МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ
(МИИГАиК)

Факультет оптического приборостроения
Кафедра проектирования оптических приборов

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 5387FD2AF5B17FED816FDE9A1D4973B1
Владелец: Степанченко Алексей Леонидович
Действителен: с 21.07.2025 по 14.10.2026

«УТВЕРЖДАЮ»
Проректор
А. Л. Степанченко
15 мая 2026 г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)
ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА
«Б1.О.20.03 ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ»

Уровень высшего образования: специалитет

Специальность: 12.05.01 Электронные и оптико-электронные приборы и системы специального назначения

Направленность(профиль) подготовки: Электронные и оптико-электронные приборы и системы дистанционного зондирования Земли

Квалификация (степень) выпускника: инженер

Форма обучения: очная

Год набора (приема на обучение): 2026

Срок получения образования: 5 лет 6 месяца(-ев)

Объем: в зачетных единицах: 3 з.е.
в академических часах: 108 ак.ч.

Москва, 2026

Разработчики:
Доцент кафедры Проектирования оптических приборов, к.т.н.
Бабашева О. Л.

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) составлен в соответствии с требованиями ФГОС ВО по специальности 12.05.01 Электронные и оптико-электронные приборы и системы специального назначения, утвержденного приказом Минобрнауки от 09.08.2018 № 93

Согласование и утверждение

№	Подразделение	Ответственное лицо	ФИО	Виза	Дата, протокол (при наличии)
1	факультет Оптического приборостроения	Председатель ученого совета факультета	Торшина И. П.	Рассмотрено	10.02.2026, № 5/25-26

1. Планируемые результаты обучения, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

ОПК-1 Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем и применять методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием, конструированием и сопровождением производства оптических и оптико-электронных приборов и комплексов, эксплуатацией и организацией функционирования электронных и оптико-электронных систем специального назначения

ОПК-1.1 Выявляет естественнонаучную сущность проблем в инженерной деятельности

Знать:

ОПК-1.1/Зн10 Эксплуатационные свойства и характеристики конструкционных материалов;.

Уметь:

ОПК-1.1/Ум9 Использовать математический аппарат для решения физических задач;

ОПК-1.1/Ум10 Использовать различные источники справочной и технической информации

ОПК-1.1/Ум11 Рассчитывать передаточные отношения различных типов механизмов.

Владеть:

ОПК-1.1/Нв6 Навыками математических расчетов

ОПК-1.1/Нв7 Методами расчета и конструирования наиболее распространенных механизмов и их элементов.

2. Показатели и критерии оценивания компетенций

Планируемые результаты освоения программы	Уровень овладения	Критерии оценивания (перечень сформированных ИДК/ЗУВ по уровням освоения)

ОПК-1 Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем и применять методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием, конструированием и сопровождением производства оптических и оптико-электронных приборов и комплексов, эксплуатацией и организацией функционирования электронных и оптико-электронных систем специального назначения	Повышенный	ИДК ОПК-1.1 Выявляет естественнонаучную сущность проблем в инженерной деятельности Знать: ОПК-1.1/Зн10 Эксплуатационные свойства и характеристики конструкционных материалов;. Уметь: ОПК-1.1/Ум10 Использовать различные источники справочной и технической информации ОПК-1.1/Ум11 Рассчитывать передаточные отношения различных типов механизмов. ОПК-1.1/Ум9 Использовать математический аппарат для решения физических задач; Владеть: ОПК-1.1/Нв6 Навыками математических расчетов ОПК-1.1/Нв7 Методами расчета и конструирования наиболее распространенных механизмов и их элементов.
	Базовый	ИДК ОПК-1.1 Выявляет естественнонаучную сущность проблем в инженерной деятельности Знать: ОПК-1.1/Зн10 Эксплуатационные свойства и характеристики конструкционных материалов;. Уметь: ОПК-1.1/Ум10 Использовать различные источники справочной и технической информации ОПК-1.1/Ум11 Рассчитывать передаточные отношения различных типов механизмов. ОПК-1.1/Ум9 Использовать математический аппарат для решения физических задач;
	Пороговый	ИДК ОПК-1.1 Выявляет естественнонаучную сущность проблем в инженерной деятельности Знать: ОПК-1.1/Зн10 Эксплуатационные свойства и характеристики конструкционных материалов;.

3. Шкала оценивания

Оценка	Критерии оценивания (перечень сформированных ИДК/ЗУВ)

Отлично	ОПК-1.1 Выявляет естественнонаучную сущность проблем в инженерной деятельности ОПК-1.1/Зн10 Эксплуатационные свойства и характеристики конструкционных материалов;. ОПК-1.1/Ум10 Использовать различные источники справочной и технической информации ОПК-1.1/Ум11 Рассчитывать передаточные отношения различных типов механизмов. ОПК-1.1/Ум9 Использовать математический аппарат для решения физических задач; ОПК-1.1/Нв6 Навыками математических расчетов ОПК-1.1/Нв7 Методами расчета и конструирования наиболее распространенных механизмов и их элементов.
Хорошо	ОПК-1.1 Выявляет естественнонаучную сущность проблем в инженерной деятельности ОПК-1.1/Зн10 Эксплуатационные свойства и характеристики конструкционных материалов;. ОПК-1.1/Ум10 Использовать различные источники справочной и технической информации ОПК-1.1/Ум11 Рассчитывать передаточные отношения различных типов механизмов. ОПК-1.1/Ум9 Использовать математический аппарат для решения физических задач;
Удовлетворительно	ОПК-1.1 Выявляет естественнонаучную сущность проблем в инженерной деятельности ОПК-1.1/Зн10 Эксплуатационные свойства и характеристики конструкционных материалов;.
Неудовлетворительно	Результаты обучения не сформированы на достаточном уровне

4. Контрольные мероприятия по дисциплине

Вид контроля	Форма контроля/Оценочное средство
Текущий контроль	Практическая работа Просмотр выполненных работ Выполнение раздела курсовой работы/проекта
Промежуточная аттестация	Контрольная работа Расчетно-графическая работа Экзамен

№ п/п	Наименование раздела	Контролируемые ИДК	Вид контроля/ используемые оценочные материалы	
			Текущий	Промежут. аттестация
1	Структура и кинематические характеристики механизмов	ОПК-1.1	Практическая работа	Экзамен
2	Кинематика механизмов	ОПК-1.1	Практическая работа Выполнение раздела курсовой работы/проекта	Экзамен
3	Динамика механических систем	ОПК-1.1	Просмотр выполненных работ	Экзамен
4	Типовые механизмы и элементы приборов	ОПК-1.1	Выполнение раздела курсовой работы/проекта	Экзамен

5	Зубчатые передачи	ОПК-1.1	Практическая работа	Экзамен
6	Направляющие	ОПК-1.1	Практическая работа	Экзамен
7	Винтовые механизмы	ОПК-1.1	Практическая работа Выполнение раздела курсовой работы/проекта	Экзамен
8	Упругие элементы	ОПК-1.1	Просмотр выполненных работ	Экзамен

5. Порядок проведения промежуточной аттестации

Порядок проведения промежуточной аттестации регламентируется локальными нормативными актами Университета:

- Положением о формах, периодичности, порядке текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по основным образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский государственный университет геодезии и картографии», п.6 «Организация и проведение промежуточной аттестации».
- Положением о порядке осуществления образовательного процесса, проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский государственный университет геодезии и картографии», п.8 «Проведение промежуточной аттестации с применением ЭО и ДОТ».

Промежуточная аттестация: Экзамен, 4 семестр.

6. Оценочные материалы текущего контроля

Раздел 1. Структура и кинематические характеристики механизмов
Контролируемые ИДК: ОПК-1.1

Тема 1.1. Структура и кинематические характеристики механизмов

Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа

Вопросы/Задания:

1. Практическая работа№1. Механизмы и их звенья.Структура механизмов

Раздел 2. Кинематика механизмов
Контролируемые ИДК: ОПК-1.1

Тема 2.1. Кинематика механизмов

Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа

Вопросы/Задания:

1. Практическая работа № 2. Типовые механизмы и элементы приборов

Форма контроля/оценочное средство: Выполнение раздела курсовой работы/проекта

Вопросы/Задания:

1. Структурный анализ механизма.

1.1. начертить схему механизма в произвольно выбранном масштабе μ_l для мгновенного положения, заданного углом φ. Точка на одной из осей

μ_l для мгновенного положения, заданного углом φ. Точка на одной из осей координат соответствует углу $\varphi=0$.

1.2. определить количество звеньев и кинематических пар.

1.3. определить степень подвижности механизма

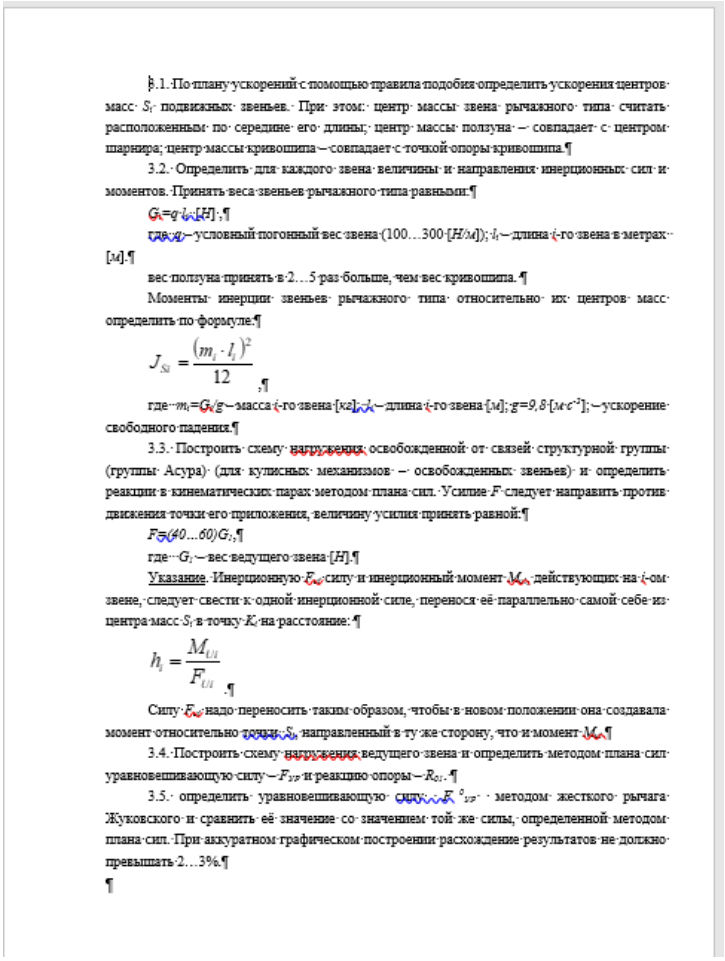
1.4. выделить входящие в механизм структурную группу (группу Асура), указать вид группы.

2. Кинематический анализ механизма.

2.1. Построить планы скоростей и ускорений механизма. По планам определить скорости и ускорения всех точек, указанных на схеме механизма.

2.2. определить величины и направления угловых скоростей и ускорений звеньев. Направления указать круговыми стрелками.

3. Кинетостатический анализ механизма в положении заданном углом .



§3.1. По плану ускорений с помощью правила подобия определить ускорения центров масс S_i подвижных звеньев. При этом: центр массы звена рычажного типа считать расположенным по середине его длины; центр массы ползуна — совпадает с центром шарнира; центр массы кривошипа — совпадает с точкой опоры кривошипа.

3.2. Определить для каждого звена величины и направления инерционных сил и моментов. Принять веса звеньев рычажного типа равными:

$G_i=q\cdot l_i$,[Н];

где q — условный погонный вес звена (100…300 [Н/м]); l_i — длина i-го звена в метрах [м].

вес ползуна принять в 2…5 раз больше, чем вес кривошипа.

Моменты инерции звеньев рычажного типа относительно их центров масс определить по формуле:

$$J_{Si}=\frac{(m_i\cdot l_i)^2}{12},$$

где $m_i=G_i/g$ — масса i-го звена [кг]; l_i — длина i-го звена [м]; $g=9,8$ [м·с$^{-2}$]; — ускорение свободного падения.

3.3. Построить схему нагружения освобожденной от связей структурной группы (группы Асура) (для кулисных механизмов — освобожденных звеньев) и определить реакции в кинематических парах методом плана сил. Усилие F следует направить против движения точки его приложения, величину усилия принять равной:

$F=(40…60)G_1$,

где G_1 — вес ведущего звена [Н].

Указание. Инерционную F_{Ui} силу и инерционный момент M_{Ui} действующих на i-ом звене, следует свести к одной инерционной силе, перенося её параллельно самой себе из центра масс S_i в точку K_i на расстояние:

$$h_i=\frac{M_{Ui}}{F_{Ui}}.$$

Силу F_{Ui} надо переносить таким образом, чтобы в новом положении она создавала момент относительно точки S_i, направленный в ту же сторону, что и момент M_{Ui}.

3.4. Построить схему нагружения ведущего звена и определить методом плана сил уравновешивающую силу — $F_{УР}$ и реакцию опоры — R_{01}.

3.5. определить уравновешивающую силу $F^{\circ}_{УР}$ методом жесткого рычага Жуковского и сравнить её значение со значением той же силы, определенной методом плана сил. При аккуратном графическом построении расхождение результатов не должно превышать 2…3%.

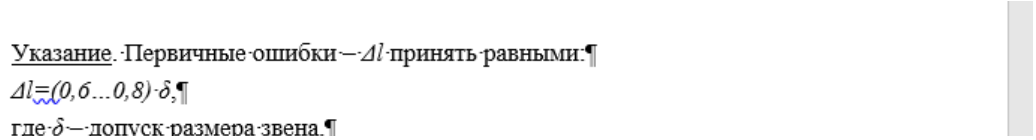
4. Точностной анализ механизма.

4.1. вывести уравнение механизма и построить в масштабе его идеальную характеристику.

4.2. начертить механизм в 8–12 положениях и определить ошибку положения механизма методом планов малых перемещений при заданных первичных ошибках звеньев.

4.3. вывести формулу ошибки положения механизма.

4.4. По выведенной формуле вычислить ошибки положения механизма по заданным первичным ошибкам звеньев. Сравнить полученные результаты с результатами, полученными в п.4.2. Расчеты выполнить для 8–12 положений звеньев в соответствии с п.4.2.



Указание. Первичные ошибки — Δl принять равными:

$\Delta l=(0,6…0,8)\cdot\delta$,

где δ — допуск размера звена.

где δ — допуск размера звена.

Допуск размера звена определяется на основе понятия о единице допуска. В Единой системе допусков и посадок для размеров от 1 до 500 *мм* единица допуска равна (см. табл. 1):

$$i = 0{,}45 \cdot \sqrt[3]{D_U} + 0{,}001 \cdot D_U,$$

где: *i* — единица допуска [*мкм*]; D_U — среднее геометрическое граничных значений интервала номинальных значений [*мм*].

Таблица 1. Значения единицы допуска (выборочно).

Интервал номинальных значений, *мм*	св. 10 до 18	св. 18 до 30	св. 30 до 50	св. 50 до 80	св. 80 до 120	св. 120 до 180	св. 180 до 250
Единица допуска, *мкм*	1,08	1,31	1,56	1,82	2,17	2,59	2,90

Величина допуска определяется по формуле:

$\delta = a \cdot i$,

где *a* — число единиц допуска в зависимости от точности изготовления звена, определяется по таблице 2.

Таблица 2. Точность изготовления звеньев.

Квалитет	7	8	9	10	11	12
Число единиц допуска	16	25	40	64	100	160

5. Вторая часть пункта 4

Для четных вариантов в задании первичные ошибки следует принимать со знаком «+», для нечетных — со знаком «-».

Результаты вычислений ошибок положения механизма для всех положений следует свести в таблицу (см. табл. 3 для 8-ми положений).

Определяемые величины	Обозначения и расчетные формулы	Числовые значения							
		Положения механизма, *град.*							
		1	2	3	4	5	6	7	8
		0	45	90	135	180	225	270	315
Идеальная характеристика									
Ошибка механизма, вычисленная методом плана малых перемещений									
Ошибка механизма, вычисленная дифференциальным методом (аналитически)									

Раздел 3. Динамика механических систем

Контролируемые ИДК: ОПК-1.1

Тема 3.1. Динамика механических систем

Форма контроля/оценочное средство: Просмотр выполненных работ

Вопросы/Задания:

1. Расчет сил, действующих на звенья механизма и силинерции. Определение их влияния на работу механизма. Метод рычага Н.Е.Жуковского

Раздел 4. Типовые механизмы и элементы приборов

Контролируемые ИДК: ОПК-1.1

Тема 4.1. Типовые механизмы и элементы приборов

Форма контроля/оценочное средство: Выполнение раздела курсовой работы/проекта

Вопросы/Задания:

1. Построение планов скорости и планов ускорений звеньев механизма

Размеры звеньев, для которых при точностном анализе должны быть учтены первичные ошибки, во всех заданиях отмечены звездочкой *.

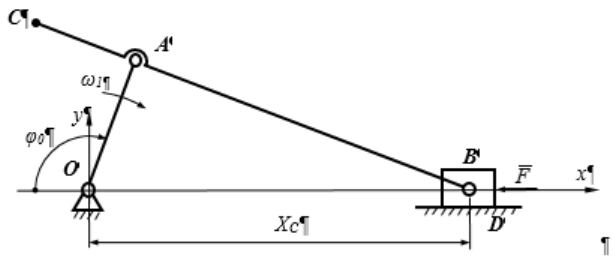
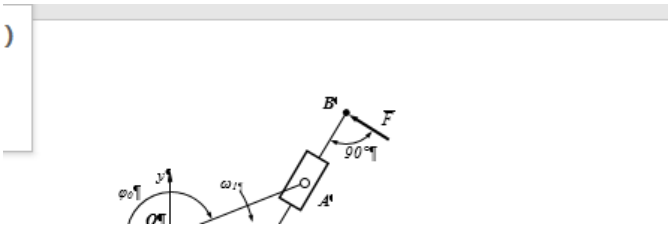


Рисунок 1. Структурная схема №1.

Таблица 1. Исходные данные к схеме №1

Параметры	Варианты							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Начальное положение механизма								
Значение угла поворота входного звена в начальном положении – φ_0, (°)	30	60	105	120	150	45	75	315
Номинальные размеры звеньев								
l_{OA}, (мм) *	33	36	43	46	50	53	56	60
l_{AB}, (мм) *	54	60	70	75	80	86	92	97
l_{BC}, (мм)	80	90	105	115	120	130	140	145
Точность изготовления звеньев								
Квалитет	7	8	9	10	11	7	8	9
Частота вращения входного звена								
ω_1, (рад$^{-1}$)	50	40	45	40	35	30	40	35
*. – для указанных звеньев рассчитываются первичные ошибки при проведении точностного анализа.								

2. Схема 1



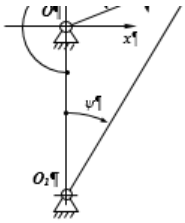


Рисунок 2. Структурная схема № 2.

Таблица 2. Исходные данные к схеме № 2

Параметры	Варианты							
	9	10	11	12	13	14	15	16
Начальное положение механизма								
Значение угла поворота входного звена в начальном положении – φ_0, (°)	90	120	150	210	240	270	300	60
Номинальные размеры звеньев								
l_{OA}, (мм)*	30	40	45	65	35	40	25	45
l_{O1B}, (мм)	90	85	105	125	110	120	85	135
l_{O01}, (мм)*	40	25	30	40	50	55	35	60
Точность изготовления звеньев								
Квалитет	7	8	9	10	11	7	8	9
Частота вращения входного звена								
ω_1, (рад$^{-1}$)	45	35	30	20	40	35	50	25
*. – для указанных звеньев рассчитываются первичные ошибки при проведении точностного анализа.								

3. Схема 2

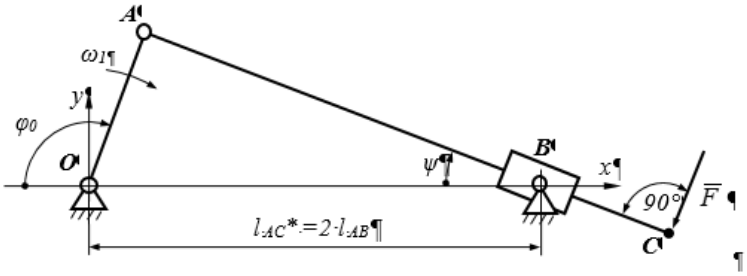


Рисунок 3. Структурная схема № 3.

Таблица 3. Исходные данные к схеме № 3

Параметры	*Варианты*							
	17	*18*	*19*	*20*	*21*	*22*	*23*	*24*
Начальное положение механизма								
Значение угла поворота входного звена в начальном положении – φ0, (°)	*30*	*60*	*90*	*120*	*150*	*210*	*240*	*270*
Номинальные размеры звеньев								
*lOA, (мм)**	*30*	*35*	*40*	*42*	*50*	*55*	*60*	*65*
lAC, (мм)	*95*	*100*	*125*	*140*	*155*	*170*	*185*	*200*
Точность изготовления звеньев								
Квалитет	*9*	*10*	*11*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*
Частота вращения входного звена								
ω1, (рад-1)	*45*	*40*	*35*	*30*	*27*	*25*	*20*	*32*
. – для указанных звеньев рассчитываются первичные ошибки при проведении точностного анализа.								

4. Схема 3

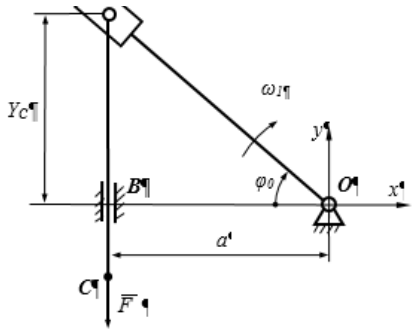


Рисунок 4. Структурная схема № 4.

Таблица 4. Исходные данные к схеме № 4

Параметры	Варианты								
	25	26	27	28	29	30	31	32	
Начальное положение механизма									
Значение угла поворота входного звена в начальном положении — φ0, (°)*	50	-45	30	45	20	-40	25	-35	
Диапазон изменения угла φ									
φ max, (°)*		60	-50	45	55	50	35	-40	-30
Номинальные размеры звеньев									
la, (мм)**		28	45	52	37	40	30	65	35
Точность изготовления звеньев									
Квалитет	10	8	9	11	7	9	10	8	
Частота вращения входного звена									
ω1, (рад-1)	45	30	25	40	35	45	20	35	

*— положительный угол φ отсчитывается от оси x по часовой стрелке, отрицательный — против часовой.

**. — для указанных звеньев рассчитываются первичные ошибки при проведении точностного анализа.

5. Схема 4

Раздел 5. Зубчатые передачи

Контролируемые ИДК: ОПК-1.1

Тема 5.1. Зубчатые передачи

Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа

Вопросы/Задания:

1. Практическая работа №3. Зубчатая передача, прямозубая (косозубая)цилиндрическая передача, Рсчет из основных геометрических параметров.

Раздел 6. Направляющие

Контролируемые ИДК: ОПК-1.1

Тема 6.1. Направляющие

Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа

Вопросы/Задания:

1. Практическая работа №4. Силовой анализ механизмов. Метод рычага Н.Е. Жуковского.
2. Практическая работа №5. Точностной анализ механизма методом малых перемещений
3. Практическая работа №6. Виды кулачковых механизмов, методы их расчета.
4. Практическая работа №7. Способы расчета многоступенчатых зубчатых передач.

Раздел 7. Винтовые механизмы

Контролируемые ИДК: ОПК-1.1

Тема 7.1. Винтовые механизмы.

Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа

Вопросы/Задания:

1. Практическая работа №8. Расчет основных параметров винтовых механизмов.

Форма контроля/оценочное средство: Выполнение раздела курсовой работы/проекта

Вопросы/Задания:

1. Определение числа ступеней и передаточных отношений в многоступенчатой передачи.

Раздел 8. Упругие элементы

Контролируемые ИДК: ОПК-1.1

Тема 8.1. Упругие элементы.

Форма контроля/оценочное средство: Просмотр выполненных работ

Вопросы/Задания:

1. Виды упругих элементов. Их основные характеристики и применение.

7. Оценочные материалы промежуточной аттестации

4 семестр, Экзамен

Контролируемые ИДК: ОПК-1.1

Вопросы/Задания:

1. Механические системы приборов, их состав и функциональное назначение

2. Классификация кинематических пар. Низшие и высшие кинематические пары.

3. Степень подвижности плоской кинематической цепи. Формула П.Л. Чебышева.

4. Задачи и методы кинематического исследования механизмов.

5. Силы, действующие на звенья механизма. Силы инерции звеньев механизмов.

6. Рычажные механизмы. Синусные и тангенсные механизмы.

7. Фрикционные передачи и вариаторы.

8. Передачи гибкой связью.

9. Виды зубчатых передач точной механики.

10. Эвольвентное зацепление.

11. Параметры прямозубых цилиндрических колес с эвольвентным профилем зуба.

12. Прямозубые и косозубые цилиндрические колеса, их преимущества и недостатки.

13. Пространственные зубчатые передачи. Конические и червячные передачи.

14. Планетарные и волновые зубчатые механизмы.

15. Многоступенчатые зубчатые передачи.

16. Точность зубчатых колес и передач.

17. Классификация направляющих

18. Направляющие вращательного движения. Назначение и классификация.

19. Пружины. Мембраны. Сильфоны.

20. Определение положений и перемещений звеньев механизма.

21. Построение планов скоростей и ускорений на примере шарнирного четырехзвенника.

22. Определение числа ступеней и распределение передаточных отношений по ступеням.

23. Выбор материалов направляющих с трением скольжения.

24. Выбор посадок и точности обработки рабочих поверхностей направляющих.

25. Расчет сепараторов. Выбор материалов и точности обработки.

26. Примеры конструкций направляющих вращательного движения оптических приборов.

27. Сравнительный анализ преимуществ и недостатков направляющих с трением скольжения и трением качения.

28. Применение стандартных и специальных шарикоподшипников.

29. Конструирование подшипниковых узлов.

30. Выбор и расчет основных параметров винтовых механизмов.

31. Конструкции узлов, применяемых для регулировки зазоров в направляющих поступательного движения.

32. Точность работы направляющих поступательного движения. Количественная оценка.

33. Минимальные перемещения в винтовых механизмах.

34. Принцип образования механизмов. Группы Ассура.

35. Мертвый ход и способы его умень

шения.

36. Силовое и температурное заклинивание.

37. Основные причины, вызывающие погрешности работы направляющих.

38. Направляющие поступательного движения с трением скольжения.

39. Направляющие поступательного движения с трением качения.

40. Направляющие поступательного движения с трением упругости.

41. Примеры конструкций направляющих вращательного движения оптических приборов.

42. Шарикоподшипники. Виды и классификация шарикоподшипников.

43. Точность шарикоподшипников.

44. Мертвый ход винтового механизма и способы его уменьшения.

45. Дифференциальные винтовые механизмы, их применение, преимущества и недостатки.

46. Характеристики упругих элементов.

47. Термобиметаллические элементы. Назначение и применение