

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Учреждение образования  
«Гомельский государственный технический университет  
имени П.О. Сухого»

УТВЕРЖДЕНО

На заседании приемной комиссии  
Протокол № 1 от «02» 10 2012 г.

Председатель приемной комиссии

 С.М. Тимошин

(подпись)



ПРОГРАММА  
ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА В АСПИРАНТУРУ  
по специальности 05.02.02 «Машиноведение, системы приводов и детали машин»



# 1 ПРОГРАММА

## **Введение**

Роль машин в повышении производительности труда. Ведущая роль машиностроения среди других отраслей народного хозяйства. Краткие сведения из истории машиностроения. Развитие советского машиностроения. Особенности и достижения советского и зарубежного машиностроения. Основные направления в развитии конструкций машин.

Классификация деталей машин.

Краткий исторический обзор развития конструкций деталей машин. Развитие теории деталей машин. Роль отечественных механиков и ученых. Развитие курсов общего машиностроения и деталей машин.

Динамика, работоспособность и надежность машин.

## **Надежность машин**

Основные положения и показатели надежности. Общие зависимости надежности. Надежность в период нормальной эксплуатации машин. Надежность в период износовых отказов. Надежность восстанавливаемых изделий. Оценка надежности систем по надежности элементов. Надежность систем с резервированием.

Статистический контроль надежности к долговечности. Техническая диагностика. Вероятностные методы расчета деталей машин.

## **Прочность и жесткость деталей машин**

Несущая способность деталей машин при статическом и малоцикловом нагружении. Прочность при переменных стационарных и нестационарных напряжениях. Статические закономерности усталостного разрушения. Вероятностные расчеты на прочность. Пути повышения прочности. Упрочнения.

Статические моменты сечений. Центр тяжести плоского сечения. Моменты инерции плоских фигур. Напряжения и деформации при растяжении-сжатии. Закон Гука. Допускаемые напряжения. Поперечная деформация. Коэффициент Пуассона.

Виды испытаний материалов. Испытание на растяжение. Диаграмма растяжения.

Кручение. Напряжения и деформации при кручении. Расчет брусьев круглого поперечного сечения на прочность и жесткость.

Поперечный изгиб. Внешние силовые факторы. Определение опорных реакций. Чистый изгиб. Поперечная сила и изгибающий момент. Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов. Определение нормальных напряжений при поперечном изгибе. Условие прочности. Изгиб с кручением брусьев круглого сечения.

Расчеты упругих перемещений. Основные направления повышения жесткости. Контактные напряжения и контактная прочность. Контактная жесткость. Понятие о методе конечных элементов в применении к задачам прочности и жесткости конструкции.

## **Трение и износостойкость**

Виды трения и изнашивания. Геометрические характеристики поверхностей и площадь касания. Сухое трение. Граничное трение.

Трение в условиях гидродинамической и гидростатической смазки. Температура при трении. Расчеты.

Износ. Способы повышения износостойкости. Расчеты.

Основные понятия контактно-гидродинамической теории смазки.

## **Выбор материалов. стандартизация. взаимозаменяемость**

Классификация условия работы деталей машин с точки зрения выбора материала. Критерии выбора материалов. Основные методы поверхностных упрочнений деталей машин: теоретические, химико-термические, механические, термомеханические.

Основные пути экономии металла. Новые материалы и перспективы их применения в машинах.

Технологические требования к конструкциям деталей машин. Влияние технологии на формы деталей пайки. Технологические мероприятия по уменьшению веса. Выбор оптимальных заготовок. Роль экономических факторов в выборе типов и конструкций деталей машин.

Стандартизация деталей машин и ее значение. Система стандартов, Использование стандартов при проектировании машин. Типизация. Унификация моделей. Проектирование машин с учетом требований стандартизации. Агрегатирование машин.

Взаимозаменяемость. Допуски и посадки.

Основные принципы проектирования деталей машин. Составление задания. Выбор оптимальной конструкции. Выбор расчетной схемы. Разработка конструкций. Учет технологических требований.

## **Соединения**

Классификация соединений. Соединения стержней, листов и корпусных деталей: соединения вал-ступица, соединения валов, соединения труб. Соединения неразъемные и разъемные. Соединения фрикционные и нефрикционные (зацеплением).

Сварные соединения и их роль в машиностроении. Соединения дуговой электросваркой, электрошлаковой сваркой, контактной сваркой. Концентрация напряжений. Остаточные напряжения и деформации. Расчеты на прочность сварных соединений. Допускаемые напряжения и запасы прочности; нормативы. Расчеты на прочность при переменных напряжениях.

Паяные соединения. Клеевые соединения. Заклепочные соединения.

Соединения деталей с натягом. Прессовые посадки и области их применения в машиностроении. Несущая способность цилиндрических напряженных соединений. Расчет потребного натяга. Прочность сопрягаемых деталей. Расчетные и технологические натяги.

Резьбовые (винтовые) соединения. Основные определения. Классификация резьб. Основные параметры резьб. Стандарты. Основные типы крепежных винтов и гаек. Предохранение резьбовых соединений от развинчивания. Материалы,

применяемые для изготовления резьбовых деталей. Классы прочности. Расчет винта и элементов резьбы. Силовые зависимости в резьбе. Моменты трения на опорной поверхности гайки и головки винта. Коэффициент полезного действия винтовой пары. Самоторможение. Расчет винта, подверженного общему случаю нагружения. Классификация резьбовых соединений. Расчет одновинтового и многовинтового соединения: под действием сдвигающих сил и моментов. Расчеты плотных резьбовых соединений: присоединений крышек цилиндров, фланцевых соединений труб. Расчет резьбовых соединений, нагруженных силами и моментами в плоскости, перпендикулярной к стыку.

Клеммовые соединения. Конструктивные исполнения. расчет на прочность.

Шпоночные, зубчатые (штицевые) и профильные (бесшпоночные) соединения. Основные типы и области применения. Способы центрирования. Стандарты. Концентрация нагрузки. Расчеты несущей способности.

### **Передачи**

Назначение и роль передач в машинах. Принципы работы и классификация механических передач. Передачи трением и передачи зацеплением. Общие кинематические и энергетические соотношения для механических передач вращательного движения. Выбор расчетных нагрузок.

### **Фрикционные передачи и вариаторы**

Принцип работы. Области применения. Общие эксплуатационные характеристики. Геометрическое и упругое скольжение. Элементы конструкций. Материалы.

Передачи для постоянного передаточного отношения. Бесступенчатые передачи.

Кинематика передач. Точность передаточного отношения. Силы прижатия тел качения. Проверка контактных напряжений. Учет переменности режима. Допускаемые контактные напряжения. Определение размеров тел качения. Потери на трение. Коэффициент полезного действия.

### **Ременные передачи**

Общие сведения и основные характеристики. Области применения. Разновидности ременных передач. Основные типы и материалы плоских и клиновых ремней. Новые типы ремней и ремни из новых материалов. Стандарты на ремни. Соединения ремней. Геометрия и кинематика ременных передач. Теория работы ременных передач. Усилия и напряжения в ремне.

Кривые скольжения. Коэффициенты трения между ремнем и шкивом. Коэффициент полезного действия. Расчет ременных передач на основе кривых скольжения. Допускаемые напряжения. Особенности расчета клиноременных передач. Комплексный расчет на тяговую способность и долговечность. Проверка долговечности ременных передач.

Способы натяжения ремней. Передача с натяжным роликом. Силы, действующие на валы от ременной передачи. Поликлиноременные передачи. Шкивы ременных передач. Расчет основных элементов цельных и сварных шкивов. Клиноременные вариаторы. Зубчато-ременные передачи.

## **Зубчатые передачи**

Основные сведения. Классификация. Области применения. Стандартные параметры зубчатых передач. Выбор оптимальных параметров. Материалы. Термообработка и другие методы упрочнений. Критерии работоспособности и виды выхода из строя зубчатых передач. Точность изготовления зубчатых колес.

Расчет прямозубых, косозубых и шевронных цилиндрических передач на контактную прочность и изгиб. Расчетные зависимости для проектного и проверочного расчетов. Условия равнопрочности зубьев по напряжениям. ГОСТ на расчеты зубчатых передач на прочность. Корректирование зубчатых колес.

Определение расчетных нагрузок. Учет перегрузок, концентрация нагрузки по длине зубьев, переменности режима работы и срока службы, динамичности нагрузки, связанной с качеством изготовления. Допускаемые напряжения.

Коэффициент полезного действия. Смазка зубчатых передач. Расчет зубьев на заедание. Мероприятия против заеданий зубьев.

Конические зубчатые передачи с прямолинейными и криволинейными зубьями. Основные сведения из геометрии конических зацеплений. Особенности расчета на прочность.

Силы, действующие на валы и оси зубчатых колес. Конструкция зубчатых колес. Эксплуатация зубчатых передач.

Основные типы редукторов. Стандарты на основные параметры редукторов.

Планетарные зубчатые передачи. Расчет и конструирование.

Волновые передачи. Кинематика и профилирование. Расчеты на прочность. К. п. д. Конструкции и области применения.

Передачи цилиндрическими винтовыми колесами. Гипоидные передачи.

## **Червячные передачи**

Основные понятия и определения. Общие характеристики. Области применения. Классификация червячных передач.

Кинематика и геометрия червячных передач. Основные параметры и их выбор. Стандарты.

Критерии работоспособности и расчета; прочность зубьев, выносливость рабочих поверхностей, сохранение температуры в допускаемых пределах, отсутствие заедания. Применяемые материалы. Силы, действующие в червячном зацеплении.

Расчет зубьев на изгиб. Коэффициент форма зуба. Длина контактных линий. Расчетные формулы. Допускаемые напряжения. Расчет зубьев по контактным напряжениям. Приведенный радиус кривизны. Расчетные формулы. Допускаемые напряжения.

Определение расчетных нагрузок. Коэффициент полезного действия червячных передач. Тепловой расчет. Искусственное охлаждение. Понятие о расчете зубьев на сопротивление заеданию. Расчет червяка на прочность и жесткость.

Современные конструкции червячных редукторов. Смазка червячных передач.

## **Цепные передачи**

Классификация и конструкции приводных цепей. Области применения цепных передач в машиностроении. Основные характеристики. Выбор основных параметров цепных передач. Кинематика и геометрия цепных передач.

Критерии работоспособности цепных передач и исходные положения для расчета. Натяжение ветвей. Несущая способность и подбор цепей. Переменность передаточного числа. Динамические нагрузки. Коэффициент полезного действия. Проектирование звездочек. Смазка и эксплуатация цепных передач. Цепные вариаторы.

## **Передачи винт-гайка**

Области применения. Типы резьб. Допускаемые напряжения и скорости. Требования к точности. Конструкции. Передачи винт-гайка скольжения и качения.

## **Оси, валы и их соединения**

Классификация валов и осей. Конструкции. Критерии расчета: прочность, жесткость, колебания. Материалы. Выбор расчетных нагрузок. Выбор расчетных схем, идеализация опор.

Упрощенный расчет валов по номинальным напряжениям. Расчет на выносливость. Эффективные коэффициенты концентрации напряжений. Выбор запасов прочности или допускаемых напряжений. Упрочнения валов путем оптимизация формы, поверхностной термической и химико-термической обработки, поверхностного наклепа.

Расчет валов на жесткость, выбор расчетных условий, методика расчета.

## **Муфты**

Классификация муфт. Расчетные моменты.

Глухие муфты: втулочные и поперечно-свертные. Конструкции и схемы расчета.

Работа упругих муфт при действии переменных и ударных моментов. Упругие муфты с резиновыми и пластмассовыми упругими элементами, и с металлическими элементами. Демпфирующая способность упругих муфт. Конструкции и расчет.

Жесткие компенсирующие и подвижные муфты: зубчатые, крестовые и шарнирные. Подбор муфт. Стандарты.

Сцепные управляемые муфты. Жесткие сцепные муфты: кулачковые и зубчатые. Форма зубьев. Включение и выключение муфт. Синхронизаторы. Расчет зубьев.

Муфты трения. Классификация. Динамика включения. Расчетные коэффициенты трения и допускаемые давления. Расчетные формулы. Выбор материалов. Нормали. Механизм управления. Особенности конструкций и расчета шинно-пневматических муфт трения.

Самоуправляемые сцепные муфты. Предохранительные муфты со срезными штифтами, пружинно-кулачковые и фрикционные. Особенности конструкций и расчет.

Обгонные муфты, конструкция и расчет. Центробежные муфты. Электромагнитные фрикционные и порошковые муфты, электромагнитные муфты скольжения и гидравлические муфты: области применения.

### **Подшипники и направляющие. Подшипники скольжения**

Общие сведения. Основные типы и параметры подшипников скольжения. Подшипниковые материалы. Биметаллические и полиметаллические вкладыши. Виды выхода из строя подшипников. Критерии работоспособности и расчета.

Расчет подшипников, работающих в условиях смешанного трения. Распределение давления в смазочном слое. Расчет подшипников при условии жидкостного трения с заданной толщиной масляной пленки. Тепловой расчет подшипников. Подвод смазки в подшипниках. Расположение смазочных канавок. Расход смазки. Системы смазки.

Конструкции подшипников скольжения. Регулирование зазора. Сегментные подшипники. Подшипники с газовой смазкой. Гидростатические подшипники, расчет и конструкции. Расчет и конструкции подпятников скольжения.

### **Подшипники качения**

Классификация подшипников качения. Система условных обозначений. Конструкции подшипников. Основные геометрические соотношения. Выбор типов подшипников в зависимости от условий работы. Материалы тел качения и сепараторов.

Критерии работоспособности подшипников. Кинематика подшипников. Выбор расчетных нагрузок. Учет переменности режима работы. Подбор подшипников. ГОСТ на расчет подшипников качения.

Посадки подшипников. Потери на трение в подшипниках. Конструкции типовых подшипников сборочных единиц. Выбор предварительного натяга в подшипниках. Смазка подшипников. Сборка и разборка подшипниковых сборочных единиц.

### **Пружины**

Назначение пружин. Классификация пружин по виду нагружения и по форме. Области применения отдельных типов пружин. Материалы пружин. Допускаемые напряжения.

Конструктивные исполнения, схемы технического расчета (подбора) цилиндрических винтовых пружин растяжения и сжатия. Винтовые пружины кручения. Спиральные пружины (часового типа). Тарельчатые пружины. Понятие о рессорах.

### **Смазочные устройства**

Значение смазки машин. Классификация способов смазки и смазочных устройств. Типовые конструкции смазочных устройств для индивидуального и централизованного подвода жидкой и пластичной смазки. Типовые конструкции устройства для контроля, подачи, очистки и охлаждения масла. Расход смазки.

### **Системы приводов**

Классификация приводов. Электрические, гидравлические, пневматические и смешанные приводы. Основные характеристики и области применения.



Состояние теории, расчета и проектирования приводов, перспективы развития. Методы анализа и синтеза. Детерминированные и статистические методы. Задача оптимального проектирования. Понятие о компьютерных методах проектирования приводов.

Структурные и принципиальные схемы объемных гидроприводов, гидродинамических передач, следящих и электрогидроприводов. Сравнительная оценка. Область применения систем гидроприводов. Методы выбора и расчет основных параметров гидроцилиндров.

Типы пневматических исполнительных устройств поступательного и вращательного движения. Поршневые, мембранные, шланговые, сильфонные, роторные приводы.

Назначение и области применения электропривода. Обобщенная функциональная схема электропривода. Механическая часть электропривода. Моменты и силы сопротивления. Автоматические системы управления электроприводами.

## 2 ВОПРОСЫ К ВСТУПИТЕЛЬНОМУ ЭКЗАМЕНУ В АСПИРАНТУРУ

1. Роль машин в повышении производительности труда. Краткие сведения из истории машиностроения. Развитие отечественного машиностроения. Основные направления в развитии конструкций машин на современном этапе.

2. Износ. Абразивное изнашивание. Изнашивание при фреттинг-коррозии. Способы повышения износостойкости.

3. Классификация условий работы деталей машин с точки зрения выбора материала. Критерии выбора материалов.

4. Статические моменты сечений. Центр тяжести плоского сечения. Моменты инерции плоских фигур.

5. Напряжения и деформации при растяжении-сжатии. Закон Гука. Допускаемые напряжения. Поперечная деформация. Коэффициент Пуассона.

6. Виды испытаний материалов. Испытание на растяжение. Диаграмма растяжения.

7. Кручение. Напряжения и деформации при кручении. Расчет брусьев круглого поперечного сечения на прочность и жесткость.

8. Поперечный изгиб. Внешние силовые факторы. Определение опорных реакций. Чистый изгиб. Поперечная сила и изгибающий момент. Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов. Определение нормальных напряжений при поперечном изгибе. Условие прочности.

9. Изгиб с кручением брусьев круглого сечения.

10. Основные методы поверхностных упрочнений деталей машин: термические, химико-термические, механические, термомеханические.

11. Использование новых материалов в машинах и перспективы их применения.

12. Классификация соединений. Разъемные и неразъемные соединения.

13. Сварные соединения и их роль в машиностроении. Виды сварки. Типы сварных швов, их особенности. Соединения встык, внахлестку, втавр, их расчет на прочность. Выбор допускаемых напряжений.

14. Заклепочные соединения. Виды заклепок, их классификация. Расчет на прочность элементов заклепочного шва. Материалы заклепок и допускаемые напряжения.

15. Резьбовые соединения. Основные типы резьб и их классификация. Основные параметры резьб. Материалы, применяемые для изготовления резьбовых деталей. Классы прочности.

16. Зависимость между моментом, приложенным к гайке, и осевой силой винта. Самоторможение и КПД винтовой пары. Распределение осевой нагрузки винта по виткам резьбы.

17. Расчеты резьбовых соединений на прочность (на стержень винта действует только внешняя растягивающая нагрузка; болтовое соединение нагружено силами, сдвигающими детали в стыке; болт затянут, внешняя нагрузка раскрывает стык деталей).

18. Шпоночные (виды) и шлицевые (виды) соединения. Расчет на прочность.
19. Назначение и роль передач в машинах. Принципы работы и классификация механических передач. Передача трением и передача зацеплением.
20. Общие кинематические и энергетические соотношения для механических передач вращательного движения.
21. Определение контактных напряжений. Допускаемые контактные напряжения.
22. Геометрические параметры цилиндрических зубчатых передач. Материалы. Термообработка зубчатых колес. Критерии работоспособности и виды выхода из строя зубчатых передач. Точность изготовления зубчатых колес.
23. Расчет цилиндрических передач на контактную выносливость. Стандарты на расчеты зубчатых передач на прочность. Понятие о коррегировании зубчатых колес.
24. Определение расчетных нагрузок. Учет перегрузок, концентрация нагрузки по длине зубьев, переменность режима работы и срока службы, динамичности нагрузки. Допускаемые напряжения. КПД зубчатой передачи.
25. Конические зубчатые передачи с прямолинейными и криволинейными зубьями. Основные сведения из геометрии конических зацеплений. Особенности расчета на прочность.
26. Силы в зацеплении зубчатых передач (цилиндрические и конические). Конструкция зубчатых колес.
27. Основные типы редукторов. Стандарты на основные параметры редукторов.
28. Червячные передачи. Основные геометрические соотношения и параметры. Типы червяков. Критерии работоспособности червячных передач. Материалы червяка и червячного колеса. Скольжение в червячной передаче. КПД передачи.
29. Силы, действующие в червячном зацеплении. Расчет червячной передачи по контактным напряжениям. Расчет червячной передачи по напряжениям изгиба зуба колеса.
30. Классификация валов и осей. Конструкции. Критерии расчета: прочность, жесткость, колебания. Материалы. Выбор расчетных нагрузок. Выбор расчетных схем, идеализация опор.
31. Основные типы и параметры подшипников скольжения. Виды выхода из строя подшипников. Критерии работоспособности и расчета.
32. Расчет подшипников скольжения, работающих в условиях смешанного трения. Расчет подшипников при условии жидкостного трения с заданной толщиной масляной пленки. Тепловой расчет подшипников.
33. Классификация подшипников качения. Система условных обозначений.
34. Конструкции подшипников качения. Основные геометрические соотношения. Выбор типов подшипников в зависимости от условий работы. Материалы тел качения и сепараторов.

35. Критерии работоспособности подшипников качения. Кинематика подшипников. Выбор расчетных нагрузок. Подбор подшипников качения по динамической грузоподъемности.

36. Муфты приводов. Классификация. Определение расчетного крутящего момента. Глухие, компенсирующие и упругие муфты. Выбор муфт.

### 3 РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

#### Основная литература.

1. Иванов М.Н., Финогенов В.А. Детали машин: Учебник для вузов. 8-е изд. – М.: Высш.шк., 2003.
2. Иосилевич Г.Б. Детали машин: Учебник. – М.: Машиностроение, 1988.
3. Кудрявцев В.Н. Детали машин: Учебник. – Л.: Машиностроение, 1980.
4. Решетов Д.Н. Детали машин: Учебник для студентов машиностроительных вузов. – 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1989.
5. Биргер И.А., Шор Б.Ф., Иосилевич И.Б. Расчет на прочность деталей машин. – М., Машиностроение, 1993.
6. Крагельский И.Н., Добычин М.Н., Комбалов В.С. Основы расчетов на трение и износ. – М., Машиностроение, 1977.
7. Гаркунов Д.Н., Триботехника. – М., Машиностроение, 1985.
8. Дарков А.В., Шпиро Г.С. Сопrotивление материалов. – М.: Высшая школа, 1989.
9. Кочетов В.Т., Кочетов М.В., Павленко А.Д. Сопrotивление материалов: Учеб. пособие для вузов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004.

#### Дополнительная литература.

1. Анурьев В.И. Справочник конструктора–машиностроителя. В 3-х томах. – М.: Машиностроение, 2001.
2. Валы и оси. Конструирование и расчёт/ Под ред. Серенсена С.В.. – М.: Машиностроение, 1980.
3. ГОСТ 21356-87 Передачи цилиндрические эвольвентные. Расчеты на прочность. – М.: Изд-во стандартов, 1987.
4. Гузенков П.Г. Детали машин: Учеб. пособие для втузов. – М.: Высшая школа, 1986.
5. Жуков К.П., Гуревич Ю.Е. Проектирование деталей и узлов машин. – М.: Изд-во Станкин, 1999.

### 3 РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

#### Основная литература.

1. Иванов М.Н. , Финогенов В.А. Детали машин: Учебник для вузов. 8-е изд. – М.: Высш.шк.,2003.
2. Иосилевич Г.Б. Детали машин: Учебник.– М.: Машиностроение, 1988.
3. Кудрявцев В.Н. Детали машин: Учебник.– Л.: Машиностроение, 1980.
4. Решетов Д.Н. Детали машин: Учебник для студентов машиностроительных вузов. – 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1989.
5. Биргер И.А., Шор Б.Ф., Иосилевич И.Б. Расчет на прочность деталей машин. – М., Машиностроение, 1993.
6. Крагельский И.Н., Добычин М.Н., Комбалов В.С. Основы расчетов на трение и износ. – М., Машиностроение, 1977.
7. Гаркунов Д.Н., Триботехника. – М., Машиностроение, 1985.
8. Феодосьев В.И. Сопrotивление материалов. – М.: Наука, 1970.
9. Дарков А.В., Шпиро Г.С. Сопrotивление материалов. – М.: Высшая школа, 1989.
10. Кочетов В.Т., Кочетов М.В., Павленко А.Д. Сопrotивление материалов: Учеб. пособие для вузов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004.

#### Дополнительная литература.

1. Анурьев В.И. Справочник конструктора–машиностроителя. В 3-х томах. – М.: Машиностроение, 2001.
2. Валы и оси. Конструирование и расчёт/ Под ред. Серенсена С.В.. – М.: Машиностроение, 1980.
3. ГОСТ 21356-87 Передачи цилиндрические эвольвентные. Расчеты на прочность. – М.: Изд-во стандартов,1987.
4. Гузенков П.Г. Детали машин: Учеб. пособие для втузов. – М.: Высшая школа, 1986.
5. Жуков К.П., Гуревич Ю.Е. Проектирование деталей и узлов машин. – М.: Изд-во Станкин, 1999.

Председатель  
зав. кафедрой «Детали-машин»  
д.т.н., профессор



Г.П.Тариков