа структурного синтеза является структурная схема механизма, удовлетворяющая принятым критериям.

Метрический синтез – это процесс определения основных геометрических размеров звеньев механизма, которые наилучшим образом удовлетворяют заданным условиям и обеспечивают оптимальное сочетание качественных показателей.

Решением задач метрического синтеза является кинематическая схема механизма, удовлетворяющая критериям обоих этапов синтеза.

Кинематическая схема – это графическое изображение механизма, выполненное в определенном масштабном коэффициенте с использованием условных обозначений, рекомендованных ГОСТ, содержащее информацию о числе и виде движения звеньев, о виде и классе кинематических пар и о размерах звеньев.

В дисциплине «Теория механизмов и машин» принято кинематические схемы механизмов синтезировать в масштабном коэффициенте.

Масштабный коэффициент – это отношение действительной величины l , взятой в метрах, к длине отрезка l , измеряемого в миллиметрах и изображающего эту величину в составе кинематической схемы, м/мм:

$$\mu_l = \frac{l_{OA}}{|OA|},$$

где l_{OA} – действительная длина кривошипа, м; OA – отрезок, взятый в миллиметрах и изображающий действительную длину кривошипа l_{OA} в принятом масштабном коэффициенте длин.

Порядок выполнения работы

1. Начертить структурную схему механизма.
2. Обозначить все подвижные и неподвижные звенья механизма. Начать обозначение с ведущего звена – кривошипа и далее по порядку. Показать направление вращения кривошипа. Найти количество подвижных звеньев n .
3. Заглавными буквами латинского алфавита обозначить все кинематические пары. Найти количество кинематических пар p_1 и p_2 .
4. Определить степень подвижности механизма W .
5. Отсоединить от механизма наиболее отдаленную от ведущего звена группу Ассура II класса, так чтобы оставшийся механизм продолжал работать, а степень его подвижности W не менялась. Определить вид, порядок, класс и степень подвижности данной группы Ассура. Записать структурную формулу группы Ассура.
6. Продолжать отсоединять от механизма группы Ассура до тех пор, пока не останется начальный механизм.
7. Определить класс и степень подвижности начального механизма. Записать структурную формулу начального механизма.
8. Записать структурную формулу всего механизма.
9. Определить класс механизма.

Контрольные вопросы и задания

1. Что такое техническая система и какие составляющие элементы технической системы вы знаете?
2. Дайте определение понятия «модель» технической системы. Какими критериями руководствуются при составлении моделей?
3. Что такое машина и какие виды машин вам известны?

4. Поясните принцип образования основных видов технических систем: привод, машинный агрегат и машина-автомат. Дайте определения этих понятий.
5. Что такое механизм и какие виды механизмов вы знаете?
6. Дайте определение понятия «звено». Какие виды звеньев механизмов вам известны?
7. Что такое кинематическая пара и какие виды кинематических пар вы знаете?
8. Поясните отличия, а также достоинства и недостатки высших и низших кинематических пар.
9. Что такое кинематическая цепь и какие виды кинематических цепей вам известны?
10. Дайте определения понятий «типовой» и «идеальный» механизмы.
11. Что такое структура механизма и какие дефекты структуры механизмов вы знаете?
12. Дайте определение понятия «подвижность» механизма. Какие основные структурные формулы используются для ее определения?
13. Поясните состав структуры механизмов по Ассуру и дайте определения понятий «структурная группа» и «первичный механизм».
14. Как определяются класс, вид и порядок структурной группы?
15. Какие задачи решаются при выполнении структурного анализа плоских рычажных механизмов?
16. Как определяется подвижность пространственных рычажных механизмов?
17. Как определяется маневренность пространственных рычажных механизмов?
18. Поясните отличия этапов синтеза механизмов.
19. Как выполняется структурный синтез рычажных механизмов?
20. Как выполняется метрический синтез рычажных механизмов?
21. Охарактеризуйте качественные показатели рычажных механизмов.
22. Поясните отличия понятий «масштаб» и «масштабный коэффициент».
23. Дайте определения понятий «структурная» и «кинематическая схема» и поясните их отличия.

Лабораторная работа 2

Кинематический анализ плоских рычажных механизмов

Цель работы

Изучить методы кинематического анализа, а также научиться выполнять кинематический анализ плоских рычажных механизмов, используя графоаналитические методы.

Краткие теоретические сведения

Кинематический анализ механизмов – это один из видов исследования механизмов, выполняемый без учета силовых факторов, действующих на их звенья в функции времени.

Кинематический анализ проводится для определения величин, направлений действия и закономерностей изменения кинематических параметров исследуемого механизма в функции времени.

В рамках кинематического анализа плоских рычажных механизмов решаются следующие задачи:

- 1) выявление возможных положений всех звеньев механизма за рассматриваемый промежуток времени;
- 2) определение величин линейных и относительных скоростей характерных точек механизма, а также выявление значений и направлений угловых скоростей всех звеньев;
- 3) определение величин линейных и относительных ускорений характерных точек механизма, а также выявление значений и направлений угловых ускорений всех звеньев.

При кинематическом анализе используются аналитический, графический и графоаналитический методы.

К графоаналитическим методам кинематического анализа относятся:

- метод кинематических планов (метод планов);
- метод кинематических диаграмм (метод диаграмм).

Оба метода дают примерно одинаковый по точности результат. Однако метод диаграмм в основном применяется для определения закона движения и кинематических параметров характерных точек выходных звеньев механизма. Метод планов позволяет найти кинематические параметры любых точек, принадлежащих звеньям механизма.

План положений механизма

Решением первой задачи кинематического анализа графоаналитическим методом является план положений механизма.

План положений механизма – это графическое изображение взаимного расположения звеньев механизма за рассматриваемый период времени, выполненное в определенном масштабном коэффициенте.

Построение планов положений начинают с изображения элементов стойки, т. е. шарнирно-неподвижных опор и направляющих (рис. 10). Далее последовательно изображают ведущие звенья в заданных положениях и структурные группы звеньев. Положения подвижных характерных точек определяются с помощью метода засечек. В большинстве случаев движение плоских рычажных механизмов носит периодичный характер, т. е. по истечении определенного промежутка времени все процессы, имеющие место в механизме, повторяются. Следовательно, кинематический анализ плоских рычажных механизмов выполняют для одного периода их работы, т. е. за один оборот ведущего звена (кривошипа). Если ведущее звено совершает равномерное вращательное движение, то траекторией движения одной из его характерных точек является окружность. Данную траекторию (окружность) делят на равные части: 12, 24, 36, 48 и т. д. Каждой полученной точке присваивается соответствующий номер. За начальное положение принимается одно из крайних положений выходного звена (рис. 10).

Под крайними положениями подразумеваются такие положения выходных звеньев, в которых оси кривошипа 1 и шатуна 2 совпадают. Подобные положения точки В найдем, проведя из точки О дуги радиусами:

$$R_1 = |AB| - |OA|,$$

$$R_2 = |AB| + |OA|,$$

где AB , OA – отрезки, пропорциональные действительным длинам шатуна и кривошипа.

Положения точки А, соответствующие крайним положениям точки В, найдем, проведя из точки О окружность радиусом $R_3 = OA$ (рис. 10). Для построения плана положений механизма необходимо от начального положения кривошипа в направлении его вращения отложить требуемый угол φ_i , соответствующий следующему положению кривошипа. Для определения положения точки В из полученной точки А проводится дуга радиусом $R_4 = AB$. Соединив выявленные точки, получаем новое положение звеньев механизма. Процесс построения повторяется до полного завершения построения плана положений, содержащего требуемое число положений ведущего звена.

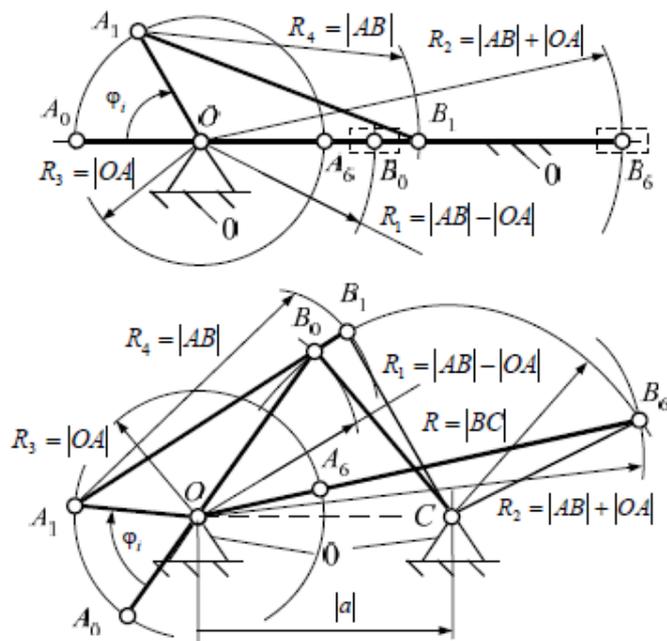


Рис. 10. Метрический синтез крайних положений выходных звеньев механизмов

Метод кинематических диаграмм

После построения планов положений необходимо перейти к построению диаграммы пути. Выбрав систему координат (рис. 11, а), задаемся масштабными коэффициентами оси пути S , м/мм, и оси времени t , мин/мм:

$$\mu_s = \frac{H}{|y|}, \quad \mu_t = \frac{60}{n \cdot l},$$

Одно из крайних положений выходного звена примем за начальное положение (см. рис. 10). Измерив отрезок B_0B_1 , определим перемещение выходного звена относительно первого положения кривошипа. Отложив найденный отрезок, получим точку диаграммы пути, соответствующую первому положению кривошипа. Проведя аналогичные действия, определим точки диаграммы пути для всех остальных положений кривошипа. Соединив найденные точки плавной кривой, получим диаграмму пути, являющуюся функцией от времени $S = f(t)$ (рис. 11, а). Известно, что кривошип совершает вращательные движения с постоянной угловой скоростью, следовательно, можно утверждать, что за одинаковые промежутки времени кривошип перемещается на одинаковые угловые расстояния. Это позволяет с осью времени совместить ось угла поворота кривошипа φ , а полученную диаграмму считать функцией от этого параметра $S = f(\varphi)$.

Для решения второй задачи кинематического анализа, используя графическое дифференцирование кривой пути, построим диаграмму аналога скорости. Масштабный коэффициент оси времени системы координат (рис. 11, б) приравняем к масштабному коэффициенту аналогичной оси диаграммы пути. На продолжении оси времени отложим отрезок $1 h$. В результате получим точку $1 p$, являющуюся полюсом дифференцирования. Масштабный коэффициент оси аналога скорости, м/(с · мм), определим по формуле[^]

$$\mu_{\frac{ds}{dt}} = \frac{\mu_s}{h_1 \cdot \mu_t}.$$

Через точки, лежащие на кривой пути и соответствующие каждому положению кривошипа, проведем касательные к данной кривой. Через полюс дифференцирования (точку p_1) проведем лучи параллельно каждой касательной. Точки пересечения оси аналога скорости с лучами отсекают отрезки, пропорциональные значениям скорости выходного звена относительно каждого положения кривошипа. Отложив найденные отрезки, получим точки диаграммы аналога скорости относительно всех положений кривошипа. Соединив

эти точки плавной кривой, построим диаграмму аналога скорости, являющуюся функцией от времени $ds/dt = f(t)$ (рис. 11, б). Так как диаграмма пути – это не только функция времени, но и функция угла поворота кривошипа φ , то полученная диаграмма аналога скорости также является функцией времени и функцией угла поворота кривошипа.

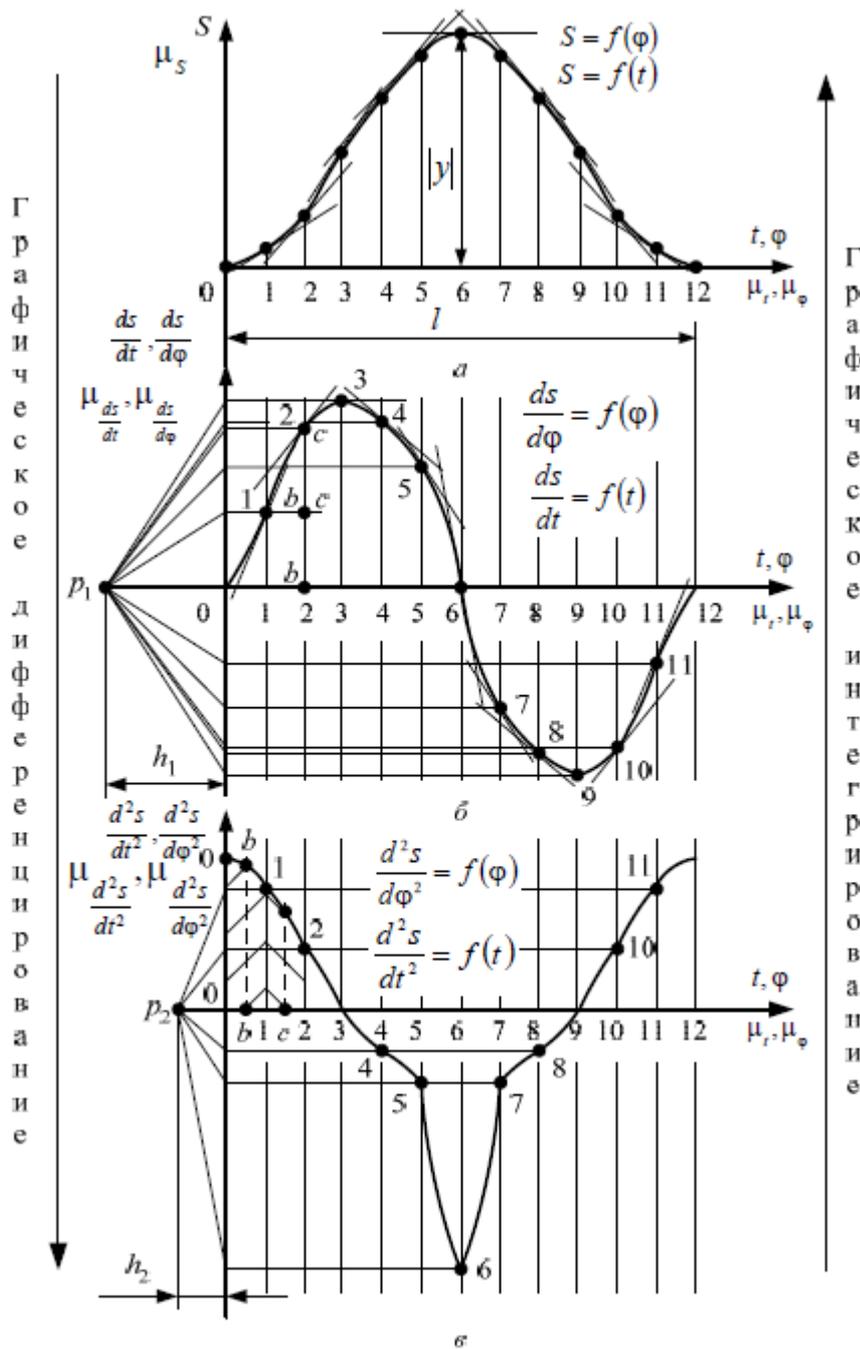


Рис. 11. Кинематические диаграммы

Порядок выполнения работы

1. По заданным размерам построить кинематическую схему механизма в расчетном положении, которое определяется углом φ . Угол φ откладывается в направлении угловой скорости ω_1 от оси О-О.
2. Определить скорости точек А, В и С. Для этого построить план скоростей.
3. Определить угловую скорость звена 2 ω_2 . Указать на схеме направление ω_2 круговой стрелкой.

4. Определить ускорения точек А, В, С, S1, S2, S3. Для этого построить план ускорений. (Точки S1, S2, S3 - центры масс звеньев. Находятся на серединах полных длин соответствующих звеньев. Для ползуна 3 точки В и S3 совпадают).

5. Определить угловое ускорение звена 2 ϵ_2 . Указать на схеме направление ϵ_2 круговой стрелкой.

6. Определить реакции в кинематических парах от действия сил тяжести и инерционных нагрузок.

7. Определить уравновешивающую силу.

Предлагается: 10 вариантов схем кривошипно-ползунных механизмов; каждая схема содержит 10 вариантов числовых данных.

Контрольные вопросы и задания

1. Назовите цели и задачи кинематического анализа плоских рычажных механизмов.

2. Какие методы кинематического анализа механизмов вы знаете?

3. Поясните отличия графоаналитических методов кинематического анализа плоских рычажных механизмов.

4. Дайте определение понятия «план положений механизма» и поясните принцип его построения.

5. Как рассчитывается значение масштабного коэффициента плана положений механизма?

6. Какие положения выходного(ых) звена(ьев) называются «крайними» (граничными) положениями и как их определить?

7. Дайте определение понятий «коэффициент неравномерности средней скорости» и «ход механизма». Как определить их значения?

8. Поясните суть метода кинематических диаграмм.

9. Как определить значения масштабных коэффициентов осей времени, пути, аналогов скорости и ускорения?

10. Поясните суть и отличия графического дифференцирования и графического интегрирования.

11. Поясните суть метода кинематических планов.

12. Как построить план скоростей?

13. Как построить план ускорений?

14. Поясните принцип определения значений и направлений действия угловых скоростей звеньев механизма.

15. Поясните принцип определения значений и направлений действия угловых ускорений звеньев механизма.

16. Дайте формулировку теоремы подобия и поясните область ее применения.

17. В чем заключаются отличия метода кинематических диаграмм и метода планов?

Лабораторная работа 3

Синтез динамических моделей плоских рычажных механизмов

Цель работы

Изучить виды и методы построения динамических моделей механизмов, а также научиться составлять и определять основные параметры динамических моделей плоских рычажных механизмов.

Краткие теоретические сведения

Раздел «Динамика» предполагает изучение процессов или явлений, протекающих в технических системах под действием силовых факторов в функции времени, а также

определение значений и закономерностей изменения динамических параметров исследуемой системы в функции времени.

Динамические параметры любой технической системы делятся на две группы: силовые (силы и моменты пар сил) и инерциальные (массы и моменты инерции звеньев).

Исследование динамики технических систем выполняется по их динамическим моделям. Динамическая модель – это модель технической системы, предназначенная для исследования ее параметров в функции времени.

К методам обеспечения эквивалентности динамической модели относятся:

- кинетостатический метод – это метод обеспечения эквивалентности динамической модели по отношению к состоянию технической системы, основанный на уравнениях силового равновесия;
- энергетический метод – это метод обеспечения эквивалентности динамической модели по отношению к состоянию технической системы, основанный на уравнениях энергетического равновесия.

В соответствии с методами обеспечения эквивалентности динамической модели в разделе «Динамика» различают два вида анализа технических систем: силовой анализ и динамический анализ.

Динамический и силовой анализы

Динамический анализ – это вид исследования подвижных технических систем, изучающий процессы, протекающие в этих системах под действием силовых факторов в функции времени.

Задачами динамического анализа являются:

- определение закона движения технической системы при заданном управляющем силовом воздействии;
- определение требуемого управляющего силового воздействия, обеспечивающего заданный закон движения технической системы.

Силовой анализ – это вид исследования технических систем, изучающий процессы, имеющие место в этих системах под действием силовых факторов, исходя из условий статики.

Задачами силового анализа являются:

- определение значений и направлений действия уравновешивающей силы и уравновешивающего момента (управляющего силового воздействия);
- определение значений и направлений действия реакций связей кинематических пар.

Силовой анализ выполняется с использованием следующих методов: статического, кинетостатического и кинетостатического с учетом трения.

Статический – это метод силового анализа технических систем, базирующийся на уравнениях статического равновесия. Применяется при анализе технических систем, находящихся в покое или движущихся с малыми скоростями, а также в случаях, когда неизвестны массы и моменты инерции звеньев системы.

Кинетостатический – это метод силового анализа подвижных технических систем, основанный на принципе Даламбера, который имеет следующую формулировку: если к внешним силовым факторам, действующим на звенья технической системы, добавить силы и моменты пар сил инерции, то данная система будет находиться в квазистатическом равновесии и силовой анализ этой системы можно выполнять с использованием уравнений кинетостатического равновесия. Применяется для анализа подвижных технических систем при известных массах и моментах инерции звеньев.

Кинетостатический с учетом трения – это метод силового анализа подвижных технических систем, базирующийся на уравнениях равновесия, составленных с учетом сил трения и моментов пар сил трения. Применяется для анализа подвижной технической системы при известных размерах и характеристиках материалов элементов кинематических пар.

Динамические модели плоских рычажных механизмов

Независимо от вида анализа технической системы ее динамические модели составляются с помощью метода приведения, который позволяет задачу о движении системы звеньев свести к более простой задаче о движении одного звена и подвижной точки этого звена. Данное звено называется звеном приведения, а его подвижная точка – точкой приведения. В качестве звена приведения рекомендуется выбирать ведущее звено, а за точку приведения принимать подвижную точку этого звена (рис. 12).

Динамическая модель для силового анализа (рис. 12, а) составляется с использованием кинетостатического метода, согласно которому для сохранения эквивалентности модели по отношению к состоянию технической системы достаточно учесть только силовые параметры, т. е. силы и моменты пар сил. При этом все силовые факторы, действующие на подвижные звенья технической системы, заменяются одной силой, которая называется уравновешивающей силой.

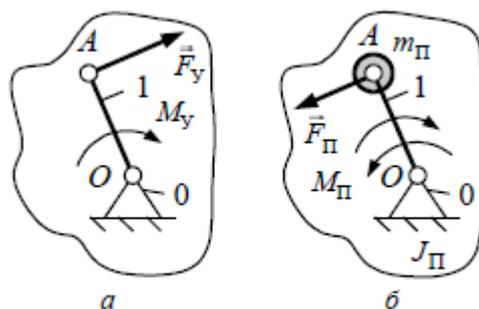


Рис. 12. Динамические модели технических систем

Уравновешивающая сила F_y – это теоретическая сила, действующая на звено приведения с целью обеспечения заданного закона движения.

Вектор уравновешивающей силы прикладывается к точке приведения, а линия его действия является перпендикуляром к оси звена приведения, и вектор этой силы направлен по движению звена приведения. Наличие уравновешивающей силы на звене приведения служит причиной возникновения уравновешивающего момента пары сил:

$$M_y = F_y \cdot l_n,$$

где l_n – расстояние между точкой приведения и осью вращения звена приведения (длина звена приведения), м.

Уравновешивающий момент пары сил M_y – это момент теоретической пары сил, действующей на звено приведения с целью обеспечения заданного закона движения.

Динамическая модель для динамического анализа (рис. 12, б) составляется с использованием энергетического метода, согласно которому для сохранения эквивалентности модели по отношению к состоянию технической системы необходимо учесть силовые и инерциальные параметры. При этом все силовые факторы, действующие на ведомые звенья технической системы, заменяются одной силой, которая называется приведенной.

Приведенная сила – это теоретическая сила, которая вынуждает звено приведения развивать мгновенную мощность, равную сумме мгновенных мощностей, развиваемых приводимыми силами.

Порядок выполнения работы

Задание 1

1. Проанализировать кинематическую схему плоского рычажного механизма.
2. Определить значения и направления внешних и теоретических силовых факторов, действующих на звенья механизма, т. е. сил тяжести, сил инерции и моментов пар сил инерции.

3. Составить расчетную модель (схему), установив для механизма квазистатическое равновесие.
4. Используя кинестатический метод обеспечения эквивалентности динамической модели, построить динамическую модель механизма, пригодную для выполнения силового анализа.
5. Построить повернутый план скоростей.
6. Используя теорему В. И. Жуковского, определить значение уравнивающей силы.
7. По выражению (1) рассчитать величину уравнивающего момента пары сил.

Задание 2

1. Проанализировать кинематическую схему плоского рычажного механизма.
2. Определить значения и направления внешних силовых факторов, действующих на звенья механизма, т. е. сил тяжести.
3. Составить расчетную модель (схему) механизма.
4. Используя энергетический метод обеспечения эквивалентности динамической модели, построить динамическую модель, пригодную для выполнения динамического анализа механизма.
5. Построить повернутый план скоростей.
6. Используя теорему В. И. Жуковского, рассчитать значение приведенной силы.
7. По выражению (2) определить величину приведенного момента пары внешних сил.
8. Используя равенство (6), вычислить значение постоянной части приведенной массы.
9. Используя выражение (9), вывести уравнение для расчета переменной части приведенной массы и определить ее значение.
10. По равенствам (3) и (4) найти величины приведенного момента инерции и приведенной массы механизма.

Задание 3

Сравнить динамические модели, полученные по результатам выполнения заданий 1 и 2, и сделать соответствующий вывод. После выполнения всех пунктов задания лабораторной работы необходимо оформить отчет в соответствии с предъявляемыми требованиями и подготовиться к ее защите.

Контрольные вопросы и задания

1. Поясните цели и задачи, решаемые в разделе «Динамика». Какие основные динамические параметры механизмов вы знаете?
2. Какие виды анализа механизмов раздела «Динамика» вам известны?
3. Дайте определения понятия «динамическая модель». Какие методы обеспечения эквивалентности динамических моделей механизмов вы знаете?
4. Поясните принцип построения динамической модели, пригодной для выполнения силового анализа.
5. Дайте определения понятий «уравнивающая сила» и «уравнивающий момент пары сил».
6. Какие параметры динамической модели, пригодной для выполнения силового анализа, вам известны?
7. Поясните принцип построения динамической модели, пригодной для выполнения динамического анализа.
8. Дайте определения понятий «приведенная сила» и «приведенный момент пары сил».

9. Дайте определения понятий «приведенная масса» и «приведенный момент инерции».
10. Какие параметры динамической модели, пригодной для выполнения динамического анализа, вам известны?
11. Запишите выражение для определения суммы мгновенных мощностей, развиваемых приводимыми силами, и поясните все составляющие этого выражения.
12. Представьте равенство для определения суммы кинетических энергий, развиваемых приводимыми силами, и поясните все составляющие этого равенства.
13. Чем отличаются динамическая модель механизма для выполнения силового анализа и динамическая модель механизма для выполнения динамического анализа?
14. Приведите классификацию силовых факторов, действующих на звенья механизмов.
15. Дайте определения внешних силовых факторов, действующих на звенья механизмов, и поясните, как определить их значения.
16. Дайте определения внутренних силовых факторов и поясните, как определить их значения и направления действия.
17. Дайте определения теоретических силовых факторов и поясните, как определить их значения и направления действия.
18. Поясните формулировку принципа Даламбера и область его использования.
19. Дайте определение теоремы И. Е. Жуковского и поясните область ее применения.
20. Какие режимы движения технической системы вы знаете?
21. Поясните суть метода приведения.

Приложение Б
Задания для выполнения расчетно-графической работы

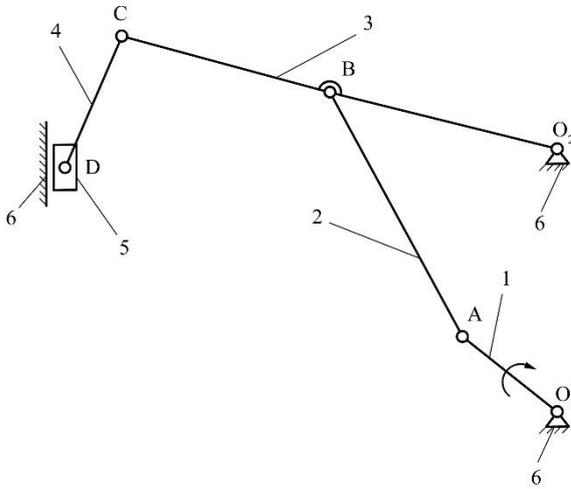
Задача № 1
«Структурный анализ шестизвенного рычажного механизма»

Задание: Выполнить структурный анализ рычажного шестизвенного механизма. Задание выбрать из таблицы № 1. Номер схемы соответствует первой цифре варианта студента.

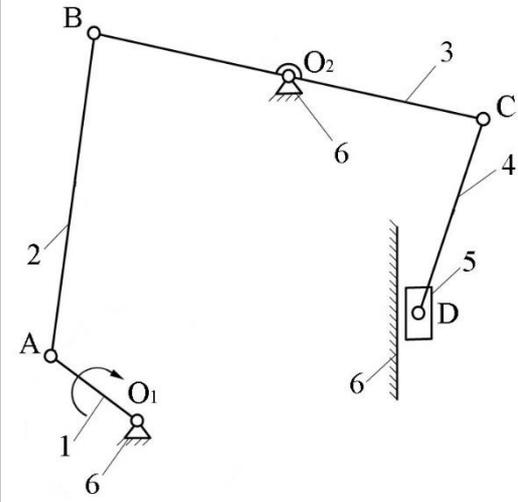
Таблица № 1

<p>1. Механизм сеного пресса</p>	<p>2. Механизм формовочной машины</p>
<p>3. Механизм пресса</p>	<p>4. Механизм грохота</p>

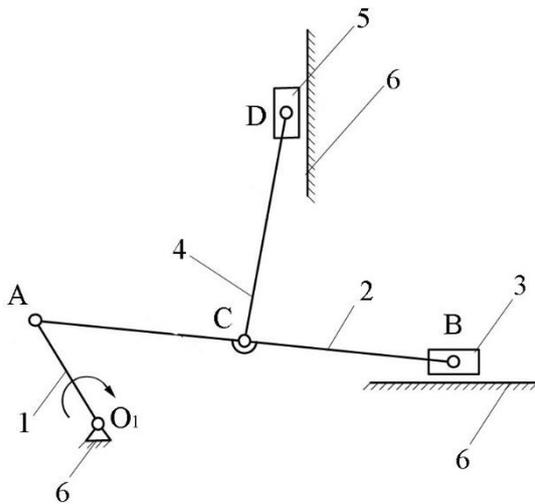
5. Механизм вытяжного пресса



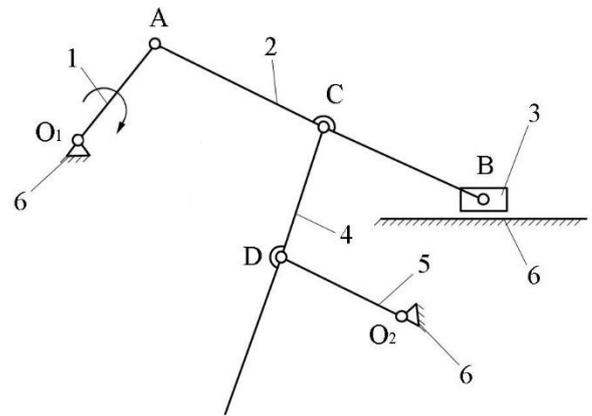
6. Механизм двигателя внутреннего сгорания



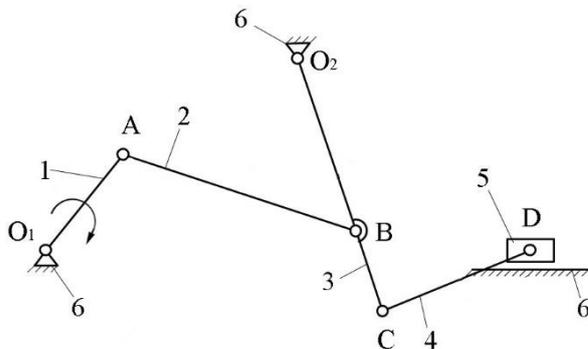
7. Механизм штамповочной машины



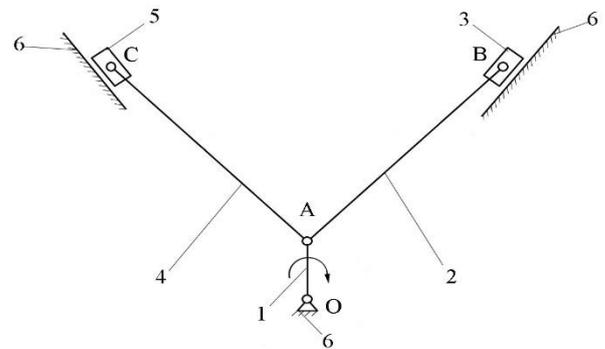
8. Механизм машины для приготовления смесей



9. Механизм качающегося конвейера



0. Механизм поршневого компрессора



Указания к выполнению задачи №1

Задачей структурного анализа механизма является – определение параметров структуры заданного механизма: числа звеньев, числа и вида кинематических пар, определение степени подвижности механизма, разбиение механизма на группы Ассур и начальный механизм, определение класса всего механизма.

Алгоритм проведения структурного анализа

1. Начертить структурную схему механизма.
2. Обозначить все подвижные и неподвижные звенья механизма. Начать обозначение с ведущего звена – кривошипа и далее по порядку. Показать направление вращения кривошипа. Найти количество подвижных звеньев n .
3. Заглавными буквами латинского алфавита обозначить все кинематические пары. Найти количество кинематических пар p_1 и p_2 .
4. Определить степень подвижности механизма W .
5. Отсоединить от механизма наиболее отдаленную от ведущего звена группу Ассур II класса, так чтобы оставшийся механизм продолжал работать, а степень его подвижности W не менялась. Определить вид, порядок, класс и степень подвижности данной группы Ассур. Записать структурную формулу группы Ассур.
6. Продолжать отсоединять от механизма группы Ассур до тех пор, пока не останется начальный механизм.
7. Определить класс и степень подвижности начального механизма. Записать структурную формулу начального механизма.
8. Записать структурную формулу всего механизма.
9. Определить класс механизма.

Задача № 2

«Кинематический и динамический анализ кривошипно-ползунного механизма»

Задание: Выполнить кинематический анализ кривошипно-ползунного механизма. Номер схемы выбрать по первой цифре варианта студента из табл.3, индивидуальные данные выбрать по второй цифре варианта из табл. 2.

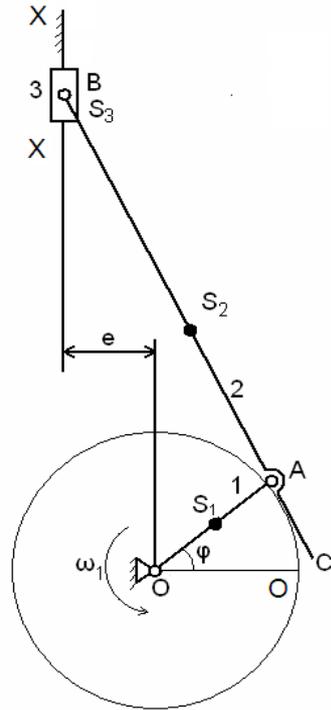
- а) Определить скорости точек звеньев и угловые скорости звеньев.
- б) Определить ускорения точек звеньев и угловые ускорения звеньев для заданного положения механизма.
- в) Выполнить силовой расчет группы Ассур
- г) Выполнить силовой расчет начального механизма.

Таблица 2

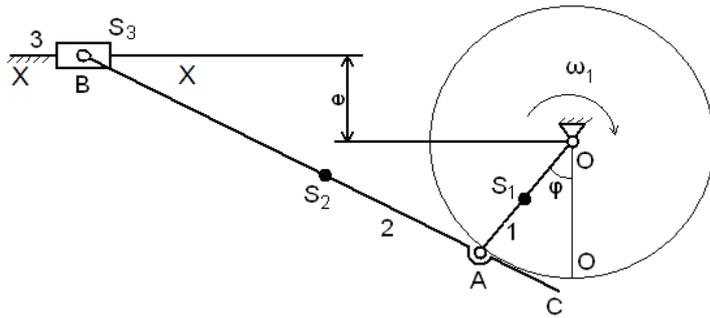
Величина	Предпоследняя цифра									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
OA, мм	25	30	32	28	26	250	320	300	280	260
AB, мм	80	90	90	84	80	800	900	900	840	800
AC, мм	30	38	36	30	30	300	360	380	300	300
AS ₂ , мм	25	26	27	27	25	250	270	260	270	250
e, мм	13	26	24	18	20	130	240	260	180	200
φ, град	30	45	60	120	135	150	225	240	300	315
ω ₁ , 1/сек	28	30	32	35	40	44	48	50	55	60
m ₁ , кг	0,8 · OA (длина OA поставляется в метрах)									
m ₂ , кг	0,8 · BC (длина BC поставляется в метрах)									
m ₃ , кг	2 · m ₂									
IS ₂ , кг · м ²	0,1 · m ₂ · BC ² (длина BC поставляется в метрах)									

Задание	Схема
1	
2	
3	

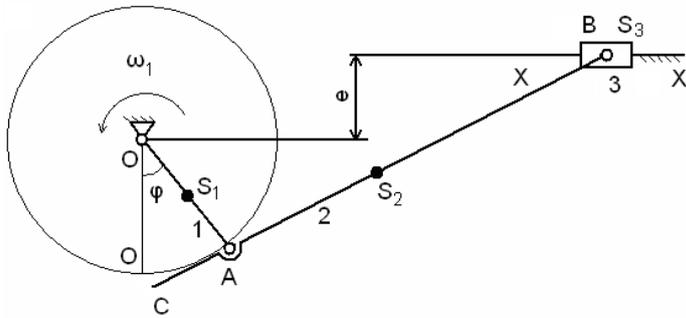
4



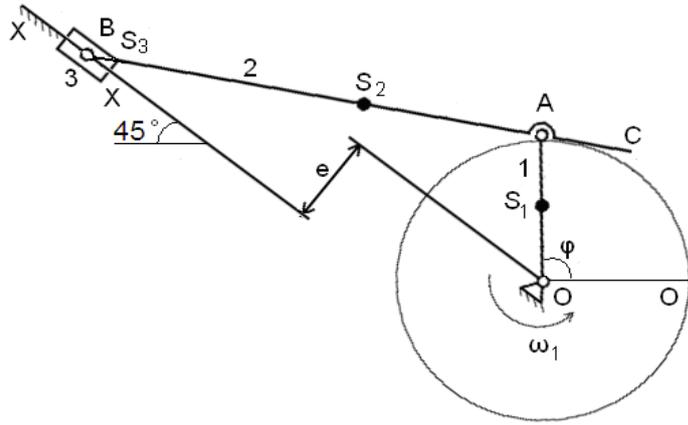
5



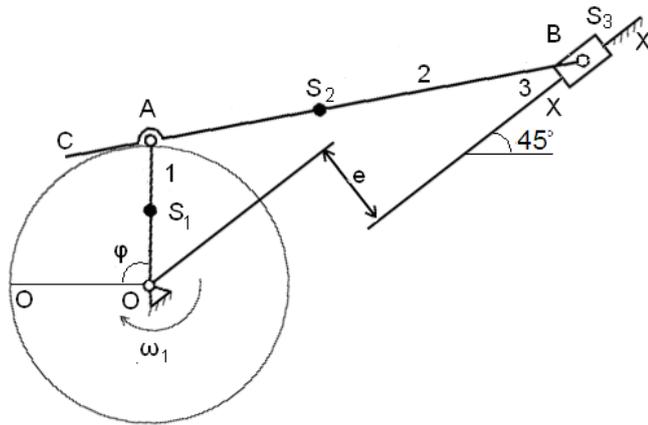
6



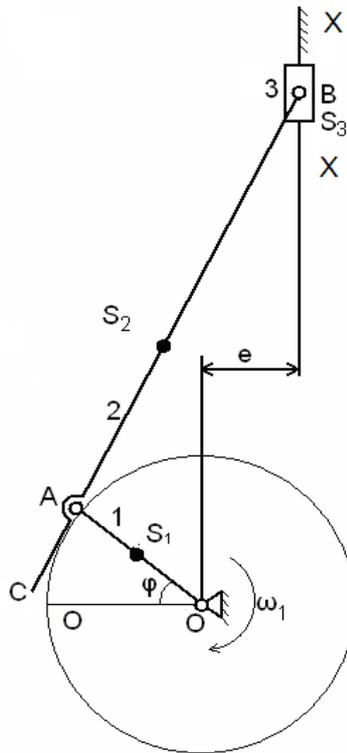
7

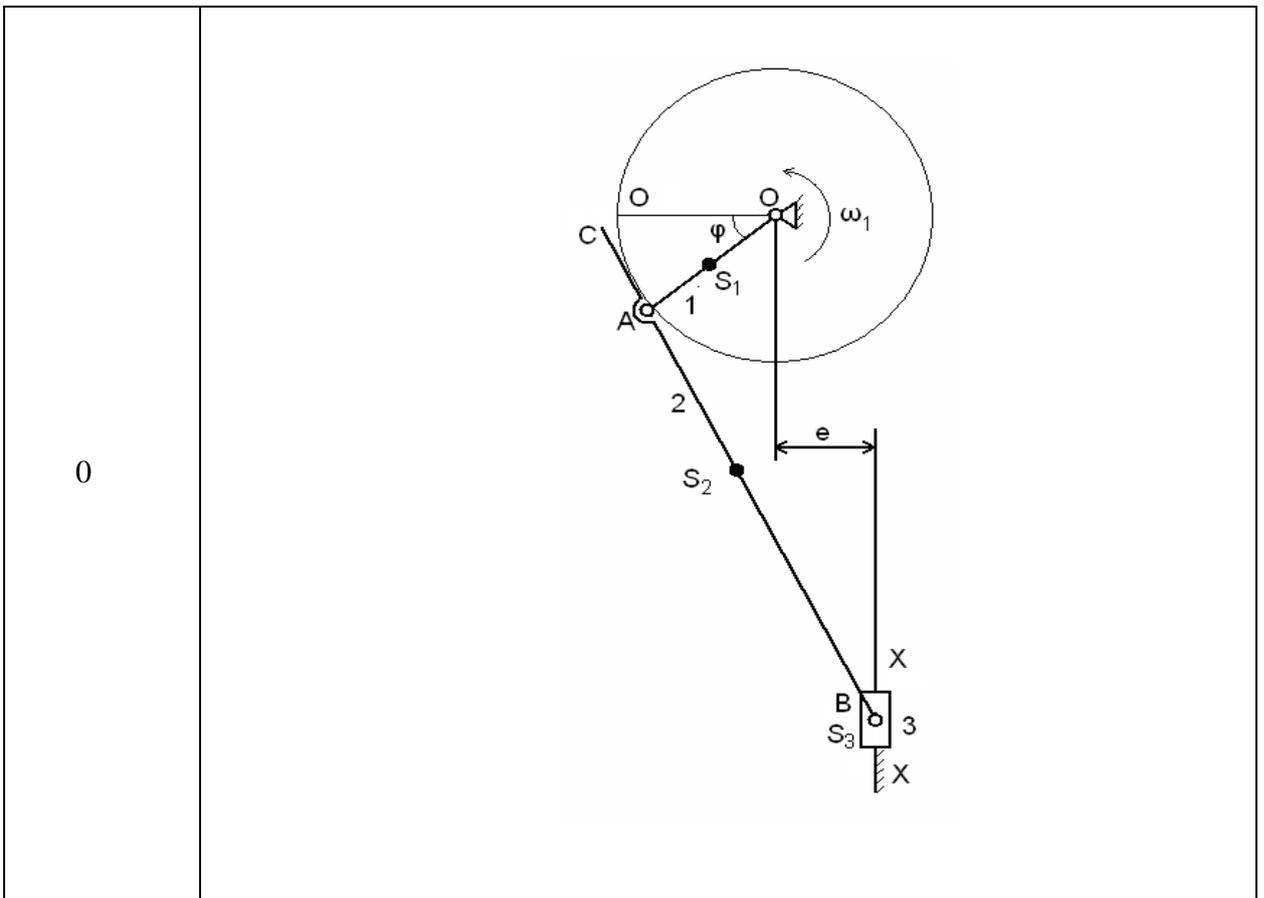


8



9





Алгоритм решения задачи №2:

1. По заданным размерам построить кинематическую схему механизма в расчетном положении, которое определяется углом φ . Угол φ откладывается в направлении угловой скорости ω_1 от оси O-O.
2. Определить скорости точек A, B и C. Для этого построить план скоростей.
3. Определить угловую скорость звена 2 – ω_2 . Указать на схеме направление ω_2 круговой стрелкой.
4. Определить ускорения точек A, B, C, S_1 , S_2 , S_3 . Для этого построить план ускорений. (Точки S_1 , S_2 , S_3 - центры масс звеньев. Находятся на серединах полных длин соответствующих звеньев. Для ползуна 3 точки B и S_3 совпадают).
5. Определить угловое ускорение звена 2 ε_2 . Указать на схеме направление ε_2 круговой стрелкой.
6. Определить реакции в кинематических парах от действия сил тяжести и инерционных нагрузок.
7. Определить уравновешивающую силу.

Планируемые результаты обучения для формирования компетенции и критерии их оценивания

Дисциплина: Теория механизмов и машин

Код, направление подготовки: 21.03.01 «Нефтегазовое дело»

Направленность: Эксплуатация и обслуживание объектов добычи нефти

очная: курс 2; семестр 3

очно-заочная: курс 2; семестр 4

Код компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции (ИДК)	Код и наименование результата обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения			
			1 - 2	3	4	5
1	2	3	4	5	6	7
ОПК-1 Способен решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общинженерные знания	ОПК-1.8 Обработка расчетных и экспериментальных данных вероятностно-статистическими методами	Знать: способы обработки расчетных и экспериментальных данных (З1)	Не знает способы обработки расчетных и экспериментальных данных	Демонстрирует отдельные знания способов обработки расчетных и экспериментальных данных	Демонстрирует достаточные знания способов обработки расчетных и экспериментальных данных	Демонстрирует исчерпывающие знания способов обработки расчетных и экспериментальных данных
		Уметь: обрабатывать расчетные и экспериментальные данные (У1)	Не умеет обрабатывать расчетные и экспериментальные данные	Умеет осуществлять обработку расчетные и экспериментальные данные, допуская значительные неточности и погрешности	Умеет осуществлять обработку расчетных и экспериментальных данных, допуская незначительные неточности	В совершенстве умеет осуществлять обработку расчетных и экспериментальных данных
		Владеть: обработкой расчетных и экспериментальных данных вероятностно-статистическими методами (В1)	Не владеет методами обработкой расчетных и экспериментальных данных вероятностно-статистическими методами	Владеет навыками обработкой расчетных и экспериментальных данных вероятностно-статистическими методами, допуская ряд ошибок	Хорошо владеет навыками обработкой расчетных и экспериментальных данных вероятностно-статистическими методами, допуская незначительные ошибки	В совершенстве владеет навыками обработкой расчетных и экспериментальных данных вероятностно-статистическими методами
	ОПК-1.9 Решение инженерно-геометрических задач графическими	Знать: способы решения типовых задач по теоретической механике,	Не знает способы решения типовых задач по теоретической механике,	Демонстрирует отдельные знания решения типовых	Демонстрирует достаточные знания решения типовых задач по	Демонстрирует исчерпывающие знания решения типовых задач по

	способами	сопротивлению материалов, деталям машин (32)	сопротивлению материалов, деталям машин	задач по теоретической механике, сопротивлению материалов, деталям машин	теоретической механике, сопротивлению материалов, деталям машин	теоретической механике, сопротивлению материалов, деталям машин
Уметь: решать типовые задачи по теоретической механике, сопротивлению материалов, деталям машин (У2)		Не умеет решать типовые задачи по теоретической механике, сопротивлению материалов, деталям машин	Умеет решать типовые задачи по теоретической механике, сопротивлению материалов, деталям машин, допуская значительные неточности и погрешности	Умеет решать типовые задачи по теоретической механике, сопротивлению материалов, деталям машин, допуская незначительные неточности	В совершенстве умеет решать типовые задачи по теоретической механике, сопротивлению материалов, деталям машин	
Владеть: навыками решения задач профессиональной деятельности (В2)		Не владеет навыками решения задач профессиональной деятельности	Владеет навыками решения задач профессиональной деятельности, допуская ряд ошибок	Хорошо владеет навыками решения задач профессиональной деятельности, допуская незначительные ошибки	В совершенстве владеет навыками решения задач профессиональной деятельности	
ОПК-2 Способен участвовать в проектировании технических объектов, систем и технологических процессов с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений	ОПК-2.1 Определение подходов к проектированию технических объектов, систем и технологических процессов	Знать: подходы к проектированию технических объектов, систем и технологических процессов (33)	Не знает подходы к проектированию технических объектов, систем и технологических процессов	Демонстрирует отдельные знания подходов к проектированию технических объектов, систем и технологических процессов	Демонстрирует достаточные знания подходов к проектированию технических объектов, систем и технологических процессов	Демонстрирует исчерпывающие знания подходы к проектированию технических объектов, систем и технологических процессов
		Уметь: определять подходы к проектированию технических объектов, систем и технологических процессов (У3)	Не умеет определять подходы к проектированию технических объектов, систем и технологических процессов	Умеет определять подходы к проектированию технических объектов, систем и технологических процессов, допуская значительные	Умеет определять подходы к проектированию технических объектов, систем и технологических процессов, допуская	В совершенстве умеет определять подходы к проектированию технических объектов, систем и технологических процессов

				неточности и погрешности	незначительные неточности	
		Владеть: способами определения подходов к проектированию технических объектов, систем и технологических процессов (В3)	Не владеет способами определения подходов к проектированию технических объектов, систем и технологических процессов	Владеет способами определения подходов к проектированию технических объектов, систем и технологических процессов, допуская ряд ошибок	Хорошо владеет способами определения подходов к проектированию технических объектов, систем и технологических процессов, допуская незначительные ошибки	В совершенстве владеет способами определения подходов к проектированию технических объектов, систем и технологических процессов
	ОПК-2.2 Определение потребность в промышленном материале, необходимом для составления рабочих проектов.	Знать: как определить потребность в промышленном материале, необходимом для составления рабочих проектов (З4)	Не знает, как определить потребность в промышленном материале, необходимом для составления рабочих процессов	Демонстрирует отдельные знания, как определить потребность в промышленном материале, необходимом для составления рабочих процессов	Демонстрирует достаточные знания, как определить потребность в промышленном материале, необходимом для составления рабочих процессов	Демонстрирует исчерпывающие знания, как определить потребность в промышленном материале, необходимом для составления рабочих процессов
		Уметь: определить потребность в промышленном материале, необходимом для составления рабочих проектов (У4)	Не умеет определить потребность в промышленном материале, необходимом для составления рабочих проектов	Умеет определять потребность в промышленном материале, необходимом для составления рабочих проектов, допуская значительные неточности и погрешности	Умеет определять потребность в промышленном материале, необходимом для составления рабочих проектов, допуская незначительные неточности	В совершенстве умеет определять потребность в промышленном материале, необходимом для составления рабочих проектов

КАРТА
обеспеченности дисциплины (модуля) учебной и учебно-методической литературой

Дисциплина Теория механизмов и машин
 Код, направление подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
 Направленность Эксплуатация и обслуживание объектов добычи нефти

№ п/п	Название учебного, учебно-методического издания, автор, издательство, вид издания, год издания	Количество экземпляров в БИК	Контингент обучающихся, использующих указанную литературу	Обеспеченность обучающихся литературой, %	Наличие электронного варианта в ЭБС (+/-)
1	Ермак, В. Н. Теория механизмов и машин (краткий курс) : учебное пособие / В. Н. Ермак. — Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2011. — 164 с. [Электронный ресурс]	неограниченный доступ	60	100	http://e.lanbook.com
2	Тимофеев, Г.А. Теория механизмов и машин: учебник и практикум для вузов / Г.А.Тимофеев. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2020. – 432 с. [Электронный ресурс]	неограниченный доступ	60	100	https://www.biblio-online.ru
3	Волков, В. В. Теория механизмов и машин. Основные положения анализа и синтеза : учебное пособие / В. В. Волков, А. Н. Потемкин, Р. Ф. Сатаева. — Пенза : ПензГТУ, 2012. — 136 с. [Электронный ресурс]	неограниченный доступ	60	100	http://e.lanbook.com

И.о. заведующего выпускавшей кафедры
 «12» июня 2020 г.



Р.Д. Татлыев

