

**Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

Направление подготовки/специальность: 13.03.03 Энергетическое машиностроение

Наименование образовательной программы: Газотурбинные, паротурбинные установки и двигатели

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Прочность материалов и деталей турбомашин**

**Москва
2023**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель
(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Богомолова Т.В.
	Идентификатор	R21082b96-BogomolovaTV-4ebcd34

(подпись)

Т.В.
Богомолова
(расшифровка
подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

(должность, ученая степень, ученое
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Митрохова О.М.
	Идентификатор	R1d0f453c-FichoriakOM-ee811867

(подпись)

О.М.
Митрохова
(расшифровка
подписи)

Заведующий
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Грибин В.Г.
	Идентификатор	R44612ca0-GribinVG-8231e2ff

(подпись)

В.Г. Грибин
(расшифровка
подписи)

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-1 Способен участвовать в проектно-конструкторской деятельности в сфере энергетического машиностроения

ИД-3 Выполняет комплекс расчетов элементов объектов профессиональной деятельности

ИД-5 Демонстрирует понимание влияния условий работы объекта профессиональной деятельности на принимаемые конструкционные решения

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Тест «Критерии надежности деталей и узлов турбомашин; влияние условий эксплуатации на материалы» (Тестирование)

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа №1. «Конструкции, материалы и прочность рабочих лопаток турбомашин» (Контрольная работа)

2. Контрольная работа №2. «Расчет на прочность дисков, валов и деталей статора турбомашин с учетом влияния длительности эксплуатации и условий нагружения» (Контрольная работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. Выполнение и защита типового расчета «Расчет диска на прочность с построением эпюр напряжений и оценкой пригодности диска к эксплуатации» (Расчетно-графическая работа)

БРС дисциплины

7 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	5	8	12	16
Конструкции, материалы и прочность рабочих лопаток турбомашин					
Конструкции, материалы и прочность рабочих лопаток турбомашин		+			+
Конструкции, материалы и прочность роторов и дисков турбомашин					
Конструкции, материалы и прочность роторов и дисков турбомашин			+	+	+

Конструкции, материалы и прочность статоров турбомашин				
Конструкции, материалы и прочность статоров турбомашин		+		+
Тепловые расширения турбомашин				
Тепловые расширения турбомашин				+
Подшипники турбомашин. Типы и конструкции				
Подшипники турбомашин. Типы и конструкции				+
Вес КМ:	30	30	20	20

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-1	ИД-3 _{ПК-1} Выполняет комплекс элементов профессиональной деятельности расчетов объектов	Знать: критерии надежности деталей и узлов турбомашин Уметь: использовать программные средства для расчета надежности деталей турбомашин выполнять прочностные расчеты рабочих лопаток турбомашин выполнять прочностные расчеты деталей статора турбомашин	Контрольная работа №1. «Конструкции, материалы и прочность рабочих лопаток турбомашин» (Контрольная работа) Контрольная работа №2. «Расчет на прочность дисков, валов и деталей статора турбомашин с учетом влияния длительности эксплуатации и условий нагружения» (Контрольная работа) Выполнение и защита типового расчета «Расчет диска на прочность с построением эпюр напряжений и оценкой пригодности диска к эксплуатации» (Расчетно-графическая работа) Тест «Критерии надежности деталей и узлов турбомашин; влияние условий эксплуатации на материалы» (Тестирование)
ПК-1	ИД-5 _{ПК-1} Демонстрирует понимание влияния условий работы объекта профессиональной деятельности на принимаемые конструкционные решения	Знать: влияние условий эксплуатации на материалы, применяемые для изготовления деталей турбомашин влияние условий работы деталей турбомашин на их прочностные характеристики	Контрольная работа №1. «Конструкции, материалы и прочность рабочих лопаток турбомашин» (Контрольная работа) Контрольная работа №2. «Расчет на прочность дисков, валов и деталей статора турбомашин с учетом влияния длительности эксплуатации и условий нагружения» (Контрольная работа) Выполнение и защита типового расчета «Расчет диска на прочность с построением эпюр напряжений и оценкой пригодности диска к эксплуатации» (Расчетно-графическая работа) Тест «Критерии надежности деталей и узлов турбомашин; влияние условий эксплуатации на материалы» (Тестирование)

		<p>влияние длительности эксплуатации и условий нагружения турбомашин на прочностные характеристики из основных деталей и узлов</p> <p>Уметь: использовать методы прочностных расчетов дисков и роторов турбомашин</p>	
--	--	---	--

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Контрольная работа №1. «Конструкции, материалы и прочность рабочих лопаток турбомашин»

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольная работа содержит две задачи. Время выполнения два академических часа. Для решения задач могут предоставляться справочные данные по свойствам материалов турбомашин.

Краткое содержание задания:

Задача №1

Развиваемая на рабочих лопатках ступени турбины с относительно короткими лопатками мощность $N_{л} = 50$ МВт. Средний диаметр рабочего колеса $d_c = 2$ м; длина лопатки $l = 0,24$ м; число рабочих лопаток $z = 86$; частота вращения $n = 25$ с⁻¹. Угол установки профиля корневого сечения $\beta_u = 78^\circ$; Минимальный момент сопротивления $W_h = 28$ см³. Определить напряжение изгиба на кромках профиля корневого сечения лопатки. Осевым изгибом рабочей лопатки пренебречь.

Задача №2

В промежуточном сечении рабочей лопатки действуют постоянные напряжения $\sigma_p = 260$ МПа и переменные и переменные напряжения изгиба с амплитудой $\sigma_i = 60$ МПа. Материал лопатки – сталь 12Х13Ш (предел выносливости при симметричном цикле $\sigma_{-1} = 391$ МПа; предел прочности $\sigma_b = 810$ МПа). Определить коэффициент запаса по сопротивлению усталости.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: влияние условий работы деталей турбомашин на их прочностные характеристики	1. Построить эпюры напряжения изгиба.
Уметь: выполнять прочностные расчеты рабочих лопаток турбомашин	1. Определить напряжение изгиба на кромках профиля корневого сечения лопатки. Определить коэффициент запаса по сопротивлению усталости.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если две задачи решены полностью и верно, без недочетов; у всех величин указана размерность.

Оценка: 4

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если две задачи решены верно, но есть недочеты: не указаны размерности, ошибки в арифметических вычислениях, искажающие результат не более чем в два раза.

Оценка: 3

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если одна задача решена верно, а во второй задаче указан только путь решения, но она не доведена до результата.

КМ-2. Контрольная работа №2. «Расчет на прочность дисков, валов и деталей статора турбомашин с учетом влияния длительности эксплуатации и условий нагружения»

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

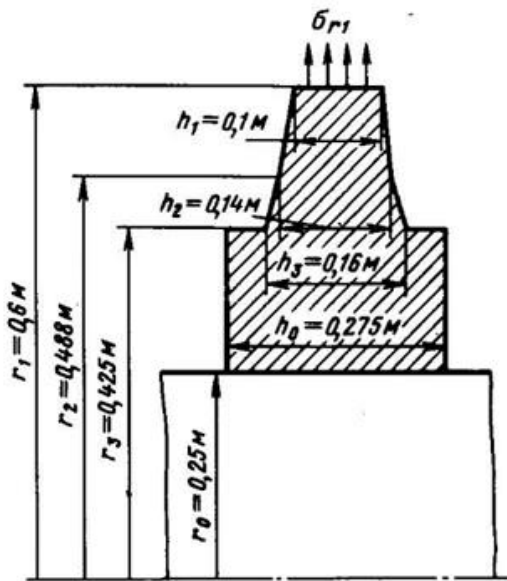
Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольная работа содержит две задачи. Время выполнения два академических часа. Для решения задач могут предоставляться справочные данные по свойствам материалов турбомашин.

Краткое содержание задания:

Задача № 1

Как следует изменить натяг посадки диска, изображенного на рисунке, чтобы получить запас по освобождающей угловой скорости $\omega_{ос}/\omega\theta = 1,25$? Как в этом случае изменятся напряжения и коэффициенты запаса при рабочей угловой скорости? Из решения по методу двух расчетов известно, что напряжения $\sigma_{r0I} = -45$ МПа, $\sigma_{r0II} = -20$ МПа; $\sigma_{q0I} = 400$ МПа, $\sigma_{q0II} = 30$ МПа. Диск насажен на вал с натягом $\delta\theta = 0,5$ мм. Угловая скорость $\omega\theta = 314$ рад/с. Плотность материала диска $\rho = 7800$ кг/м³. Модуль $E = 2,2 \cdot 10^5$ МПа, $\sigma_{\theta,2} = 680$ МПа. Коэффициент Пуассона $\mu = 0,3$. Освобождающая частота вращения при таком натяге равна 372 рад/с.



Задача № 2

При проектировании турбины ЦВД разрабатывают в двух вариантах: одностенные с фланцем толщиной $h0 = 0,42$ м и двустенные с внешним корпусом $h1 = 0,30$ м. Перед пуском турбины из неостывшего состояния температура корпуса $T_k = 593$ К. В течение $\tau\theta = 30$ мин температура пара в камере регулирующей ступени изменяется линейно до $T01 = 793$ К, в межкорпусном пространстве – до $T02 = 643$ К, а затем остается постоянной. Коэффициент теплообмена $\alpha = 3400$ Вт/(м²·К). Материал корпуса – сталь 20ХМЛ с характеристиками: модуль упругости материала $E = 1,77 \cdot 10^5$ МПа; $\alpha T = 13,4 \cdot 10^{-6}$ 1/К; теплопроводность $\lambda T = 30$ Вт/(м·К); удельная теплоемкость $c = 480$ Дж/(кг·К); плотность $\rho = 7800$ кг/м³. Определить максимальные напряжения на обогреваемой поверхности фланца для рассмотренных вариантов.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: влияние длительности	1. Построить эпюры напряжений.
-----------------------------	--------------------------------

эксплуатации и условий нагружения турбомашин на прочностные характеристики из основных деталей и узлов	
Уметь: выполнять прочностные расчеты деталей статора турбомашин	1. Определить напряжения и коэффициент запаса прочности.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если две задачи решены полностью и верно, без недочетов; у всех величин указана размерность.

Оценка: 4

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если две задачи решены верно, но есть недочеты: не указаны размерности, ошибки в арифметических вычислениях, искажающие результат не более чем в два раза.

Оценка: 3

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если одна задача решена верно, а во второй задаче указан только путь решения, но она не доведена до результата.

КМ-3. Выполнение и защита типового расчета «Расчет диска на прочность с построением эпюр напряжений и оценкой пригодности диска к эксплуатации»

Формы реализации: Проверка задания

Тип контрольного мероприятия: Расчетно-графическая работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Обучающемуся выдается задание на типовой расчет в начале семестра. Защита проводится на 12 неделе. К защите типового расчета допускаются студенты, правильно выполнившие типовой расчет. На защите студенту задаются теоретические и практические вопросы по выполненному типовому расчету.

Краткое содержание задания:

Рассчитать диск методом двух расчетов. Описание программы приведено в [2] раздел 5.2.

Последовательность расчета:

1. Рассчитать лопаточную нагрузку от центробежных сил.
2. Определить напряжения.
3. Построить эпюры.
4. Сделать вывод о пригодности данного диска к эксплуатации.
5. При необходимости предложить меры по корректировке данных.

Задание исходных данных данной дисциплины:

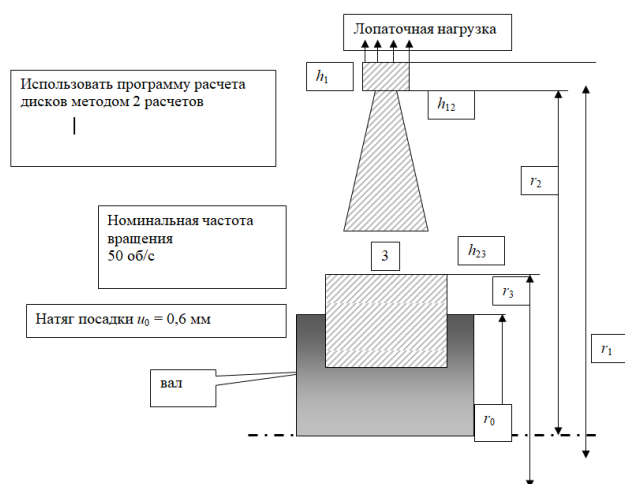
Диск турбины из стали 34ХН3М (свойства в табл.1.1. стр. 24 учебника) выполнен по следующим размерам:

Радиусы в мм: $r_0 = 200 + 5N$; $r_3 = 420$; $r_2 = 550 + 5N$; $r_1 = 650 + 5N$.

Толщины, мм: $h_1 = 120$; $h_2 = 100$; $h_3 = 160$; $h_0 = 280$;

(N – номер фамилии студента в журнале)

Лопаточная нагрузка $\sigma_{r1} = 90$ МПа.



Контрольные вопросы/задания:

Уметь: использовать программные средства для расчета надежности деталей турбомашин	1. Как центробежные силы влияют на лопаточную нагрузку?
Уметь: использовать методы прочностных расчетов дисков и роторов турбомашин	1. Какая максимальная статическая прочность дисков турбомашин?

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если на все вопросы даны правильные ответы, без недочетов.

Оценка: 4

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если на все вопросы даны ответы, при этом суммарно допущено не более двух ошибок.

Оценка: 3

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если не менее чем на половину вопросов даны правильные ответы либо при ответе часто допускались ошибки.

КМ-4. Тест «Критерии надежности деталей и узлов турбомашин; влияние условий эксплуатации на материалы»

Формы реализации: Компьютерное задание

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Время выполнения 45 минут. При выполнении тестовых заданий нужно выбрать все правильные ответы и поставить в итоговой таблице знак "+" против их номеров, а знак "-" против номеров, содержащих неправильные ответы.

Краткое содержание задания:

Тест состоит из 20 разделов, в которых 78 вопросов.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: критерии надежности	1. Алгоритм определения надежности деталей (в том
----------------------------	---

деталей и узлов турбомашин

числе лопаток) турбин при малоцикловой усталости и произвольной программе нагружения использует в качестве критерия надежности:

- а) предел усталости материала $\sigma-1$ и предел прочности материала σ_b ;
- б) предел прочности материала на растяжение σ_b и предельное касательное напряжение при разрушении срезом τ_{cr} (диаграмма Давиденкова-Фридмана);
- в) гипотезу суммирования повреждений λ и нормативное значение степени повреждения λ_n
 $\lambda < \lambda_n = 0,1-0,2$.

2. Алгоритм определения надежности деталей (в том числе лопаток) турбин при многоцикловой усталости лопаток использует в качестве критерия надежности:

- а) предел усталости материала $\sigma-1$ и предел прочности материала σ_b ;
- б) вязкость разрушения, определяющая трещиностойкость $K1c$;
- в) гипотезу суммирования повреждений λ и нормативное значение степени повреждения λ_n
 $\lambda < \lambda_n = 0,1-0,2$.

3. Алгоритм определения надежности деталей (в том числе лопаток) турбин при ползучести и произвольной программе нагружения использует в качестве критерия надежности:

- а) предел усталости материала $\sigma-1$ и предел прочности материала σ_b ;
- б) вязкость разрушения, определяющая трещиностойкость $K1c$;
- в) гипотезу суммирования повреждений и нормативное значение степени повреждения $\lambda_n = 0,1-0,2$;
- г) предел прочности материала на растяжение и предельное касательное напряжение при разрушении срезом τ_{cr} (диаграмма Давиденкова-Фридмана).

4. Изгибающие напряжения в рабочих лопатках постоянного профиля конкретной ступени:

- а) обратно пропорциональны квадрату хорды профиля;
- б) прямо пропорциональны квадрату хорды профиля;
- в) не зависят от размера хорды профиля;
- г) обратно пропорциональны хорде профиля;
- д) прямо пропорциональны хорде профиля.

5. Надежность (запас прочности) при изгибе рабочих лопаток повышается при прочих равных условиях:

- а) применением демпферной проволоки;
- б) применением бандажа;
- в) увеличением хорды;
- г) применением материала с повышенным пределом текучести;
- д) снижением плотности применяемого материала.

	<p>6.Надежность (запас прочности) при растяжении рабочих лопаток постоянной по высоте площади профиля повышается при прочих равных условиях:</p> <ul style="list-style-type: none"> а) применением демпферной проволоки; б) применением бандажа; в) увеличением хорды; г) применением материала с повышенным пределом текучести; д) снижением плотности применяемого материала. <p>7.При оценке надежности для рабочих лопатках, работающих при высокой температурах (свыше 400 градусов Цельсия):</p> <ul style="list-style-type: none"> а) учитывается трещиностойкость; б) учитывается ползучесть; в) проводится расчет на малоцикловую усталость; г) рассчитываются статические напряжения изгиба; д) определяются растягивающие напряжения; е) осуществляется отстройка от резонансов. <p>8.При оценке надежности для рабочих лопатках, работающих при низкой (ниже 400 градусов Цельсия) температуре:</p> <ul style="list-style-type: none"> а) учитывается трещиностойкость б) учитывается ползучесть в) проводится расчет на малоцикловую усталость г) рассчитываются статические напряжения изгиба д) определяются растягивающие напряжения е) осуществляется отстройка от резонансов
<p>Знать: влияние условий эксплуатации на материалы, применяемые для изготовления деталей турбомашин</p>	<p>1.Надежность (запас прочности) диска переменного сечения, посаженного на вал с натягом в упругих условиях:</p> <ul style="list-style-type: none"> а) резко падает с увеличением частоты вращения; б) слабо зависит от частоты вращения; в) наименьшая в остановленном диске, т.к. давление на вал падает с ростом частоты вращения. <p>2.Надежность (запас прочности) диска переменного сечения, посаженного на вал с натягом в упругих условиях при учете концентрации напряжений:</p> <ul style="list-style-type: none"> а) определяется опасным сечением в зоне посадки; а) определяется опасным сечением в периферийной зоне $\sigma = \sigma_1$; в) требует проверки в зоне посадки и зоне разгрузочных отверстий; <p>3.Освобождающая частота вращения для насадного диска:</p> <ul style="list-style-type: none"> а) возрастает с увеличением натяга; б) не зависит от натяга; в) выбирается около 1,2пноминимальной; г) падает с увеличением натяга; д) не выбирается, а получается произвольной вследствие выбора натяга посадки диска на вал. <p>4.Комбинированный ротор турбины с начальными параметрами пара $t_0=540$ 0С, $p_0=12,8$ МПа выполнен:</p>

	<p>а) цельнокованным с насадными дисками нескольких последних ступеней), поскольку в первых ступенях невозможно поддерживать натяг вследствие влияния ползучести;</p> <p>б) полностью с насадными дисками, т.к. это не турбина сверхкритических параметров, а насадные диски значительно менее трудоемкие, чем цельнокованные;</p> <p>в) полностью цельнокованным, чтобы не усложнять технологию и избавиться от влияния ползучести.</p> <p>5. Применение термокомпенсационных ка-навок на валу роторов:</p> <p>а) приводит к возникновению опасной концентрации напряжений;</p> <p>б) практически не влияет на надежность ротора в рабочем режиме, но повышают надежность в случае задевания в уплотнениях диафрагм;</p> <p>6. Для определения долговечности (числа лет эксплуатации) ротора среднего давления полупиковой турбины, останавливающейся один раз в неделю (на субботу и воскресенье) для заданной опасной точки следует применить алгоритм:</p> <p>а) трещиностойкости;</p> <p>б) расчета ротора на кручение;</p> <p>в) расчета ротора на изгиб;</p> <p>г) расчета ротора на растяжение;</p> <p>д) расчета поврежденности ротора при малоцикловой усталости.</p> <p>7. Усилие начальной затяжки шпильки фланца для межремонтного периода t_m определяется с учетом изменения напряжения σ в шпильке по зависимости:</p> <p>а) σ возрастают к концу t_m;</p> <p>б) σ уменьшаются к концу t_m;</p> <p>в) σ не изменяются к концу t_m.</p> <p>8. Метод моделирования при гидроиспытании корпусов применяется:</p> <p>а) путем расчета на ЭВМ;</p> <p>б) в условия электростанции на натуральных корпусах;</p> <p>в) опытным путем на копиях корпусов в натуральную величину при реальных давлениях среды;</p> <p>г) опытным путем на копиях корпусов в масштабе при реальных или измененных давлениях среды, выполненных из реального материала;</p> <p>д) опытным путем на копиях корпусов в масштабе при реальных или измененных давлениях среды, выполненных из другого доступного материала.</p> <p>9. Критерии надежной работы диафрагмы определяются путем:</p> <p>а) расчета перемещений диафрагмы и сравнения с допускаемыми;</p> <p>б) определения напряжений растяжения и сравнения с допускаемыми;</p>
--	---

в) определения напряжений изгиба и сравнения с допускаемыми.

10. Критерий нагруженности ζ подшипников выражается формулой

а)

$$\frac{Q_1}{uL\Delta}$$

; б)

$$\frac{P\Psi^2}{2\mu uL}$$

в)

$$N / crQ$$

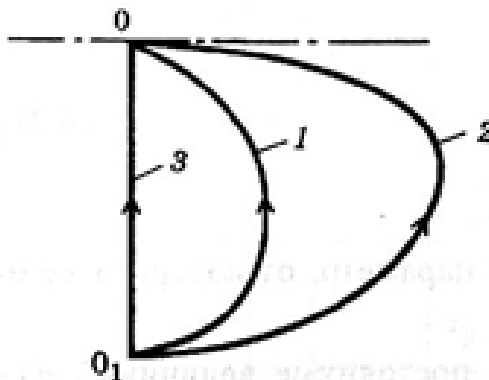
где Q_1, Q - расход смазки; u - окружная скорость; L - ширина вкладыша; Δ - горизонтальный зазор; ρ - плотность; μ - вязкость; Ψ - относительный зазор; P -

сила реакции слоя; N - потери мощности на трение; c - теплоемкость.

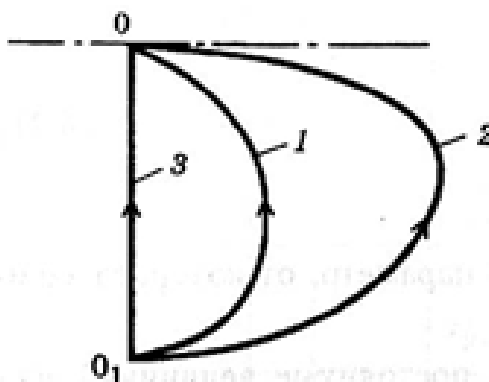
11. Изображена кривая всплытия ротора 2 для:

- а) сегментных подшипников;
- б) эллиптических подшипников.

Здесь O - центр расточки подшипника.



12. Изображена кривая всплытия ротора 1 для:



- а) сегментных подшипников;
- б) эллиптических подшипников.

13. Механический КПД ротора выше при применении:

- а) сегментных подшипников;
- б) эллиптических подшипников.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если не более чем на 4 вопроса даны неправильные ответы.

Оценка: 4

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если не более чем на 9 вопросов даны неправильные ответы.

Оценка: 3

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если не более чем на 15 вопросов даны неправильные ответы.

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

7 семестр

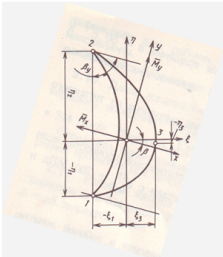
Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ		УТВЕР- ЖДАЮ Зав.кафедрой
МЭИ	Кафедра Паровых и газовых турбин	
	Дисциплина: Прочность материалов и деталей турбомашин	
	ЭнМШ	2021 г.

1. Диаграмма деформирования материала, ее аппроксимация. Критерии статической прочности. Коэффициенты запаса прочности.
2. Максимальные напряжения и деформации ползуцети в цельнокованом роторе с центральным сверлением.
3. Задача.

Хорда профиля в корневом сечении рабочей лопатки $b_m = 160$ мм при относительном шаге $t_{отн} = 0,37$. Суммарные изгибающие моменты всех лопаток $M_1^o = 17700$ нм; $M_2^o = 12000$ нм. Профиль сечения, соответствующий максимальным напряжениям, расположен на радиусе $r = 0,75$ м и характеризуется следующими параметрами: $I_{пл} = 61,43$ см⁴; $I_{зм} = 559,9$ см⁴; координаты входной кромки $\eta_m = 71,3$ мм; $\xi_m = -40,8$ мм. Каким образом следует изменить хорду профиля, чтобы напряжения во входной кромке были $\sigma_n = 28$ Мпа.



Процедура проведения

Экзамен проводится в устной форме по билетам согласно программе экзамена. Экзаменационный билет включает два теоретических вопроса и практическую задачу. Время на подготовку - не более 60 мин. Время опроса - не более 30 мин.

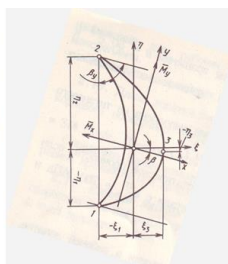
I. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины

1. Компетенция/Индикатор: ИД-3ПК-1 Выполняет комплекс расчетов элементов объектов профессиональной деятельности

Вопросы, задания

1.Пример практической задачи:

Хорда профиля в корневом сечении рабочей лопатки $b_m = 160$ мм при относительном шаге $t_{отн} = 0,37$. Суммарные изгибающие моменты всех лопаток $M_1^o = 17700$ нм; $M_2^o = 12000$ нм. Профиль сечения, соответствующий максимальным напряжениям, расположен на радиусе $r = 0,75$ м и характеризуется следующими параметрами: $I_{пл} = 61,43$ см⁴; $I_{зм} = 559,9$ см⁴; координаты входной кромки $\eta_m = 71,3$ мм; $\xi_m = -40,8$ мм. Каким образом следует изменить хорду профиля, чтобы напряжения во входной кромке были $\sigma_n = 28$ Мпа.



Материалы для проверки остаточных знаний

1.X

Ответы:

XX

Верный ответ: XXX

2. Компетенция/Индикатор: ИД-5_{ПК-1} Демонстрирует понимание влияния условий работы объекта профессиональной деятельности на принимаемые конструкционные решения

Вопросы, задания

1.Примеры теоретических вопросов:

1. Диаграмма деформирования материала, ее аппроксимация.
2. Критерии статической прочности.
3. Коэффициенты запаса прочности.
4. Максимальные напряжения и деформации ползучести в цельнокованом роторе с центральным сверлением.

Материалы для проверки остаточных знаний

1.X

Ответы:

XX

Верный ответ: XXX

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если правильно решена задача и при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы обучающийся показал, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных процессов и явлений или решения задач.

Оценка: 4

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если правильно решена задача, и при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы обучающийся допускает негрубые ошибки.

Оценка: 3

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если в решении задачи допущены ошибки, которые затем исправлены обучающимся при участии экзаменатора, и в ответах на вопросы экзаменационного билета допущены ошибки.

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих.