

**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 <sub>ПК-1</sub> 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 <sub>ПК-1</sub> 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:</p> <p>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<sup>-1</sup>. Угол установки профиля корневого сечения  $\beta_u = 78^\circ$ ; Минимальный момент сопротивления  $W_h = 28$  см<sup>3</sup>. 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

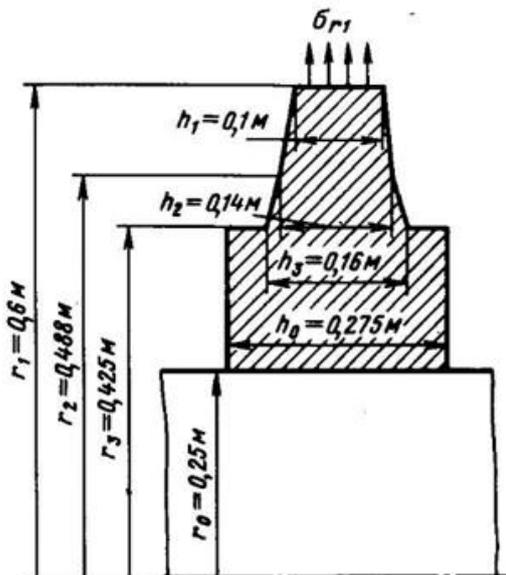
**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30

**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/м<sup>3</sup>. 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  $T0I = 793$  К, в межкорпусном пространстве – до  $T02 = 643$  К, а затем остается постоянной. Коэффициент теплообмена  $\alpha = 3400$  Вт/(м<sup>2</sup>·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/м<sup>3</sup>. 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:**

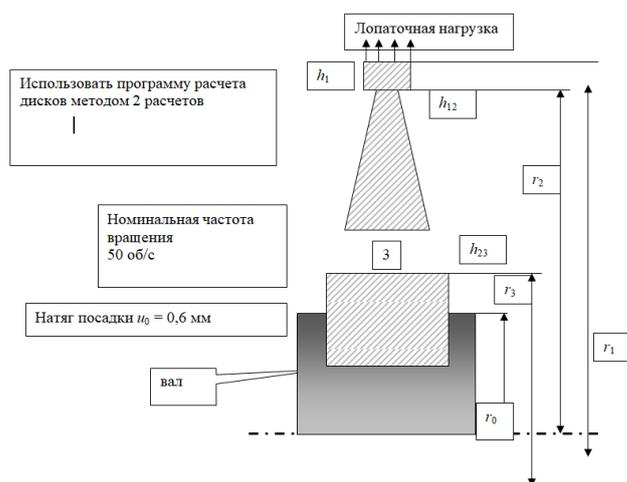
Диск турбины из стали 34ХН3М (свойства в табл.1.1. стр. 24 учебника) выполнен по следующим размерам:

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:**

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

**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:**

<p>Знать: критерии надежности</p>	<p>1. Алгоритм определения надежности деталей (в том</p>
-----------------------------------	--

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

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  $\sigma_b$ ;
- б) вязкость разрушения, определяющая трещиностойкость  $K1c$ ;
- в) гипотезу суммирования повреждений  $\lambda$  и нормативное значение степени повреждения  $\lambda_n$   
 $\lambda < \lambda_n = 0,1-0,2$ .

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  $\sigma_b$ ;
- 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  $\tau_{cr}$  (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"> <li>а) применением демпферной проволоки;</li> <li>б) применением бандажа;</li> <li>в) увеличением хорды;</li> <li>г) применением материала с повышенным пределом текучести;</li> <li>д) снижением плотности применяемого материала.</li> </ul> <p>7.При оценке надежности для рабочих лопатках, работающих при высокой температурах (свыше 400 градусов Цельсия):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>а) учитывается трещиностойкость;</li> <li>б) учитывается ползучесть;</li> <li>в) проводится расчет на малоцикловую усталость;</li> <li>г) рассчитываются статические напряжения изгиба;</li> <li>д) определяются растягивающие напряжения;</li> <li>е) осуществляется отстройка от резонансов.</li> </ul> <p>8.При оценке надежности для рабочих лопатках, работающих при низкой (ниже 400 градусов Цельсия) температуре:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>а) учитывается трещиностойкость</li> <li>б) учитывается ползучесть</li> <li>в) проводится расчет на малоцикловую усталость</li> <li>г) рассчитываются статические напряжения изгиба</li> <li>д) определяются растягивающие напряжения</li> <li>е) осуществляется отстройка от резонансов</li> </ul>
<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"> <li>а) резко падает с увеличением частоты вращения;</li> <li>б) слабо зависит от частоты вращения;</li> <li>в) наименьшая в остановленном диске, т.к. давление на вал падает с ростом частоты вращения.</li> </ul> <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"> <li>а) определяется опасным сечением в зоне посадки;</li> <li>а) определяется опасным сечением в периферийной зоне <math>\sigma = \sigma_1</math>;</li> <li>в) требует проверки в зоне посадки и зоне разгрузочных отверстий;</li> </ul> <p>3.Освобождающая частота вращения для насадного диска:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>а) возрастает с увеличением натяга;</li> <li>б) не зависит от натяга;</li> <li>в) выбирается около 1,2пноминимальной;</li> <li>г) падает с увеличением натяга;</li> <li>д) не выбирается, а получается произвольной вследствие выбора натяга посадки диска на вал.</li> </ul> <p>4.Комбинированный ротор турбины с начальными параметрами пара <math>t_0=540</math> 0С, <math>p_0=12,8</math> 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 <math>t_m</math> определяется с учетом изменения напряжения <math>\sigma</math> в шпильке по зависимости:</p> <p>а) <math>\sigma</math> возрастают к концу <math>t_m</math>;</p> <p>б) <math>\sigma</math> уменьшаются к концу <math>t_m</math>;</p> <p>в) <math>\sigma</math> не изменяются к концу <math>t_m</math>.</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  $\zeta$  подшипников выражается формулой

а)

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

; б)

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

в)

$$N / crQ$$

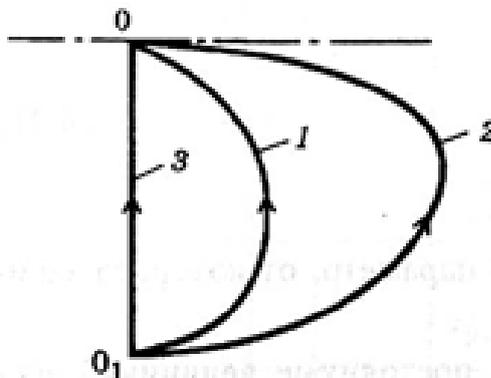
где  $Q_1, Q$  - расход смазки;  $u$  - окружная скорость;  $L$  - ширина вкладыша;  $\Delta$  - горизонтальный зазор;  $\rho$  - плотность;  $\mu$  - вязкость;  $\Psi$  - относительный зазор;  $P$  -

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

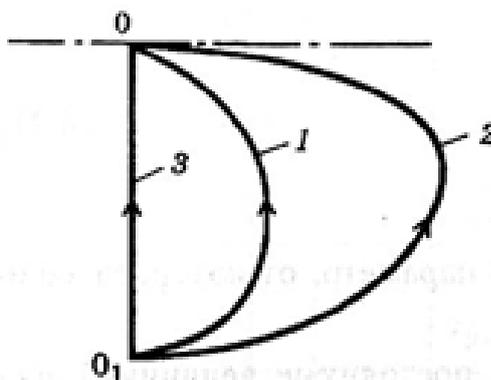
11. Изображена кривая всплытия ротора 2 для:

- 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

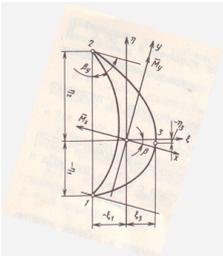
Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ		УТВЕРЖДАЮ 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:  $I_{пл} = 61,43$  см<sup>4</sup>;  $I_{зм} = 559,9$  см<sup>4</sup>; 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.

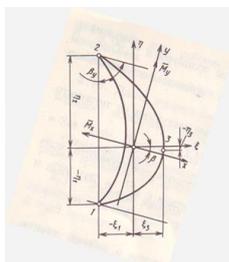
## I. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины

**1. Компетентия/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:  $I_{пл} = 61,43$  см<sup>4</sup>;  $I_{зм} = 559,9$  см<sup>4</sup>; 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<sub>ПК-1</sub> 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.