



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ДГТУ)**

**ОЛИМПИАДА «Я – МАГИСТР»
ДЛЯ ПОСТУПАЮЩИХ В МАГИСТРАТУРУ в 2026 году**

**15.04.03 Прикладная механика,
«Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг»
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ
К ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОМУ ЭТАПУ ОЛИМПИАДЫ**

Составители: Лесняк О.Н., Михалев А.И.,
(члены методической комиссии)

Председатель методической комиссии:
Вислоусова И.Н.,

ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП

Характер и уровень сложности олимпиадных задач направлены на достижение целей проведения Олимпиады: выявление и поддержка лиц, проявивших выдающиеся способности; стимулирование учебно-познавательной и научно-исследовательской деятельности обучающихся; развитие у обучающихся интеллектуальных и творческих способностей; создание необходимых условий для формирования качественного контингента магистрантов, ориентированных на продолжение академической карьеры; формирование системы непрерывного взаимодействия с одаренной и талантливой молодежью; распространение и популяризация научных знаний; привлечение талантливой молодежи, в том числе из зарубежных стран, к обучению в магистратуре.

Задания дифференцированы по сложности и требуют различных временных затрат на верное и полное решение. Задания направлены на выявление интеллектуального потенциала, аналитических способностей и креативности мышления участников и т.п.

Очный этап Олимпиады проводится только в письменной форме. Каждый участник Олимпиады получает бланк с заданием, содержащий пять заданий. При выполнении заданий требуется:

1. Нарисовать рисунок, если задание подразумевает его наличие;
2. Написать уравнения;
3. Дать четкий ответ.

При написании работы можно использовать: карандаш, ручку, линейку, калькулятор.

При подготовке к Олимпиаде следует повторить приведенные ниже темы.

ПЕРЕЧЕНЬ ЭЛЕМЕНТОВ СОДЕРЖАНИЯ, ВКЛЮЧЕННЫХ В ЗАДАНИЯ ОЛИМПИАДЫ ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО ЭТАПА 2025/2026 УЧЕБНОГО ГОДА

Тема 1. «Расчёт соединений». Расчёт шлицевого соединения как разновидности зубчатого (шлицевого) соединения.

- Описание раздела.

Теоретическая механика: Изучает равновесие и движение тел без учёта их деформации и прочности. Здесь же ключевой вопрос — не равновесие (оно задано фактом передачи момента), а напряжения и прочность материала под нагрузкой.

Детали машин: Это прикладная дисциплина, которая использует методы сопромата для расчёта конкретных элементов (валов, соединений, подшипников). Данная задача — типичная задача из курса «Детали машин», но её теоретическая и методическая основа — это расчёт на прочность из сопромата.

Теория упругости: Даёт более точные и общие методы расчёта напряжений, но для таких стандартных соединений используют упрощённые формулы, выведенные на основе сопромата и подтверждённые практикой.

Пример вопроса.

1. Вопрос: Как изменится расчётный диаметр шлицевого вала, если допускаемое напряжение смятия увеличить в 1.5 раза, а момент нагрузки останется тем же?

Разбор: Из формулы $D_{ср} \propto 1/[\sigma_{см}]$, поэтому при увеличении $[\sigma_{см}]$ в 1.5 раза, $D_{ср}$ уменьшится в $1.5 \approx 1.22$ раза. Пример: было 33 мм, станет ~27 мм.

2. Вопрос: Какое влияние на прочность соединения окажет увеличение длины ступицы в 2 раза?

Разбор: Напряжение смятия обратно пропорционально длине ступицы, поэтому при увеличении длины в 2 раза напряжение уменьшится в 2 раза, что позволяет либо уменьшить диаметр, либо передавать больший момент.

Тема 2. Определение силовых факторов и кривизны в статически неопределимой раме

Описание раздела.

Задача относится к разделу сопротивления материалов, а именно к расчёту статически неопределимых систем при изгибе. Ключевыми аспектами являются: 1) определение силовых факторов (изгибающих моментов, поперечных сил) в раме с использованием метода сил или уравнений совместности деформаций; 2) анализ деформированного состояния и определение кривизны изогнутой оси балки. Условие об изгибе горизонтального участка по дуге окружности накладывает специальное требование на распределение изгибающего момента (он должен быть постоянным), что позволяет найти дополнительную силу.

Пример вопроса.

1. Вопрос: Как изменится необходимая сила X , если длину вертикальной стойки a увеличить в 2 раза, а нагрузку q оставить прежней?

Разбор: Из формулы $X = (q * l^2) / (2 * a)$ видно, что сила X обратно пропорциональна

длине стойки. При увеличении a в 2 раза сила X уменьшится в 2 раза. Это объясняется тем, что плечо силы X относительно горизонтальной балки увеличивается, и для создания требуемого компенсирующего момента нужна меньшая сила.

2. Вопрос: Как повлияет на радиус кривизны ρ увеличение модуля упругости E материала рамы в 1.5 раза при сохранении всех геометрических и нагрузочных параметров?

Разбор: Радиус кривизны ρ прямо пропорционален модулю упругости E ($\rho = E \cdot I / M$). Следовательно, при увеличении E в 1.5 раза радиус кривизны также увеличится в 1.5 раза. Это означает, что балка станет более жёсткой и её изгиб (кривизна) уменьшится при том же изгибающем моменте.

Тема 3. Кинематический анализ плоского движения твёрдого тела

Описание раздела.

Задача относится к разделу теоретической механики - "Кинематика", а именно к кинематическому анализу плоского движения твёрдого тела и определению скоростей и ускорений точек механизма. В таких задачах используется аппарат теории мгновенных центров скоростей, векторных уравнений и теоремы о проекциях скоростей. Основной метод решения - использование зависимостей между скоростями и ускорениями точек тела при его плоском движении.

Пример вопроса.

1. Вопрос: Как изменится скорость точки B , если длину звена AB увеличить в 2 раза при сохранении скорости точки A ?

Разбор: Для случая вращательного движения скорость точки B пропорциональна длине звена: $V_B = \omega \cdot AB$. Однако угловая скорость $\omega = V_A / AB$ обратно пропорциональна длине звена. Следовательно, $V_B = (V_A / AB) \cdot AB = V_A$. То есть при вращении вокруг точки A скорость точки B не зависит от длины звена и равна скорости точки A по модулю (при соответствующем направлении). Для других видов движения результат будет иным.

2. Вопрос: Что произойдёт с угловым ускорением звена AB , если ускорение точки A увеличится в 3 раза, а длина звена останется прежней?

Разбор: Угловое ускорение связано с тангенциальной составляющей ускорения точки А соотношением $\varepsilon = a_{A\tau}/AB$, $\varepsilon = a_{A\tau}/AB$. Если ускорение точки А увеличится в 3 раза, то при условии, что его тангенциальная составляющая также увеличится в 3 раза, угловое ускорение увеличится в 3 раза. Однако если изменение ускорения связано только с нормальной составляющей (например, при увеличении скорости на криволинейной траектории), то угловое ускорение может не измениться.

Тема 4. Равновесие тел и определение сил давления при действии сил натяжения

Описание раздела.

Данная задача относится к разделу «Статика» классической механики (теоретической механики). Статика изучает условия равновесия тел под действием системы сил. В данном случае необходимо рассмотреть равновесие человека, находящегося на опоре (дно шахты), под действием силы тяжести, силы реакции опоры и силы натяжения каната. Ключевым является применение первого закона Ньютона (условия равновесия) для материальной точки или тела: сумма всех действующих на тело сил равна нулю. Давление, оказываемое на дно шахты, численно равно силе реакции опоры, но противоположно ей по направлению.

Пример вопроса.

1. Вопрос: Как изменилось бы давление человека на дно шахты, если бы он не удерживал груз, а висел на канате, пытаясь поднять себя? Считать, что он прилагает к канату максимальное усилие, равное своему весу. Разбор: В этом случае человек не стоит на опоре, а висит на канате. Сила натяжения каната T направлена вверх.

Вес человека $P_{ч} = 640$ Н направлен вниз.

Если человек висит неподвижно, то условие равновесия для него: $T - P_{ч} = 0$, откуда $T = P_{ч} = 640$ Н. Его ноги не давят на дно шахты, следовательно, сила реакции опоры и сила давления равны нулю ($N = 0$, $F_{д} = 0$). Давление на дно отсутствует. Этот пример показывает важность учета направления силы натяжения.

2. Вопрос: Какой груз должен удерживать человек весом 640 Н, чтобы его давление на пол стало равным 200 Н?

Разбор: Искомое давление $F_d = 200$ Н. Следовательно, реакция опоры $N = 200$ Н.

Пусть вес удерживаемого груза (и, соответственно, сила натяжения каната, приложенная человеком вниз) равен P_g .

Уравнение равновесия: $N - P_{ч} - P_g = 0$.

Подставляем: $200 \text{ Н} - 640 \text{ Н} - P_g = 0$.

Отсюда $P_g = 200 \text{ Н} - 640 \text{ Н} = -440 \text{ Н}$.

Отрицательный знак означает, что для уменьшения давления до 200 Н человек должен прикладывать силу на канат не вниз, а вверх. То есть, чтобы давить на пол с силой всего 200 Н, человек должен не удерживать груз, а подтягивать себя за канат с силой 440 Н. Итоговое уравнение для этого случая (сила натяжения T направлена вверх): $N - P_{ч} + T = 0 \rightarrow 200 - 640 + T = 0 \rightarrow T = 440 \text{ Н}$. Задача демонстрирует, как выбор конфигурации сил меняет физическую ситуацию.

Тема 5. Расчёт фрикционных (болтовых) соединений, нагруженных поперечной силой

Описание раздела.

Данная задача относится к разделу «Сопротивление материалов» и «Детали машин», а именно к расчёту болтовых соединений, работающих без среза. Ключевые аспекты раздела: 1) расчёт силы предварительной затяжки болта, обеспечивающей передачу внешней нагрузки за счёт трения между соединяемыми деталями; 2) анализ условий отсутствия сдвига и обеспечения надёжного соединения; 3) учёт коэффициента трения и запаса прочности. В основе решения лежит условие, что сдвигающая сила должна быть полностью уравновешена силами трения, возникающими от затяжки болта.

Пример вопроса.

1. Вопрос: Как изменится необходимая сила затяжки, если коэффициент трения между пластинами увеличится с 0.2 до 0.3, а все остальные условия останутся прежними?

Разбор: Сила затяжки обратно пропорциональна коэффициенту трения: $F_{\text{ат}} = P / (f * i)$. При увеличении f в 1.5 раза ($0.3/0.2=1.5$) необходимая сила затяжки уменьшится во столько же раз. Новая сила затяжки: $F_{\text{зат.нов}} = 2000 \text{ Н} / (0.3 * 1) \approx 6667 \text{ Н} \approx 6.67 \text{ кН}$.

Вывод: Повышение коэффициента трения (например, за счёт специального покрытия или насечки поверхностей) позволяет существенно снизить требуемую затяжку, уменьшая нагрузку на болт.

2. Вопрос: В какую сторону и во сколько раз изменится расчётная сила затяжки, если выяснится, что в соединении происходит сдвиг по двум плоскостям (например, соединение трёх пластин одним болтом), и общую силу $P = 2 \text{ кН}$ воспринимают обе плоскости поровну?

Разбор: Изначально: $i_1 = 1$, $F_{\text{зат}1} = P / f$. В новом случае: число поверхностей трения $i_2 = 2$. Полная внешняя сдвигающая нагрузка P распределяется между двумя плоскостями. Наиболее нагруженное условие — когда вся сила P стремится сдвинуть одну пару пластин. Для надёжности считают, что каждая плоскость трения должна удерживать всю силу P (болт затягивает весь пакет). Условие: $i * f * F_{\text{зат}} \geq P$.

Новая сила затяжки: $F_{\text{зат}2} = P / (f * i_2) = P / (0.2 * 2) = P / 0.4$.

Отношение: $F_{\text{зат}2} / F_{\text{зат}1} = (P/0.4) / (P/0.2) = 0.2/0.4 = 0.5$.

Вывод: При увеличении числа поверхностей трения в два раза, необходимая сила затяжки для удержания той же поперечной силы уменьшается в два раза (до 5 кН). Это важно при проектировании многорядных и пакетных соединений.

Литература для подготовки

1. Тарг С.М. "Краткий курс теоретической механики"
2. Яблонский А.А. "Курс теоретической механики. Статика. Кинематика"
3. Феодосьев В.И. (гл. 4, 6, 7) – теория изгиба, определение перемещений.

Интернет- ресурсы:

1. Техническая библиотека (techlibrary.ru)
2. Online библиотека МГТУ им. Баумана (<http://library.bmstu.ru/>)

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Донской государственный технический университет»**

**ОЛИМПИАДА «Я – МАГИСТР»
ДЛЯ ПОСТУПАЮЩИХ В МАГИСТРАТУРУ
2026 года**

ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП

15.04.03 Прикладная механика

Направление/программа

«Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг»

Профиль

Факультет «Агропромышленный»,

Кафедра «Теоретическая и прикладная механика»

Задание:

Задание 1

На шлицевый концевой участок вала устанавливается деталь, длина ступицы которой равна 45 мм. Передаваемый момент $T = 600$ Нм. Допускаемое напряжение смятия $[\sigma_{см}] = 80$ МПа. Требуется определить предельное значение диаметра вала (шлицы прямобочные).

Всего: 10 баллов. Из них: 100.

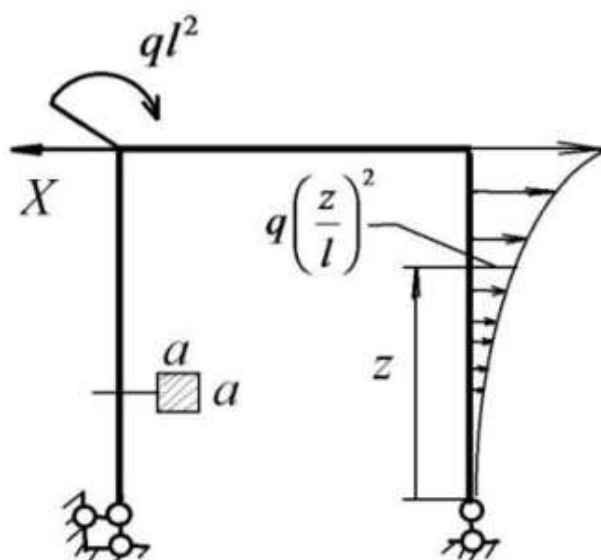
Критерии проверки (оценивания)

Критерий	Балл
Дан неверный ответ/ответ отсутствует	0
Правильно определено предельное значение диаметра вала	10
Дан верный ответ по всем пунктам	10

Задание 2

Чему должна равняться сила X , чтобы горизонтальный участок рамы изогнулся по дуге окружности? Считая перемещения малыми, найти радиус кривизны этой окружности.

Дано: q , l , a , E – модуль Юнга



Всего: 30 баллов. Из них:100.

Критерии проверки (оценивания)

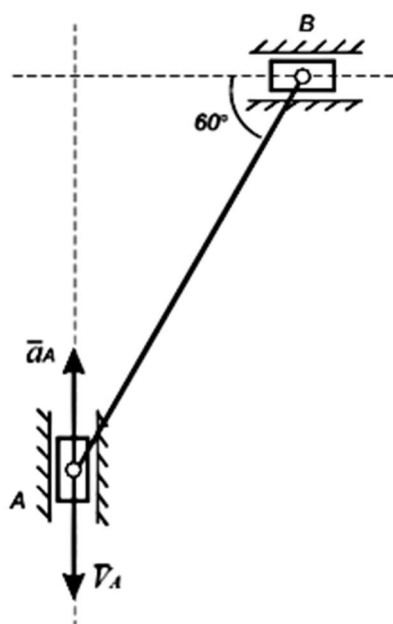
Критерий	Балл
Дан неверный ответ/ответ отсутствует	0
Правильно нарисованы рисунки	20
Правильно записан радиус кривизны	10
Дан верный ответ по всем пунктам	30

Задание 3

Определить скорость и ускорение точки В, а также угловые скорость и ускорение звена АВ.

Исходные данные: $AB = 1 \text{ м}$, $V_a = 2 \text{ м/с}$, $a = 4 \text{ м/с}^2$

Найти: V_B , a_B , ω_{AB} , ε_{AB}



Всего: 20 баллов. Из них:100.

Критерии проверки (оценивания)

Критерий	Балл
Дан неверный ответ/ответ отсутствует	0
Правильно составлено уравнения проекций на оси x и y	2
Правильно записано уравнение скорости, угловой скорости	9
Правильно записано уравнение ускорения , углового ускорения	9
Дан верный ответ по всем пунктам	20

Задание 4

На дне шахты находится человек веса 640 Н; посредством каната, перекинутого через неподвижный блок, человек удерживает груз в 480 Н. 1) Какое давление оказывает человек на дно шахты?

2) Какой наибольший груз он может удерживать с помощью каната?

Всего: 20 баллов. Из них:100.

Критерии проверки (оценивания)

Критерий	Балл
Дан неверный ответ/ответ отсутствует	0
Правильно составлено уравнение равновесия для груза и человека:	4
Правильно записано давление оказанное человеком на дно шахты	8
Правильно записан вес наибольшего груза	8
Дан верный ответ по всем пунктам	20

Задача 5

Определить необходимую затяжку болта, скрепляющего две стальные полосы, разрываемые силой $P=2$ кН. Болт поставлен с зазором и не должен работать на срез. Коэффициент трения между листами равен 0,2.

Всего: 10 баллов. Из них:100.

Критерии проверки (оценивания)

Критерий	Балл
Дан неверный ответ/ответ отсутствует	0
Правильно нарисован рисунок	5
Правильно записано уравнение равновесия полосы и затяжки болта	5
Дан верный ответ по всем пунктам	10