

Банк заданий базовой части экзаменационного билета

Институт Энергомашиностроения и механики (ЭнМИ)
Направление подготовки 13.04.03 Энергетическое машиностроение
Магистерские программы Энергетические установки на органическом и ядерном топливе
 Газотурбинные, паротурбинные установки и двигатели
 Производство энергетического оборудования

№ п/п	Формулировка задания
Тестовое задание №1 (10 баллов)	
Выберите один из вариантов ответов (если в вопросе не указано иное)	
1.1	К основным свойствам газообразных сред относятся: <i>(выберите несколько вариантов ответа)</i> <input checked="" type="radio"/> а) текучесть и деформируемость (легкая подвижность); <input checked="" type="radio"/> б) вязкость; <input checked="" type="radio"/> в) сплошность; г) твердость; д) наличие свободной границы; <input checked="" type="radio"/> е) способность занимать весь предоставленный объем
1.2	В жидкости (сжимаемой или несжимаемой) отсутствуют: а) распределенные (рассредоточенные) силы; <input checked="" type="radio"/> б) сосредоточенные силы; в) массовые силы; г) поверхностные силы
1.3	Число Рейнольдса определяет соотношение между: а) кинетической и потенциальной энергиями в каждой точке потока; б) силами трения и силами вязкости; в) кинетической и полной энергиями потока; <input checked="" type="radio"/> г) силами инерции и силами вязкости
1.4	В случае одномерного установившегося течения идеальной несжимаемой жидкости в поле силы тяжести уравнение Бернулли принимает следующий вид: а) $\rho c F = \text{const}$; <input checked="" type="radio"/> б) $\frac{c^2}{2} + p + \rho g z = \text{const}$; в) $a = (kp/\rho)^{0.5}$; г) $p v = R T$
1.5	Для измерения давления разрежения применяют: а) манометры; б) дифманометры; в) барометры; <input checked="" type="radio"/> г) вакуумметры
1.6	К основным свойствам капельных жидкостей относятся: <i>(выберите несколько вариантов ответа)</i> а) текучесть и деформируемость (легкая подвижность); б) вязкость; в) сплошность; г) твердость; д) наличие свободной границы; е) способность занимать весь предоставленный объем
1.7	Под идеальной капельной жидкостью или газообразной средой понимают абстрактную жидкость (сжимаемую или несжимаемую), лишенную а) сил инерции; б) силы Архимеда; в) внутренних сил трения; г) электромагнитных сил

1.8	В пределах пограничного слоя, так же как и при движении жидкости в трубах, возможно как ..., так и ... течение. (выберите несколько вариантов ответа) а) ламинарное; б) спокойное; в) инерционное; г) вязкое; д) неспокойное; е) турбулентное
1.9	Уравнение неразрывности представляет собой математическое выражение закона сохранения а) импульса; б) энергии; в) количества движения; г) массы
1.10	Процесс тарировки любого измерительного устройства – это определение а) места для его оптимального расположения; б) его среднеинтегральных показаний; в) поправочного коэффициента к его показаниям на основе сравнения с показаниями образцовых приборов; г) местных гидравлических сопротивлений при его установке
1.11	Капельная жидкость или газообразная среда считается несжимаемой, если под действием внешних сил (например, давления) ее а) объем меняется не более чем на 4...5%; б) плотность увеличивается более чем в два раза; в) скорость уменьшается более чем в два раза; г) вязкостью можно пренебречь
1.12	В любой неподвижной или идеальной (сжимаемой или несжимаемой) жидкости отсутствуют: (выберите несколько вариантов ответа) а) касательные напряжения; б) нормальные напряжения; в) силы вязкости; г) растягивающие усилия
1.13	В трубах круглого сечения турбулентный режим течения реализуется при а) $Re < 100$; б) $Re < 2300$; в) $Re > 100$; г) $Re > 2300$; д) $Re > 10^5$
1.14	Уравнение Бернулли по существу выражает закон сохранения а) вязкости; б) энергии; в) потенциала; г) массы
1.15	Гипотеза «прилипания» постулирует равенство нулю ... на обтекаемых поверхностях. а) статического давления; б) скорости вязкой жидкости; в) полного давления; г) скорости идеальной жидкости
1.16	Суть гипотезы «сплошности» заключается в том, что рассматриваемая среда представляет собой а) вещество с дискретным строением, состоящее из отдельных материальных точек, движение и физические характеристики состояния которых основываются на молекулярно-кинетической теории строения вещества; б) вещество, состоящее из множества элементарных частиц, взаимодействующих сложным образом и находящихся на большом (по сравнению с размерами частиц) расстоянии друг от друга; в) жидкость или газ, заполняющие пространство с образованием пустот; г) непрерывное распределение вещества и физических характеристик его состояния и движения в пространстве

1.17	Сила тяжести является примером: а) массовых сил; б) поверхностных сил; в) электромагнитных сил; г) ядерных сил
1.18	Число Рейнольдса зависит от: <i>(выберите несколько вариантов ответа)</i> а) скорости потока; б) характерного линейного размера; в) силы тяжести; г) силы Архимеда; д) вязкости потока
1.19	Для одномерного установившегося течения уравнение неразрывности в поперечном сечении канала имеет следующий вид: а) $\rho cF = const$; б) $c^2/2 + p/\rho + gz = const$; в) $a = (kp/\rho)^{0.5}$; г) $pV = RT$
1.20	Слой жидкости, непосредственно прилегающий к обтекаемой поверхности, в пределах которого скорость меняется от нуля на стенке до скорости, отличающейся на ...% от скорости невозмущенного течения, называется пограничным слоем. а) 1; б) 5; в) 10 г) 15

Тестовое задание №2 (10 баллов)

Выберите один из вариантов ответов (если в вопросе не указано иное)	
2.1	Из перечисленных характеристик механических свойств, определяемых при испытаниях на растяжение, выделите характеристики прочности. <i>(выберите несколько вариантов ответа)</i> <input checked="" type="radio"/> а) условный предел текучести; <input checked="" type="radio"/> б) физический предел текучести; в) относительное конечное удлинение после разрыва; г) относительное конечное сужение после разрыва; <input checked="" type="radio"/> д) временное сопротивление
2.2	При определении твердости металлов по методу Роквелла в качестве индентора используют: <i>(выберите несколько вариантов ответа)</i> <input checked="" type="radio"/> а) шар из закаленной стали; <input checked="" type="radio"/> б) алмазную пирамиду; <input checked="" type="radio"/> в) алмазный конус; г) плоский индентор
2.3	Как изменяются свойства при высоком отпуске углеродистых сталей? <i>(выберите несколько вариантов ответа)</i> а) прочность незначительно падает; б) пластичность незначительно падает; <input checked="" type="radio"/> в) прочность существенно снижается; <input checked="" type="radio"/> г) пластичность увеличивается; д) прочность заметно увеличивается
2.4	Какие примеси являются вредными в углеродистых сталях? <i>(выберите несколько вариантов ответа)</i> а) углерод; <input checked="" type="radio"/> б) фосфор; <input checked="" type="radio"/> в) водород; г) марганец; <input checked="" type="radio"/> д) сера; е) кремний; <input checked="" type="radio"/> ж) кислород
2.5	При введении какого легирующего элемента больше 12% сталь становится

	<p>коррозионностойкой?</p> <p>а) хром;</p> <p>б) свинец;</p> <p>в) сера;</p> <p>г) фосфор</p>
2.6	<p>Как изменяются свойства при закалке углеродистых сталей? <i>(выберите несколько вариантов ответа)</i></p> <p>а) прочность возрастает;</p> <p>б) прочность падает;</p> <p>в) пластичность возрастает;</p> <p>г) пластичность падает;</p> <p>д) прочность не меняется;</p> <p>е) пластичность не меняется</p>
2.7	<p>В каких из указанных ниже способов измерение твердости проводится по диаметру/диагонали полученного отпечатка? <i>(выберите несколько вариантов ответа)</i></p> <p>а) метод Бринелля;</p> <p>б) метод Виккерса;</p> <p>в) метод Роквелла;</p> <p>г) метод Лееба</p>
2.8	<p>Какие среды используют в качестве закалочных для углеродистых сталей? <i>(выберите несколько вариантов ответа)</i></p> <p>а) холодная вода;</p> <p>б) растворы солей;</p> <p>в) минеральное масло;</p> <p>г) спокойный воздух;</p> <p>д) закрытая печь</p>
2.9	<p>При увеличении содержания углерода в углеродистых сталях: <i>(выберите несколько вариантов ответа)</i></p> <p>а) прочность увеличивается;</p> <p>б) прочность снижается;</p> <p>в) пластичность увеличивается;</p> <p>г) пластичность снижается</p>
2.10	<p>Укажите медные сплавы. <i>(выберите несколько вариантов ответа)</i></p> <p>а) М00;</p> <p>б) 96;</p> <p>в) А97;</p> <p>г) БрС30;</p> <p>д) Д16</p>
2.11	<p>Перечислите единицы измерения предела текучести материала. <i>(выберите несколько вариантов ответа)</i></p> <p>а) МПа;</p> <p>б) Н;</p> <p>в) безразмерная величина;</p> <p>г) кгс/мм²;</p> <p>д) Дж/м²</p>
2.12	<p>Что такое твердость?</p> <p>а) сопротивление материала местной пластической деформации, возникающей при внедрении в него более твёрдого тела - наконечника (индентора);</p> <p>б) свойство материалов в определённых условиях и пределах, не разрушаясь, воспринимать те или иные воздействия;</p> <p>в) механическая характеристика, оценивающая работу разрушения надрезанного образца при ударном изгибе на маятниковом копре;</p> <p>г) свойство твёрдых тел необратимо деформироваться под действием механических нагрузок;</p> <p>д) свойство тела восстанавливать свою форму и объём после прекращения действия внешних сил или других причин (например, нагревания), вызвавших деформацию тела</p>
2.13	<p>В какой среде охлаждают при нормализации?</p> <p>а) на спокойном воздухе;</p> <p>б) в кипящей воде;</p>

	в) в минеральном масле; г) в холодной воде; д) в закрытой печи
2.14	Введение каких элементов в сталь способствует увеличению ее прочности при повышенных температурах? <i>(выберите несколько вариантов ответа)</i> а) сера; б) фосфор; в) хром; г) молибден; д) ванадий
2.15	Укажите алюминиевые сплавы. <i>(выберите несколько вариантов ответа)</i> а) АЛ32; б) А999; в) БрАЖН 10-4-4; г) Б83; д) АМг6
2.16	Какие типы образцов используют для испытаний на ударный изгиб? <i>(выберите несколько вариантов ответа)</i> а) образцы с U-образным надрезом; б) образцы с V-образным надрезом; в) образцы с S-образным надрезом; г) образцы с X-образным надрезом; д) образцы с А-образным надрезом; е) образцы с V-образным надрезом и усталостной трещиной
2.17	Из перечисленных характеристик механических свойств, выделите характеристики жаропрочности. <i>(выберите несколько вариантов ответа)</i> а) физический предел текучести; б) условный предел текучести; в) предел длительной прочности; г) условный предел ползучести; д) предел прочности
2.18	До каких температур нагревают сталь У8 при закалке? а) 100°C; б) 400°C; в) 1000°C; г) 750°C; д) 1100°C
2.19	Введение каких элементов в сталь способствует увеличению жаростойкости? <i>(выберите несколько вариантов ответа)</i> а) хром; б) кремний; в) фосфор; г) алюминий; д) сера
2.20	Укажите марки чугунов. <i>(выберите несколько вариантов ответа)</i> а) ВЧ 100; б) БрС30; в) СЧ 12; г) КЧ 60-3; д) 40; е) Р9

Банк заданий специальной части экзаменационного билета

Институт Энергомашиностроения и механики (ЭнМИ)
Направление подготовки 13.04.03 Энергетическое машиностроение
Магистерские программы Энергетические установки на органическом и ядерном топливе
 Газотурбинные, паротурбинные установки и двигатели
 Производство энергетического оборудования

№ п/п	Формулировка задания
Задание №3 (20 баллов)	
3.1	Расшифровать марки сплавов: 30; У10ГА; СЧ 32; 25ХГСА; 40ХСНЗВА; 15Х16К5Н2МВФАБШ; М1; АЛ9
3.2	Расшифровать марки сплавов: 10; СЧ 21; 15Х12ВНМФ; 20Х13; 34ХМА; Р18К5Ф2; Л96; М06
3.3	Расшифровать марки сплавов: 50; У11А; КЧ30-6; 14Х12В2МФ; 20Х3ВМФ; 55ХГР; Д1; М00
3.4	Расшифровать марки сплавов: 20; 08Х13; ВЧ 60; 34ХНЗМА; 10Х11К4ВМФБР; БрБ2; Б83; Д20
3.5	Расшифровать марки сплавов: 25; 15Х11МФ; ВЧ 45; 10Х9МФБ; 10Х9К3В2МФБР; ЛК80-3; БрС30; АМц1М
3.6	Расшифровать марки сплавов: 45; КЧ36-6; 30ХН2ВФА; 10Х11Н23Т3МР; ЛС 64-2; АЛ12; Б88; Д1
3.7	Расшифровать марки сплавов: 35; У8А, КЧ50-4, 30ХНЗМФА, 12Х18Н10Т, Л59, АМг6Н; М1
3.8	Расшифровать марки сплавов: 40; 40Х15Н7Ф2МА; Р18; КЧ 60-3; СЧ 12; Л96; АЛ4; БрОФ10-1
Пример выполнения задания №6.8 40 – среднеуглеродистая качественная конструкционная сталь с 0,4 % углерода; 40Х15Н7Ф2МА – высоколегированная, коррозионностойкая, многокомпонентная сталь аустенитного класса с 0,4% углерода, 15% хрома, 7% никеля, 2% ванадия, около 1% молибдена, высококачественная (снижено содержание вредных примесей серы и фосфора); Р18 – инструментальная быстрорежущая сталь карбидного класса с 18% вольфрама и около 1% углерода; КЧ 60-3 – ковкий чугун с пределом прочности 60 кгс/мм ² и относительным удлинением 3%, получается путем графитизирующего отжига белого чугуна, хлопьевидные графитовые включения; СЧ 12 – серый чугун с пределом прочности 12 кгс/мм ² , получается из жидкого расплава при медленном охлаждении и выдержке при высоких температурах для протекания процесса графитизации, пластинчатые графитовые включения; Л96 – простая однофазная латунь обрабатываемая давлением с 96% меди и 4% цинка; АЛ4 – силумин, литейный алюминиевый сплав алюминия с кремнием, 4 номер сплава по ГОСТ; БрОФ10-1 – деформируемая оловянная бронза с 10% олова, 1% фосфора и 89% меди	
Тестовое задание №4 (10 баллов)	
Блок 1. Выберите один из вариантов ответов (если в вопросе не указано иное)	
4.1.1	Наиболее распространенным типом реактора на АЭС России является: а) газографитовый реактор; б) реактор канальный с графитовым замедлителем; <input checked="" type="radio"/> в) водо-водяной энергетический реактор с некипящим теплоносителем; г) реактор на быстрых нейтронах
4.1.2	Коэффициент избытка воздуха α представляет собой отношение: а) фактического объема топлива к теоретически необходимому для полного сжигания объему

	воздуха; <input checked="" type="radio"/> б) объема поступившего воздуха к теоретически необходимому для полного сжигания объема воздуха; в) теоретического объема воздуха к фактическому объему воздуха; г) фактического объема воздуха к теоретическому
4.1.3	К радиационным поверхностям нагрева относится: а) экономайзер; б) воздухоподогреватель; <input checked="" type="radio"/> в) топочные экраны; г) холодный конвективный пароперегреватель
4.1.4	Наличие барабана в котле позволяет: <input checked="" type="radio"/> а) обеспечить многократную циркуляцию рабочего тела в испарительном контуре; б) предотвратить низкотемпературную коррозию; в) применять сомкнутую компоновку котла; г) предупредить растравливание обнаженного металла
4.1.5	Паропроизводительность котла Е-50-3,9-440КТ составляет: <input checked="" type="radio"/> а) 50 т/ч; б) 3,9 т/ч; в) 440 т/ч; г) 44 т/ч
4.1.6	На АЭС России в качестве топлива используют: а) диоксид урана; б) газ и мазут; в) высокореакционные угли; г) графит
4.1.7	Адиабатная температура горения – это температура, которую достигали бы продукты сгорания без учета: а) теплообмена с окружающей средой и диссоциации продуктов сгорания; б) конденсации водяных паров; в) рекомбинации продуктов сгорания; г) коэффициента избытка воздуха
4.1.8	Наибольшей тепловой потерей в котле чаще всего является: а) потеря теплоты с уходящими газами; б) потеря теплоты со шлаком; в) потеря от наружного охлаждения; г) потеря теплоты с химическим недожогом топлива
4.1.9	Наличие воздухоподогревателя в котле позволяет: а) повысить КПД котла; б) регулировать температуру перегретого пара; в) применять ступенчатое испарение; г) осуществлять перегрев пара
4.1.10	Паропроизводительность котла П-2650-25-545БТ составляет: а) 2650 т/ч; б) 25 т/ч; в) 545 т/ч; г) 265 т/ч
4.1.11	В реакторе РБМК в качестве замедлителя используется: а) графит; б) вода; в) тяжелая вода; г) диоксид урана
4.1.12	Состав продуктов сгорания определяется: а) составом топлива и коэффициентом избытка воздуха; б) мощностью установки и типом топлива; в) значением адиабатной температуры горения и коэффициентом полидисперсности; г) составом питательной воды
4.1.13	Температура уходящих ограничена сверху с целью: а) обеспечения эффективности установки; б) предотвращения низкотемпературной коррозии; в) обеспечения температурного расширения металла; г) снижения присосов воздуха
4.1.14	Наличие экономайзера в котле позволяет:

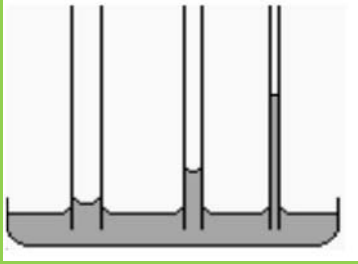
	а) снизить расход топлива и повысить КПД котла; б) предотвратить высокотемпературную коррозию; в) обеспечить стабилизацию процесса горения в топке котла; г) сократить габариты котла
4.1.15	Буква «П» в начале маркировки котла по ГОСТ обозначает: а) прямоточный котел; б) подвесной котел; в) котел с плоскофакельными горелками; г) котел с принудительной циркуляцией
4.1.16	Рабочее тело на выходе из парогенератора АЭС с ВВЭР представляет собой: а) перегретый пар; б) насыщенный пар; в) вода на линии насыщения; г) тяжелая вода
4.1.17	Горючими элементами в твердом топливе являются: а) сера, азот, водород; б) азот, кислород, сера; в) углерод, водород, сера; г) азот, водород, углерод
4.1.18	Температура уходящих ограничена снизу с целью: а) обеспечения эффективности установки; б) предотвращения низкотемпературной коррозии; в) обеспечения температурного расширения металла; г) обеспечения ремонтпригодности оборудования
4.1.19	Фестон в котле предназначен для: а) обеспечения отвода продуктов сгорания из топки; б) обеспечения манёвренности оборудования; в) увеличению надежности работы; г) обеспечения монтажепригодности оборудования
4.1.20	Буква «Е» в начале маркировки котла по ГОСТ обозначает: а) электрический котел; б) котел на природном топливе; в) котел с естественной циркуляцией; г) энергетический котел
4.1.21	Наиболее распространенным типом парогенератора на АЭС России является: а) горизонтальный; б) вертикальный с U-образными трубками; в) вертикальный ширмовый; г) горизонтальный с W-образными трубками
4.1.22	К искусственным топливам, используемым в энергетике, относится: а) каменный уголь; б) торф; в) мазут; г) сланец
4.1.23	К конвективным поверхностям нагрева относится: а) экономайзер; б) ширмовый пароперегреватель; в) топочные экраны; г) поверхности нагрева, расположенные в топке
4.1.24	При использовании в качестве окислителя атмосферного воздуха в продуктах сгорания больше всего содержится: а) оксидов серы; б) азота; в) кислорода; г) аргона
4.1.25	Число «1000» в маркировке реакторной установки ВВЭР-1000: а) электрическая мощность установки 1000 МВт; б) температура теплоносителя 1000°С;

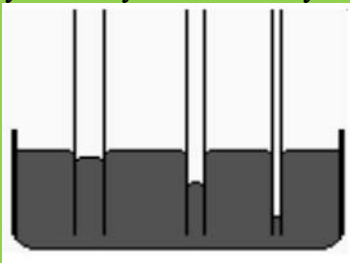
	в) топливная компания составляет 1000 часов; г) загрузка активной зоны реактора 1000 кг
4.1.26	В парогенераторе для АЭС с ВВЭР давление в первом контуре: а) больше, чем во втором; б) одинаково; в) меньше, чем во втором; г) вдвое меньше, чем во втором
4.1.27	Балластом топлива является: а) зола; б) углерод; в) сера; г) водород
4.1.28	Тепловая потеря котла q_5 – это: а) потеря с уходящими газами; б) потеря от наружного охлаждения котла; в) потеря с химическим недожогом; г) потеря с механическим недожогом
4.1.29	Ширмы могут использоваться: а) в качестве ступеней пароперегревателя; б) для подогрева поступающей в котел воды; в) для нагрева воздуха; г) для нагрева дымовых газов
4.1.30	Котел Пп-2650-25-545/542БТ (П-67) имеет температуру первичного пара: а) 545°C; б) 542°C в) 2650 К; г) 265°C
4.1.31	Какое рабочее тело используется на АЭС с ВВЭР: а) влажный пар; б) перегретый пар; в) сухой насыщенный пар; г) мятый пар
4.1.32	Высокореакционные топлива – это топлива с: а) большим выходом летучих; б) малым содержанием влаги; в) большим содержанием золы; г) большим выходом инертных газов
4.1.33	Тепловая потеря котла q_2 – это: а) потеря с уходящими газами; б) потеря от наружного охлаждения котла; в) потеря с механическим недожогом; г) потеря с химическим недожогом
4.1.34	Полурадиационные ширмы могут быть размещены: а) на выходе из топки; б) перед экономайзером; в) перед воздухоподогревателем; г) за пределами газохода
7.1.35	Котел Еп-670-13,8-545АЖ (ТП-100) имеет номинальную паропроизводительность: а) 670 т/ч; б) 138 т/ч; в) 545 т/ч; г) 100 т/ч
Блок 2. Выберите один из вариантов ответов (если в вопросе не указано иное)	
4.2.1	ТЭЦ – это разновидность тепловой электростанции, предназначенная для производства: а) механической энергии; б) тепловой энергии; в) электрической энергии; г) электрической энергии и тепла
4.2.2	Удельный расход условного топлива по выработке электроэнергии при КПД энергоблока, равном $\eta_o = 38\%$, составляет ... кг/(кВт·ч). а) 324 кг/(кВт·ч); б) 32.4 кг/(кВт·ч); в) 3.24 кг/(кВт·ч); г) 324 г/(кВт·ч)
4.2.3	Номинальная мощность стационарной паровой турбины КТ-1070-60/1500-3 (для АЭС с

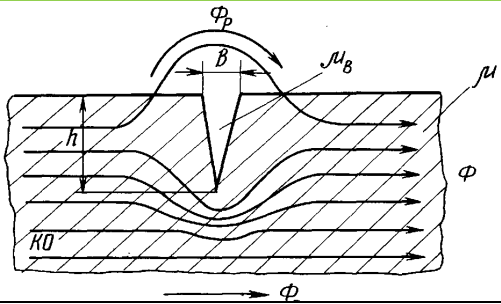
	реакторами ВВЭР) составляет ... МВт. а) 1070 б) 60 в) 1500 г) 60...1500
4.2.4	В зависимости от характера теплового процесса различают следующие типы паровых турбин: <i>(выберите несколько вариантов ответа)</i> а) конденсационные турбины; б) энергетические, промышленные и вспомогательные турбины; в) стационарные и транспортные турбины; г) теплофикационные турбины с регулируемым отбором пара и(или) противодавлением
4.2.5	К дополнительным потерям в турбинной ступени относят: а) потери с выходной скоростью и потери от утечек; б) потери от трения диска и бандажа, потери от утечек, потери от парциальности и потери от двухфазности; в) потери в сопловой и рабочей решетках; г) потери в сопловой решетке, потери в рабочей решетке, потери с выходной скоростью
4.2.6	В основе работы ПГУ лежит комбинированный цикл, состоящий из следующих тепловых циклов: а) Брайтона и Ренкина; б) Дизеля и Ренкина; в) Брайтона и Дизеля; г) Брайтона, Ренкина и Дизеля
4.2.7	Удельный расход теплоты по выработке электроэнергии турбоустановки при ее КПД $\eta_{\Sigma} = 40\%$ составляет: <i>(выберите несколько вариантов ответа)</i> а) 90 кДж/(кВт·ч); б) 2.5; в) 0.025; г) 9 000 кДж/(кВт·ч)
4.2.8	Номинальное давление свежего пара перед стопорными клапанами стационарной паровой турбины Т-250/300-240 составляет ... кгс/см ² . а) 250; б) 300; в) 250...300; г) 240
4.2.9	Теплофикационная паровая турбина типа Р – это турбина: а) с противодавлением без регулируемого отбора пара, отработавший пар которой полезно используется; б) без регулируемого отбора пара и конденсатором; в) с регулируемым отбором пара и конденсатором; г) с отопительным отбором пара и конденсатором
4.2.10	Если турбинная ступень спроектирована на отношение скоростей u/c_{ϕ} близкое к $(u/c_{\phi})_{opt}$, угол выхода потока из рабочего колеса в абсолютном движении равен: а) 70°; б) $\approx 90^\circ$; в) 120°; г) $\approx 180^\circ$
4.2.11	На АЭС с одноконтурными схемами применяются следующие типы реакторов: <i>(выберите несколько вариантов ответа)</i> а) водо-водяные энергетические реакторы (ВВЭР); б) реакторы большой мощности канальные (РБМК); в) кипящие реакторы (BWR – boiling water reactor); г) реакторы на быстрых нейтронах (БН)
4.2.12	Термический КПД цикла Карно, совершаемого рабочим телом в диапазоне температур от $t_2 = 40^\circ\text{C}$ до $t_1 = 320^\circ\text{C}$, составляет: а) 0.125; б) 0.472; в) 0.528; г) 0.875
4.2.13	Номинальная мощность стационарной паровой турбины Р-50/60-12.8/1.32 составляет ... МВт. а) 50; б) 60; в) 12.8; г) 1.32
4.2.14	Паровая турбина типа П – это теплофикационная турбина: а) без регулируемого отбора пара, с отводом пара из последней ступени в конденсатор; б) с отопительным отбором пара и конденсатором; в) с производственным отбором пара и конденсатором; г) без регулируемого отбора пара, с отводом отработавшего пара из последней ступени не в конденсатор, а обычно производственному потребителю
4.2.15	Окружная проекция силы, действующей со стороны потока на рабочую лопатку

	турбинной ступени, направлена: а) против вращения колеса; б) в осевом направлении; в) против направления движения потока; г) в направлении окружной скорости
4.2.16	АЭС – это электростанция, преобразующая: а) химическую энергию топлива в электрическую энергию или электрическую энергию и тепло; б) механическую энергию воды в электрическую энергию; в) энергию деления ядер атомов в электрическую энергию или в электрическую энергию и тепло; г) глубинное тепло Земли в электрическую энергию
4.2.17	Удельная работа сжатия компрессора, если температура воздуха в нем повысилась с $t_a = 15^\circ\text{C}$ до $t_b = 380^\circ\text{C}$, газовая постоянная равна $R = 0.287 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$, а также при условии, что теплоемкость не зависит от температуры $c_v = 740,3 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$, составляет ... кДж/кг. а) 104.8; б) 165.5; в) 270.2; г) 375
4.2.18	Номинальное давление производственного отбора стационарной паровой турбины ПТ-140/165-130/15 составляет ... кгс/см ² . а) 140; б) 165 в) 130 г) 15
4.2.19	К турбомашинам относятся следующие машины: (выберите несколько вариантов ответа) а) осевые, радиальные и радиально-осевые турбины; б) осевые и радиальные насосы, осевые вентиляторы, центробежные компрессоры; в) вихревые насосы, поршневые и роторные компрессоры; г) двигатели внутреннего сгорания, поршневые и роторные компрессоры
4.2.20	В чисто активной турбинной ступени: а) не происходит дополнительного расширения потока в каналах рабочих лопаток; б) происходит дополнительное расширение потока в каналах рабочих лопаток; в) не происходит расширение потока в каналах сопловых лопаток; г) происходит последовательное расширение потока в каналах сопловых и рабочих лопаток
4.2.21	Турбомашинами (turbo – вихрь, вращение) называют лопаточные машины, в которых кинетическая и (или) потенциальная энергия рабочего тела преобразуется в ... энергию на валу, или, наоборот, подводимая к валу извне ... энергия превращается в кинетическая и (или) потенциальная энергию рабочего тела. а) тепловую(ая); б) механическую(ая); в) внутреннюю(ая); г) электрическую(ая)
4.2.22	Угол направления вектора скорости рабочего тела в относительном движении обозначают (применительно к треугольникам скоростей турбомашин): а) α ; б) β ; в) γ ; г) δ
4.2.23	Окружная проекция силы, действующей со стороны рабочего тела на рабочую лопатку компрессорной ступени, направлена: а) против вращения колеса; б) в осевом направлении; в) против направления движения потока; г) в направлении окружной скорости
4.2.24	Вследствие падения давления скорость рабочего тела на выходе из сопловой решетки а) понижается до w_1 ; б) понижается до c_2 ; в) повышается до w_2 ; г) повышается до c_1
4.2.25	Степень реактивности турбинной ступени показывает долю изоэнтропного теплоперепада рабочей решетки по отношению к располагаемому теплоперепаду а) диафрагмы; б) рабочего диска; в) ступени; г) сопловой решетки

4.2.26	В современных паротурбинных установках ТЭС и АЭС располагаемый теплоперепад турбины составляет ... кДж/кг. а) 100...300; б) 500...700; в) 1000...1800; г) 2000...3000
4.2.27	В современных газотурбинных установках располагаемый теплоперепад газовой турбины составляет ... кДж/кг. а) 100...300; б) 500...700; в) 1000...1800; г) 2000...3000
4.2.28	Предельная мощность одного потока конденсационной турбины определяется размерами ... ступени. а) регулирующей; б) первой; в) последней; г) околоотборной
4.2.29	Потери энергии в каждой ступени многоступенчатой турбины вызывают ... в последующих ступенях а) повышение давления; б) повышение температуры; в) понижение энтальпии; г) понижение удельного объема
4.2.30	Во вращающемся лопаточном аппарате ступени турбины происходит превращение кинетической и(или) потенциальной энергии рабочего тела в а) механическую; б) относительную энергию вращения; в) тепловую; г) внутреннюю
4.2.31	ПГУ называются энергетические установки, в которых теплота отработавших в ГТУ газов прямо или косвенно используется для выработки электроэнергии или электроэнергии и тепла в ... а) ППУ; б) ПСУ; в) ПЭН; г) ПНД
4.2.32	Лопатки объединяются в пакеты с помощью: <i>(выберите несколько вариантов ответа)</i> а) бандажных лент; б) шпилек; в) стяжных болтов; г) проволочных связей
4.2.33	Жесткими называют ротора, рабочая частота вращения которых ... собственную частоту колебаний. а) повышает; б) усиливает; в) превышает; г) не превышает
4.2.34	Степень бинарности ПГУ меняется в диапазоне: а) $0 \leq \beta < \infty$; б) $0 < \beta < \infty$; в) $0 < \beta \leq 1$; г) $0 < \beta < 1$
4.2.35	При реконструкции действующей паротурбинной установки, как правило, применяется ее перевод в <i>(выберите несколько вариантов ответа)</i> а) сбросную ПГУ; б) ПГУ с газопаровой турбиной; в) ПГУ с дожиганием; г) ПГУ с параллельной схемой
Блок 3. Выберите один из вариантов ответов (если в вопросе не указано иное)	
4.3.1	Какие виды ионизирующего излучения используют при выявлении дефектов сварных соединений методом радиографии? <i>(выберите несколько вариантов ответа)</i> <input checked="" type="radio"/> а) гамма-излучение;

	б) альфа-излучение; <input checked="" type="radio"/> в) рентгеновское излучение; <input checked="" type="radio"/> г) нейтронное излучение
4.3.2	Что из перечисленного характерно для дефектоскопии сварных соединений методом акустической эмиссии (АЭ)? <i>(выберите несколько вариантов ответа)</i> <input checked="" type="radio"/> а) для реализации контроля необходимо обязательно проводить нагружение объекта контроля; б) при контроле методом АЭ можно определить размеры дефекта; <input checked="" type="radio"/> в) для реализации метода АЭ необходимы системы для обработки информации; г) активность АЭ не зависит от материала и акустического контакта
4.3.3	Какие способы намагничивания из перечисленных выше используют при магнитопорошковой дефектоскопии? <i>(выберите несколько вариантов ответа)</i> <input checked="" type="radio"/> а) циркулярное намагничивание пропусканием тока по изделию; б) намагничивание нагревом выше температуры Кюри; <input checked="" type="radio"/> в) продольное намагничивание постоянным магнитом; г) воздействием переменным магнитным полем с напряженностью, убывающей от максимального значения до нуля
4.3.4	Как называют значение напряженности магнитного поля, необходимое для полного размагничивания ферромагнетика? а) относительная магнитная проницаемость; <input checked="" type="radio"/> б) коэрцитивная сила; в) магнитная постоянная; г) электрическая постоянная
4.3.5	Чему равен краевой угол θ в случае абсолютного смачивания жидкостью плоской поверхности? <input checked="" type="radio"/> а) 0° ; б) 90° ; в) 180° ; г) 45°
4.3.6	В каких пределах лежит краевой угол θ в указанном случае?  <p>Рис. Зависимость уровня столба жидкости в капилляре от площади его поперечного сечения</p> а) $\theta < 90^\circ$; б) $90^\circ < \theta < 180^\circ$; в) $\theta = 0^\circ$; г) $\theta = 90^\circ$
4.3.7	Какие требования из перечисленных предъявляются к пробным веществам при контроле дефектов сварных соединений методом течеискания? <i>(выберите несколько вариантов ответа)</i> а) низкая вязкость; б) низкий коэффициент сжатия; в) высокая плотность; г) малая молекулярная масса
4.3.8	Какие процессы происходят при взаимодействии ионизирующего излучения с материалом контролируемого объекта? <i>(выберите несколько вариантов ответа)</i> а) фотоэлектрический эффект; б) образование пары «электрон – позитрон»; в) комптоновское рассеяние; г) эффект Кайзера
4.3.9	Какие частоты колебаний характерны для ультразвука? а) ниже 20 000 Гц; б) свыше 20 кГц; в) ниже 16 Гц; г) от 16 Гц до 20 000 Гц
4.3.10	Что такое эффект Холла? а) явление возникновения ЭДС в проводниках, помещенных в магнитное поле;

	б) повторное достижение давлением значения предыдущего максимума характеризуется отсутствием акустической эмиссии при отсутствии активных источников (трещин); в) способность жидкости проникать в мельчайшие каналы (капилляры), имеющиеся на поверхности материалов, в том числе поры и трещины сварных швов; г) эффект изменения намагниченности ферромагнетика под действием механических деформаций
4.3.11	Что из перечисленного используют в качестве детектора при радиометрии? <i>(выберите несколько вариантов ответа)</i> а) газоразрядные счетчики; б) рентгеновскую пленку; в) ионизационные камеры; г) флуороскопические экраны
4.3.12	Магнитопорошковая дефектоскопия может применяться для контроля изделий из материалов с относительной магнитной проницаемостью: а) $\mu < 1$; б) $\mu \approx 1$; в) $\mu \geq 40$; г) $\mu \geq 1000$
4.3.13	Зависит ли скорость распространения в среде упругих механических колебаний от их частоты? а) да, зависимость скорость распространения от частоты прямо пропорциональная; б) да, зависимость скорость распространения от частоты обратно пропорциональная; в) нет, не зависит; г) да, зависимость скорости распространения пропорциональна квадрату частоты
4.3.14	Какие из перечисленных дефектов относят к дефектам сплошности материалов? а) вакансии, дислокации, границы зерен; б) трещины, поры, неметаллические включения; в) дефект модуля упругости; г) дефект модуля сдвига
4.3.15	Какое явление лежит в основе генерации ультразвуковых колебаний, используемых при ультразвуковой дефектоскопии металлов? а) прямой пьезоэлектрический эффект; б) обратный пьезоэлектрический эффект; в) эффект Комптона; г) эффект Виллари
4.3.16	В каких пределах лежит краевой угол θ в указанном случае?  <p>Рис. Зависимость уровня столба жидкости в капилляре от площади его поперечного сечения</p> а) $\theta < 90^\circ$; б) $\theta > 90^\circ$; в) $\theta = 0^\circ$; г) $\theta = 90^\circ$
4.3.17	Как называется значение угла ввода ультразвуковых колебаний, при котором преломленная продольная волна не будет проходить в контролируемую среду? а) первый критический угол; б) второй критический угол; в) угол отражения; г) угол преломления
4.3.18	Выберите параметры, определяющие удельное акустическое сопротивление среды: <i>(выберите несколько вариантов ответа)</i> а) длина волны вводимых механических колебаний; б) частота вводимых механических колебаний; в) плотность среды; г) скорость распространения звуковых колебаний в среде
4.3.19	Назовите явления, протекающие при проведении капиллярного контроля сварных соединений: <i>(выберите несколько вариантов ответа)</i>

	а) диффузия; б) магнитоупругий эффект; в) магнитострикционный эффект; г) эффект Виллари; д) сорбция; е) смачивание
4.3.20	Назовите единицы измерения мощности экспозиционной дозы ионизирующего излучения (выберите несколько вариантов ответа): а) эВ; б) Кл/кг; в) Р (рентген); в) А/кг; г) Р/час (рентген/час); д) Бк (Беккерель)
4.3.21	Основными недостатками схемы теневого метода ультразвукового контроля является (выберите несколько вариантов ответа): а) наличие «мертвой зоны» под искательной головкой; б) необходимость высокой точности взаимного расположения генератора и приёмника ультразвуковых колебаний; в) невозможность выявления глубины залегания дефекта; г) необходимость двустороннего доступа к контролируемому объекту
4.3.22	Какие механические колебания могут распространяться в твёрдых телах? а) только продольные; б) только поперечные; в) продольные и поперечные; г) механические колебания не могут распространяться в твёрдых телах
4.3.23	Какие типы дефектов можно выявлять с использованием капиллярной дефектоскопии? а) только сквозные дефекты; б) любые внутренние и поверхностные дефекты; в) сквозные и поверхностные дефекты; г) поверхностные и подповерхностные дефекты
4.3.24	Чем регламентируются показатели качества изделия (номинальные значения и допустимые отклонения)? а) требованиями к изделию, изложенными в документах по стандартизации (технические условия (в т.ч. общие), ГОСТ, стандарты организаций и др.); б) эксплуатационными свойствами изделия; в) требованиями к изделию, изложенными в документах по стандартизации (технические условия (в т.ч. общие), ГОСТ, ОСТ, стандарты организаций и др.), а также в техническом задании на изделие или конструкторской документации; г) технологической документацией
4.3.25	Что такое <i>мертвая зона</i> в ультразвуковой дефектоскопии? а) расстояние от поверхности ввода ультразвуковой волны (т.е. поверхности контролируемого объекта), на котором невозможно обнаружение дефектов, т.к. отражённые от дефектов импульсы по времени совпадают с длительностью "зондирующего" импульса; б) расстояние от боковой поверхности наклонного искателя до точки ввода ультразвуковой волны в контролируемое изделие; в) кнопка на дефектоскопе для перевода его в состояние ожидания во время смены искателя; г) название индикатора поломки ультразвукового дефектоскопа
4.3.26	На данном рисунке Φ_p это.... 

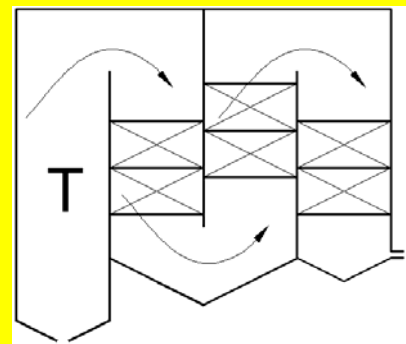
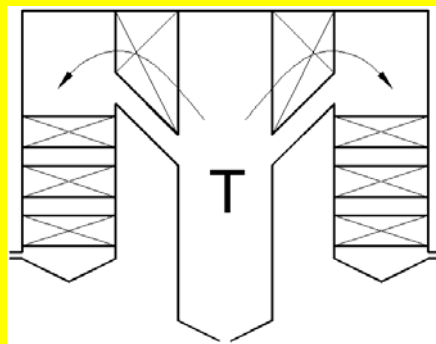
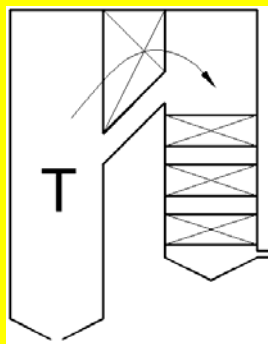
	а) внешнее магнитное поле; б) формирующееся в материале контролируемого объекта магнитное поле; в) магнитный поток поля рассеяния; г) магнитная индукция при магнитопорошковой дефектоскопии
4.3.27	Абсорбция – это явление... а) переноса вещества и выравнивания концентрации частиц в данной среде; б) поглощения молекул растворяемого вещества молекулами растворителя; в) поглощения вещества всем объемом поглотителя; г) поглощения вещества на поверхности раздела фаз;
4.3.28	Как классифицируют виды контроля машиностроительной продукции в зависимости от применяемых средств контроля? а) качественный, количественный; б) разрушающий, неразрушающий; в) входной, операционный, приемочный, инспекционный; г) измерительный, регистрационный, органолептический, визуальный, технический осмотр
4.3.29	Как называется явление возникновения электрических зарядов на противоположных поверхностях кварцевой пластины при ее деформации? а) обратный пьезоэффект; б) магнитная индукция; в) капиллярный эффект; г) прямой пьезоэффект
4.3.30	При радиографии используют одновременно две рентгеновские пленки в одной кассете для а) избежания влияния дефекта самой пленки на результат контроля; б) фильтрации нежелательного характеристического рентгеновского излучения; в) избежания чрезмерного почернения пленки; г) две пленки использовать некорректно, нужно использовать три пленки
4.3.31	Основными недостатками схемы зеркально-теневого метода ультразвукового контроля является <i>(выберите несколько вариантов ответа)</i> : а) наличие «мертвой зоны» под искательной головкой; б) необходимость высокой точности взаимного расположения генератора и приёмника ультразвуковых колебаний; в) невозможность выявления глубины залегания дефекта; г) необходимость двустороннего доступа к контролируемому объекту
4.3.32	Основным недостатком схемы эхо-импульсного метода ультразвукового контроля, реализуемого совмещенным пьезоэлектрическим преобразователем, является а) наличие «мертвой зоны» под искательной головкой; б) необходимость высокой точности взаимного расположения генератора и приёмника ультразвуковых колебаний; в) невозможность выявления глубины залегания дефекта; г) необходимость двустороннего доступа к контролируемому объекту
4.3.33	«Жёсткое» и «мягкое» рентгеновские излучения различаются между собой а) по диапазонам значений анодного тока в рентгеновской трубке; б) по диапазонам ускоряющего напряжения в рентгеновской трубке; в) по диапазонам напряжения накала катода; г) наличием/отсутствием в энергетическом спектре рентгеновского излучения дискретных пиков характеристического излучения
4.3.34	Магнитопорошковую дефектоскопию способом остаточной намагниченности рекомендуется применять для а) ферромагнитных магнитных материалов с любым значением коэрцитивной силы; б) ферромагнитных магнитных материалов с высокими значениями коэрцитивной силы и остаточной индукции; в) парамагнитных материалов; г) диамагнитных материалов
4.3.35	Что из перечисленного используют в качестве детектора при радиографии? а) сцинтилляционные кристаллы; б) рентгеновскую пленку;

	в) металлические экраны; г) флуороскопические экраны
Задание №5 (20 баллов)	
5.1	Классификация поверхностей нагрева котла с точки зрения теплообмена
5.2	Адиабатная температура горения. Влияние на нее различных факторов
5.3	Котлы с естественной циркуляцией. Преимущества и недостатки
5.4	Прямоточные котлы. Преимущества и недостатки
5.5	Тепловые потери и КПД котла
5.6	Котлы и их классификация
<p style="text-align: center;">Пример выполнения задания №5.6</p> <p>Котёл – комплекс устройств, предназначенных для выработки перегретого пара или горячей воды заданных параметров за счёт преобразования химической энергии топлива в тепловую.</p> <p>Одно время, как сегодня, использовали термин «парогенератор», однако это всё же более широкое понятие. Кроме того, раньше использовали термин «котельный агрегат», но сейчас он признан устаревшим.</p> <p>Совокупность котла и вспомогательного оборудования, такого как пылесистемы, тягодутьевые машины, газоходы и воздухопроводы, системы автоматики, дистанционные приводы и т. п. – котельная установка.</p> <p>Классификация котлов:</p> <ul style="list-style-type: none"> – по виду сжигаемого топлива: <ul style="list-style-type: none"> • твердотопливные котлы; • котлы на жидком топливе; • газовые котлы; • комбинированные котлы; – по состоянию теплоносителя на выходе из котла: <ul style="list-style-type: none"> • паровые котлы; • водогрейные котлы; – по расположению теплоносителя внутри котла: <ul style="list-style-type: none"> • газотрубные котлы (в трубах движутся продукты сгорания, а снаружи обогреваемый теплоноситель); • водотрубные котлы (внутри труб вода, пароводяная смесь или пар, а снаружи продукты сгорания); <p>(возможны комбинированные схемы, когда часть котла водотрубные, а часть газотрубные)</p> <ul style="list-style-type: none"> – по уровню давления перегретого пара $P_{не}$: <ul style="list-style-type: none"> • котлы низкого давления (до 39 кгс/см²); • котлы среднего давления (до 40÷99 кгс/см²); • котлы высокого давления (до 100÷140 кгс/см²); • котлы сверхвысокого давления (до 141÷180 кгс/см²); • котлы сверхкритического давления (СКД) (более 225 кгс/см²); • котлы ультрасверхкритического давления (УСКД) (более 300 кгс/см²); – водотрубные котлы можно классифицировать по виду пароводяного тракта: <ul style="list-style-type: none"> • с естественной циркуляцией (Е и Еп); • с многократной принудительной циркуляцией (М и Мп); • прямоточные котлы ([П] и Пп); • с комбинированной циркуляцией (К и Кп); <p>(по сути, котлы с комбинированной циркуляцией – это прямоточные котлы, часть пароводяного тракта которых охвачены принудительной рециркуляцией пароводяной смеси)</p> <ul style="list-style-type: none"> – по назначению: <ul style="list-style-type: none"> • энергетические; • технологические (мусоросжигательные, содовые, для выработки сажи...); • транспортные (судовые и пароходные); 	

- по степени мобильности:
 - стационарные;
 - передвижные;
- по степени герметичности газового тракта:
 - газоплотные;
 - не газоплотные;

(в газоплотных котлах стены топки и всех газоходов, вплоть до воздухоподогревателя, экранированы мембранными панелями, поэтому присосы воздуха здесь сведены до минимума)

- по условиям работы газовых трактов:
 - котлы, работающие под наддувом (всегда газоплотные);
 - котлы с уравновешенной тягой (могут быть как газоплотные, так и не газоплотные);
- по профилю котла:
 - П-образные;
 - Т-образные;
 - многоходовые.



Возможны и другие компоновки, которые будут рассмотрены позже. Возможна классификация котлов и по другим признакам. Например, справедлива классификация по признакам, характерным для топок, поэтому можно сказать «котёл с ТШУ» или «котёл, реализующий факельный способ сжигания»

5.7	Конструкция и принцип действия ступени осевой турбомашин
5.8	Процесс расширения пара в турбинной ступени. Степень реактивности
5.9	Относительный лопаточный КПД турбинной ступени. Влияние отношения скоростей u/c_{ϕ} на КПД активной и реактивной ступени $\eta_{ол}$
5.10	Реактивные и активные турбинные ступени, особенности теплового расчета и конструкция
5.11	Дополнительные потери. Процесс в h,s -диаграмме с учетом дополнительных потерь
5.12	Предельная мощность однопоточной конденсационной турбины и выбор размеров последней ступени

Пример выполнения задания №5.12

Последние ступени конденсационных паровых турбин отличаются большими высотами сопловых и рабочих лопаток, так как эти ступени работают с наибольшим объемным расходом пара Gv . В связи с большой длиной рабочих лопаток последней ступени их механическая прочность находится на пределе. Другими словами, размерами последней ступени определяется предельный расход пара через нее, а, следовательно, предельная мощность одного потока конденсационной турбины

$$N_i = m G_{\kappa} H_0 \eta_{0i},$$

где – $m = 1.1 \dots 1.3$ коэффициент, учитывающий выработку мощности потоком пара, отбираемого для регенеративного подогрева питательной воды; G_{κ} – расход пара в конденсатор.

Расход пара можно определить по формуле

$$G_{\kappa} = \frac{\pi d_2 l_2 c_2 \sin \alpha_2}{v_2}.$$

Учитывая, что угол выхода абсолютной скорости c_2 выбирают $\alpha_2 = 90^\circ$, и обозначая через $\Omega = \pi d_2 l_2$ осевую (кольцевую) площадь выхода из ступени, получим

$$G_k = \frac{\Omega c_2}{v_2}.$$

Скоростью c_2 определяется потеря энергии с выходной скоростью в последней ступени $\Delta H_{в.с} = c_2^2/2$, которая существенно сказывается на КПД всей турбины, так при $c_2 = 200 \dots 300$ м/с потеря с выходной скоростью $\Delta H_{в.с} = 20 \dots 45$ кДж/кг. Удельный объем пара v_2 зависит от давления в конденсаторе p_k и характеристики выхлопного патрубка и в конденсационных турбинах составляет $v_2 = 20 \dots 35$ м³/кг.

Очевидно, что для повышения предельной мощности осевая площадь Ω должна выбираться максимально возможной. При заданной частоте вращения ротора максимальная площадь Ω ограничивается прочностными свойствами и плотностью материала лопаток. Действительно, напряжения растяжения от центробежных сил в корне рабочей лопатки постоянного сечения можно определить по формуле

$$\sigma_p^{ном} = \frac{C_l}{F_l} = \frac{\rho_m F_l l_2 \omega^2 d_2}{2 F_l} = 2 \rho_m \Omega \pi d_2,$$

где C_l – центробежная сила лопатки постоянного сечения; F_l – площадь поперечного сечения профильной части лопатки; ρ_m – плотность материала лопатки; ω и n – угловая скорость и частота вращения ротора турбины.

Обычно рабочие лопатки последних ступеней выполняют с уменьшающимся к периферии сечением профиля. Поэтому напряжение в корневом сечении такой лопатки существенно снижается, что учитывается коэффициентом $k_{разг}$. Таким образом, напряжение от центробежных сил лопатки переменного сечения определяется выражением

$$\sigma_p = \frac{2}{k_{разг}} \rho_m \Omega \pi d_2.$$

Коэффициент разгрузки зависит от отношения площадей периферийного и корневого поперечных сечений лопатки F_n/F_k и закона изменения площадей по высоте

$$k_{разг} \approx 0.35 + 0.65 \frac{F_n}{F_k}.$$

Наименьшее значение F_n/F_k равно 1/7...1/10, а коэффициент разгрузки $k_{разг}$ достигает значений 2.3...2.4

Используя записанные выше выражения можно записать выражение для мощности однопоточной турбины

$$N_i = \frac{m}{2\pi} H_0 \eta_{0i} \frac{k_{разг} \sigma_p c_2}{\rho_m n^2 v_2}.$$

Значение σ_p определяется допустимыми напряжениям на растяжение для материала лопатки, которые, например, у нержавеющей стали равны 450 МПа. Совершенствуя марки сталей для лопаток, улучшая профилирование лопаток в целях повышения коэффициента $k_{разг}$ можно увеличить предельную аксиальную площадь Ω , а с ней и предельную мощность турбины

5.13	Пьезоэффект. Физические основы генерации ультразвуковых волн. Технология ультразвукового контроля сварных соединений (подготовка, оценка участков сварного соединения, подлежащих контролю, общие рекомендации)
5.14	Магнитопорошковая дефектоскопия (МПД). Физическая основа метода. Формирование магнитного поля рассеяния над дефектом. Границы применения и чувствительность
5.15	Капиллярные методы контроля (КК). Физические основы методов КК. Явления сорбции, смачивания, капиллярный эффект. Классификация методов капиллярного контроля. Схема и основные этапы капиллярного контроля. Чувствительность метода КК
5.16	Физические основы методов течеискания. Основные методы выявления течей и их характеристика: галогенный метод, манометрический метод, пузырьковый метод
5.17	Технический контроль машиностроительной продукции. Классификация видов технического контроля. Неразрушающий контроль изделий. Физические способы

	контроля. Категории сварных соединений с позиции организации их контроля
5.18	Радиационная дефектоскопия. Общая схема метода контроля. Основные виды источников ионизирующего излучения, применяемых в дефектоскопии сварных соединений

Пример выполнения задания №5.18

Радиационная дефектоскопия основана на взаимодействии с материалом контролируемого объекта ионизирующих электромагнитных и корпускулярных излучений с последующей регистрацией результатов взаимодействия с помощью специальных детекторов-регистраторов.

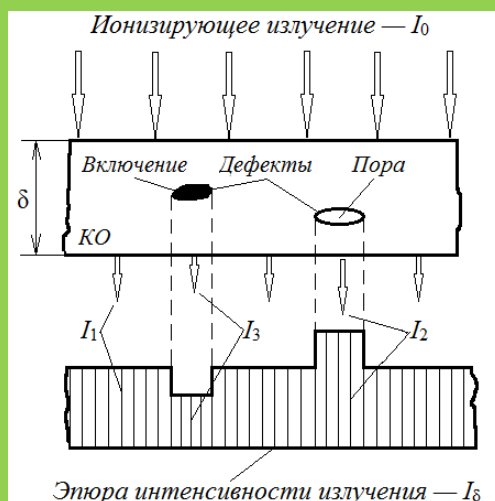


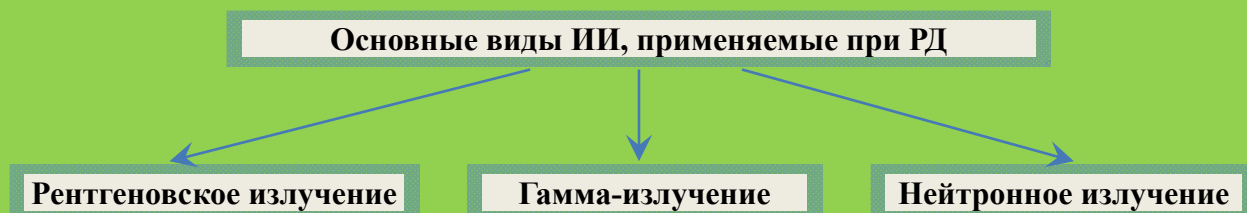
Рис. Изменение интенсивности ионизирующего излучения I_0 при прохождении через материал контролируемого объекта с дефектами:

I_1 — интенсивность излучения, прошедшего через контролируемый объект при отсутствии дефекта; I_2 — то же при наличии дефекта (пора); I_3 — то же в месте нахождения дефекта (металлическое включение); δ — толщина контролируемого объекта; КО — контролируемый объект

При прохождении ионизирующего излучения (ИИ) через КО происходит изменение его интенсивности I_0 в зависимости от толщины объекта δ , плотности материала и наличия в нем дефекта с размером x в направлении прохождения излучения. Любой из известных методов радиационного контроля предполагает обязательное использование трех основных элементов: источник ионизирующего излучения (ИИИ), контролируемый объект и детектор, предназначенный регистрировать получаемую информацию.

В качестве ИИИ используются:

- рентгеновское тормозное излучение;
- γ -излучение, получаемое при распаде естественных или искусственных радиоактивных элементов и их изотопов;
- нейтронное излучение (n).



Изменение интенсивности излучения после прохождения им КО фиксируется на детекторе, в зависимости от вида которого различают следующие методы радиационного контроля:

- *радиография* — метод получения на детекторе статического видимого изображения внутреннего строения КО, просвечиваемого ионизирующим излучением;
- *радиоскопия (радиационная интроскопия)* — метод получения на экране видимого динамического изображения внутреннего строения КО, просвечиваемого ионизирующим излучением;

– радиометрия – метод получения информации о внутреннем строении КО в виде электрических сигналов

Задание №6 (30 баллов)

6.1	Определить адиабатную температуру в топке котла Е-420-13,8-560 АЖ, сжигающего АШ (топливо № 7). Топка газоплотная ($\Delta\alpha_m = 0.02$), присосы воздуха в системе пылеприготовления $\Delta\alpha_{пл} = 0,1$. Воздух подогревается в воздухоподогревателе до $t = 410^\circ\text{C}$
6.2	Определить адиабатную температуру в топке котла Е-320-13,8-560КТ, сжигающего кузнецкий уголь марки Ж (топливо № 15). Топка газоплотная ($\Delta\alpha_m = 0.02$), присосы воздуха в системе пылеприготовления $\Delta\alpha_{пл} = 0$. Воздух подогревается в воздухоподогревателе до $t_{\text{вг}} = 315^\circ\text{C}$
6.3	Котел Е-220-9,8-540 КТ сжигает Интинский Д (№ 29). Известно, что потери тепла с уходящими газами $q_2 = 5.5\%$. Определить расчетный расход топлива на котел
6.4	Котел Е-210-13,8-560 КТ сжигает Экибастузский СС (№ 23). Известно, что потери тепла с уходящими газами $q_2 = 5.9\%$. Определить расчетный расход топлива на котел
6.5	Негазоплотный котел Е-210-13,8-560 БТ сжигает Подмосковский Б2 (№ 26) и оборудован двумя ступенями воздухоподогревателя (и экономайзера). Определить расчетный расход топлива на котел B_p .
6.6	Котел Е-210-13,8-560КЖ сжигает Донецкий ПА (топливо № 8), ТВП котла двухступенчатый. Известно, что потери тепла с уходящими газами $q_2 = 5.191\%$. Определить КПД котла и расход топлива

Пример решения задания №6.6

- Из обозначения типоразмера котла в условии задачи ясно, что паропроизводительность котла $D = 210 \text{ т/ч} = 210000 \text{ кг/ч}$, давление перегретого пара $P_{ne} = 13.8 \text{ МПа} = 140 \text{ кгс/см}^2$, температура перегретого пара $t_{ne} = 560^\circ\text{C}$, шлакоудаление жидкое. Индекса «Н» в обозначении нет, следовательно, котел работает с уравновешенной тягой.
- По табл. XXV, доп.[7], определяем значение энтальпии перегретого пара $i_{ne} = 833.2 \text{ ккал/кг}$.
- Рассчитываем приблизительно давление в барабане котла:

$$P_o \approx 1.1 \cdot P_{ne} = 1.1 \cdot 140 = 154 \text{ кгс/см}^2.$$

- По табл. XXIII, доп.[7], определяем значение энтальпии воды на линии насыщения при давлении в барабане $i'_s = 386.0 \text{ ккал/кг}$. Это энтальпия продувочной воды.
- Рассчитываем приблизительно давление питательной воды:

$$P_{ne} \approx P_o + (5 \div 6) = 154 + 6 = 160 \text{ кгс/см}^2.$$

- По ГОСТ 3519-89 принимаем температуру питательной воды $t_{ne} = 230^\circ\text{C}$.
- По табл. XXIV, доп.[7], определяем значение энтальпии питательной воды на входе в экономайзер $i_{ne} = 237.2 \text{ ккал/кг}$.
- Расход воды на непрерывную продувку на котлах типа Е высокого давления ($P_{ne} = 100$ или 140 кгс/см^2) составляет примерно 1% от D :

$$D_{prod} = 0.01 \cdot D = 0.01 \cdot 210000 = 2100 \text{ кг/ч}.$$

Если бы котел был на среднее давление ($P_{ne} = 40$ или 70 кгс/см^2), то расход на непрерывную продувку $D_{prod} = 0.03 \cdot D$.

- Тепловая мощность котла:

$$\begin{aligned} Q_{ка} &= D \cdot (i_{ne} - i_{ne}) + D_{prod} \cdot (i'_s - i_{ne}) = \\ &= 210000 \cdot (833.2 - 237.2) + 2100 \cdot (386.0 - 237.2) = 1.25472 \cdot 10^8 \text{ ккал/ч}. \end{aligned}$$

- По табл. XVIII, доп.[7], для топок с ЖШУ определяем значение коэффициента избытка воздуха на выходе из топки $\alpha_m = 1.25$. Для топок с жидким шлакоудалением транспортировка пыли практически всегда осуществляется горячим (или подогретым) воздухом, поэтому в соответствии с примечаниями к таблице выбрано большее значение.

11. По табл. XVIII, доп.[7], для топок с ЖШУ принимаем значение коэффициента уноса золы $a_{yn} = 0.85$.
12. По табл. I, доп.[7], определяем зольность топлива на рабочую массу $A^p = 20.9 \%$.
13. По табл. I, доп.[7], принимаем низшую теплоту сгорания топлива на рабочую массу $Q_n^p = 6030$ ккал/кг.
14. В условиях задачи ничего не сказано про подогрев воздуха в калорифере. Поэтому в соответствии с п. 5-02, доп.[7], принимаем располагаемую теплоту топлива на рабочую массу $Q_p^p = Q_n^p = 6030$ ккал/кг.
15. По табл. XVIII, доп.[7], для топок с ЖШУ, с учетом примечаний к таблице, находим потерю с механическим недожогом топлива $q_4 = 3 \%$.
16. В соответствии с табл. XVIII, доп.[7], потеря теплоты с химическим недожогом топлива $q_3 = 0$.
17. По рис. 5.1, доп.[7], определяем потерю теплоты от наружного охлаждения котла $q_5 = 0.58 \%$.
18. Коэффициент шлакоулавливания:

$$a_{шл} = 1 - a_{yn} = 1 - 0.85 = 0.15.$$

19. По рекомендациям п. 5-11, доп.[7], для топок с ЖШУ температура удаляемого из топки шлака $t_{шл}$ принимается равной температуре нормального жидкого шлакоудаления $t_{нжс}$. При отсутствии данных по $t_{нжс}$ в табл. I, доп.[7], значение $t_{шл}$ определяют по температуре жидкоплавкого состояния золы t_3 , увеличенной на 100°C .

Для донецкого ПА $t_{нжс}$ в табл. I, доп.[7], не приводится, поэтому по этой же таблице принимаем среднее значение $t_3 = 1300^\circ\text{C}$ и рассчитываем температуру удаляемого из топки шлака:

$$t_{шл} = t_3 + 100 = 1300 + 100 = 1400^\circ\text{C}.$$

20. При $t_{шл} = 1400^\circ\text{C}$ по табл. XIII, доп.[7], определяем энтальпию золы $(c\mathcal{H})_{zl} = 378$ ккал/кг (на 1 кг золы).
21. Потеря теплоты со шлаком:

$$q_{6шл} = \frac{a_{шл} \cdot (c\mathcal{H})_{zl} \cdot A^p}{Q_p^p} = \frac{0.15 \cdot 378 \cdot 20.9}{6030} = 0.197\%.$$

22. Коэффициент полезного действия котла:

$$\eta_{ка} = 100 - q_2 - q_3 - q_4 - q_5 - q_{6шл} = 100 - 5.191 - 0 - 3 - 0.58 - 0.197 = 91.032\%.$$

23. Полный расход топлива на котел:

$$B = \frac{Q_{ка} \cdot 100}{Q_p^p \cdot \eta_{ка}} = \frac{1.25472 \cdot 10^8 \cdot 100}{6030 \cdot 91.032} = 22858 \text{ кг/ч}.$$

24. Расчетный расход топлива:

$$B_p = B \cdot \left(1 - \frac{q_4}{100}\right) = 22858 \cdot \left(1 - \frac{3}{100}\right) = 22172 \text{ кг/ч}.$$

Значения полного и расчетного расхода топлива нужно определять с точностью до 1 кг/ч.

Ответ: $\eta_{ка} = 91.032\%$, $B = 22858$ кг/ч.

- | | |
|-----|--|
| 6.7 | Построить треугольники скоростей и определить удельную работу турбинной ступени. Диаметр ступени $d_1 = d_2 = 0.91$ м, частота вращения $n = 50$ 1/с, проекции абсолютных скоростей на направление оси турбины $c_{1a} = c_{2a} = 0.6$ и; углы $\alpha_1 = 14^\circ$ и $\alpha_2 = \pi/2$. Какова мощность, развиваемая паром, на лопатках, если расход рабочего тела $G = 100$ кг/с? |
| 6.8 | Построить процесс расширения пара в h,s-координатах и определить использованный теплоперепад в последней турбинной ступени ЦВД, если известны: скорость входа в сопловую решетку $c_0 = 60$ м/с; статическое давление $p_0 = 5$ МПа и температура $t_0 = 340^\circ\text{C}$ |

	перед ступенью; давление $p_1 = 4,7$ МПа и $p_2 = 4,5$ МПа за сопловой и рабочей решеткой соответственно; потери энергии в сопловой и рабочей решетке $\Delta H_c = \Delta H_p = 2$ кДж/кг, относительные потери от утечек $\xi_{um} = 1,8\%$ и от трения $\xi_{mp} = 0,1\%$
6.9	При испытании конденсационной турбины малой мощности были измерены: мощность на зажимах генератора $N_g = 12\,500$ кВт, расход пара $G = 14.56$ кг/с, начальное давление $p_0 = 2.5$ МПа, начальная температура $t_0 = 380^\circ\text{C}$, давление в конденсаторе $p_k = 4.5$ кПа. Требуется определить удельный расход пара d_s и тепла q_s , электрические КПД: относительный (турбоагрегата) $\eta_{o.s}$ и абсолютный (турбоустановки) η_s . Турбина работает без регенерации
6.10	Определить давление p_1 и скорость c_1 за сопловой решеткой одновенечной турбинной ступени, работающей при оптимальном отношении скоростей u/c_ϕ . Для турбинной ступени известны: степень реактивности на среднем диаметре $\rho = 0.2$; коэффициент скорости в сопловой решетке $\phi = 0.985$; средний диаметр ступени $d_{cp} = 1.1$ м; частота вращения $n = 90$ 1/с; угол выхода потока из сопловой решетки в абсолютном движении $\alpha_1 = 11^\circ$; давление полного торможения перед ступенью $\bar{p}_0 = 10$ бар; температура полного торможения перед ступенью $\bar{t}_0 = 400^\circ\text{C}$
6.11	Определить расход газа через суживающуюся сопловую решетку. Параметры торможения перед ступенью $\bar{p}_0 = 0,808$ МПа, $T_0 = 1123$ К; давление газа за диафрагмой $p_1 = 0.5372$ МПа; характеристики газа: газовая постоянная $R = 0.290$ кДж/(кг·К), показатель изэнтропы $k = 1.30$. Площадь сопловой решетки ступени $F_1 = 0.3037$ м ² . (Необходимыми для расчета дополнительными величинами задаться самостоятельно).
6.12	В приводной конденсационной турбине параметры пара перед стопорным клапаном $p_0 = 3.3$ МПа и $t_0 = 435^\circ\text{C}$, конечное давление $p_k = 5$ кПа. Потери в паровпускных органах составляют $\Delta p/p_0 = 5\%$, а восстановление давления в выходном патрубке $\Delta p_{в.п} = 1$ кПа. Построить процесс расширения пара в турбине, определить ее диаграммный КПД η_{oi}^m , конечную степень влажности y_z . Принять располагаемый теплоперепад регулирующей ступени $H_0^{p.cm} = 200$ кДж/кг, ее КПД $\eta_{oi}^{p.cm} = 0.7$; для нерегулируемых ступеней (включая потерю с выходной скоростью) КПД $\eta_{oi}^{nep} = 0.86$

Пример решения задания №6.12

По давлению p_0 и температуре t_0 определим параметры пара перед турбиной:

$$h_0 = 3306.5 \text{ кДж/кг}, s_0 = 6.99 \text{ кДж/(кг·К)}.$$

На h,s -диаграмме от состояния свежего пара (p_0 и t_0) проводится изоэнтропа до давления p_k и определяется теоретическая конечная энтальпия $h_{kt} = 2131$ кДж/кг за турбиной. Тогда располагаемый теплоперепад турбины составит

$$H_0^m = h_0 - h_{kt} = 3306.5 - 2131 = 1175.5 \text{ кДж/кг}.$$

С учетом снижения давления в паровпускных органах турбины оценим давление пара перед регулирующей ступенью $p_{0'} = (1 - \Delta p/p_0) p_0 = (1 - 0.05) 3.3 = 3.135$ МПа, при этом энтальпия пара равна $h_{0'} = h_0 = 3306.5$ кДж/кг.

Теоретическая энтальпия пара за регулирующей ступенью равна

$$h_{p.cmt} = h_{0'} - H_0^{p.cm} = 3306.5 - 200 = 3106.5 \text{ кДж/кг}.$$

Далее на h,s -диаграмме от состояния пара перед регулирующей ступенью ($p_{0'}$ и $h_{0'}$) проводится изоэнтропа до энтальпии $h_{p.cmt}$ и определяется давление пара $p_{p.cm} = 1.581$ МПа за ней. Тогда используемый теплоперепад в регулирующей ступени составит

Энтальпия пара за регулирующей ступенью составит

$$h_{p.cm} = h_{0'} - H_0^{p.cm} \cdot \eta_{oi}^{p.cm} = 3306.5 - 200 \cdot 0.7 = 3166.5 \text{ кДж/кг}.$$

Затем на h,s -диаграмме от состояния пара перед первой нерегулируемой ступенью ($p_{p.cm}$ и $h_{p.cm}$) проводится изоэнтропа до давления за последней ступенью турбины

$$p_z = p_k - \Delta p_{в.п} = 5 - 1 = 4 \text{ кПа}$$

и определяется теоретическая конечная энтальпия пара $h_{zt} = 2141.6$ кДж/кг. Тогда располагаемый теплоперепад группы нерегулируемых ступеней турбины составит

$$H_0^{nep} = h_{p.cm} - h_{zt} = 3166.5 - 2141.6 = 1024.9 \text{ кДж/кг.}$$

Энтальпия пара за последней ступенью турбины составит

$$h_z = h_{p.cm} - H_0^{nep} \cdot \eta_{0i}^{nep} = 3166.5 - 1024.9 \cdot 0.7 = 2285.1 \text{ кДж/кг.}$$

Тогда по давлению p_z и энтальпии h_z определим конечную степень влажности $y_z = 11\%$.

Используемый теплоперепад в турбине составит

$$H_i^m = h_0 - h_z = 3306.5 - 2285.1 = 1021.4 \text{ кДж/кг,}$$

а ее диаграммный КПД

$$\eta_{0i}^m = \frac{H_i^m}{H_0^m} = \frac{1021.4}{1175.5} = 0.869.$$

Ответ: $\eta_{0i}^m = 0.869$, $y_z = 11\%$, процесс расширения пара в турбине представлен на рисунке ниже.

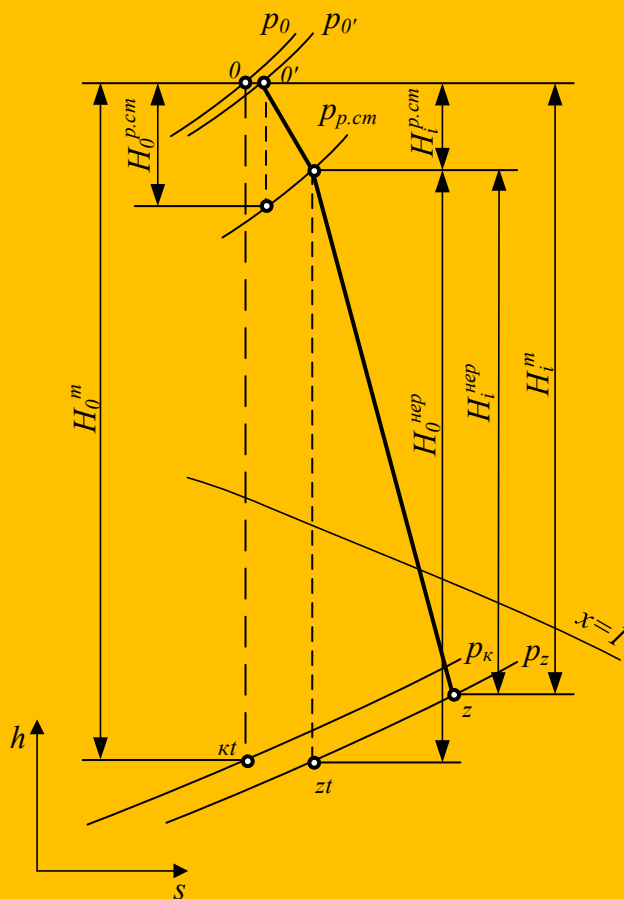
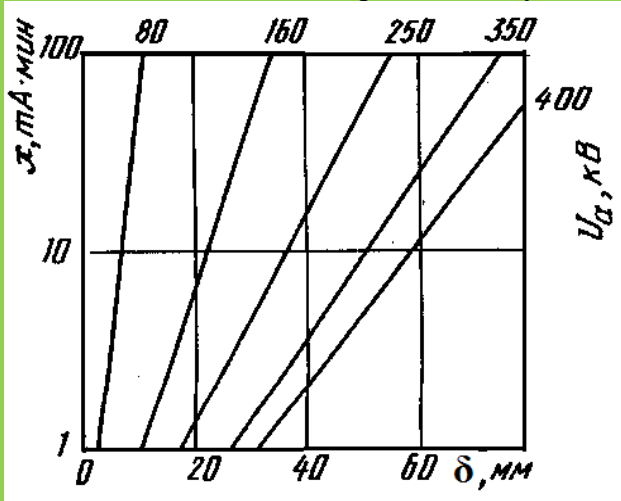


Рис. Процесс расширения пара в турбине в h,s-диаграмме

- 6.13 Рассчитать угол ввода ультразвукового луча α в образец из малоуглеродистой стали для наклонного искателя из оргстекла с углом падения $\beta = 50^\circ$.
Данные для расчета:

Материал	Скорость ультразвуковых колебаний c , м/с	
	продольная	поперечная
Оргстекло	2670	1121
Малоуглеродистая сталь	5850	3260

- 6.14 Рассчитать величину «мертвой зоны» при ультразвуковом контроле образца из малоуглеродистой стали наклонным искателем с углом падения $\beta = 40^\circ$. Время зондирующего импульса $\tau = 5$ мкс. Время прохождения УЗК через призму наклонного искателя принять $\tau_{np} = 0,5$ мкс. Угол ввода УЗК в металл принять равным $\alpha = 51.7^\circ$.
Данные для расчета:

		Материал	Скорость ультразвуковых колебаний c , м/с																
			продольная	поперечная															
		Оргстекло	2670	1121															
		Малоуглеродистая сталь	5850	3260															
6.15	Рассчитать величину «мертвой зоны» при ультразвуковом контроле образца из малоуглеродистой стали прямым искателем. Время зондирующего импульса $\tau = 5$ мкс. Данные для расчета:	<table><tr><td>Материал</td><td colspan="2">Скорость ультразвуковых колебаний c, м/с</td></tr><tr><td></td><td>продольная</td><td>поперечная</td></tr><tr><td>Оргстекло</td><td>2670</td><td>1121</td></tr><tr><td>Малоуглеродистая сталь</td><td>5850</td><td>3260</td></tr></table>			Материал	Скорость ультразвуковых колебаний c , м/с			продольная	поперечная	Оргстекло	2670	1121	Малоуглеродистая сталь	5850	3260			
Материал	Скорость ультразвуковых колебаний c , м/с																		
	продольная	поперечная																	
Оргстекло	2670	1121																	
Малоуглеродистая сталь	5850	3260																	
6.16	Рассчитать угол ввода ультразвуковой волны при контроле стыкового сварного соединения плоских деталей из малоуглеродистой стали с использованием наклонного искателя из оргстекла, в котором угол падения ультразвуковой волны составляет 48° .	<table><tr><td>Материал</td><td colspan="2">Скорость ультразвуковых колебаний c, м/с</td></tr><tr><td></td><td>продольная</td><td>поперечная</td></tr><tr><td>Оргстекло</td><td>2670</td><td>1121</td></tr><tr><td>Малоуглеродистая сталь</td><td>5850</td><td>3260</td></tr><tr><td>Алюминий</td><td>6260</td><td>3080</td></tr></table>			Материал	Скорость ультразвуковых колебаний c , м/с			продольная	поперечная	Оргстекло	2670	1121	Малоуглеродистая сталь	5850	3260	Алюминий	6260	3080
Материал	Скорость ультразвуковых колебаний c , м/с																		
	продольная	поперечная																	
Оргстекло	2670	1121																	
Малоуглеродистая сталь	5850	3260																	
Алюминий	6260	3080																	
6.17	С использованием номограммы (см. рис.) рассчитайте минимально необходимое время экспозиции при рентгенографировании стальной детали толщиной $\delta = 50$ мм с использованием источника с максимальным анодным напряжением $U_a = 350$ кВ с величиной анодного тока до $i_a = 50$ мА. Ответ выразить в секундах.																		
	Рис. Номограмма для определения времени экспозиции при рентгенографировании стали: x – экспозиционная доза																		
6.18	Рассчитать размеры зоны перемещения наклонного искателя с углом ввода $\alpha = 65^\circ$ (угол падения $\beta = 50^\circ$) и стрелой искателя $d = 12$ мм при контроле стыкового сварного соединения из малоуглеродистой стали толщиной $\delta = 20$ мм прямым и однократно отраженным лучом																		

Пример решения задания №6.18

1. Расчет зоны перемещения искателя при контроле прямым лучом.

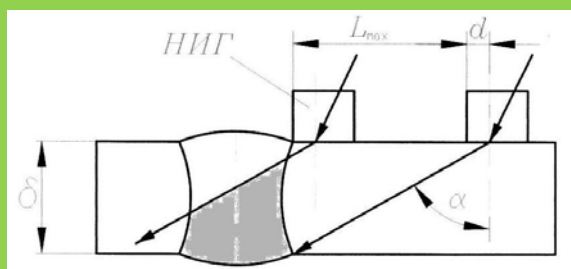


Рис. 1. Контроль сварного соединения прямым лучом

При контроле сварного соединения прямым лучом минимальное расстояние от усиления шва $L_{min} = 0$.

Максимальное расстояние от усиления шва L_{max} при контроле сварного соединения прямым лучом определяется углом ввода луча α , толщиной сварного соединения δ и стрелой наклонного искателя d :

$$L_{max} = \delta \cdot \operatorname{tg} \alpha - d \approx 20 \cdot 2.14 - 12 \approx 28.3 \text{ мм.}$$

2. Расчет зоны перемещения искателя при контроле однократно отраженным лучом.

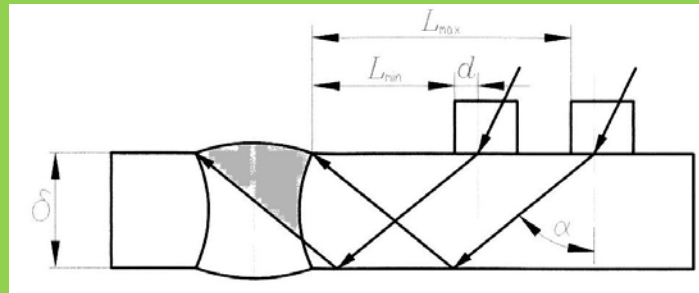


Рис. 2. Контроль сварного соединения однократно отраженным лучом (количество отражений $n = 1$)

$$L_{min} = n \cdot \delta \cdot \operatorname{tg} \alpha - d \approx 1 \cdot 20 \cdot 2.14 - 12 \approx 28.3 \text{ мм,}$$

$$L_{max} = (n + 1) \cdot \delta \cdot \operatorname{tg} \alpha - d \approx (1 + 1) \cdot 20 \cdot 2.14 - 12 \approx 68.6 \text{ мм.}$$

Ответ: при контроле прямым лучом – $L_{min} = 0$, $L_{max} \approx 28.3$ мм; при контроле однократно отраженным лучом – $L_{min} \approx 28.3$ мм, $L_{max} \approx 68.6$ мм