



ЕВРОПЕЙСКИ СЪЮЗ
ЕВРОПЕЙСКИ
СОЦИАЛЕН ФОНД



ОПЕРАТИВНА ПРОГРАМА
НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ ЗА
ИНТЕЛИГЕНТЕН РАСТЕЖ

УЧЕБНО ПОМАГАЛО

ПО ТЕРМОДИНАМИКА И ТОПЛОПРЕНАСЯНЕ

за специалности код:

5220301 „Топлоенергетика“

5220302 „Ядрена енергетика“

5220306 „Газова техника“

5220308 „Възобновяеми енергийни източници“

5220309 „Топлотехника – топлинна, климатична, вентилационна и хладилна“

5220310 „Управление на радиоактивни отпадъци“

професия код 52203 „Техник на енергийни съоръжения и инсталации“

за специалности код:

5220401 „Топлоенергетика“

5220402 „Ядрена енергетика“

5220406 „Газова техника“

5220408 „Възобновяеми енергийни източници“

5220409 „Топлотехника – топлинна, климатична, вентилационна и хладилна

професия код 522040 „Монтьор на енергийни съоръжения и инсталации“

РАЗРАБОТЕНО ОТ АВТОРСКИ ЕКИП КЪМ ПРОФЕСИОНАЛНА ГИМНАЗИЯ ПО
ЯДРЕНА ЕНЕРГЕТИКА „ИГОР КУРЧАТОВ“, ГР. КОЗЛОДУЙ

Авторски екип:

инж. Валентина Зариева Станева

инж. Татяна Василева Богоева

Консултант: проф. Ивайло Гинев Ганев

Коректор: Биляна Илийчова Стоянчева

Дизайнер: инж. Валентина Зариева Станева

Одобрено от инж. Надежда Стачева Ранделова

[Type text]

----- www.eufunds.bg -----

*Проект BG05M2OP001-2.014-0001 „Подкрепа за дуалната система на обучение“, финансиран от
Оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж“, съфинансирана от
Европейския съюз чрез Европейските структурни и инвестиционни фондове.*



ЕВРОПЕЙСКИ СЪЮЗ
ЕВРОПЕЙСКИ
СОЦИАЛЕН ФОНД



ОПЕРАТИВНА ПРОГРАМА
НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ ЗА
ИНТЕЛИГЕНТЕН РАСТЕЖ

АНОТАЦИЯ

Учебното помагало е разработено в рамките на проект BG05M2OP001-2.014-0001 „Подкрепа за дуалната система на обучение“, финансиран от Оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж“, съфинансирана от Европейския съюз чрез Европейските структурни и инвестиционни фондове

Съдържанието е в съответствие с одобрената от МОН учебна програма по техническа термодинамика и топлопренасяне, както и с Държавните образователни стандарти по професия код 52203 „Техник на енергийни съоръжения и инсталации“ и професия код 52204 „Монтьор на енергийни съоръжения и инсталации“, и е в съответствие

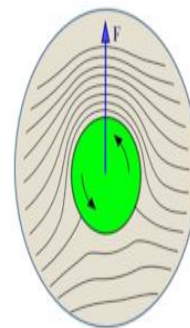
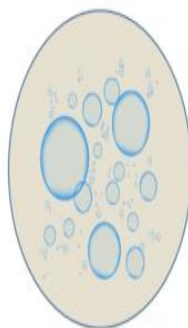
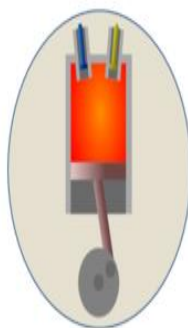
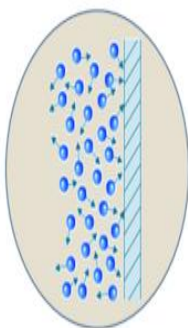
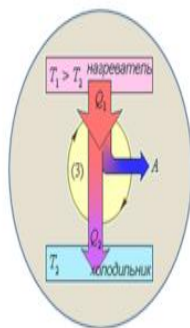
В учебното помагало са разгледани три тематични области: термодинамика, механика на флуидите и топлопренасяне. Структурирани са набор от въпроси и отговори свързани с основни понятия, определения и процеси от термодинамиката и топлопренасянето, както и основните свойства и характеристики на флуидите.



УЧЕБНО ПОМАГАЛО ПО ТЕРМОДИНАМИКА И ТОПЛОПРЕНАСЯНЕ

НАБОР ОТ ВЪПРОСИ И ОТГОВОРИ

за специфична професионална подготовка






СЪДЪРЖАНИЕ


1. ТЕРМОДИНАМИКА.....	4
1.1. Основни понятия и определения	4
1.2. Вътрешна енергия, топлина, работа. Първи принцип на термодинамиката	9
1.3. Термодинамични процеси с газове.....	11
1.4. Кръгови процеси /цикли/. Втори принцип на термодинамиката	11
1.5. Водни пари.....	23
1.6. Базов термодинамичен процес.....	31
2. МЕХАНИКА НА ФЛУИДИТЕ.....	37
2.1. Физични свойства на флуидите	37
2.2. Хидростатика.....	39
2.3. Хидродинамика	44
2.4. Хидравличен удар и дроселиране.....	50
3. ТОПЛОПРЕНАСЯНЕ	54
3.1. Основни понятия и определения	54
3.2. Начини за пренасяне на топлината. Основни зависимости	57
3.3. Основи на топлообменните процеси	66
Цели на обучението.....	72
Тестови въпроси и отговори.....	77
Ключ с верни отговори на тестовите въпроси.....	114



1. ТЕРМОДИНАМИКА

1.1 Основни понятия и определения

<p>Въпрос/Задача:</p> <p>/В1-1/</p> 	<p>Какво изучава техническата термодинамика?</p>
<p>Отговор: В съвременните топлинни двигатели, каквито са парните машини, двигателите с вътрешно горене, парните и газовите турбини, топлинната енергия се превръща в механична. Теоретичните основи на това превръщане се изучават от техническата термодинамика.</p> <p>Тя разглежда <i>още</i>:</p> <ul style="list-style-type: none">● общите закони, въз основа на които са построени топлинните двигатели;● топлинните свойства на газовете и парите, които са посредници при превръщането на топлинната енергия в механична;● теоретичните цикли на топлинните двигатели. <p>Термодинамиката изучава закономерностите на топлинното движение на термодинамичните системи, като изхожда от основни принципи, без да се опира на представи за строежа им.</p>	

<p>Въпрос/Задача:</p> <p>/В1-2/</p> 	<p>С кои параметри на състоянието се работи в термодинамиката?</p>
<p>Отговор: За термодинамичното изследване на свойствата на телата и процесите на изменение на тяхното състояние е необходимо да се познават съотношенията между термодинамичните величини в изходното състояние по време на промяната на състоянието и в края на процеса.</p>	



Съвкупността от физичните свойства, които могат да се изменят пряко или косвено, и зависят от степента на нагрятоост, се наричат **параметри на състоянието**.

В термодинамиката се работи с голям брой параметри, но **основни са шест параметъра**. Три от тях се наричат термични, а останалите три – топлинни /калорични/ параметри.

Трите **термични** параметъра са:

1. Специфичен обем v , m^3/kg
2. Налягане p , Pa
3. Температура t , $^{\circ}C$; T, K

Трите **топлинни** параметъра са:

1. Вътрешна енергия u , J/kg
2. Енталпия i , J/kg
3. Ентропия s , J/kg.K

Връзката между трите термични параметъра се изразява чрез термичното уравнение на състоянието, а между трите топлинни параметри – от топлинното /калоричното/ уравнение на състоянието.

Въпрос/Задача:

/B1-3/



Що е налягане и кои са единиците за измерването му?

Отговор: Във физиката **налягането (p)** се определя като сила, действаща на единица площ. Измерва се в **нютони на квадратен метър (паскали)**.

$$1 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ Pa}$$

Тъй като паскалът е малка единица, за измерване на налягането широко се използват кратните му единици: килопаскал (кPa) и мегапаскал - (MPa).

$$1 \text{ кPa} = 10^3 \text{ Pa}, 1 \text{ MPa} = 10^6 \text{ Pa}$$

В техниката намират приложение и следните начини за измерване на налягане:

- чрез височина на стълб течност - изразява се в милиметри живачен (mm Hg) и милиметри (метри) воден стълб (mm H₂O, m H₂O);

- чрез технически атмосфери (at). 1 техн. атмосфера се равнява на налягането, упражнявано от 735,6 милиметра живачен стълб, 10 метра воден стълб или 98100 паскала.



За практически цели може с достатъчна точност да се използва следната **връзка между единици за налягане**:

$$1 \text{ at } /1\text{kg.f/cm}^2/ = 735 \text{ mm Hg} = 10 \text{ m H}_2\text{O} \approx 100\,000 \text{ Pa} (100 \text{ kPa}; 0,1\text{MPa})$$

Въпрос/Задача:

/B1-4/



Обяснете понятията „абсолютно и остатъчно налягане“.

Отговор: За налягане в дадена точка се приема **абсолютното налягане (p)** в тази точка. То има винаги положителна стойност, а се приема за нула в безвъздушното пространство.

За разлика от него **остатъчното налягане** определя разликата между абсолютното и атмосферно налягане. Ако $p > p_a$, то разликата $p - p_a = p_m$ се нарича **манометрично налягане (свръхналягане)**. При $p < p_a$, разликата $p_a - p = p_v$ се нарича **разреждане (вакуум)**.

Остатъчното налягане се измерва с манометри и вакуумметри. В зависимост от показанията на тези уреди абсолютното налягане се определя от зависимостите:

$$p = p_a + p_m; \quad p = p_a - p_v$$

Въпрос/Задача:

/B1-5/



Дефинирайте понятието „специфичен обем“ и посочете единицата за измерването му. Изразете зависимостта между специфичния обем и плътността.

Отговор: Специфичният обем (v) представлява обемът на единица маса от веществото:



$$v = \frac{V}{m}, \text{ m}^3/\text{kg}$$

При термодинамичните процеси специфичният обем се изменя в зависимост от стойностите на налягането и температурата.

Специфичният обем е в реципрочна зависимост с величината **плътност**:

$$\rho = \frac{m}{V}, \text{ kg/m}^3$$

следователно: $v = 1/\rho$

Въпрос/Задача:

/B1-6/



Какво представлява температурата като физична величина и с кои единици може да бъде измерена?

Отговор: Температурата T е основна физична величина. От гледна точка на молекулно-кинетичната теория температурата е пропорционална на средната кинетична енергия на постъпателното /топлинно/ движение на молекулите.

Да се нагрее или охлади някое тяло означава да се увеличи или намали енергията на неговото молекулно движение.

От топлотехническа гледна точка температурата се определя като способност да се предава топлина.

Абсолютната температура представлява температура, измерена спрямо абсолютната скала, чието начало е абсолютната нула, наречена температурен минимум $-273,15^\circ\text{C}$. Означава се с T , измерва се в градуси Келвин /K/ и има винаги положителна стойност. Широко се използва и практическата температурна скала, в която температурата се измерва в градуси Целзий $^\circ\text{C}$. Температурата се означава с t .

Както е известно за нула по Целзиевата скала се приема температурата /точката/ на замръзване на водата 0°C . Другата ключова стойност по тази скала е температурата /точката/ на кипене на водата, приемана за 100°C . Именно при разделяне на интервала от температури между тези точки на 100 равни части се получава единицата градус $^\circ\text{C}$.



По скалата на Целзий стойностите за температура по-високи от 0°C се приемат за положителни, а стойностите по-ниски от 0°C – за отрицателни.

Между температурите, изразени в Келвинови и Целзиеви градуси, съществува следната връзка:

$$T = t + 273,15 / \text{K} /$$

Въпрос/Задача:

/B1-7/



Обяснете понятията „идеален” и „реален” газ.

Отговор: В топлинните двигатели топлината енергия се превръща в механична с помощта на междинно вещество, наречено работно. Газообразното вещество ,т.е газът ,е най-подходящото работно вещество ,както по своите физични свойства, така и по простотата си.

Съвременното учение за строежа на всички вещества, без оглед на агрегатното им състояние, се свежда до следния извод: всички вещества се състоят от безкрайно малки неделими по физичен път частици – молекули, които се намират в непрекъснато движение. Топлината не е нищо друго освен молекулно движение. За дадено количество газ броят на молекулите е постоянна величина и колкото по-голямо е увеличението на обема му, толкова по-голямо е разстоянието между молекулите и толкова по-малко е сцеплението между тях. С нарастването на обема на газа, обемът на молекулите става по-незначителен в сравнение с пространството, в което се движат. Подобен газ се нарича **идеален** или постоянен /съвършен/ **газ**.


Идеален газ се нарича онзи, в който липсва сцепление между молекулите, които са материални точки, без обем.

Напълно допустимо е при изследване на топлинните двигатели за идеални газове да се смятат въздухът и всички работещи в тях газове, с изключение на водната пара.

За разлика от идеалните газове в практиката съществуват т.нар **реални газове**, при които е невъзможно да се пренебрегнат както сцеплението между молекулите, така и обемът им. Такава е водната пара.

В много разрежено състояние реалните газове имат свойства, близки до свойствата на идеалните.



<p>Въпрос/Задача:</p> <p>/В1-8/</p> 	<p>Какво изразява уравнението /законът/ на Клапейрон за идеалния газ?</p>
<p>Отговор: Идеалният газ, подложен на разширяване или свиване, променя своето първоначално състояние в едно ново крайно състояние, така че произведението от налягането и специфичния обем, разделено на абсолютната температура, е постоянна величина:</p> $\frac{PV}{T} = \text{const} = R$ <p>или $PV = RT$</p> <p>където R J/kg.K е газова константа, различна за отделните газове.</p> <p>Уравнението е известно като уравнение на Клапейрон /уравнение на състоянието/ и може да се изкаже по следния начин:</p> <p><i>Произведението от налягането и специфичният обем на един газ за какво да е състояние е равно на произведението от неговата газова константа и абсолютната му температура.</i></p> <p>Уравнението се отнася за 1 kg идеален газ и свързва трите термични параметъра – P, V и T.</p> <p>За m kg газ $PV = mRT$</p>	

1.2. Вътрешна енергия, топлина, работа. Първи принцип на термодинамиката

<p>Въпрос/Задача:</p> <p>/В1-9/</p>	<p>Какво изразяват величините вътрешна енергия, топлина и работа и каква е връзката между тях?</p>
--	--



Отговор: От гледна точка на термодинамиката **вътрешната енергия /U/** на едно тяло характеризира неговото състояние и представлява главно **сбор от:**

- *кинетичната енергия на хаотичното топлинно движение на молекулите.* Тя зависи единствено от температурата на тялото;

- *потенциалната енергия, която се определя от взаимното разположение на молекулите* и от характера на силите на взаимодействието между тях.

При термодинамичните процеси изменението на вътрешната енергия се дължи на промяната на скоростта на топлинното движение и на взаимното разположение на молекулите. Друго свойство на вътрешната енергия е, че тя не зависи от начина на провеждане /ходът/ на термодинамичния процес, а само от началното и крайното състояние 1 и 2.

При промяна на вътрешната енергия на телата тя може да се предава от тялото на външната среда или да се възприеме от него под формата на **топлина /Q/**. Както е известно количеството на приетата или отведената от тялото топлина зависи от разликата в температурите на тялото и външната среда.

При внасяне на топлина в работно тяло се извършва **външна работа /A/** /обикновено на разширение/. Обратно при извършване на работа върху системата тя може да се превръща в топлина. Това показва, че работата може да преминава в топлина и топлината в работа или, че те са *еквивалентни* една на друга.

Вътрешната енергия, топлината и работата са форми на енергията, която съгласно закона за запазване на енергията не се губи, а се превръща от един вид в друг вид.

Именно поради това и трите величини имат измерение на енергия – джаул /J/.

Въпрос/Задача:

/B1-10/



Какво гласи Първият принцип на термодинамиката? Запишете аналитичният израз на уравнението на този принцип.



Отговор: Ако на един газ се придаде определено количество топлина, то част от тази топлина се изразходва за повишаване на вътрешната енергия на газа, а останалата част – за извършване на външна работа за разширението на газа.

$$Q = U_2 - U_1 + A$$

Тази формулировка на I принцип се явява израз на общия закон за запазване и изменение на енергията и за безкрайно малко изменение на състоянието на 1 kg идеален газ може да се запише аналитично така:

$$\Delta Q = \Delta U + \Delta A$$

За крайно изменение на състоянието /например при $p = \text{const}$ от състояние 1 в състояние 2/, уравнението ще се запише:

$$Q_{1,2} = U_2 - U_1 + P(V_2 - V_1) \text{ J}$$

Въпрос/Задача:

/B1-11/



Що е енталпия?

Отговор: От аналитичното уравнение за I принцип на термодинамиката:

$$Q_{1,2} = U_2 - U_1 + P(V_2 - V_1)$$

след съответни преобразувания се получава:

$$\Delta Q = \Delta (U + PV)$$

Оттук следва, че топлината, която системата получава при $p=\text{const}$ се изразходва за нарастване на функцията $(U + PV)$, означавана като **енталпия – H**.

$$H = U + PV, \text{ J}$$

Аналогично на вътрешната енергия, енталпията е функция на състоянието и нейното изменение не зависи от пътя на процеса, а само от началното и крайното му състояние.

От направените разглеждания става ясно, че внесена или отведената при един процес топлина освен чрез разликата в началната и крайна температура ,може да се изрази и чрез разликата в стойностите на енталпията.

$$\Delta Q = H_2 - H_1.$$

В много от случаите енталпията се означава със символа – **i**.

Въпрос/Задача:

Какво означава специфичният топлинен капацитет?



/B1-12/



Отговор: Ако температурата на работното тяло с маса m се повиши от T_1 до T_2 , количеството на предадената на тялото топлина ще бъде:

$$Q = m \cdot c / T_2 - T_1 /, J$$

Тук c е **специфичен топлинен капацитет**, J/kg.K, който представлява количеството топлина, необходима за изменение на температурата на единица количество вещество с един градус.

В определени случаи, термодинамичните процеси протичат при постоянство на обема $/V = \text{const}/$ или постоянство на налягането $/P = \text{const}/$. Това определя и различието между стойностите на топлинния капацитет, който се означава съответно със c_v и c_p . и е важно калорично свойство на веществата.

Отношението $c_p/c_v = \chi \approx 1,4$ се използва често в термодинамиката.

Въпрос/Задача:

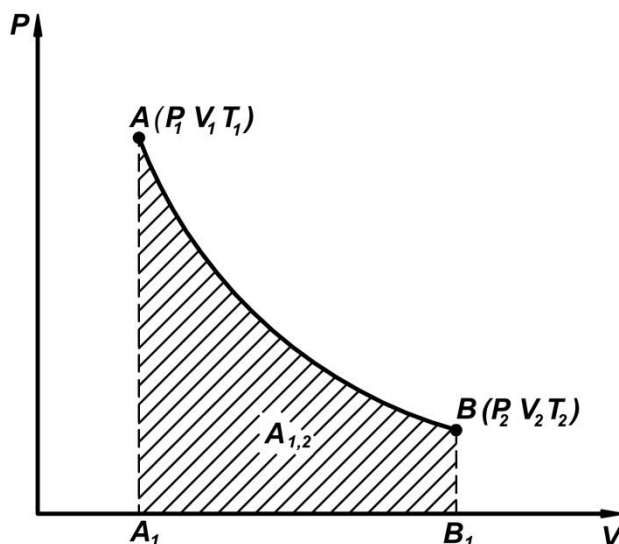
/B1-13/



Какво се разбира под абсолютна работа в техническата термодинамика? Как се изобразява графично в PV-диаграма?



Отговор: $A_{1,2} = P(V_2 - V_1)$ е работа, получена при разширението на работното тяло от по-малкия първоначален обем v_1 до по-големия краен обем v_2 . Тя се нарича още **абсолютна работа**, защото във формулата участва абсолютното налягане - P .



Графично изобразяване на работата в PV - диаграма

Графично работата е удобно да се представи в PV – диаграма, в която $A_{1,2}$ се изразява от площта, ограничена между кривата, показваща начина на изменение на състоянието на газа, двете крайни ординати и отсечката от абсцисната ос между тях.

Чрез формулата $A_{1,2} = P(V_2 - V_1)$ се изразява:

a/ работата на разширение или работата срещу външни сили /външна работа/, която е известна предимно като абсолютна работа;

b/ полезната работа – това е спечелената работа, благодарение на разширението при еднократен термодинамичен процес. Полезна работа се получава и при термодинамичните кръгови процеси /цикли/.

1.3. Термодинамични процеси с газове

Въпрос/Задача:

/B1-14/

Кои процеси с газове се разглеждат в термодинамиката?



Отговор: В термодинамиката се разглеждат няколко процеса с идеални газове, които имат голямо значение за работата на топлинните двигатели. Това са:

- изохорен процес;
- изобарен процес;
- изотермен процес;
- адиабатен процес;
- политропен /обобщаващ/ процес.

Всеки един от процесите се характеризира със съответни условия на провеждане – внасяне или отвеждане на топлина при постоянство на единия от параметрите v , p , T съответно при изохорен, изобарен, изотермен процес, липса на обмен на топлина с външната среда и промяна на трите посочени параметри – при адиабатен процес или в общия случай - обмен на топлина и промяна на трите параметри – при политропен процес.

Работата на топлинните двигатели се характеризира с провеждането, както на правите процеси свързани с получаване на абсолютна работа, така и на обратните процеси, при които се изразходва работа за извършване на съответната промяна в състоянието.

Въпрос/Задача:

/B1-15/



Представете основните характеристики на термодинамичните процеси с идеален газ – изохорен, изобарен, изотермен и адиабатен.

Отговор: Основните характеристики на термодинамичните процеси – изохорен, изобарен, изотермичен и адиабатен са представени в таблица.

Таблица
Термодинамични процеси с газове



Процес, уравнение	Условия за провеждане	Зависимост между параметрите	Топлина	Абсолютна работа
Изохорен $v = \text{const}$	$v = \text{const}$	$\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2}$	$q_{1,2} = u_2 - u_1 = C_v (T_2 - T_1)$	$A_{1,2} = 0$
Изобарен $p = \text{const}$	$p = \text{const}$	$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$	$q_{1,2} = u_2 - u_1 = C_p (T_2 - T_1)$	$A_{1,2} = p(v_2 - v_1)$
Изотермен $pv = \text{const}$	$T = \text{const}$	$\frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1}$	$q_{1,2} = A_{1,2}$ $/u_2 - u_1 = 0/$	$A_{1,2} = p_1 v_1 \ln \frac{V_2}{V_1} = \frac{V_2}{V_1}$ $A_{1,2} = p_1 v_1 \ln \frac{p_1}{p_2}$ или $A_{1,2} = RT \ln \frac{V_2}{V_1} =$ $RT \ln \frac{p_1}{p_2}$
Адиабатен $pv^\chi = \text{const}$ $\chi = C_p/C_v$ /адиабатен показател/	$\Delta q = 0$	$\frac{p_1}{p_2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^\chi$ $\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\chi-1}$ $\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{\chi-1}{\chi}}$	$q_{1,2} = 0$	$A_{1,2} = C_v (T_1 - T_2)$

Въпрос/Задача:

/B1-16/



Характеризирайте политропния процес.

Отговор: Разгледаните четири основни термодинамични процеса изохорен, изобарен, изотермен, адиабатен в техническата термодинамика могат да се обединят в един обобщаващ процес, наречен *политропен*. Посочените процеси са частни случаи от този политропен процес.

От математична гледна точка политропния процес е много сходен с адиабатния, с тази разлика, че при политропния става обмен на топлина между газа и външната среда.

Уравнението на политропата е: $pv^n = \text{const}$

Показателят n /политропен показател/ не е равен на отношението C_p/C_v , а приема стойности $n = 0 \div \infty$

От уравнението : $pv^n = \text{const}$ се получават:

- за $n = 0$ уравнението на изобарата, $p = \text{const}$
- за $n = 1$ уравнението на изотермата, $pv = \text{const}$
- за $n = \chi$ уравнението на адиабатата, $pv^\chi = \text{const}$



- за $n = \infty$ уравнението на изохората, $v = \text{const}$

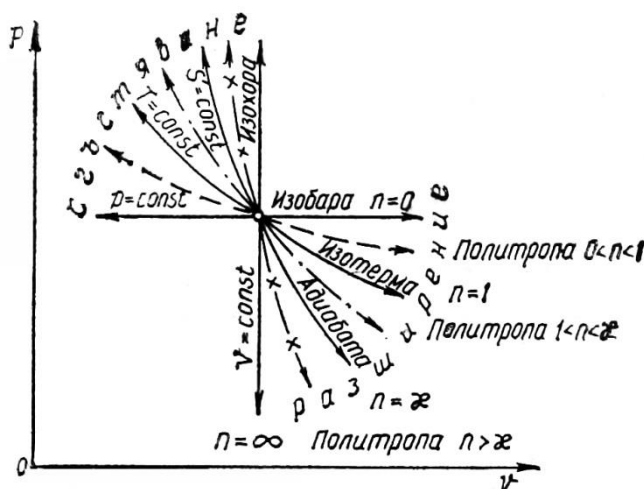
На фигурата са представени графично политропните процеси, включително случаите, когато при дадени стойности за n се получават изобарния, изохорния, адиабатния и изотермния процес.

Зависимостите между параметрите се изразяват от същите уравнения както при адиабатния, само че вместо показателя γ в тези уравнения, влиза показателят n .

Уравнението за работата може да се изрази по следния начин:

$$A_{1,2} = C_n (T_1 - T_2)$$

където $C_n = C_v - \frac{R}{n-1}$ е специфичен топлинен капацитет при политропния процес.



Графика на политропните процеси

1.4. Кръгови процеси /цикли/. Втори принцип на термодинамиката

Въпрос/Задача:

/B1-17/



Що е кръгов процес и кои са неговите особености?



Отговор: Кръговите процеси се характеризират с това, че при тях изменението на състоянието на газа започва от някакво първоначално състояние, минава през няколко междинни състояния, след което се връща в първоначалното състояние.

Кръговият процес може да бъде идеален, когато работното тяло след редица промени се върне в началното си състояние /с първоначалните параметри/.

Идеалният кръгов процес може от своя страна да бъде **прав**, когато в PV-диаграмата съставните процеси се движат по посока на часовниковата стрелка, или **обратен**, когато съставните процеси са подредени обратно на часовниковата стрелка.

Въпрос/Задача:

/B1-18/

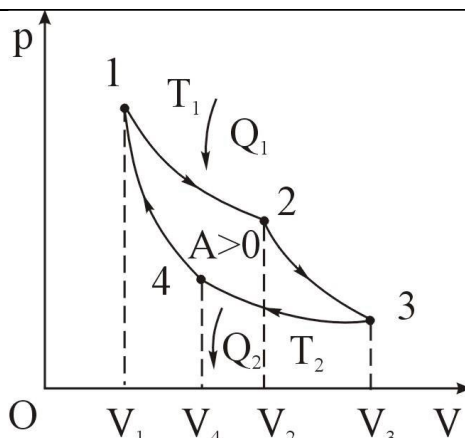


Каква е същността и начинът на провеждане на процеса на Карно с идеален газ? Обяснете схемата на процеса в PV-диаграма.

Отговор: Анализирайки работата на топлинните двигатели, френският инженер Карно стига до извода, че *най-изгоден кръгов процес се явявяа обратимият процес, съставен от два изотермни и два адиабатни процеса*, тъй като той се характеризира с най-голям коефициент на полезно действие.

За извършването на процеса са необходими два източника на топлина – горещ /нагревател/ I с температура T_1 и студен /охладител/ II с температура T_2 . Газът се затваря в цилиндър с подвижно бутало с топлинно изолирани стени.

Схемата на процеса в PV-координати е дадена на фигурата.



Фиг. Кръгов процес на Карно в PV-координати

Описание:

Процесът се извършва с 1 kg идеален газ с първоначални параметри p_1, v_1, T_1 /т.1/, и се изменя състоянието му.

1. Най-напред цилиндърът се поставя в контакт с източника на топлина /нагревателя/ I и газът се разширява при $T_1 = \text{const}$ получавайки топлината $Q_{\text{вл}} = Q_1$. Процесът протича по изотермата 1-2 до точката 2, в която параметрите на газа са p_2, v_2, T_1 .

2. Когато буталото достигне т 2, източникът на топлина I се отделя от цилиндъра. При по-нататъшното движение на буталото вдясно, газът продължава да се разширява, но това разширение ще се извършва без обмяна на топлина, т.е адиабатно по кривата 2-3. През време на адиабатното разширение температурата на газа намалява и може да продължи, докато тя се изравни с тази на охладителя, т.е на източника II / T_2 / . Тогава в т 3 /краят на адиабатното разширение/ параметрите на газа ще бъдат p_3, v_3, T_2 и буталото ще заема крайно дясно положение.

3. По-нататък буталото трябва да се върне в първоначалното състояние– 1. За целта цилиндърът се свързва с източника на топлина II /охладителя/. Буталото се връща наляво и газът започва да се свива, температурата му се повишава, защото работата на буталото се превръща в топлина. Но източникът на топлина II ще поеме добитата от газа топлина $Q_{\text{отв}} = Q_2$, и няма да позволи да се повиши температурата му. Процесът ще протича при температура $T_2 = \text{const}$, следователно е изотермен /кривата 3-4 е изотерма/. В т. 4, която представлява край на изотермичното свиване, състоянието на газа се характеризира с параметрите p_4, v_4, T_2 .

4. За извършването на последната фаза на процеса, цилиндърът се отделя от студения източник и буталото продължава да се движи наляво, а с това газът да се свива. Но тъй като газът е затворен между стени, които не пропускат топлина, това свиване ще стане без обмяна на топлина, т.е адиабатно.

Свиването се извършва така, че край на адиабатата 4-1 да мине през т 1. Извършената от буталото работа се превръща в топлина, която сега вече не се отнема от газа и следователно температурата му ще се повишава от T_2 до T_1 , докато стигне в първоначалното състояние т 1.



От казаното дотук става ясно, че цикълът на Карно се заключава между четири процеса: два изотермни и два адиабатни. Той е прав, защото в PV-диаграмата процесите следват часовниковата стрелка.

Въпрос/Задача:

/B1-19/



Как се определя к.п.д. на процеса на Карно? Какви изводи следват от получените зависимости?

Отговор: По време на протичане на процеса на Карно, нагревателят е отдал топлината Q_1 , а охладителят е приел топлината Q_2 . Разликата $Q_1 - Q_2$ е еквивалентна на полезната работа, извършена от газа за един цикъл. Графически тази работа се изразява от площта 12341 на фигурата, изобразяваща хода на процеса в PV-координати.

Вижда се, че получената полезна работа при кръговия процес зависи изключително от изотермните процеси и е еквивалентна на разликата между вложеното и отведеното количество топлина - $Q_{\text{вл}} = Q_1$ и $Q_{\text{отв}} = Q_2$

Отношението на полезната работа към вложеното количество топлина определя **термичният коефициент на полезно действие /к.п.д./** на топлинната машина:

$$\eta_t = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$

След прилагане на зависимостите за вложеното и отведеното количество топлина при съответните процеси и математична преработка на израза за η_t се получава:

$$\eta_t = \frac{T_1 - T_2}{T_1},$$

т.е **термичният к.п.д. на кръговия процес зависи от абсолютните температури на горещия и на студения източник T_1 и T_2 .**

Тази формула е справедлива само за обратимия цикъл на Карно.

К.п.д. на този цикъл има **най-голяма стойност от всички кръгови процеси, протичащи в същите температурни граници.** На практика поради термодинамичната необратимост на действителните процеси, термичният к.п.д. на реалните топлинни машини никога не може да достигне величината $\frac{T_1 - T_2}{T_1}$, където T_1 е абсолютната температура на топлия източник, а T_2 – абсолютната температура на студения източник.

От друга страна, възможният максимум от тяхното полезно действие може да се изрази от същата формула, ако условно под T_1 и T_2 се разбират най-високата и най-ниската температура на работното вещество.



Поради ограниченията за достигане на много високи стойности на T_1 и на много ниски стойности на T_2 /например горната граница за температурата на водната пара на практика трябва да се приеме около $300\text{ }^{\circ}\text{C}$, т.е. 573 K , а долната граница за температура на охлаждащата вода – не по-ниска от $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, т.е. действителният к.п.д. на парните машини обикновено не превишава $0,5$, т.е. в работа би могло да се използва само половината от вложената топлина и то при идеално построена машина, а другата половина се губи като преминава в охладителя.

Тъй като има още много условия, които не могат да се осъществят в посочените тесни граници на цикъла на Карно, в действителност получената в машините работа ще бъде още по-малка.

Въпрос/Задача:

/B1-20/



При какви условия може да се проведе обратният кръгов процес на Карно? Какво гласи принципът /постулатът/ на Клаузиус?

Отговор: Цикълът на Карно, в който измененията в състоянията на работното тяло се извършват в обратна посока, се нарича **обратен цикъл на Карно**.

При осъществяването на правия цикъл в резултат се получава външна работа, еквивалентна на разликата между вложеното и отведеното количество топлина. Тази работа се изразява от площта 12341 в PV -диаграмата на фигурата. За да може да се осъществи обратният процес на Карно, трябва да се извърши външна работа, големината на която също да се изрази от площта 12341 .


Вместо преминаването на топлината от по-топлия към по-студения източник, а заедно с това превръщане на част от топлината $/Q_1 - Q_2/$ в механична работа, сега става обратното – изразходва се механична работа и се получава преминаване /пренасяне/ на топлина от по-студения към по-топлия източник. Превърната в топлина, механична работа е също еквивалентна на разликата $Q_1 - Q_2$.


Оттук следва т.нар **постулат на Клаузиус**, който гласи, че топлината никога не може по естествен път /от само себе си/ да преминава от по-студено към по-топло тяло, а винаги чрез изразходване на механична работа. На този принцип е изграден работният процес на хладилните машини.

Въпрос/Задача:

Формулирайте II принцип на термодинамиката.



<p>/B1-21/</p> 	
<p>Отговор: Постулатът на Клаузиус , заедно с формулировките на Карно, съставляват <i>II принцип на термодинамиката</i>, който може да се изрази по следния начин: <i>Превръщането на известно количество топлина в работа е възможно само когато на работното вещество се предаде топлина Q_1 при по-висока температура T_1, и му се отнема топлина Q_2 при по-ниска температура – T_2.</i> <i>Преминаването на топлина от по-студено към по-топло тяло може да става само с изразходване на механична работа.</i></p>	

<p>Въпрос/Задача:</p> <p>/B1-22/</p> 	<p>Що е ентропия? Как се изразява количеството на обменената топлина чрез изменението на ентропията?</p>
<p>Отговор: За цикъла на Карно според Клаузиус отношението на превърнатото в работа количество топлина към съответната абсолютна температура се нарича ентропия – S, J/kg.K</p> $S = \frac{\Delta Q}{T}$ <p>При обратимите процеси, какъвто е и цикълът на Карно , алгебричният сбор на измененията на ентропиите за различните състояния на газа е равен на нула т.е $\Sigma \Delta S = 0$. Това означава, че при тези процеси ентропията остава непроменена. $S = \text{const}$.</p> <p>При естествените /самопроизволни/ процеси, ентропията нараства $\Delta S > 0$/, при неестествените /несамопроизволните/ процеси, тя намалява , т.е. $\Delta S < 0$. Пример за естествен /самопроизволен/ процес е преминаването на топлината от по-горещо към по-студено тяло, а пример за неестествен /несамопроизволен/ процес е преминаване на топлината от по-студено към по-топло тяло.</p> <p>Основният израз за изменението на ентропията, който се употребява в термодинамиката за 1 kg работно тяло , е $\Delta S = \frac{\Delta q}{T}$ J/kg.K, откъдето се получава:</p> $\Delta Q = T \Delta S$	



която е важна зависимост за определяне на количеството внесена или отведена топлина при изменение на състоянието.

Въпрос/Задача:

/B1-23/



Обяснете същността и значението на топлинната /TS-диаграма/.

Отговор: За графичното представяне на различните процеси в топлинната техника важно значение има т. нар *топлинна /ентропийна/ TS-диаграма*. При нея на абсцисната ос са нанесени стойностите на ентропията S , а на ординатната ос – абсолютната температура – T .

Голямо предимство на тази диаграма е възможността за *нагледно представяне на два от основните процеси*, съставлящи циклите на топлинните двигатели – *изотермния и адиабатния процес*, както и *удобното графично представяне на количеството обменена топлина*.

Тъй като при протичането на изотермните процеси, температурата остава неизменна, то в TS-диаграмата процесът ще се изобрази като права, успоредна на абсцисната ос. Обмененото количество топлина при изотермния процес съгласно уравнението $\Delta Q = T\Delta S$ се изразява чрез лицето на площта под правата на процеса.

При адиабатните процеси, за които липсва обмен на топлинна и $\Delta q = 0$, от уравнението $\Delta Q = T\Delta S$ следва, че $\Delta S = 0$ т.е $S = \text{const}$. Това означава, че адиабатния процес може да се представи в TS-диаграмата с права, перпендикулярна на абсцисната ос.

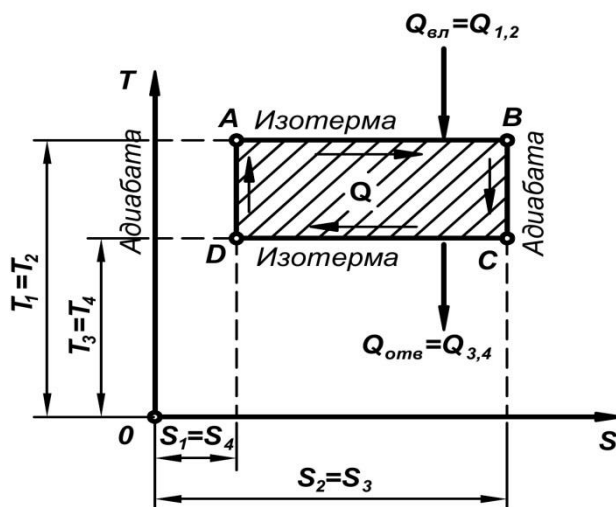




Схема на процеса на Карно в TS-диаграма

Процесът на Карно също е удобно да се представи и анализира в TS-диаграмата. При това зависимостите за термичният к.п.д на процеса се получават както при анализа в PV-диаграмата, но изводът е много по-лесен.

Въпрос/Задача:

/B1-24/



Как може да се оценява термодинамичното съвършенство на кръговите процеси?

Отговор: Ако произволен кръгов процес бъде вписан в температурните граници на кръговия процес на Карно, неговата площ ще бъде вписана в площта на цикъла на Карно. От това следва, че *количеството топлина, превърнато във външна работа за всеки произволен кръгов процес ще бъде по-малко от количеството топлина при цикъла на Карно в същите температурни граници.*

От сравнението между различните процеси и този на Карно може да се направи *оценка за термодинамичното съвършенство на процесите.* Това се прави чрез отношението на термичните к.п.д. на дадения процес към термичния к.п.д. на процеса на Карно в същите температурни граници.

1.5. Водни пари

Въпрос/Задача:


/B1-25/

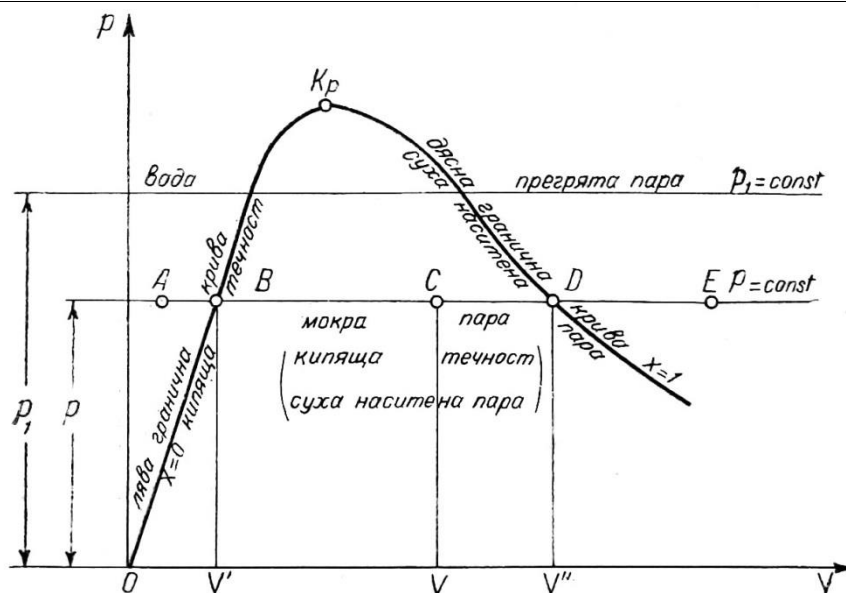


Представете общи сведения за водната пара.



<p>Отговор: Водната пара широко се използва като работно вещество в парните двигатели, а също и като топлоносител в топлообменните апарати. При това стойностите на наляганията и температурите са такива, че не могат да се пренебрегнат както силите на сцепление между молекулите, така и обемите на самите молекули. В такъв случай се смята, че уравнението на Клапейрон $PV = RT$, а също така и повечето от останалите закони, на които се подчиняват идеалните газове, не могат да се приложат с достатъчна точност към водните пари.</p> <p>Опитът показва, че всички пари в силно разрежено състояние се подчиняват на законите за идеалните газове, но това не важи за всички области на водните пари. Съществуват много уравнения, установяващи тези зависимости с по-голяма или по-малка точност.</p> <p>Поради сложният характер на връзките между величините на състоянието, в практиката широко се използват т.нар. <i>парни таблици и диаграми</i>.</p>	

<p>Въпрос/Задача:</p> <p>/B1-26/</p> 	<p>Проследете процеса на изобарно изпарение в PV-диаграма. През какви характерни промени преминава състоянието на водата и парата?</p>
<p>Отговор: Изпаряването на водата при постоянно налягане е процес, срещан във всеки парен котел /парогенератор/. Нека да проследим процесът на изпарение на 1 kg вода с температура 0°C в PV-диаграма по такъв начин, че $p = \text{const}$.</p>	



Парообразуване в PV-диаграма

При загряване на водата т. А и предаване на известно количество топлина, нейният специфичен обем започва да се увеличава. Като се достигне определена температура t_n съответстваща на налягането p_n , която се нарича температура на насищане, започва парообразуването /т. В/. Тук се наблюдава също силно увеличение на обема.

При отделянето от водата, парата запазва същата температура. Състоянието на кипящата течност се характеризира с областта на **мократа /влажна/ пара**, която се заключава между лявата гранична крива x /паросъдържание/ = 0 и дясната гранична крива $x = 1$.

С продължаване на загряването, количеството на парата в сместа се увеличава, а количеството на водата – намалява. В т. С паросъдържанието се характеризира със стойността x , $0 < x < 1$

$$x = \frac{\text{маса на суха наситена пара}}{\text{маса на вода и пара}}$$

В т. D цялото количество вода се е изпарило и състоянието се характеризира с т.нар. **суха наситена пара** $x = 1$.

През време на парообразуването /от т. В до т. D/ температурата не се е променила. Ако обаче загряването продължава, температурата на парата започва да се повишава и обемът ѝ продължава да расте. Такава пара се нарича **прегрята пара** /т. E/ Под прегрята пара се разбира пара, чиято температура е по-висока от съответстващата на налягането температура на насищане.

Ако сега се отнема топлина /охлаждане/ при същото налягане, състоянието ще се промени в обратен ред: прегрята пара – суха наситена пара $x = 1$ - влажна пара $0 < x < 1$ - кипяща течност $x = 0$ - вода.



Процесът се извършва при $p = \text{const}$ /по изобара/, която в PV -диаграмата е хоризонтална линия. Линиите с постоянен специфичен обем $/v = \text{const}/$ са успоредни на ординатната ос. От линията с $T = \text{const}$ е дадена частта ѝ в областта на парообразуване, където тя съвпада с изобарата. В областта на водата и на прегрялата пара линиите с $T = \text{const}$ са покачващи се криви.

Лявата гранична крива характеризира състоянията на кипене на водата, а дясната гранична крива – на сухата наситена пара. По лявата гранична крива паросъдържанието е $x = 0$, а по дясната гранична крива – $x = 1$.

Двете гранични криви се срещат в определена точка $K_{кр}$, която се нарича *критична точка*. На тази критична точка съответства критичното налягане – $p_{кр}$, критичният специфичен обем – $v_{кр}$ и критичната температура – $t_{кр}$. Критичната точка съответства на едно особено състояние на веществото, при което изчезва всякаква разлика между течност и нейната наситена пара. В надкритичната област е невъзможно да се разграничи течното от газообразно състояние на веществата. С други думи, в тази област никакви изменения на състоянието не могат да предизвикат промени в агрегатното състояние. За водата $t_{кр} = 374,12$ °C, а $p_{кр} = 221,15 \cdot 10^5$ Pa.

Граничните криви разделят PV -диаграмата на няколко *области*, а именно: между ординатната ос и лявата гранична крива е областта на водата, между лявата и дясната гранични криви – областта на мократа /влажна/ пара, вдясно от дясната гранична крива е областта на прегрялата пара. Върху лявата гранична крива е състоянието на кипящата вода, а върху дясната – състоянието на сухата наситена пара.

Всички *означения на параметрите*, които лежат на лявата гранична крива /за кипяща вода/ е прието да се бележат с индекс прим $/v', h', s', u'/$, а параметрите лежащи на дясната гранична крива /за суха наситена пара/ - с индекс секунд $/v'', h'', s'', u''/$. Параметрите на мократа пара се бележат без индекс или с индекс x /при известно паросъдържание - $x/$.

Въпрос/Задача:

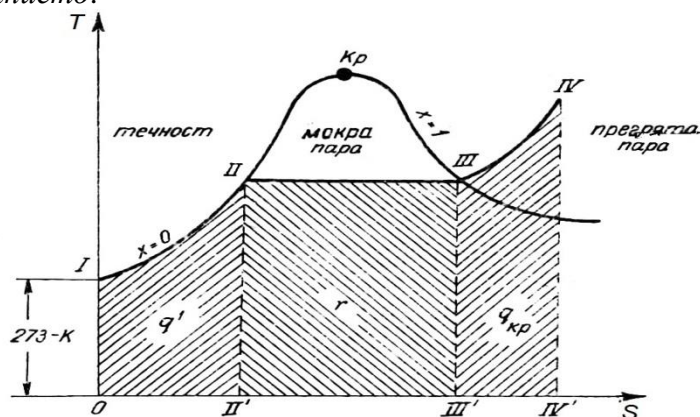
/B1-27/



**Проследете изобарното изпарение в TS -диаграма.
Какво е предимството на тази диаграма за анализ на топлинните процеси?**



Отговор: В топлинната техника много по-удобно е процесите да се проследяват в TS-диаграма, при което голямо предимство е възможността внесено или отведеното количество топлина да се изобрази графично чрез лицето на площта под кривата на изменението на състоянието.



Изобарно изпарение на водата в TS- диаграма

На фигурата е представен процесът на изобарно изпарение на водата в TS-диаграма. Състоянията на водата и парата се характеризират аналогично, както в PV-диаграмата с тази разлика, че изобарите са хоризонтални прави само в областта на мократа пара, докато в областта на водата и прегрятата пара са покачващи се криви.

От графиката на процеса могат да се обособят следните **области /фази/** на процеса:

1. **нагриване на водата от $0^{\circ}C$ до температурата на кипене – t_k** /област I - II/. За това нагриване трябва в 1 kg вода да се внесе топлината q_v ;

2. **превръщане на водата при температура $t_k = t_n$ в суха наситена пара** /област II - III/. За това е необходимо да се изразходва топлината r /топлина на изпарение/;

3. **получаване на прегрятата пара с необходимите параметри** /област III - IV/ – за тази цел трябва да се внесе топлината $q_{пр}$.

Общо количеството топлина за целия процес ще бъде:

$$q = q_v + r + q_{пр}$$

Количествата на посочените топлини са еквивалентни на площите, показани в диаграмата.

Въпрос/Задача:

/B1-28/

Обяснете структурата и съдържанието на парните таблици. Как се работи с тях?



Отговор: Съществуващите зависимости между параметрите на състоянието на парата са твърде сложни и неудобни за изчисления. Ето защо аналитичния метод на работа се заменя от графичен метод или се използват таблици.

Парните таблици обикновено са два вида: едните са за *кипяща вода и суха наситена пара*, а другите за *вода и прегрята пара*. Таблицы за мокра пара не се съставят и нейните параметри трябва да се изчислят в зависимост от паросъдържанието x с помощта на данните от таблиците и следните уравнения:

$$v_x = v' + x(v'' - v')$$

$$u_x = u' + x(u'' - u')$$

$$i_x = i' + x(i'' - i') = i' + xr$$

тук $r = i'' - i'$ – топлина на изпарение /стойностите на r също се дават в таблиците/

$$s_x = s' + x(s'' - s')$$

От своя страна таблиците за кипяща вода и суха наситена пара са разделени на два вида. Едните таблици са подредени по налягането /от 0 до 224 ат/ и спрямо него могат да се намерят съответната температурата на насищане – t /oC/, специфичният обем на кипящата вода – v' и на сухата наситена пара – v'' /m³/kg/, енталпите на кипящата течност – i' и на сухата наситена пара – i'' /J/kg/, топлината на изпарение – r /J/kg/, ентропите на кипящата течност – s' и на сухата наситена пара – s'' /kJ/kg K/.

По долу е дадена структурата на таблица за наситена пара и вода по линиите на насищането /по налягане/.

Таблица за наситена пара и вода по линията на насищането /по налягане - ат/

p	t	v'	v''	h'	h''	r	s'	s''	$s'' - s'$
$1,00 \cdot 10^{-3}$	6,97	0,0010001	129,183	29,30	2513,7	2484,4	0,1059	8,9749	8,8690
$1,50 \cdot 10^{-3}$	13,02	0,0010007	87,962	54,69	2524,7	2470,1	0,1956	8,8270	8,6315
$2,00 \cdot 10^{-3}$	17,50	0,0010014	66,990	73,43	2532,9	2459,5	0,2606	8,7227	8,4621
$2,20 \cdot 10^{-3}$	19,01	0,0010016	61,213	79,79	2535,7	2455,9	0,2824	8,6883	8,4059
$0,24 \cdot 10^{-3}$	20,41	0,0010019	56,377	85,66	2538,2	2452,6	0,3024	8,6569	8,3545

Другите таблици за кипяща вода и суха наситена пара са по температурата t /от 0 до 374 oC/, като останалите параметри са подредени по същия начин, както горните.

Има и трети вид таблици – за вода и прегрята пара, в които подреждането е ориентирано по два параметъра – налягането p /ат/ и едновременно по температурата t °C. Спрямо тези два параметъра могат според случая да се отчетат трите останали параметъра – специфичния обем, енталпията и ентропията.



Таблица за вода и прегрята пара

Таблица II

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОДЫ И ПЕРЕГРЕТОГО ПАРА

t	p = 1 кПа t _s = 6,98			p = 2 кПа t _s = 17,51			p = 3 кПа t _s = 24,08			p = 4 кПа t _s = 28,96		
	v [*] = 129,18	h [*] = 2513,7	s [*] = 8,9749	v [*] = 66,99	h [*] = 2533,9	s [*] = 8,7227	v [*] = 45,66	h [*] = 2544,9	s [*] = 8,5766	v [*] = 34,79	h [*] = 2553,7	s [*] = 8,4731
	v	h	s	v	h	s	v	h	s	v	h	s
0	0,0010002	0,0	-0,0002	0,0010002	0,0	-0,0002	0,0010002	0,0	-0,0002	0,0010002	0,0	-0,0002
10	130,59	2519,4	8,9953	0,0010003	42,0	0,1511	0,0010003	42,0	0,1511	0,0010003	42,0	0,1511
20	135,22	2538,2	9,0604	67,57	2537,7	8,7390	0,0010018	83,9	0,2965	0,0010018	83,9	0,2965
30	139,85	2556,9	9,1233	69,89	2556,5	8,8023	46,57	2556,1	8,6141	34,91	2555,7	8,4801
40	144,47	2575,7	9,1841	72,21	2575,3	8,8634	48,12	2575,0	8,6754	36,08	2574,7	8,5418
50	149,10	2594,4	9,2430	74,53	2594,1	8,9224	49,67	2593,9	8,7347	37,24	2593,6	8,6012
60	153,72	2613,2	9,3002	76,84	2613,0	8,9798	51,21	2612,7	8,7921	38,40	2612,5	8,6588
70	158,34	2632,0	9,3558	79,15	2631,8	9,0354	52,76	2631,6	8,8479	39,56	2631,4	8,7146
80	162,96	2650,8	9,4099	81,46	2650,6	9,0896	54,30	2650,5	8,9021	40,72	2650,3	8,7689
90	167,58	2669,6	9,4625	83,77	2669,5	9,1423	55,84	2669,4	8,9549	41,87	2669,2	8,8218
100	172,19	2688,5	9,5138	86,08	2688,4	9,1937	57,38	2688,3	9,0063	43,03	2688,2	8,8732
110	176,81	2707,5	9,5639	88,39	2707,4	9,2438	58,92	2707,3	9,0564	44,19	2707,1	8,9234
120	181,43	2726,4	9,6128	90,70	2726,3	9,2927	60,46	2726,3	9,1054	45,34	2726,2	8,9724
130	186,05	2745,5	9,6606	93,01	2745,4	9,3405	62,00	2745,3	9,1532	46,50	2745,2	9,0203
140	190,66	2764,5	9,7073	95,32	2764,5	9,3872	63,54	2764,4	9,2000	47,65	2764,3	9,0670
150	195,28	2783,6	9,7530	97,63	2783,6	9,4330	65,08	2783,5	9,2457	48,81	2783,4	9,1128
160	199,90	2802,8	9,7978	99,94	2802,7	9,4777	66,62	2802,7	9,2905	49,96	2802,6	9,1576
170	204,51	2822,0	9,8416	102,25	2822,0	9,5216	68,16	2821,9	9,3344	51,12	2821,9	9,2015
180	209,13	2841,3	9,8846	104,56	2841,2	9,5646	69,70	2841,2	9,3774	52,27	2841,1	9,2445
190	213,74	2860,6	9,9268	106,87	2860,6	9,6068	71,24	2860,5	9,4196	53,43	2860,5	9,2867

Въпрос/Задача:

/B1-29/



Обяснете структурата и съдържанието на парните диаграми.

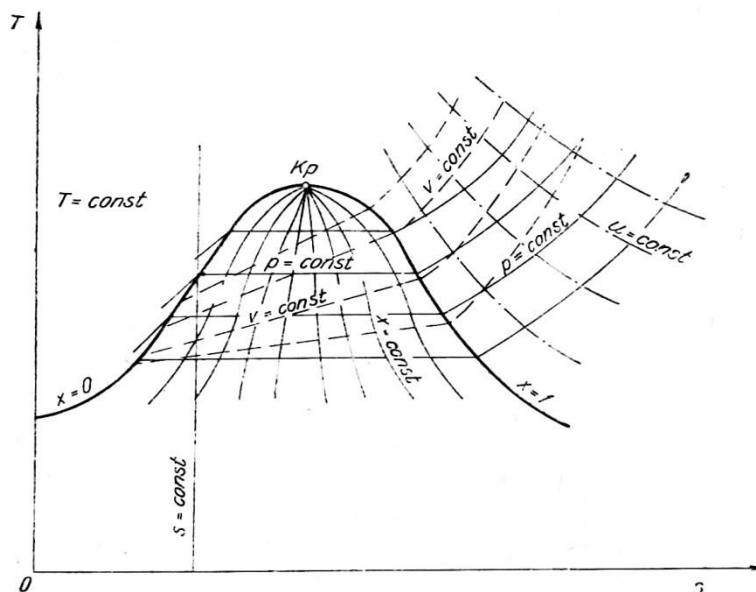
Отговор:

Изследването на различните изменения в състоянието на водната пара, на парните процеси и особено на прегрята пара за практически цели е сложно и неудобно с помощта на аналитичните или табличните данни.

Методът на работа се облекчава извънредно много с въвеждането на топлинната TS – диаграма за водната пара. Всички възможни процеси могат бързо и лесно да се представят графично с тази диаграма. Удобство в нея е и това, че площта под кривата на който и да е процес, дава количеството топлина, предавано на веществото, а обратимите изотермични и



адиабатни процеси се изобразяват само с една хоризонтала и съответно вертикала, тъй като при тези процеси $T = \text{const}$, съответно $s = \text{const}$.



TS-диаграма за водната пара

На фигурата е представена **TS – диаграмата за водна пара**. За парните, паросиловите и топлосиловите уредби, частта на диаграмата под $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ обикновено не представлява интерес и не се изобразява, като диаграмата се чертае от $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ нагоре. Обратно, за хладилните машини, апарати и уредби частта под $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ представлява интерес и такива диаграми се чертаят за областта на ниските температури.

В TS- диаграмата се чертаят: *граничните криви* $/x=0$ и $x=1/$, между които от критичната точка се спускат лъчеобразно криви с постоянно паросъдържание $/x=\text{const}/$.

Линиите с постоянна температура – изотермите с $T = \text{const}$ са хоризонтални прави, успоредни на абсцисната ос.

Линиите с постоянно налягане – изобарите с $p=\text{const}$ в областта на течността са логаритмични криви, които стигат до състоянието на кипене /лявата гранична крива/, от състоянието на кипене до състоянието на суха наситена пара /дясна гранична крива/ изобарите са хоризонтални прави, които се сливат с изотермите. Премавайки в областта на прегрялата пара, те се пречупват нагоре и добиват логаритмичен характер.

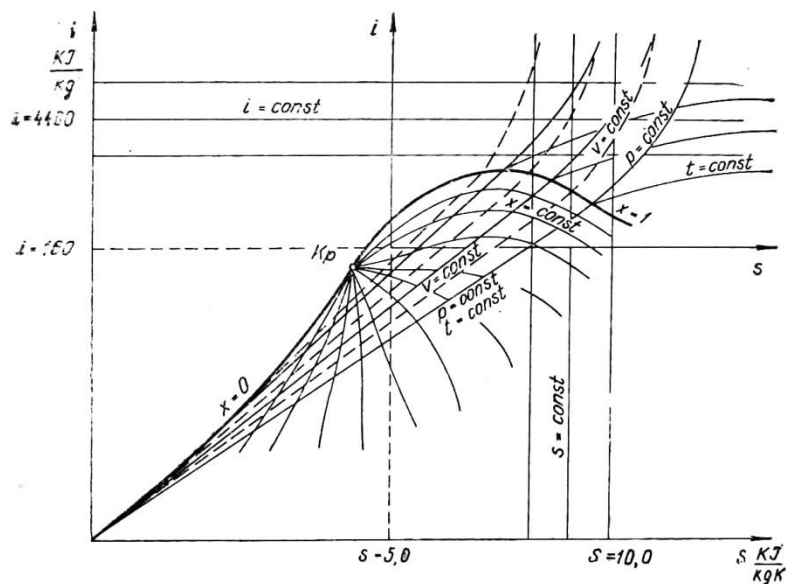
Линиите с постоянен специфичен обем – изохорите с $v = \text{const}$ имат характер, подобен на изобарите, само че са по-стръмни от тях, както в областта на мократа пара, така и в областта на прегрялата пара.

Върху диаграмата могат да бъдат построени още линии с постоянна вътрешна енергия, които имат сходен логаритмичен характер.

При наличието на подобна мрежа от изобари, изохори, адиабати, изотерми и криви с постоянно паросъдържание и постоянна вътрешна енергия, намирането на точки, съответстващи на даденото състояние или обратно – определянето на параметрите за дадена точка, както и изчислението на процеси, протичащи с мокра или прегрята пара става извънредно бързо и просто.



TS-диаграмата се оказва доста удобна за решаването на редица технически задачи, но е неудобна за случаите, когато се използват стойностите на енталпията, тъй като не са нанесени в нея.



IS-диаграма за водната пара

За тази цел най-удобна се явява т.нар IS- диаграма за водната пара, в която на абсцисата са нанесени стойности за ентропията, а на ординатата – стойности за енталпията. Общият вид на **IS-диаграма за водната пара** е показана на фигурата.

1.6. Термодинамичен цикъл

Въпрос/Задача:

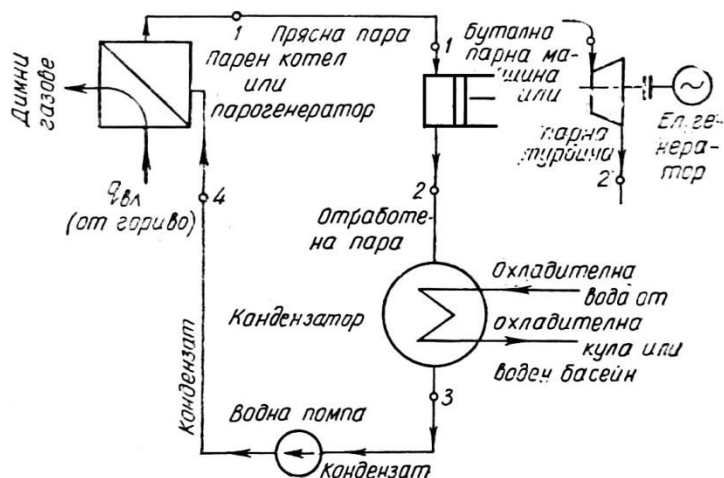
/B1-30/



Каква е основната идея /принцип/ за осъществяване на кръговия процес на Ренкин с водна пара? Обяснете процеса в TS-диаграма.

Отговор: В основата на построяването на кръгов процес /цикъл/ за паросиловите уредби стои идеята за използване на кръговия процес на Карно, провеждан с водна пара.

За провеждане на цялостния процес на Карно с пара са необходими четири уредби, във всяка от които се осъществява самостоятелно един от съставните процеси: парен котел, парна машина, кондензатор и компресор.

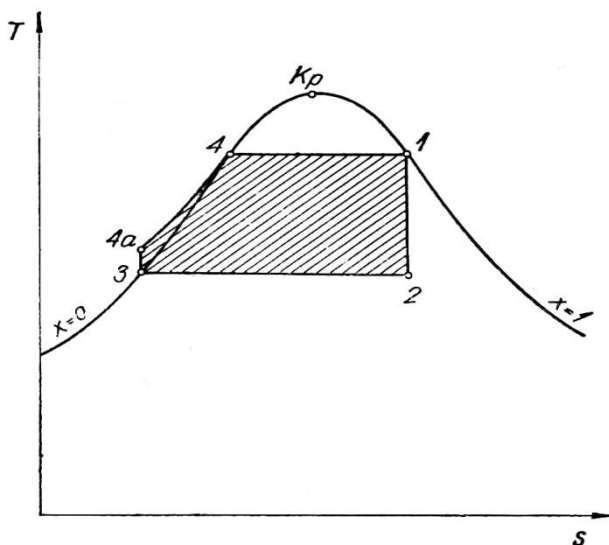


а/ Принципна схема на уредба, работеща по цикъла на Ренкин

Недостатъкът на този процес е, че мократа пара не се втечня напълно и не се превръща в кипяща вода. Това налага да се използва компресор, който да нагнетява тази пара в котела. С компресора обаче се изразходва извънредно много от спечелената от парната машина работа, като в крайна сметка остава малко полезна работа. Освен това компресорът е газова машина и не би могла да работи с течност, каквато се съдържа в мократа пара.

При **кръговия процес на Ренкин** принципът на кръговия процес на Карно е запазен донякъде, като се използва достатъчно мощен кондензатор, който да втечня изцяло мократа пара и да я превръща в кипяща течност. Тук вече не се използва неудобният компресор, който в горния случай изразходва много от спечелената работа и е подменен с помпа, която сгъстява кондензата адиабатно и го подава в котела. За разлика от компресора, помпата изразходва извънредно малка енергия /често тази енергия може да се пренебрегне/, което увеличава значително полезната работа.

На фигура **а** е показана схемата на уредбата, работеща съгласно цикъла на Ренкин, а на фигура **б** - кръговия процес на Ренкин, представен в TS-диаграма.



б/ Кръгов процес на Ренкин в TS-диаграма

В отделните етапи на кръговия процес се извършват *следните процеси*:

1 – 2 адиабатно разширение на сухата наситена пара в парната машина /турбина/ с превръщане на част от енергията ѝ в механична работа;

2 – 3 изотермично-изобарно охлаждане на мократа пара в кондензатора до превръщането ѝ в кипяща течност;

3 – 4a адиабатно сгъстяване на кипящата течност в помпата до налягането, при което работи котела. В т. 4a кипящата вода се втечнява напълно и наляво от кривата $x = 0$ е в състояние на вода;

4a – 4 изобарно загряване на горещата вода в парния котел до нейното кипене;

4 – 1 изотермично-изобарно загряване на кипящата течност в котела с получаване на суха наситена пара.

Както и за останалите топлинни машини, така и при кръговия процес на Ренкин с водна пара **коэффициентът на полезно действие** се определя от отношението на между количеството топлина, еквивалентно на спечелената работа и вложеното количество топлина:

$$\eta_t = \frac{A}{Q_{вл}}$$

Тук спечелената работа може да се замени с топлинния пад или с разликата между енталпията на прясната пара, навлизаща в парната машина H_1 и енталпията на отработената пара, излизаща от парната машина – H_2 . Внесеното количество топлина може да се представи като разлика в енталпията на прясната пара H_1 и тази на подхранващата вода за котела /парогенератора/ – H_B .

$$\eta_t = \frac{H_1 - H_2}{H_1 - H_B}$$



Въпрос/Задача:

/B1-31/



Обяснете начините за подобряване на процеса на Ренкин:

1. чрез понижаване на крайното налягане;
2. чрез повишаване на началното налягане;
3. чрез прегряване на парата;
4. чрез комбиниран метод.

Отговор: Съществуват няколко начина за подобряване /усъвършенстване/, които водят към увеличаване на термичния к.п.д. на паросиловата уредба на Ренкин.

1. Чрез понижаване на крайното налягане

При този процес се запазва началната точка на адиабатния процес на разширение, която лежи на граничната крива на сухата наситена пара, а крайната точка слиза по вертикала до по-ниско налягане, в т.число по-ниско от атмосферното налягане. Това може да се осъществи само при въвеждане на кондензационна уредба и работа на кондензатора под вакуум. По този начин топлинният пад, който участва в числителя на израза за термичния к.п.д. на уредбата ще има по-голяма стойност, а оттам- стойността на к.п.д. ще бъде по-голяма.

2. Чрез повишаване на началното налягане

В този случай, отсечката на топлинния пад също така се удължава и по такъв начин изразът за η_t ще нарасне.

Тук началната точка на адиабатния процес се измества по-нагоре в съответствие с по-високото налягане, а крайната точка остава върху същата изобара но точката се измества по-наляво в мократа област.

3. Чрез прегряване на парата

При този процес в парния котел /парогенератора/ при първоначалното налягане p_1 се получава прегрята пара . При това могат да се получават значително по-големи топлинни падове. Крайната точка върху налягането p_2 се намира по-надясно и по-близо до дясната гранична линия, т.е в края на процеса е по-суха.

В горния случай прегряването предимно се извършва в самия котел /парогенератор/.

В редица случаи, особено за уредби, работещи със суха наситена пара се използва едно или няколко междинни прегрявания на парата с пара, получавана в котела /парогенератора/.

Това води както до увеличаване на топлинния пад, така и до запазване на работоспособността на парата, тъй като в следващата степен на разширение в турбината се подава пара с по-високо паросъдържание.

4. Комбиниран метод

Той е съчетание на трите описани по-горе начини: чрез ниско крайно налягане и въвеждане на кондензационна уредба, чрез повишаване на първоначалното налягане и чрез прегряване на парата.



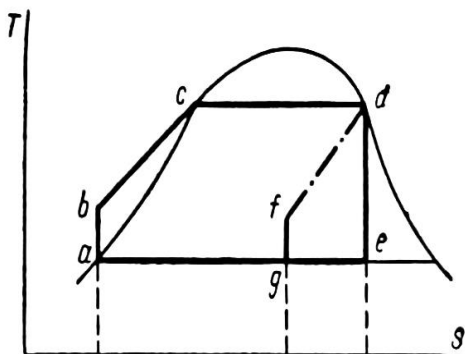
Въпрос/Задача:

/B1-32/



Обяснете същността на регенеративния метод.

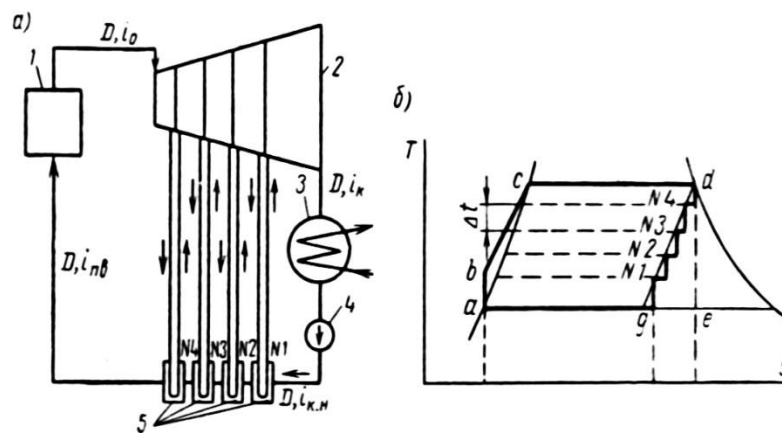
Отговор: На фигурата са представени TS-диаграмите на два цикъла: обобщен цикъл на Карно /abcdfg/ к.п.д., на който е максимален при зададените стойности на началната и крайна температура и цикъл на Ренкин /abcde/, чийто к.п.д. е по-нисък от обобщения цикъл на Карно.



**Цикъл на Ренкин /abcde/ и обобщен цикъл на Карно /abcdfg/
за наситена пара**

За да може да се премине от цикъла на Ренкин към цикъла на Карно трябва да се замени адиабатата de с линията на разширение dfg . Това е възможно да се направи, ако в процеса на разширение на парата в турбината непрекъснато се отвежда топлина и се предава на подхранващата вода за подгриването ѝ на участъка bc при безкрайно малки разлики между температурите на парата и водата. Такъв цикъл се нарича *граничен регенеративен цикъл*, а самият процес на нагриване на подхранващата вода за сметка на топлината, отвеждана от разширяващата се пара – **регенеративно подгриване на подхранващата вода**.

Описаният цикъл може да бъде осъществен, ако целият процес на разширение на парата се раздели на части с безкрайно малки топлинни падове и да се осъществи топлообмен в безкрайно голям брой подгреватели, през които да премине цялото количество пара, което на практика е невъзможно. Ако броят на подгревателите е ограничен, например четири, както е показано на фигурата по-долу, то процеса ще има четири степенен характер.



Регенеративно подгряване на подхранващата вода за турбина на наситена пара

Колкото повече степени на подгряване Z се използват, толкова цикъла на Ренкин ще бъде по-близо до този на Карно и толкова неговият к.п.д. ще бъде по-голям, достигаш максимум при $Z \rightarrow \infty$.



2. МЕХАНИКА НА ФЛУИДИТЕ



2.1. Физични свойства на флуидите

Въпрос/Задача:

/B2.2-1/



Направете кратка физична характеристика на флуидите.

Отговор: Под термина *флуиди* в хидравликата се разбират тела, които *имат свойството да текат*. Това са течностите и газовете.

Между молекулите на течностите действат слаби *сили на привличане* /кохезионни сили/. Макар и незначителни тези сили са достатъчни, за да държат молекулите на определено разстояние една от друга. Поради това течностите имат напълно определен обем, но нямат собствена форма.

При газовете липсват кохезионни сили между молекулите, поради което те нямат определен обем и форма и заемат всеки предоставен им обем.

В хидравликата се разглеждат главно явления и закономерности, свързани с течностите.

Флуидите се характеризират със свойства, някои от които са представени в Таблица

Таблица

Свойства на флуидите

Величина	Определение	Размерност	Зависимости
Плътност	Масата на флуида в единица обем: $\rho = \frac{m}{V}$	Килограм на кубичен метър - kg/m^3	С увеличаване на температурата плътността намалява. Изключение прави водата, която при 4°C има най-голяма плътност - $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$



Специфично /обемно/ тегло	Теглото на флуида в единица обем: $\gamma g = \frac{G}{V}$	Нютон на кубичен метър - N/m ³	$\gamma g = \frac{G}{V} = \frac{mg}{V} = \rho \cdot g$
Свиваемост	Свойство на флуидите да намаляват обема си под влиянието на външни сили, действащи върху тях. Характеризира се от <i>коэффициента</i> <i>на обемно свиване</i> <i>β_{bv}</i> , който показва относителното изменение на обема при изменение на налягането с единица.	Квадратни метра на нютон - (m ² /N).	Газовете се характеризират със значителна свиваемост. Водата и останалите течности имат малки стойността на коэффициента на свиваемост, поради което се разглеждат като практически несвиваеми.
Вискозитет	Свойство на флуидите да оказват съпротивление при относителното движение на частиците им. Характеризира се от величините: - <i>коэффициент на</i> <i>динамичен</i> <i>(абсолютен)</i> <i>вискозитет</i> - μ т.	- <i>коэффициент на</i> <i>динамичен</i> <i>(абсолютен)</i> <i>вискозитет</i> - μ т. нютон.секунда/кв. метър (N.s/ m ²). - <i>коэффициент на</i> <i>кинематичен</i> <i>вискозитет</i> - ν п кв. метри/секунда - (m ² /s)	$\nu p = \mu m / \rho g$ Голям вискозитет имат гъстите течности като машинно масло и мазут, а малък - редките течности - вода, спирт, бензин и др. С нарастването на <i>температурата</i> , вискозитетът на газовете се



- коефициент на
кинематичен
вискозитет - ν

увеличава, а този на
течностите -
намалява.

2.2. Хидростатика

Въпрос/Задача:

/B2-2/



Дефинирайте величината хидростатично налягане. Коя е единицата за измерване в система СИ? Посочете различните начини за изразяване на налягането в техниката.

Отговор: *Хидростатичното налягане (p)* се определя от силата на натиска, който оказват молекулите на течностите върху потопените в тях тела и стените на съда.

Измерва се в *нютони на квадратен метър (паскали)*.

$$1 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ Pa}$$

Поради това, че паскалт е малка единица за измерване на налягането се използват килопаскали (кПа) и мегапаскали (МПа).

$$1 \text{ кПа} = 10^3 \text{ Pa}, 1 \text{ МПа} = 10^6 \text{ Pa}$$

Както се посочи в т. **2.1.1** намират приложение и следните начини за измерване на налягане:

- *чрез височина на стълб течност* - изразява се в милиметри живачен (mm Hg) и милиметри (метри) воден стълб (mm H₂O, m H₂O)

- *чрез технически атмосфери (ат)* 1 техн. атмосфера се равнява на налягането, упражнявано от 735,6 милиметра живачен стълб, 10 метра воден стълб и 98100 паскала.

За практически цели може с достатъчна точност да се използва посочената там връзка:

$$1 \text{ ат} = 735 \text{ mmHg} = 10 \text{ mH}_2\text{O} \approx 100\,000 \text{ Pa} (100 \text{ кПа}; 0,1 \text{ МПа})$$



Въпрос/Задача:

/B2-3/



Кои свойства притежава хидростатичното налягане?

Отговор: Основни свойства на хидростатичното налягане са:

1. Налягането е винаги насочено перпендикулярно на площта, върху която действа.
2. Налягането в дадена точка е еднакво във всички посоки.
3. Налягането, действащо в определена точка, намираща се на дълбочина h (m) от повърхността /налягането на стълб течност с височина h / се определя от уравнението:

$$p = \rho r.g.h = \gamma g.h$$

ρr - плътност (kg/m^3); γg - специфично тегло (N/m^3); g - земно ускорение (m/s^2).

Налягане, аналогично на хидростатичното оказва и въздухът на атмосферата. Това е *атмосферното налягане* - p_a . То зависи от височината на въздушния стълб.

Въпрос/Задача:


/B2-4/



Формулирайте основното уравнение /закон/ на хидростатиката. Какво е следствието от него, ако съдът с течност е отворен към атмосферата?



<p>Отговор: Абсолютното налягане (p) в точка (М), разположена в течността на дълбочина h, м от свободната повърхност се определя от основното уравнение (закон) на хидростатиката:</p> $p = p_0 + \rho r.g.h$ <p>или $p = p_0 + \gamma g.h$</p> <p>p_0 - налягане върху свободната повърхност</p> <p>От това уравнение следва, че налягането в произволна точка, намираща се на дълбочина h в течността е сума от налягането, действащо върху свободната повърхност - p_0 и налягането на стълба течност с височина h (от точката до свободната повърхност) - $\rho r.g.h$ ($\gamma g.h$).</p> <p>Ако съдът, в който се намира течността, е отворен към атмосферата, тогава: $p_0 = p_a$, и основното уравнение на хидростатиката приема вида:</p> $p = p_a + \rho r.g.h$ <p>или $p = p_a + \gamma g.h$</p>	

<p>Въпрос/Задача:</p> <p>/B2-5/</p> 	<p>Какво гласи законът на Паскал? Обяснете принципът на хидравличната преса.</p>
<p>Отговор: Когато налягането, действащо върху свободната повърхност на течността - p_0 се увеличава или намалява, заедно с него, съгласно основния закон на хидростатиката със същата стойност се променя и налягането - p на точките от вътрешността на течността. Това положение се изразява от закона на Паскал, според който външното налягане,</p>	



приложено върху свободната повърхност на течността се предава еднакво във всяка нейна точка и по всички направления в пространството.

На закона на Паскал се основава работата на **хидравличната преса**.

Пресата се състои от два скачени съда (цилиндри) - единият с по-малко напречно сечение F_1 , а другият - с голямо сечение F_2 .

Нека върху буталото в малкия съд е приложена сила P_1 (N). Съгласно закона на Паскал във всяка точка на течността ще се предаде налягане $p_1 = P_1 / F_1$.

Това налягане ще се предаде без изменение върху буталото в големия съд, вследствие на което върху него ще действа натискът $P_2 = p_1 \cdot F_2$. По такъв начин върху буталото с площ F_2 ще се упражни хидростатичен натиск P_2 , толкова пъти по-голям от P_1 , колкото пъти F_2 е по-голямо от F_1 .

На практика първата част от така описаната преса представлява помпа, а втората - работен цилиндър, като за работна течност се използва хидравлично масло.

Въпрос/Задача:

/B2-6/



Какъв натиск оказва течността върху дъното и стените на съда?

Отговор: *Натискът (P) върху дъното на съда, в който се намира определен обем (маса) течност, ако се пренебрегне външното налягане, може да се определи от произведението на хидростатичното налягане на дъното и неговата площ:*

$$P = p \cdot F = p \cdot g \cdot h \cdot F \quad /1/$$

h - нивото на течността в съда - m;

F - площ на дъното - m²;

p - хидростатично налягане - Pa;

Силата на натиска върху всички точки на дъното (ако то е хоризонтално) е еднаква. Това положение съставлява т. нар. *хидростатичен парадокс*, според който налягането,



действащо върху дъното, не зависи от формата на съда, а само от височината на стълба течност.

Натискът на течността върху вертикалните стени на съда не е еднакъв и расте с увеличаване на дълбочината, като достига максимална стойност за точките на дъното. Сумарният натиск върху вертикалната стена е:

$$P = \rho \cdot g \cdot h_c \cdot F \quad /2/$$

където h_c е дълбочината, на която се намира геометричният център на тежестта на стената. За правоъгълни и цилиндрични резервоари: $h_c = h/2$.

F – площ на стената - m^2

Въпрос/Задача:

/B2-7/



Какво представляват скачените съдове и какво е основното им свойство?

Отговор: Основният закон на хидростатиката намира важно приложение при **скачените съдове**, в които течността може свободно да преминава от единия съд в другия.

Основно свойство на скачените съдове е, че **за точки, разположени в една и съща хоризонтална равнина, която ги пресича, налягането е едно и също.**


Съдовете могат да бъдат отворени със свободни повърхнини и херметически затворени, както и да съдържат еднородни и разнородни течности. Във втория случай височините, на които ще се издигнат течностите в колената на скачените съдове, ще бъдат обратнопропорционални на обемните тегла на течностите, т.е:


$$h_1/h_2 = \gamma_2/\gamma_1$$

Ако обаче течността е една и съща, нивата на тази течност в колената на скачените съдове /независимо дали са отворени или затворени/ ще бъдат еднакви т.е $h_1 = h_2$.



2.3. Хидродинамика

<p>Въпрос/Задача:</p> <p>/B2-8/</p> 	<p>Що е дебит и кои са единиците за измерването му?</p>
<p>Отговор: Количеството флуид, което преминава през напречното сечение на потока за единица време, се нарича дебит (разход) - Q.</p> <p>В зависимост от единицата на количеството се различават:</p> <p><i>Обмен дебит</i> Q_v - измерва се в $m^3/сек$;</p> <p><i>Масов дебит</i> Q_m - измерва се в kg/s.</p>	

<p>Въпрос/Задача:</p> <p>/B2-9/</p> 	<p>Дефинирайте понятието „средна скорост на потока“ и посочете от какво зависи?</p>
<p>Отговор: Частиците на потока се движат с определени скорости, които зависят от тяхното местоположение (координати). Например за движещ се поток в тръба, запълнена с течност, частиците на ядрото (оста на тръбопровода) се движат с най-голяма скорост, а тези, намиращи се в периферията - с най-малка скорост.</p>	



За удобство се въвежда понятието **средна скорост**, която е такава фиктивна еднаква скорост на всички частици, при която през напречното сечение на потока преминава същото количество течност (дебит).

Средната скорост на потока се равнява на *отношението на обемния разход - Q към площта на сечението - F* :

$$c = \frac{Q}{F}$$

В тръбопроводите и съоръженията флуидите се движат със скорости, които от една страна се препоръчват от стандартите на съоръженията, а от друга страна - зависят от преследвания технологичен ефект.

Обикновените течности се движат със скорости до 3 м/сек, а гъстите - с 0,5 до 1,0 m/s. Газовете, намиращи се под налягане, се движат с по-големи скорости - 15 до 25 m/s, наситената водна пара - с 20 до 30 m/s, а прегрялата пара - с 30 до 50 m/s.

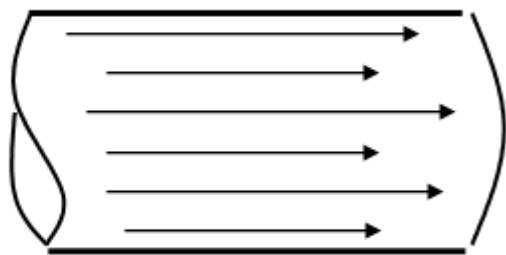
Въпрос/Задача:

/B2-10/

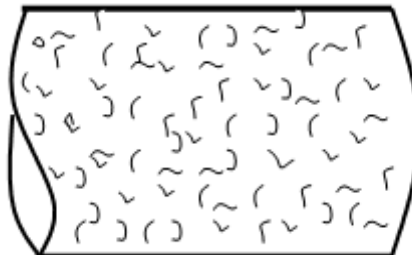


Обяснете понятията „ламинарен и турбулентен режим на движение на потока“. Какъв е критерият за оценка на режима на движение?

Отговор: Известни са два основни режима на движение - **ламинарен** (фиг. 1) и **турбулентен** (фиг. 2), които могат да преминават един в друг при промяна на условията.



Фиг. 1



Фиг. 2

Ламинарен и турбулентен режим на движение

При ламинарния режим частиците на флуида се движат във вид на отделни несмесващи се помежду си слоеве или струи, докато при турбулентния режим частиците се движат хаотично, в резултат на което слоевете се смесват.

Като критерий за определяне на вида на течението се използва *числото на Рейнолдс*.

Числото на Рейнолдс е безразмерна величина и се изчислява по формулата:

$$Re = \frac{\rho \cdot c \cdot d}{\mu} = \frac{c \cdot d}{\nu}$$

c - средна скорост, m/s;

d - диаметър на тръбопровода, mm;

ρ - плътност, kg/m³;

μ - динамичен вискозитет, N.s/m²;

ν - кинематичен вискозитет, m²/s.

Опитно е установено, че при $Re < 2320$ течението е ламинарно, а при $Re > 10,000$ - турбулентно. При стойности между 2320 и 10,000 - течението е неустранено.



Въпрос/Задача:

/B2-11/



Формулирайте уравнението за непрекъснатостта на потока и обяснете следствията от него.

Отговор: Уравнението за непрекъснатостта на потока е хидродинамичен израз на фундаменталния природен закон за съхранение на масата на веществото. То гласи, че дебитът във всяко напречно сечение на потока е постоянна величина:

$$Q = const \quad /1/$$

За две произволни сечения, за които $Q_1 = Q_2$,

$$c_1 \cdot F_1 = c_2 \cdot F_2$$

$$\text{т.е. } \frac{c_1}{c_2} = \frac{F_2}{F_1} \quad /2/$$

Това означава, че **скоростите са обратнопропорционални на площите на съответните сечения**, т.е., скоростта на потока е по-малка в по-широките сечения и по-голяма в по-тесните сечения.

Въпрос/Задача:

/B2-12/



Формулирайте уравнението на Бернули, както и изводите от него. Къде намира приложение това уравнение?



Отговор: *Уравнението на Бернули* е хидродинамичен израз на закона за съхранение и превръщане на енергията. То дава *връзката между кинетичната, потенциалната и енергията на местоположението* на потока и гласи, че за всяко произволно сечение на потока сумата от тези енергии, е постоянна:

$$h_T = \frac{c^2}{2g} + \frac{p}{\rho \cdot g} + z = \text{const}$$

Всички членове на това уравнение имат измерение в метри, поради което се наричат още, съответно *динамична, статична и геодезична височина*.

От уравнението на Бернули се получава важният извод, че *за сметка на преобразуването на енергията се наблюдава нарастване на скоростта на потока при намаляване на налягането и обратно - при повишаване на налягането, скоростта намалява*.

Уравнението на Бернули има важно практическо приложение: в теорията на хидравличните машини, при измерване на скоростта и дебита на потока, при изчислението на тръбопроводи, определяне на хидравличните загуби и др.

Въпрос/Задача:

/B2-13/



Каква е причината за възникването на хидравличните загуби? Кои са видовете, съставлящи на пълната загуба на налягане /напор/ в една хидравлична инсталация?

Отговор: При движението си в тръбопроводите и съоръженията, *потокът губи част от своята енергия*. Тази загуба се дължи на различни съпротивления, които потока трябва да преодолява, в резултат на което изразходва енергия.

Пълната загуба на енергия (на налягане, на напор) в една хидравлична инсталация се състои от:

а) загуби в прави тръбни участъци (линейни загуби) – h_T ;



б) загуби в местни съпротивления (местни загуби) - h_{mc} .

Следователно общите загуби са:

$$h_{заг} = h_T + \sum Sh_{mc}$$

Въпрос/Задача:

/B2-14/



От какво зависят линейните загуби в тръбопроводните инсталации?

Отговор: *Линейните загуби* са свързани с вътрешното триене в слоевете при движение на течностите и зависят от режима на движение. Те са толкова по-големи, колкото са по-големи дължината на тръбопровода и скоростта на движение на течността и колкото е по-малък диаметърът на тръбопровода.

$$h_T = \lambda \frac{l}{d} \frac{c^2}{2g}$$

λ – коефициент на триене, който зависи от числото на Рейнолдс и от грапавостта на стените на тръбопровода. Хидравличните загуби са по-големи при по-голяма грапавост на стената на тръбопровода.

l – дължина на тръбопровода – m

d – вътрешен диаметър на тръбопровода –m

$\frac{c^2}{2g}$ - динамично налягане или скоростен напор на течението - m



На практика тези загуби се определят по номограми в зависимост от режима на движение (числото на Рейнолдс) и грападостта на стените на тръбопроводите. Естествено при по-стари, ръждясали или покрити с накипи тръби, съпротивленията са по-големи.

Въпрос/Задача:

/B2-15/



От какво зависят местните хидравлични загуби?

Отговор: *Местните загуби* възникват при стесняване и разширяване на тръбопроводите, преминаването на потока през спирателни вентили и клапани, колена и т.н. При тяхното обтичане се създават области на вихрово движение, което изисква значителен разход на енергия за преминаване на течността през тези участъци. Местните загуби могат да се определят от израза:

$$h_{mc} = \xi \frac{c^2}{2g}$$

c – средната скорост на потока в местното съпротивление – m/s

ξ – коефициент на местното съпротивление, който зависи от вида на съпротивлението и се дава в съответни таблици.

2.4. Хидравличен удар и дроселиране

Въпрос/Задача:

/B2-16/

Какво представлява хидравличният удар и какви са ефектите от него?



Отговор: *Хидравличен удар* се нарича рязкото изменение на налягането в тръбопроводите при бързата промяна на скоростта на потока. Това изменение на налягането понякога превишава десетки и стотици пъти работното налягане в тръбопровода, което може да доведе до неговото разрушаване.

Хидравличен удар може да бъде предизвикан от внезапното затваряне на задвижка, което се съпровожда с рязко увеличаване на налягането или от внезапно отваряне на задвижката, при което налягането пада поради рязкото увеличаване на скоростта на движение на течността.

Причина за възникване на хидравличен удар при рязко увеличаване на скоростта (затваряне на задвижката) е превръщането на кинетичната енергия на движещата се течност в енергия на налягането (потенциална енергия), поради което налягането в тръбопровода рязко се повишава. Поради несвиваемостта на течността и на материала на стените на тръбопровода се формира т.нар. *ударна вълна*, която се движи в посока, противоположна на движението на течността. С течение на времето тази вълна постепенно затихва, преминавайки няколко пъти разстоянието от задвижката до преградата, зад която не може да се разпространява.

Същите явления, но с обратно превръщане на енергията, стават и при рязкото отваряне на задвижката.

Въпрос/Задача:

/B2-17/

Обяснете ефектите, които се получават при пълнене или изпразване на съд /резервоар/ при затворена обезвъздушителна арматура.



Отговор:

Пълнене

Нека при затворени други изходи на съд /резервоар/, през входящия вентил се подаде вода с цел запълването на резервоара. В невъзможност да излезе навън от резервоара, ***въздухът от него започва да намалява обема си и да се свива, повишавайки налягането***, при което то може да достигне и превиши допустимите за резервоара стойности и той да се повреди.

Освен това може да се получава ефект върху помпата, подаваща вода в инсталацията както при работа със затворен нагнетателен вентил, което може да доведе до претоварване и прегряване на помпата.

Поради тази причина пълненето на затворен съд /резервоар/ трябва винаги да се придружава от отварянето на съответната обезвъздушителна арматура.

Изпразване

При изпразването /дренирането/ на съд при затворени други изходи от него, се възпрепятства навлизането на въздух на мястото на течността, която се дренира. Това може да доведе до създаването в много от случаите на голямо ***разреждане /вакуум /*** вътре в резервоара.

Въпреки, че резервоарът е проектиран да работи с намалено вътрешно налягане, той може да бъде сериозно застрашен от създадения вакуум. Това е причината изпразването /дренирането/ или изпомпването на вода от необезвъздушаван резервоар да причини разрушаване на резервоара.

Въпрос/Задача:

/B2-18/

Обяснете явлениято „ дроселиране“.



Отговор: При течението си в тръбопроводи течностите, газовете или парите често пъти срещат прегради като фланци, стеснявания на тръбите, кранове и т.н. В такива случаи се наблюдава, че след преминаване на препятствието, налягането на потока пада. Това явление в техниката се нарича **дроселиране**. Дроселирането може да се нарече разширение без произвеждане на външна работа. При преминаването на газ или пара през стеснението, след него само малка част от добитата скорост се превръща обратно в налягане. Ето защо налягането p_2 след стеснението е по-малко от налягането p_1 преди него.

Дроселирането е необратим процес и винаги се съпровожда от намаляване на работоспособността на работното тяло в топлосиловите уредби – загубената работоспособност на работното тяло се превръща в топлина от триене.

При парните машини и тръбопроводите, дроселирането е нежелателно, но неизбежно явление: при някои уредби обаче то съставлява важна част от работния процес – например при хладилните машини и машините за втечняване на газове.


Както също е известно, действието на датчиците за измерване на разход, ниво и налягане се основава на измерване на пада в налягането ΔP при дроселиране на потока през разходомерна бленда или тръба на Вентури в зависимост от дебита респ., скоростта на преминаващия поток.





3. ТОПЛОПРЕНАСЯНЕ

3.1. Основни понятия и определения

<p>Въпрос/Задача:</p> <p>/B3-1/</p> 	<p>Какво изучава науката топлопренасяне? Дайте пояснение за основни понятия, свързани с топлообмена – топлообменен процес, топлоносители, топлообменни съоръжения.</p>
<p>Отговор: <i>Топлопренасянето или теорията на топлообмена е наука, изучаваща законите за разпространение на топлината от тела с по-висока температура към тела с по-ниска температура.</i></p> <p>Законите на топлопренасянето стоят в основата на провеждането на редица топлообменни процеси - нагриване, охлаждане, изпаряване, кондензация и др.</p> <p>Телата, участващи в топлообмена, се наричат топлоносители, а техническите устройства, в които се осъществяват топлообменни процеси - топлообменни съоръжения. Топлоносителите са течности или газове.</p>	

<p>Въпрос/Задача:</p>	
------------------------------	--



/B3-2/



Що е количество топлина, как се означава и кои са единиците за измерване? Представете зависимости, чрез които може да се определи количеството на предадената топлина.

Отговор: При процеси, свързани с промяна на вътрешната енергия на телата, част от тази енергия може да се предава от тялото на външната среда или да се възприеме от него под формата на **топлина**.

Предаването на топлина между телата се обяснява с *взаимодействието и обмяната на енергия между молекулите* им.

Количеството топлинна енергия, която преминава от едно тяло в друго в резултат на температурна разлика, се нарича количество топлина.

Количеството топлина се означава с Q и се измерва в джаули /J/.

Ако температурата на работното тяло с маса m се повиши от T_1 до T_2 , количеството на предадената на тялото топлина ще бъде:

$$Q = m \cdot c \cdot (T_2 - T_1) / J \quad /1/$$

c - *специфичен топлинен капацитет*, J/kg.K, който представлява *количеството топлина, необходима за изменение на температурата на единица количество вещество с един градус.*

Освен чрез температурната разлика, количеството на предадената на тялото топлина, може да се изрази и чрез разликата в *енталпията /топлосъдържанието/* на веществото в началото и края на топлообменния процес.

При същите условия /нагреване на работното тяло от T_1 до T_2 /, количеството топлина ще бъде:

$$Q = m \cdot (i_2 - i_1) / J \quad /2/ ,$$

където i_1 и i_2 - J/kg са стойностите на енталпиите в началото и края на процеса /при съответните температури/.

За процеси, при които температурата на работното тяло остава постоянна, например при изпаряване или кондензация, количеството на топлината се определя от зависимостта:



$$Q_{\text{изп}} = Q_{\text{конд}} = m \cdot r \quad /3/$$

r - **топлина на изпарение /кондензация/**, която представлява *топлината, необходима да се предаде /отнеме/ за изпаряването /кондензацията/ на един килограм работно тяло - J/kg.*

Стойностите на енталпиите, топлините на изпарението /кондензацията/, както и тези на специфичния топлинен капацитет, могат да се вземат от справочна литература /таблицы, диаграми, номограми/, в зависимост от съответните условия на провеждане на процесите /налягания, температури и т.н./.

Въпрос/Задача:

/B3-3/



Дайте определение за топлинен поток.

Отговор: Обикновено в енергетиката се работи не с абсолютните стойности на количеството топлина, а с **топлинен поток /Q/**. Той представлява *количеството топлина, което трябва да се предаде между веществата, участващи в топлообмена /топлоносителите/ за единица време.* Измерва се в J/s /W/ или други производни единици - например kJ/h /съответно kW/h/ и т.н.

Топлинният поток се изчислява чрез съставяне и решаване на топлинния баланс на съоръжението.

Въпрос/Задача:

/B3-4/

Дайте определение за топлообменна /нагревна/ повърхност.



Отговор: Теплообменна /нагревна/ повърхност F на едно топлообменно съоръжение е тази повърхност /в кв. метри/ от тръби или други елементи, през които се обменя топлината, която осигурява пренасянето на необходимото количество топлина.

Необходимата топлообменна повърхност се определя от основното уравнение на топлопренасянето.

Въпрос/Задача:

/В3-5/



Дайте определение за средна температурна разлика.

Отговор: При топлообменните процеси температурите на нагряващото и нагряваното вещества непрекъснато се изменят, поради което се изменя и температурната разлика между тях. За удобство при топлинните разчети на топлообменните съоръжения се въвежда понятието **средна температурна разлика** Δt_{cp} .


Това е такава *фиктивна постоянна температурна разлика между веществата, участващи в топлообмена, при която се обменя същото количество топлина, както при променящата се разлика.*


Средната температурна разлика се нарича още *температурен напор*, а определянето ѝ зависи от вида на топлообменното съоръжение – правотоково или противотоково.

Определянето на средната температурна разлика става в зависимост от разликите между температурите на двата топлоносителя на входа и изхода на топлообменното съоръжение.



3.2 Начини за пренасяне на топлината. Основни зависимости

<p>Въпрос/Задача:</p> <p>/В3-6/</p> 	<p>Кои са трите основни начина за пренасяне на топлината? Обяснете същността на процеса на топлопроводност през еднослойна стена.</p>
<p>Отговор: В общия случай топлопренасянето представлява сложен процес, в който пренасянето на топлината се осъществява по три основни начина: <i>топлопроводност, конвекция /топлопредаване/ и топлинно излъчване.</i></p> <p>Пренасянето на топлината чрез топлопроводност става при <i>непосредствено съприкосновение на частици, имащи различна температура.</i></p> <p>Същността на процеса се състои в това, че кинетичната енергия на микрочастиците /атоми, молекули и т.н./ се предава от по-нагретите към по-малко нагретите части на тялото.</p> <p>Количеството на преминалата топлина през еднослойна плоска стена и с достатъчно приближение и през еднослойна цилиндрична стена, се определя от <i>уравнението на Фурие:</i></p> $Q = \lambda \cdot \frac{t_1 - t_2}{\delta} \cdot F$ <p>Q - топлинен поток; W, t_1 и t_2 - температури на външните повърхности на стената; K, δ - дебелина на стената; m, F - повърхност на стената; m^2; λ - коефициент на топлопроводност ; W/m.K.</p>	

<p>Въпрос/Задача:</p> <p>/В3-7/</p> 	<p>Коя величина характеризира свойствата на веществата да провеждат топлината? Направете сравнение за някои от материалите.</p>
--	--



Отговор: *Коефициентът на топлопроводност λ* характеризира способността на материалите да провеждат топлината и зависи от природата на веществото. В таблицата са дадени стойностите на коефициентите на топлопроводност за някои материали.

Материал	λ - W /m.K
Алуминий	200
Мед	350
Месинг	85
Стомана въглеродна	45
Чугун	55
Стомана легирана	17
Бетон	1,30
Азбест	0,15
Вата	0,05
Накип	0,06

От таблицата могат да се направят следните **изводи**:

- Металите и техните сплави са добри проводници на топлината. Лоши проводници на топлината са строителните материали /бетон, азбест, тухли и др./;

- Азбестът и ватата са изолатори на топлината и се използват като такива;

Особено внимание заслужава *накипът*, който се отлага по топлообменните тръби. Той е лош проводник на топлината и затруднява значително топлообмена.



Въпрос/Задача:

/B3-8/



Дефинирайте величините *плътност на топлинния поток* и *термично съпротивление*. Каква е връзката между тях?

Отговор: Величината $Q/F = q$ се нарича **плътност на топлинния поток** или топлинно натоварване и се измерва във W/m^2 .

Величината $\delta/\lambda = R$; ($m^2.K/W$) е позната като **термично съпротивление**.

Вижда се, че термичното съпротивление на стена, през която се предава топлина, е толкова по-голямо, колкото е по-голяма дебелината на стената и колкото по-малък е коефициентът на топлопроводност на материала на стената.

Ако в уравнението на Фурие се заместят $Q/F = q$ и $\delta/\lambda = R$, се получава друга форма на уравнението:

$$q = \frac{t_1 - t_2}{R}$$

То може да се изкаже по следния начин: *плътността на топлинния поток през еднослойна стена е правопропорционална на температурната разлика и обратнопропорционална на термичното съпротивление*. Тази формулировка е валидна не само за предаване на топлина през стена, а за всички случаи на топлообмен.

Въпрос/Задача:

/B3-9/



Как се изразява термичното съпротивление на многослойна стена? Обяснете влиянието на слоя накип върху термичното съпротивление на стена, на чиято повърхност се образува.



Отговор: При многослойна стена *термичното съпротивление е сума от термичните съпротивления на отделните слоеве на стената:*

$$R = \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots$$

δ_1 , δ_2 и т.н. са дебелините на слоевете, а λ_1 , λ_2 и т.н. - коефициенти на топлопроводност на слоевете.

Вижда се, че ако върху метална стена има слой накип, който е лош проводник на топлината, този слой ще увеличи значително общото термично съпротивление на стената.

Въпрос/Задача:

/B3-10/



Какво представлява топлопренасянето чрез конвекция?

Отговор: Конвекцията /топлопредаването/ представлява пренасяне на топлина между частиците на течностите и газовете при *взаимното движение на тези частици*. В този случай по-нагретите частици взаимодействат с по-малко нагретите, предавайки им част от своята енергия.

Пренасянето на топлина чрез конвекция в съчетание с топлопроводност е познато като *конвективен топлообмен*. Частен случай на конвективния топлообмен се явява топлообменът между течност и повърхността на твърдо тяло /стена/.

Въпрос/Задача:


/B3-11/



Обяснете процесът на топлопредаване между течност и стена. Коя зависимост определя количеството на обменената топлина?



<p>Отговор: При конвективния топлообмен, топлинният поток Q, отдаван от течността на стената, е пропорционален на разликата между температурата t на течността и тази на повърхността на стената t_{ct} и на повърхността на стената - F:</p> $Q = \alpha \cdot (t - t_{ct}) \cdot F$ <p>Коефициентът на пропорционалност α в това уравнение /уравнение на Нютон-Рихман/ се нарича коефициент на топлопредаване. Размерността му е $W/m^2 \cdot K$.</p> <p>Термичното съпротивление при процеса на топлоотдаване е реципрочната стойност на коефициента α, т.е. $R = 1/\alpha$.</p> <p>Коефициентът на топлопредаване представлява сложна величина, зависи от много фактори. Поради това той не е постоянна величина, а се изменя в много широки граници.</p>	

<p>Въпрос/Задача:</p> <p>/B3-12/</p> 	<p>От кои фактори зависи коефициентът на топлопредаване - α?</p>
<p>Отговор: <i>Върху коефициента на топлопредаване оказват влияние:</i></p> <ul style="list-style-type: none"><i>а/ физическите свойства на течността или газа /вискозитет, плътност, топлопроводност, специфичен топлинен капацитет и др./;</i><i>б/ скоростта на движение на флуида;</i><i>в/ формата на топлообменната повърхност;</i><i>г/ грапавостта на повърхността на стените на тръбите;</i><i>д/ характерът на движение на флуида - /ламинарен или турбулентен/.</i>	



При турбулентен режим топлината в движещия се поток на флуида се разпространява чрез размесване на цялата маса на флуида. Поради това при турбулентно движение, топлообменът протича по-интензивно, отколкото при ламинарния.

В таблицата са посочени ориентировъчните стойности на коефициента на топлопредаване за някои типични случаи на промишлен топлообмен.

Процеси на топлообмен	$\alpha - W/m^2K$
Нагриване и охлаждане	
- въздух	10 - 50
- вода	200 - 10000
Кипене на вода	500 - 10000
Кондензация на водни пари	4000 - 15000

Определянето на точните стойности на коефициентите на топлопредаване става от специални *критериални зависимости* с отчитането на редица физични, топлинни, хидродинамични, геометрични и други фактори.

Въпрос/Задача:

/В3-13/



Обяснете същността на процеса на топлинно излъчване. Коя зависимост определя количеството на излъчената топлина?

Отговор: Топлинното излъчване представлява процес на *предаване на топлина във вид на лъчиста енергия*, което се дължи на топлинното движение на атомите или молекулите на излъчващото тяло.

Всички тела с температура, различна от абсолютната нула, могат да излъчват енергия, която се поглъща от други тела. Енергията, попадаща върху едно тяло, частично се поглъща, частично се отразява от повърхността му или частично се пропуска от него, което



е в зависимост съответно от поглъщателната, отражателната или пропускателната способност на тялото.

Съгласно закона на Стефан-Болцман топлината, излъчена или погълната от телата, е пропорционална на четвъртата степен на абсолютната температура на тялото:

$$Q = c \cdot \left(\frac{T}{100} \right)^4 \cdot F$$

Q - топлинен поток; W, T - абсолютна температура; K, F - повърност на излъчване; m².

Коефициентът на пропорционалност с представлява *коефициент на излъчване* на тялото - W / m².K⁴.

Въпрос/Задача:

/B3-14/



Какво представлява сложният топлообмен? Обяснете процеса на пренасяне на топлина от един топлоносител към друг през разделяща ги стена.

Запишете съответните зависимости за пренасяното количество топлина.

Отговор: Сложният топлообмен представлява процес на пренасяне на топлината от единия топлоносител към другия през разделяща ги стена.

Целият процес на топлопренасяне може да се раздели на по-прости видове топлообмен:

- конвективен топлообмен между горещия топлоносител и повърхността на стената. Предаденият топлинен поток се определя от уравнението на Нютон:

$$Q = \alpha_1 \cdot (t_1 - t_{ст1}) \cdot F \quad /1/$$

Q - топлинен поток; W , t₁ - средна температура на горещия топлоносител; K, t_{ст1} - температура на външната повърхност на стената; K, F - топлообменна повърхност; m².



α_1 - коефициент на топлопредаване от горещия топлоносител към стената $W/m^2.K$.

- *топлопроводност през стената*

Предаденият топлинен поток се определя от уравнението на Фурие:

$$Q = \lambda \cdot \frac{t_{ct1} - t_{ct2}}{\delta} \cdot F \quad /2/$$

t_{ct1} и t_{ct2} - температури на външната и вътрешната повърхност на стената - К;

F - топлообменна повърхност; m^2 , δ - дебелина на стената; λ - коефициент на топлопроводност на материала на стената; $W/m.K$.

- *конвективен топлообмен между вътрешната повърхност на стената и нагривания топлоносител.* В този случай съгласно уравнението на Нютон:

$$Q = \alpha_2 \cdot (t_{ct2} - t_2) \cdot F \quad /3/$$

t_2 - средна температура на нагривания топлоносител; К,

α_2 - коефициент на топлопредаване от стената към нагривания топлоносител; $W/m^2.K$.

Въпрос/Задача:

/B3-15/



Разгледайте съвместно процесите, съставлящи сложния топлообмен. Изведете израза за основното уравнение на топлопреминаването и анализирайте всяка една величина в него.

Отговор: От общото разглеждане на трите процеса, представени в предишния въпрос, се получава уравнението:

$$Q = K \cdot (t_1 - t_2) \cdot F \quad /1/,$$

което се нарича **основно уравнение на топлопреминаването.**



То може да се изкаже по следния начин: **При топлообменните процеси количеството на предадената топлина е пропорционално на температурната разлика между топлоносителите и на топлообменната повърхност.**

Като се вземе предвид, че температурната разлика между топлоносителите не е постоянна и се използва средната температурна разлика Δt_{CP} , се получава:

$$Q = K \cdot \Delta t_{\text{CP}} \cdot F \quad /2/$$

Q – топлинен поток – W .

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$$


Величината K се нарича **коэффициент на топлопреминаването**.
Размерността му е $W/m^2 \cdot K$.

$$R = \frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}$$

представява **общото термично съпротивление** на процеса на сложния топлообмен. Вижда се, че той е сума от термичните съпротивления на трите участващи в него по-прости процеси на топлообмен.

В сложния топлообмен освен конвекция и топлопроводност, може да участва и лъчист топлообмен. В такъв случай коэффициентът на топлопреминаване K ще зависи и от коэффициентите на топлинно излъчване - ϵ .

3.3. Основи на топлообменните процеси

<p>Въпрос/Задача:</p> <p>/B3-16/</p> 	<p>Що е топлинен баланс и как се съставя уравнението на баланса за един топлообменен процес? Какво приложение намира?</p>



Отговор: Тъй като при топлообменните процеси участват две работни тела /топлоносители/ и топлината се предава от по-топлото към по-студеното тяло, за правилното провеждане на процеса, е необходимо да се състави топлинен баланс.

Топлинният поток, отдаван от по-горещия топлоносител Q_1 , се изразходва за нагряване на по-студения топлоносител Q_2 и известна неголяма част отива за покриване на загубите на топлина от топлообменното съоръжение в околната среда $Q_{ЗАГ}$. Стойностите на загубите в топлообменни съоръжения, покрити с топлоизолация, обикновено не надхвърлят 3-5 % от полезно използваната топлина, поради което те често могат да се пренебрегнат. Тогава топлинният баланс се изразява от уравнението:

$$Q = Q_1 = Q_2$$

Ако топлообменът протича без изменение на агрегатното състояние на топлоносителите и разходът на горещия топлоносител е G_1 kg/s, а разходът на студения топлоносител - G_2 kg/s, уравнението на топлинния баланс ще бъде:

$$Q = G_1(I_{1Н} - I_{1К}) = G_2(I_{2К} - I_{2Н}) \quad /1/$$

$$\text{или} \quad Q = G_1 c_1 (T_{1Н} - T_{1К}) = G_2 c_2 (T_{2К} - T_{2Н}) \quad /2/ ,$$

където $I_{1Н}$ и $I_{1К}$ са началната /на входа на апарата/ и крайната /на изхода от апарата/ енталпии на горещия топлоносител; J/kg , $I_{2К}$ и $I_{2Н}$ са крайна и начална енталпия на студения топлоносител; $T_{1Н}$ и $T_{1К}$ са начална и крайна температура на горещия топлоносител, а $T_{2К}$ и $T_{2Н}$ - крайна и начална температура на студения топлоносител - K , c_1 и c_2 са съответните специфични топлини на топлоносителите.

Ако топлообменът се осъществява при изменение на агрегатното състояние на топлоносителите /изпаряване на течност, кондензация на пара/, то в топлинния баланс трябва да се отчете и топлината, постъпваща или отвеждаща се при тези превръщания - $G \cdot r$ / r - топлина на изпарение или кондензация/.

Въпрос/Задача:

/В3-17/

Как се определя коефициентът на топлопреминаване?



Отговор: Коефициентът на топлопредаването K се определя от зависимостта:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

където - α_1 и α_2 - коефициенти на топлопредаване от нагриващия топлоносител към стената и от стената към нагривания топлоносител; λ

- коефициент на топлопроводност на материала на стената; δ

- дебелина на стената.

Основната трудност при изчислението на K се дължи на сложната зависимост между коефициентите на топлопредаването α_1 и α_2 от редица фактори - физични, хидродинамични, геометрични и др.

Въпрос/Задача:

/В3-18/



**Как се определя средната температурна разлика?
Направете извод за ефективността при различни случаи на топлообмен.**



Отговор: Средната температурна разлика /температурен напор/ - Δt_{CP} се определя в зависимост от температурните разлики между двата топлоносителя на входа и изхода на топлообменния апарат Δt_1 и Δt_2 .

Топлопредаването при променливи температури зависи от взаимното направление на движение на топлоносителите. При непрекъснатите промишлени процеси са възможни следните варианти на взаимно движение:

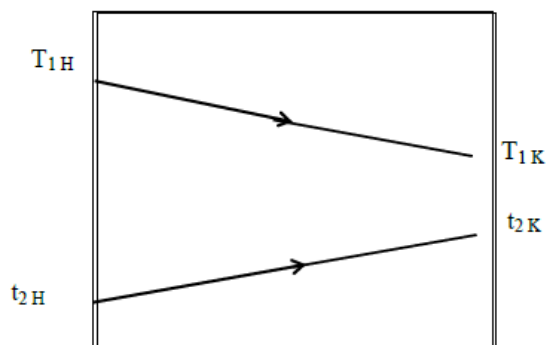
- *правоток*, при който топлоносителите се движат в едно и също направление по протежение на топлообменната повърхност;

- *противоток*, при който топлоносителите се движат в противоположни направления;

- *кръстосан ток*, при който топлоносителите се движат перпендикулярно един на друг;

- *смесен ток*, при който единият от топлоносителите се движи в едно направление, а другият - както в правоток, така и в противоток спрямо него.

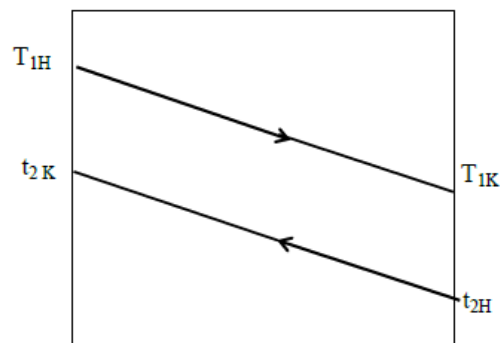
От фигурата по-долу може да се види как се изчисляват Δt_1 и Δt_2 за двата основни случая на движение на топлоносителите - правоток и противоток и за случаите без и с изменение на агрегатното състояние.



**а/ Правоток без изменение
на агрегатното състояние**

$$\Delta t_1 = T_{1H} - t_{2H}$$

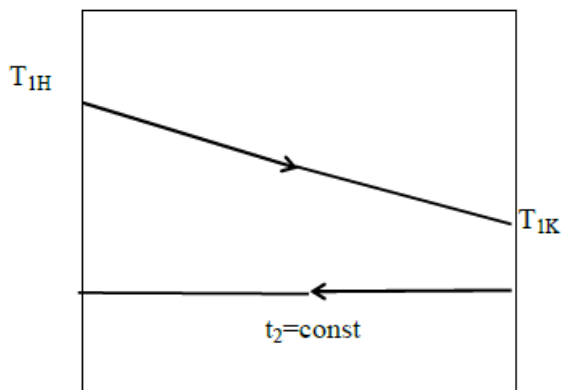
$$\Delta t_2 = T_{1K} - t_{2K}$$



**б/ Противоток без изменение
на агрегатното състояние**

$$\Delta t_1 = T_{1H} - t_{2K}$$

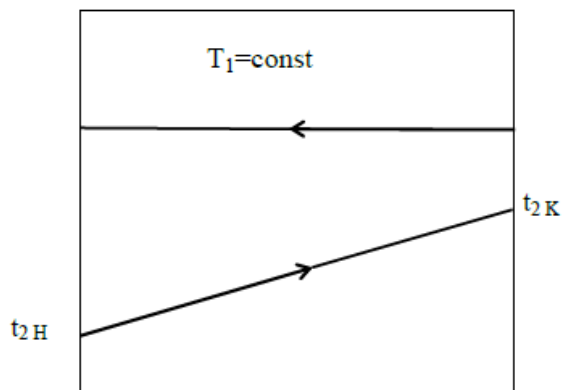
$$\Delta t_2 = T_{1K} - t_{2H}$$



в/ Противоток - изпаряване

$$\Delta t_1 = T_{1H} - t_2$$

$$\Delta t_2 = T_{1K} - t_2$$



г/ Противоток - кондензация

$$\Delta t_1 = T_1 - t_{2H}$$

$$\Delta t_2 = T_1 - t_{2K}$$

Ако $\Delta t_1 / \Delta t_2 \leq 1,7$, Δt_{CP} се определя като средноаритметична разлика.

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_1 + \Delta t_2}{2}$$

В случай, когато $\Delta t_1 / \Delta t_2 > 1,7$, Δt_{CP} се определя като среднологаритмична разлика:

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{2,3 \cdot \lg \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}}$$

При съпоставяне на средната температурна разлика, изчислена за правоков топлообмен с тази изчислена за противотоков топлообмен, може да се види, че при противотоковия топлообмен Δt_{CP} е по-голяма и топлообменът е по-ефективен.

За случаите на кръстосан и смесен ток в горните уравнения се внася корекционен множител.



Въпрос/Задача:

/В3-19/



**Как се определя топлообменната /нагревната/
повърхност?**

Отговор: *Топлообменната повърхност F при процесите на топлообмен зависи от размерите /диаметър, дължина, брой на топлообменните тръби в апаратите/.*

От основното уравнение на топлопредаването се вижда, че при по-голяма топлообменна повърхност се обменя по-голямо количество топлина.

Необходимата топлообменна /нагревна/ повърхност, при условие че са известни другите характеристики на топлообменния процес и количеството на топлината, която трябва да се обмени, се определя от основното уравнение на топлопредаването:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{cp}}$$

Въз основа на това могат да се извършат:

1. *Проверочни изчисления*, т.е., при дадено количество топлина, която трябва да се обмени и известни условия на топлообмен да се провери дали даден топлообменник е подходящ за дадения случай, т.е, дали има достатъчна нагревна повърхност за това.

2. *Проектиращи изчисления*, т.е., да се избере подходящ топлообменник с необходима нагревна повърхност за искания вид топлообмен /количество топлина, което трябва да се обмени и условия на топлообмен/.



Цели на обучението

Тематично съдържание	Цели на обучението
1. ТЕРМОДИНАМИКА 1.1 Основни понятия и определения	<p>В резултат на обучението, обучаваният трябва да може да:</p> <ul style="list-style-type: none">● Представя общи сведения за предмета на техническата термодинамика и представя основни понятия, с които се работи в нея.● Обяснява същността на налягането като физична величина и посочва единицата за измерването му в СИ. Изразява зависимостта между различните единици за налягане.● Дефинира понятието „специфичен обем“ и посочва единицата за измерването му. Изразява зависимостта между величините <i>специфичен обем</i> и <i>плътност</i>.



	<ul style="list-style-type: none">● Обяснява същността на температурата като физична величина. Представя скалите за измерване на температурата /абсолютна и целзиева/ и изразява връзката между тях.● Дефинира понятията „идеален” и „реален” газ и обяснява значението им при разглеждане на принципите на изграждане на топлинните двигатели.● Формулира уравнението /закона/ на Клапейрон за идеалния газ и интерпретира зависимостта между величините.
1.2 Вътрешна енергия, топлина, работа. Първи принцип на термодинамиката	<ul style="list-style-type: none">● Дефинира понятията „вътрешна енергия, топлина и работа“. Обяснява единството /еквивалентността/ между топлината и работата като форми на енергията.● Формулира Първият принцип /закон/ на термодинамиката и записва зависимостите в аналитичния им вид.● Дефинира понятията:<ul style="list-style-type: none">- енталпия;- специфичен топлинен капацитет.● Дефинира понятието „абсолютна работа“ и обяснява начинът за графичното ѝ изразяване в PV -диаграма.
1.3 Термодинамични процеси с газове	<ul style="list-style-type: none">● Изброява основните процеси на промяна на състоянието на газовете и характеризира условията за тяхното протичане:<ul style="list-style-type: none">- изохорен процес;- изобарен процес;- изотермичен процес;- адиабатен процес.



	<ul style="list-style-type: none">● Обяснява същността на всеки един от тези процеси и начина на графичното им представяне в PV - диаграма, анализира процесите и прави изводи за:<ul style="list-style-type: none">- зависимост между параметрите;- вложено количество топлина;- извършена работа.● Характеризира политропният процес като обобщаващ и обяснява условията за извеждане на основните процеси като частни случаи от него.
<p>1.4 Кръгови процеси /цикли/. Втори принцип на термодинамиката</p>	<ul style="list-style-type: none">● Обяснява същността и начина за осъществяването на процеса на Карно с идеален газ и анализира основните му фази от схемата в PV -диаграма.● Формулира термичният коефициент на полезно действие на цикъла на Карно и обосновава ограниченията, свързани с достигането на високи стойности в реални условия.● Обяснява условията, при които може да се проведе обратния цикъл на Карно и във връзка с това – дефинира постулатът на Клаузиус за посоката на преминаване на топлината.● Формулира Вторият принцип на термодинамиката и обясни изводите от него.● Дефинира понятието „ентропия” и обяснява значението ѝ за анализ и оценка на процесите, протичащи в термодинамична система.● Обяснява същността на топлинната /TS-/ диаграма и предимствата, които дава при представяне и анализ на топлинните процеси. Описва процеса на Карно в TS-диаграма.● Обяснява начина, по който може да се направи оценка на термодинамичното съвършенство на кръговите процеси при сравняването им с този на Карно.



1.5 Водни пари	<ul style="list-style-type: none">● Представя общи сведения за водната пара.● Проследява процесът на изобарно изпаряване в PV-диаграма като характеризира основните състояния, през които преминава водата – вода, кипяща течност, /мокра /влажна/ пара, суха наситена пара, прегрята пара. Посочва означенията на тези състояния /параметри/.● Анализира процесът на изпарение в TS-диаграма и обяснява начинът за определяне на отделните съставлящи на топлината на парообразуване, както и на общата топлина с помощта на диаграмата.● Характеризира структурата и съдържанието на парните таблици и диаграми и да обяснява начините за работа с тях.
1.6 Базов термодинамичен цикъл	<ul style="list-style-type: none">● Обосновава основната идея /принцип/ за осъществяване на кръговия процес на Ренкин с водна пара.● Обяснява схемата на процеса в TS-диаграма.● Изброява основните начини за подобряване на процеса на Ренкин и интерпретира особеностите на всеки един от тях.● Обяснява същността на мероприятията по подобряване на ефективността на топлинния цикъл на АЕЦ:<ul style="list-style-type: none">- междинно прегряване на парата;- регенеративно подгриване на подхранващата вода.
2. МЕХАНИКА НА ФЛУИДИТЕ 2.1. Физични свойства на флуидите	<ul style="list-style-type: none">● Дефинира основни физични свойства /параметри/ на флуидите – плътност, специфично /обемно/ тегло, свиваемост, вискозитет и др, и посочва единиците за измерването им в СИ.● Характеризира зависимостите на величините от температура, налягане и др., както и взаимните връзки между тях.



2.2. Хидростатика	<ul style="list-style-type: none">● Дефинира понятието „хидростатично налягане“ и посочва единиците за измерването му.● Формулира зависимости и закономерности, свързани с хидростатиката, анализира условията и факторите, които влияят върху тях.● Обяснява различните приложения на изучаваните явления и закономерности в техниката и във връзка с това – решава елементарни практически задачи.
2.3. Хидродинамика	<ul style="list-style-type: none">● Дефинира основни понятия и определения в хидродинамиката – <i>дебит, средна скорост на потока, режими на движение и др.</i>● Формулира зависимости и закономерности, свързани с хидродинамиката, анализира условията и факторите, които влияят върху тях:<ul style="list-style-type: none">- уравнение за непрекъснатостта на потока;- уравнение на Бернули;- хидравлични загуби.● Обяснява различните приложения на изучаваните явления и закономерности в техниката и във връзка с това – решава елементарни практически задачи.
2.4. Хидравлични ефекти	<ul style="list-style-type: none">● Обяснява същността и особеностите на проявление на някои често срещани при работата на енергийните съоръжения ефекти като хидравличен удар и др.● Характеризира последствията и посочва начини и мерки за тяхното предотвратяване или минимизиране.
3. ОСНОВИ НА ТОПЛОПРЕНАСЯНЕТО 3.1. Термини и определения	<ul style="list-style-type: none">● Дефинира основни термини и определения, свързани с теорията на топлообмена и обяснява тяхната същност: количество топлина, топлоносител, топлообменно съоръжение, средна температурна разлика, топлообменна повърхност и др.



	<ul style="list-style-type: none">● Посочва единиците за измерване на величините, както и оперира с тях.
3.2. Начини за предаване на топлината. Основни зависимости	<ul style="list-style-type: none">● Характеризира основните начини за предаване на топлината, обяснява тяхната физична същност.● Дефинира зависимостите, определящи количествата на обменената топлина, анализира условията и факторите, които влияят върху протичането на процесите.
3.3. Основи на топлообменните процеси	<ul style="list-style-type: none">● Прилага изучените зависимости и закономерности за извършване на разчет и оценка на топлообменните процеси:<ul style="list-style-type: none">- съставяне на топлинен баланс;- графично представяне и анализ на видовете процеси;- елементарен разчет и оценка на ефективността на топлообменните процеси.

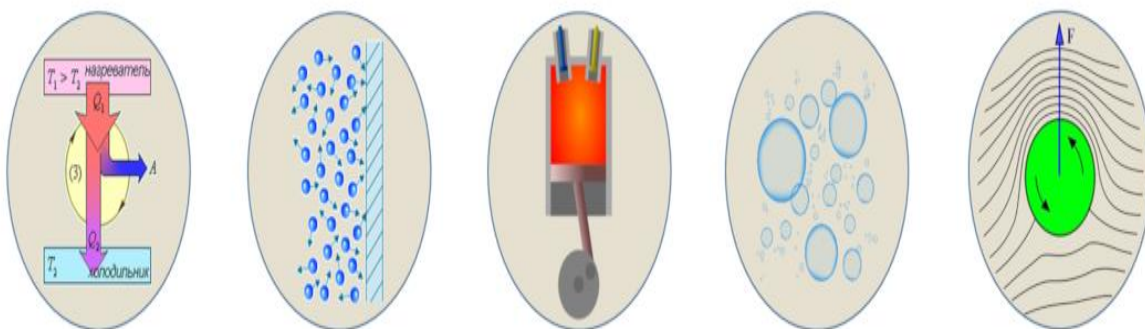
ТЕСТОВИ ВЪПРОСИ И ОТГОВОРИ

към учебно помагало по



„ТЕРМОДИНАМИКА И ТОПЛОПРЕНАСЯНЕ“

1. ТЕРМОДИНАМИКА



1.1 Основни понятия и определения

<p>Въпрос Т1-1:</p> <p>Допълнете , като запишете най-точната дума /и/, цифра /и/ или зависимост/и/ на съответните места.</p>	<p>Теоретичните основи на превръщането на топлинната енергия в механична се изучават /разглеждат/ от:</p> <p>.....</p>
<p>Брой точки:</p>	<p>0,5</p>

<p>Въпрос Т1-2:</p>	<p>Попълнете долупосочената таблица с правилните данни:</p>
<p>Параметър на състоянието</p> <p>Специфичен обем - V</p> <p>Налягане - P</p>	<p>Единица в СИ</p>



Температура - Т	
Верен отговор:	
Параметър на състоянието	Единица в СИ
Специфичен обем - V	m^3/kg
Налягане - P	$N/m^2, Pa$
Температура - T	К
Брой точки:	Мах 1,5 / по 0,5 за всеки правилен отговор/

Въпрос Т1-3: Решете приложения тест , като оградите верния отговор.	<p style="text-align: center;">Кое от посочените равенства между единици за налягане не е вярно?</p> <p>A/ $735 \text{ mmHg} = 100 \text{ kPa}$</p> <p>B/ $15 \text{ ат} = 1,5 \text{ МПа}$</p> <p>B/ $300000 \text{ Па} = 3 \text{ ат}$</p> <p>Г/ $2 \text{ мН}_2\text{О} = 2 \text{ ат}$</p>
Брой точки:	1

Въпрос Т1-4: Допълнете, като запишете най-точната дума /и/, цифра /и/ или	<p style="text-align: center;">Запишете зависимостите , с които можем да определим абсолютното налягане – P при дадено атмосферно налягане – P_а и показание на манометъра – P_м /при налягане/ или показание на вакуумметъра P_в /при разреждане, вакуум/:</p>
---	--



зависимост/и/ на съответните места.	а/ При налягане
	б/ При вакуум
Брой точки:	Мах 1 / по 0,5 за всеки правилен запис /

Въпрос Т1-5: Решете приложения тест, като оградите верния отговор.	Температурата, измерена в един обект , е 25 °С. Каква е абсолютната температура? А/ 298,15 К Б/ 248,15 К В/ 125 К Г/ 75 К
Брой точки:	1

Въпрос Т1-6: Посочете дали следното твърдение е вярно или невярно /грешно/, като оградите Да /вярно/ или Не /невярно/.	Величините специфичен обем и плътност са еквивалентни помежду си. Да Не
---	--



Брой точки:	0,25

Въпрос Т1-7:	„Идеален газ“ е онзи газ, за който се приема, че: Между молекулите му липсват сили на сцепление и те са материални точки, без обем.
Посочете дали следното твърдение е вярно или невярно /грешно/ ,като оградите Да /вярно/ или Не /невярно/.	Да Не
Брой точки:	0,25

Въпрос Т1-8:	Зависимостта между термичните параметри на състоянието за 1 kg идеален газ /уравнение на Клапейрон/ е:
Допълнете, като запишете най-точната дума /и/, цифра /и/ или зависимост /и/ на съответните места.
Брой точки:	0,5

1.2 Вътрешна енергия, топлина, работа. Първи принцип на термодинамиката

Въпрос Т1-9:	Посочете невярното твърдение. Вътрешната енергия, топлината и работата:
	А/ Те са форми на енергията и имат измерение J/kg; Б/ Топлината се превръща в работа, но обратното не е възможно;



Решете приложения тест , като оградите верния отговор.	<p>В/ Количеството на приетата или отведена топлина зависи от разликата в температурите на тялото и външната среда;</p> <p>Г/ При термодинамичните процеси изменението на вътрешната енергия се дължи на промяната в скоростта на топлинното движение и на взаимното разположение на молекулите.</p>
Брой точки:	1

<p>Въпрос Т1-10:</p> <p>Допълнете, като запишете най-точната дума /и/, цифра /и /или зависимост/и/ на съответните места.</p>	<p>Долупосоченото твърдение:</p> <p><i>Ако на един газ се предаде определено количество топлина, то част от тази топлина се изразходва за повишаване на вътрешната енергия на газа, а останалата част – за извършване на външна работа за разширение на газа.</i></p> <p><i>Аналитично $Q = \Delta U + A$</i></p> <p>представлява формулировка на:</p> <p>.....</p>
Брой точки:	0,5

<p>Въпрос Т1-11:</p> <p>Решете приложения тест , като оградите верния отговор.</p>	<p>Специфичният топлинен капацитет е:</p> <p>А/ Разликата между температурите в началото и края на топлообменния процес;</p> <p>Б/ Разликата между енталпиите в началото и края на топлообменния процес;</p> <p>В/ Количеството топлина, необходимо за изменението на температурата с един градус;</p> <p>Г/ Количеството топлина ,предадена за единица време.</p>
--	---



Брой точки:	1
--------------------	---

Въпрос T1-12:	Обяснете каква е разликата между температурата и топлината?
Направете кратък и конкретен запис.
Брой точки:	2

Въпрос T1-13:	Функцията $H = U + PV$ определя величината:
Допълнете, като запишете най-точната дума /и/, цифра /и/ или зависимост/и/ на съответните места.
Брой точки:	0,5

Въпрос T1-14:	Изразът $A_{1,2} = P(V_2 - V_1)$ определя е работата, получена при разширението на работното тяло от по-малкия първоначален обем V_1 до по-големия краен обем - V_2 при постоянно налягане.
Посочете дали следното твърдение е вярно или невярно /грешно/ ,като	Да Не



оградите Да /вярно/ или Не /невярно/.	
Брой точки:	0,25

Въпрос T1-15:	Абсолютната работа, извършвана при термодинамичните процеси, е удобно да се представя графично в PV-диаграма.
Посочете дали следното твърдение е вярно или невярно /грешно/ , като оградите Да /вярно/ или Не /невярно/.	Да Не
Брой точки:	0,25

1.3 Термодинамични процеси с газове

Въпрос T1-16:	Изредете четирите основни, разглеждани от термодинамиката процеси с газове , като направите съответните записи:
Допълнете, като запишете най-точната дума /и/, цифра /и/ или зависимост/и/ на съответните места.



Брой точки:	Мах 2 / по 0,5 за всеки правилен запис/

Въпрос T1-17:	Попълнете долупосочената таблица с правилните данни:	
	Процес	Постоянен параметър
		Зависимост между параметрите
	Изохорен	V
	Изобарен	P
	Изотермен	T
Брой точки:	Мах 1,5 / по 0,5 за всеки правилен отговор /	

Въпрос T1-18:	Кое от посочените твърдения не е правилно? При изотермния процес:
Решете приложения тест , като оградите верния отговор.	A/ Температурата е постоянна величина; Б/ Налягането и обемът са в правопрпорционална зависимост; В/ Налягането и обемът са в обратнопрпорционална зависимост; Г/ Няма неправилно твърдение.
Брой точки:	1

Въпрос T1-19:	Верни ли са следните твърдения?
Решете приложения тест ,като оградите верния отговор.	1.При изотермния процес цялото количество на вложената топлина се превръща в работа на разширение . 2.Адиабатният процес се извършва без обмен на топлина между газа и външната среда. Извършената работа е за сметка на вътрешната енергия на газа.



	<p>А/ Вярно е второто твърдение. Б/ Вярно е първото твърдение . В/ Нито едно от твърденията не е вярно. Г/ И двете твърдения са верни.</p>
Брой точки:	1

<p>Въпрос Т1-20:</p> <p>Посочете дали следното твърдение е вярно или невярно /грешно/, като оградите Да /вярно/ или Не /невярно/.</p>	<p>Еднакви ли са стойностите на специфичния топлинен капацитет C_p и C_v, ако газът приема или отдава топлина при постоянно налягане /$p=const$/ и при постоянен обем /$v=const$/?</p> <p>Да Не</p>
Брой точки:	0,25

<p>Въпрос Т1-21:</p> <p>Допълнете, като запишете най-точната дума /и/, цифра /и/ или зависимост/и/ на съответните места.</p>	<p>На долупосочената фигура е представена графиката на процеси.</p> <p>The diagram shows a pressure-volume (P-V) coordinate system. The vertical axis is labeled 'P' and the horizontal axis is labeled 'V'. The origin is marked '0'. Several processes are shown as arrows originating from a central point: <ul style="list-style-type: none"> Isochoric: A vertical arrow pointing upwards, labeled 'Изохорич'. Isobaric: A horizontal arrow pointing to the right, labeled 'Изобара $n=0$'. Isothermal: A curve in the first quadrant, labeled 'Изотерма $n=1$'. Polytropic: A family of curves in the first quadrant, labeled 'Политропа $0 < n < 1$' and 'Политропа $1 < n < \infty$'. Adiabatic: A curve in the first quadrant, labeled 'Адиабата $n = \infty$'. Other curves: Several other curves are shown, some labeled with Greek letters like γ, β, α, and δ. </p>
---	--



Брой точки:	0,5
-------------	-----

2.1.4 Кръгови процеси /цикли/. Втори принцип на термодинамиката

<p>Въпрос T1-22:</p> <p>Решете приложения тест ,като оградите верния отговор.</p>	<p>Верни ли са следните твърдения?</p> <p>1. За осъществяване на кръговия процес на Карно са необходими два източника на топлина – горещ и студен с температури T_1 и T_2, при това $T_1 > T_2$.</p> <p>2. Процесът на Карно се състои от четири процеса – два изотермични и два адиабатни.</p> <p>3. Получената полезна работа при процеса на Карно е еквивалентна на разликата между вложената q_1 и отведената q_2 топлина.</p> <p>4. Термичният к.п.д. на процеса се изразява от формулата:</p> $\eta_t = \frac{q_1 - q_2}{q_1}$ <p style="text-align: center;">или $\eta_t = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$</p> <p>А/ Верни са всички твърдения. Б/ Верни са всички твърдения, без 2. В/ Верни са всички твърдения, без 3. Г/ Верни са само твърдения 3 и 4.</p>
<p>Брой точки:</p>	<p>1</p>

<p>Въпрос T1-23:</p>	<p>Обяснете с няколко изречения защо кръговият процес на Карно има важно значение?</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
-----------------------------	--



Брой точки:	2
--------------------	---

Въпрос T1-24:	Коя от посочените формулировки съставлява II принцип на термодинамиката?
Решете приложения тест, като оградите верния отговор.	<p>А/ Превръщането на известно количество топлина в работа е възможно ,когато на работното вещество се предаде топлина q_1 при по-висока температура T_1 и му се отнема топлина q_2 при по-ниска температура – T_2.</p> <p>Б/ Преминаването на топлина от по-студено към по-топло тяло може да става само с изразходване на работа.</p> <p>В/ А/ и Б/ заедно.</p> <p>Г/ Липсва верен отговор.</p>
Брой точки:	1

Въпрос T1-25:	Обратният цикъл на Карно се използва при работата на:
Допълнете ,като запишете най-точната дума /и/, цифра /и/ или зависимост/и/ на съответните места.
Брой точки:	0,5

Въпрос T1-26:	Кое от посочените твърдения не е правилно?
----------------------	---



<p>Решете приложения тест ,като оградите верния отговор.</p>	<p>А/ Величината, която изразява отношението на превърнатото в работа количество топлина към съответната абсолютна температура на процеса, се нарича ентропия – S, J/kg.K.</p> <p>Б/ Чрез изменението на ентропията може да се определя внесеното или отведеното количество топлина съгласно израза - $\Delta Q = T\Delta S$.</p> <p>В/ При естествените / самопроизволни / процеси, ентропията намалява /$\Delta S < 0$/, при неестествените / несамопроизволните / процеси, тя нараства т.е. $\Delta S > 0$.</p> <p>Г/ В топлинното /TS-диаграма/ изотермата $T = \text{const}$ е права, успоредна на абсцисата, а адиабатата $S = \text{const}$ – права, успоредна на ординатата.</p>
<p>Брой точки:</p>	<p>1</p>

<p>Въпрос Т1-27:</p> <p>Посочете дали следното твърдение е вярно или невярно /грешно/ ,като оградите Да /вярно/ или Не /невярно/.</p>	<p>В долупосочената фигура, представяща процеса на Карно в TS-диаграма, площта ABCD изразява директно в съответния мащаб топлината Q, равна на разликата между вложената и отведената топлина, и която е еквивалентна на полезната работа при осъществяване на процеса.</p>  <p>Да Не</p>
<p>Брой точки:</p>	<p>0,25</p>

1.5 Водни пари



<p>Въпрос T1-28:</p> <p>Посочете дали следното твърдение е вярно или невярно /грешно/, като оградите Да /вярно/ или Не /невярно/.</p>	<p>Температурата на кипене на водата е в зависимост от налягането и намалява при повишаване на налягането.</p> <p>Да</p> <p>Не</p>
<p>Брой точки:</p>	<p>0,25</p>

<p>Въпрос T1-29:</p>	<p>Основавайки се на диаграмата на посочената фигура, обяснете възможно най-кратко процесът на пареообразуване при постоянно налягане:</p>
<p>.....</p>	



<p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	
Брой точки:	2

<p><u>Въпрос T1-30:</u></p> <p>Посочете дали следното твърдение</p>	<p style="text-align: center;">Общата топлина q, която е необходима за получаване на прегрята пара от 1 kg вода, е сума от топлините за подгриване на водата - q_v, на изпарение - g и на прегряване — $q_{пр}$, отнесени също към 1 kg вода</p> <p style="text-align: center;">$q = q_v + g + q_{пр}$.</p>
---	---



е вярно или невярно /грешно/ ,като оградите Да /вярно/ или Не /невярно/.	Да Не
Брой точки:	0,25

Въпрос Т1-31: Посочете дали следното твърдение е вярно или невярно /грешно/ ,като оградите Да /вярно/ или Не /невярно/.	Стойностите на параметрите на водата и парата могат да се вземат от парните таблици както в зависимост от налягането, така и в зависимост от температурата. Да Не
Брой точки:	0,25

Въпрос Т1-32: Допълнете, като запишете най-точната дума /и/, цифра /и/ или зависимост/и/ на съответните места.	Състоянията по лявата гранична крива се определят като , а тези по дясната гранична крива – като
Брой точки:	1 / по 0,5 т за всеки верен запис /

Въпрос Т1-33:	Отношението на масата на сухата пара към масата на водата и парата в 1 kg пароводна смес се нарича:
----------------------	--



<p>Допълнете, като запишете най-точната дума /и/, цифра /и/ или зависимост/и/ на съответните места.</p>
Брой точки:	0,5

<p>Въпрос Т1-34:</p> <p>Посочете дали следното твърдение е вярно или невярно /грешно/, като оградите Да /вярно/ или Не /невярно/.</p>	<p>Топлината, внесена за изпаряването на 1 кг вода /топлина на изпарението/ и топлината, отведена за кондензацията на същото количество пара /топлина на кондензация/, са числено равни.</p> <p>Да</p> <p>Не</p>
Брой точки:	0,25

<p>Въпрос Т1-35:</p> <p>Посочете дали следното твърдение е вярно или невярно /грешно/, като</p>	<p>Неудобството на работата с диаграмите е, че ходът на процесите не може да бъде проследен директно в тях.</p> <p>Да</p> <p>Не</p>
--	---

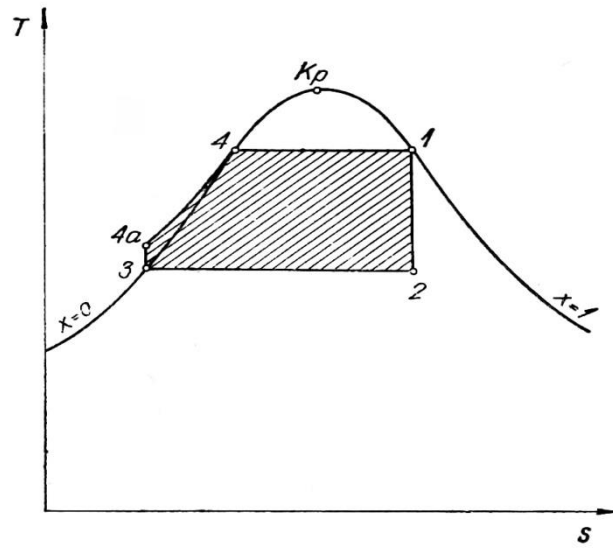


оградите Да /вярно/ или Не /невярно/.	
Брой точки:	0,25

2.1.6 Термодинамичен цикъл

Въпрос T1-36: Допълнете ,като запишете най-точната дума /и/, цифра /и/ или зависимост/и/ на съответните места.	В основата на работния цикъл на всички паросилови уредби , в т.ч. АЕЦ , стои кръговият процес на:
Брой точки:	0,5

Въпрос T1-37:	Основавайки се на посочената фигура, запишете фазите на провеждане на кръговия процес на Ренкин с кратка обосновка:



1-2

2-3.....

3-4a.....

4a-4.....

4-1.....

Брой точки:	2
-------------	---

Въпрос T1-38:	Може ли долупосоченият израз да се използва за определяне на к.п.д. на цикъла на Ренкин?
Посочете дали следното твърдение	$\eta_t = \frac{H_1 - H_2}{H_1 - H_B}$



е вярно или невярно /грешно/ ,като оградите Да /вярно/ или Не /невярно/.	<p>H_1 – енталпия на прясната парата, постъпваща в парната машина</p> <p>H_2 – енталпия на отработената пара, излизаща от парната машина</p> <p>H_v – енталпия на подхранващата вода за котела /парогенератора/</p> <p>Да</p> <p>Не</p>
Брой точки:	0,25

<u>Въпрос Т1-39:</u>	Какви начини могат да се използват за подобряване на термичния к.п.д. на кръговия процес на Ренкин?
Решете приложения тест ,като оградите верния отговор.	<p>А/ Повишаване на началното налягане.</p> <p>Б/ Понижаване на крайното налягане.</p> <p>В/ Прегряване на парата.</p> <p>Г/ Всички посочени.</p>
Брой точки:	1

<u>Въпрос Т1-40:</u>	Кое от посочените мероприятия се осигурява проектно в АЕЦ за повишаване на ефективността на термодинамичния цикъл?
Решете приложения тест ,като оградите верния отговор.	<p><i>1. Междинно прегряване на парата между степените на разширението ѝ в турбината.</i></p> <p><i>2. Подгриване на подхранващата вода с частично отработена пара от турбината.</i></p> <p>А/ И двете посочени.</p> <p>Б/ Нито едно от посочените.</p> <p>В/ Второто.</p> <p>Г/ Първото.</p>
Брой точки:	1



2. МЕХАНИКА НА ФЛУИДИТЕ

2.1 Физични свойства на флуидите

Въпрос T2.2-1: Посочете дали следното твърдение е вярно или невярно /грешно/, като оградите Да /вярно/ или Не /невярно/.	Плътноста на флуидите kg/m^3 показва отношението на масата на флуида към неговия обем и е величина, реципрочна на специфичния обем. Да Не
Брой точки:	0,25

Въпрос T2-2: Решете приложения тест, като оградите верния отговор.	Как ще се измени вискозитетът на течностите при повишаване на температурата? А/ Няма да се измени. Б/ Ще се увеличи. В/ Ще се увеличи до определена температура, след което ще се намали. Г/ Ще се намали.
Брой точки:	1

Въпрос T2-3:	Течностите се характеризират с незначителна:
---------------------	---



<p>Допълнете, като запишете най-точната дума /и/, цифра /и/ или зависимост/и/ на съответните места.</p>	<p>.....</p>
<p>Брой точки:</p>	<p>0,5</p>

2.2 Хидростатика

<p>Въпрос Т2-4:</p> <p>Допълнете, като запишете най-точната дума /и/, цифра /и/ или зависимост/и/ на съответните места.</p>	<p>Силата на натиска, който оказват молекулите на течността върху потопените в нея тела и стените на съда, в който се намира, определя:</p> <p>.....</p>
<p>Брой точки:</p>	<p>0,5</p>

<p>Въпрос Т2-5:</p> <p>Решете приложения тест ,като оградите верния отговор.</p>	<p>Изберете правилната формулировка на основното уравнение /закон/ на хидростатиката:</p> <p>А/ Налягането в точка, намираща се на дълбочина h в течността, е сума от налягането, действащо върху свободната повърхност, и налягането на стълба течност с височина h /от точката до свободната повърхност/;</p> <p>Б/ Външното налягане, приложено върху свободната повърхност на течността, се предава еднакво във всяка нейна точка и по всички направления в пространството;</p>
---	--



	<p>В/ За точки, разположени в една и съща хоризонтална равнина на скачените съдове, налягането е едно и също;</p> <p>Г/ Налягането на стълб течност се определя от произведението от плътността на течността, височината на стълба течност и земното ускорение.</p>
Брой точки:	1

<p>Въпрос Т2-6:</p> <p>Посочете дали следното твърдение е вярно или невярно /грешно/ ,като оградите Да /вярно/ или Не /невярно/.</p>	<p>Долупосочената формула</p> $p = \rho \cdot g \cdot h = \gamma \cdot h$ <p>показва налягането на стълба течност, действащо в определена точка, която се намира на дълбочина h /m/ от повърхността на течността.</p> <p>Да</p> <p>Не</p>
Брой точки:	0,25

<p>Въпрос Т2-7:</p> <p>Решете приложеният тест ,като оградите верния отговор.</p>	<p>Защо при хидравличната преса се увеличава силата на натиск в работния цилиндър?</p> <p>А/ Защото налягането на маслото в работния цилиндър е по-голямо от това, създавано в помпата.</p> <p>Б/ Защото кинетичната енергия на маслото се превръща в потенциална.</p> <p>В/ Защото площта на буталото в работния цилиндър е голяма.</p> <p>Г/ Няма верен отговор.</p>
Брой точки:	1

Въпрос Т2-8:	Кое от посочените твърдения не е вярно?
---------------------	--



<p>Решете приложения тест ,като оградите верния отговор.</p>	<p>А/ Натискът на течността върху дъното и стените на съда /резервоара/ е един и същ.</p> <p>Б/ Натискът на течността върху дъното и стените на съда зависи от нивото /височината/ на течността в съда, плътността на тази течност и площта на дъното или стените.</p> <p>В/ Натискът върху дъното на съда е еднакъв във всички точки, независимо от формата и размерите на съда</p> <p>Г/ Натискът върху стена на съда е най-голям в точката, съответстваща на геометричния център на стената .</p>
<p>Брой точки:</p>	<p>1</p>

2.3 Хидродинамика

<p>Въпрос Т2-9:</p> <p>Посочете дали следното твърдение е вярно или невярно /грешно/ ,като оградите Да /вярно/ или Не /невярно/.</p>	<p>Връзката между обемният дебит – Q_v, m^3/s и масовият дебит Q_m, kg/s се изразява от зависимостта:</p> $Q_v = \rho \cdot Q_m$ <p>Да</p> <p>Не</p>
<p>Брой точки:</p>	<p>0,25</p>

<p>Въпрос Т2-10:</p> <p>Решете приложения тест ,като оградите верния отговор.</p>	<p>При каква стойност на критерия /числото/ на Рейнолдс режимът на движение е стабилно турбулентен?</p> <p>А/ Режимът на движение не зависи от стойността на критерия на Рейнолдс.</p> <p>Б/ $Re > 10\,000$.</p> <p>В/ $2320 < Re < 10\,000$.</p>
--	--



	$\Gamma / Re < 2320.$
Брой точки:	1

<p>Въпрос T2-11:</p> <p>Решете приложения тест, като оградите верния отговор.</p>	<p>В каква зависимост се намира средната скорост на потока от площта на напречното му сечение?</p> <p>A/ Скоростта е по-голяма в по-широките сечения.</p> <p>Б/ Скоростта е по-голяма в по-тесните сечения.</p> <p>В/ Скоростта е постоянна във всяко сечение.</p> <p>Г/ Средната скорост не е свързана с площта на напречното сечение, а зависи само от дебита.</p>
Брой точки:	1

<p>Въпрос T2-12:</p> <p>Решете приложения тест, като оградите верния отговор.</p>	<p>Кое от дадените уравнения се явява хидродинамичен израз на закона за съхранение и превръщане на енергията?</p> <p>A/ Уравнението на Бернули.</p> <p>Б/ Уравнението за непрекъснатостта на потока.</p> <p>В/ И двете посочени</p> <p>Г/ Нито едно от двете.</p>
Брой точки:	1

<p>Въпрос T2-13:</p>	<p>В уравнението на Бернули: $h_T = \frac{c^2}{2g} + \frac{p}{\rho \cdot g} + z = \text{const}$, членът $\frac{c^2}{2g}$ кой вид енергия на потока изразява?</p>
-----------------------------	---



Решете приложения тест ,като оградите верния отговор.	<p>А/ Общата енергия на системата.</p> <p>Б/ Енергията на местоположението.</p> <p>В/ Кинетичната енергия.</p> <p>Г/ Потенциалната енергия.</p>
Брой точки:	1

Въпрос T2-14: Допълнете ,като запишете най-точната дума /и/, цифра /и/ или зависимост/и/ на съответните места.	<p>На първата от долупосочените фигури е изобразен схематично</p> <p>режим на движения на флуидния поток.</p>
Фиг. 1	Фиг. 2
Брой точки:	0,5

Въпрос T2-15:	<p>Кое от посочените твърдения за зависимост на хидравличните загуби от дадените фактори не е вярно?</p> <p>А/ Хидравличните загуби нарастват с увеличаване на дължината на тръбопровода.</p>
----------------------	---



Решете приложения тест ,като оградите верния отговор.	<p>Б/ Хидравличните загуби нарастват с увеличаване на диаметъра на тръбопровода.</p> <p>В/ Хидравличните загуби нарастват с увеличаване на скоростта на движение на потока.</p> <p>Г/ Хидравличните загуби нарастват с увеличаване на грапавостта на стените на тръбопровода.</p>
Брой точки:	1

Въпрос T2-16: Решете приложения тест ,като оградите верния отговор.	<p>Кои от посочените елементи обуславят местните хидравлични съпротивления в една инсталация?</p> <p>А/ Прави тръбопроводни участъци.</p> <p>Б/ Спирателни вентили, клапани, колена, разклонения и др. подобни.</p> <p>В/ Стесняване и разширяване на тръбопроводите</p> <p>Г/ Верни са Б/ и В/.</p>
Верен отговор:	Г/ Верни са Б/ и В/.
Брой точки:	1

2.4. Хидравличен удар и дроселиране

Въпрос T2-17:	<p>Обяснете с няколко изречения същността на явлениято „хидравличен удар“.</p> <p>.....</p>
----------------------	--



	<p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
Брой точки:	2

Въпрос T2-18: Решете приложения тест, като оградите верния отговор.	<p>При пълнене и изпразване /дрениране/ на съд или резервоар е задължително:</p> <p>А/ Да се намали дебитът /разходът/ на постъпващата във респ. изтичащата от съда /резервоара/ течност;</p> <p>Б/ Да се затвори линията за обезвъздушаване на съда /резервоара/;</p> <p>В/ Да се отвори линията за обезвъздушаване на съда /резервоара/;</p> <p>Г/ Пълненето или изпразването да се спира периодично, за да се изравни налягането .</p>
Брой точки:	1

Въпрос T2-19: Допълнете, като запишете най-точната дума /и/, цифра /и/ или	<p>Явлението, при което преминаването на течности, газове или пари през прегради или стеснявания на тръбите се съпровожда от падане на налягането след преградата, се нарича:</p> <p>.....</p>
---	---



зависимост/и/ на съответните места.	
Брой точки:	0,5

Въпрос Т2-20: Посочете дали следното твърдение е вярно или невярно /грешно/, като оградите Да /вярно/ или Не /невярно/.	Дроселирането е винаги нежелателно явление. Да Не
Верен отговор:	Не
Брой точки:	0,25

3. ТОПЛОПРЕНАСЯНЕ

3.1 Основни понятия и определения

Въпрос Т3-1: Решете приложения тест, като оградите верния отговор.	Коя е движещата сила на топлообменните процеси? А/ Разликата в наляганията на топлоносителите. Б/ Температурната разлика между топлоносителите. В/ Разликата в плътностите на топлоносителите. Г/ Разликата в агрегатното състояние на топлоносителите.
Брой точки:	1



Въпрос Т3-2: Решете приложения тест ,като оградите верния отговор.	Кое от посочените уравнения не е валидно за определяне на количеството на обменената топлина? А/ $Q = m \cdot r$ Б/ $Q = m \cdot (i_2 - i_1)$ В/ $Q = m \cdot c \cdot (T_2 - T_1)$ Г/ Няма такава. Всички горепосочени уравнения са валидни за определяне на количеството топлина.
Брой точки:	1

Въпрос Т3-3: Допълнете, като запишете най-точната дума /и/, цифра /и /или зависимост/и/ на съответните места.	Телата, които участват в топлообмена, се наричат:
Брой точки:	0,5

Въпрос Т3-4: Допълнете, като запишете най-точната дума /и/, цифра /и /или	Фиктивната постоянна разлика между температурите на веществата, участващи в топлообмена, при която се обменя същото количество топлина, както при действително променящата се температурна разлика между тях, се определя като:
--	---



зависимост/и/ на съответните места.	
Брой точки:	0,5

Въпрос Т3-5: Посочете дали следното твърдение е вярно или невярно /грешно/ ,като оградите Да /вярно/ или Не /невярно/.	Топлообменна /нагрявна/ повърхност /F/ на едно топлообменно съоръжение е тази повърхност /в кв. метри/ от тръби или други елементи, през които се обменя топлината, която осигурява пренасянето на необходимото количество топлина. Да Не
Брой точки:	0,25

Въпрос Т3-6: Посочете дали следното твърдение е вярно или невярно /грешно/ ,като оградите Да /вярно/ или Не /невярно/.	Единиците за топлинен поток J/s /Джаул/секунда/ и W /Ват/ са еквивалентни помежду си. Да Не
Брой точки:	0,25

Въпрос Т3-7: Решете приложеният тест	Случаят, когато топлоносителите се движат в противоположни посоки по протежение на топлообменната повърхност, се определя като: А/ Правоточен топлообмен; Б/ Противоточен топлообмен;
--	--



като оградите верния отговор.	В/ Топлообмен с кръстосан ток; Г/ Топлообмен със смесен ток
Брой точки:	1

3.2 Начини за предаване на топлината. Основни зависимости

Въпрос ТЗ-8:	<p>Обяснете физическата същност на начините за предаване на топлината, като направите съответните записи в дясната колона на таблицата.</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Начин на предаване на топлината</th> <th>Физическа същност</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Топлопроводност</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Конвекция</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Топлинно излъчване</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Начин на предаване на топлината	Физическа същност	Топлопроводност		Конвекция		Топлинно излъчване	
Начин на предаване на топлината	Физическа същност								
Топлопроводност									
Конвекция									
Топлинно излъчване									
Брой точки:	max 1,5 т / по 0,5 т за всеки верен запис /								

Въпрос ТЗ-9:	<p>Способността на веществата да провеждат топлината се характеризира от:</p> <p>.....</p>
<p>Допълнете, като запишете най-точната дума /и/, цифра /и /или зависимост/и/ на съответните места.</p>	



Брой точки:	0,5
--------------------	-----

Въпрос Т3-10: Решете приложения тест, като оградите верния отговор.	Кои от посочените материали имат топлоизолиращи свойства? А/ вата, азбест; Б/ мед, алуминий; В/ тухли, бетон; Г/ стомана, чугун.
Брой точки:	1

Въпрос Т3-11: Решете приложения тест, като оградите верния отговор.	С коя от посочените величини топлинният поток е в обратнопропорционална зависимост? А/ Температурната разлика между топлоносителите. Б/ Коефициентът на топлопредаването. В/ Термичното съпротивление на процеса на топлообмен. Г/ Теплообменната повърхност.
Брой точки:	1

Въпрос Т3-12: Решете приложения тест, като оградите верния отговор.	Какво влияние върху процеса на топлопредаване ще оказва натрупването на отлагане /накип/ по теплообменната повърхност? А/ Теплопредаването ще се подобри, защото накипът има висок коефициент на топлопроводност. Б/ Теплопредаването ще се подобри, защото се увеличава общата повърхност, през която се предава топлината.
--	---



	<p>В/ Теплопредаването няма да се измени съществено.</p> <p>Г/ Теплопредаването ще се влоши ,поради увеличаването на термичното съпротивление на металната стена, провеждаща топлината.</p>
Брой точки:	1

<p><u>Въпрос Т3-13:</u></p> <p>Посочете дали следното твърдение е вярно или невярно /грешно/ ,като оградите Да /вярно/ или Не /невярно/.</p>	<p>Върху коефициента на топлопредаване а оказват влияние:</p> <ul style="list-style-type: none">• <i>физическите свойства на течността или газа /вискозитет, плътност, топлопроводност, специфичен топлинен капацитет и др./;</i>• <i>скоростта на движение на флуида;</i>• <i>формата на топлообменната повърхност;</i>• <i>гравитацията на повърхността на стените на тръбите;</i>• <i>характерът на движение на флуида - ламинарен или турбулентен.</i> <p>Да</p> <p>Не</p>
Брой точки:	0,25

<p><u>Въпрос Т3-14:</u></p> <p>Решете приложения тест, като оградите верния отговор.</p>	<p>В процеса на предаване на топлина между два топлоносителя през разделяща ги стена на тръба в топлообменното съоръжение участва:</p> <p>А/ Конвективен топлообмен между по-горещия топлоносител и стената на тръбата;</p> <p>Б/ Теплопроводност през стената на топлообменната тръба;</p> <p>В/ Конвективен топлообмен между стената на тръбата и студения топлоносител;</p>
---	---



	Г/ Всички посочени.
Брой точки:	1

Въпрос Т3-15:	Формулирайте основното уравнение на топлопреминаването. Запишете и аналитичният израз на това уравнение.
Направете кратък и конкретен запис.
Брой точки:	1

Въпрос Т3-16:	$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}, \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
Попълнете, като запишете най-точната дума /и/, цифра /и/ или зависимост/и/ на съответните места.	<p>Величината $\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}$, W/m².K се нарича:.</p> <p>.....</p>
Брой точки:	0,5

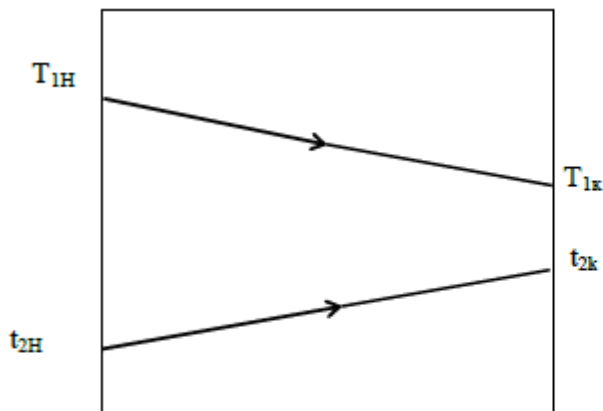


<p>Въпрос Т3-17:</p> <p>Посочете дали следното твърдение е вярно или невярно /грешно/, като оградите Да /вярно/ или Не /невярно/.</p>	<p>Термичното съпротивление при топлообменния процес R и коефициентът на топлопреминаване K са в реципрочна зависимост.</p> $R = \frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}$ <p>Да</p> <p>Не</p>
<p>Брой точки:</p>	<p>0,25</p>

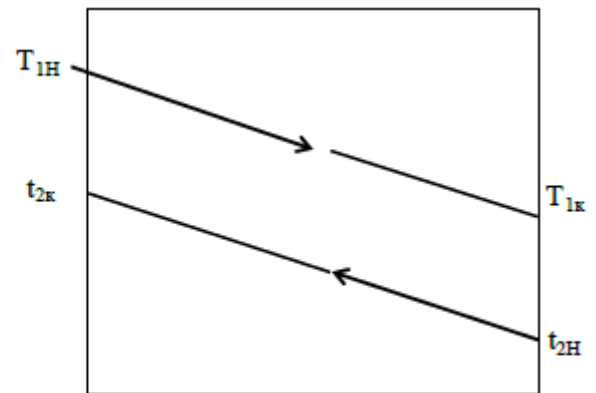
2.3.3. Основи на топлообменните процеси

<p>Въпрос Т3-18:</p> <p>Допълнете, като запишете най-точната дума /и/, цифра /и/ или зависимост/и/ на съответните места.</p>	<p>Уравнението $Q_1 = Q_2 + Q_{\text{заг}}$, където Q_1 – топлина, предадена от горещия топлоносител; Q_2 – топлина, приета от студения топлоносител; $Q_{\text{заг}}$ – топлинни загуби в топлообменното съоръжение, изразява:</p> <p>.....</p>
<p>Брой точки:</p>	<p>1</p>

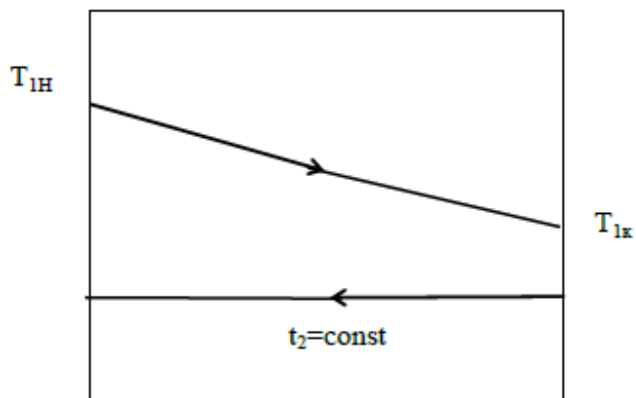
<p>Въпрос Т3-19:</p> <p>Решете приложения тест, като оградите верния отговор.</p>	<p>Коя от посочените схеми отразява едновременно случай на:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● противоточен топлообмен; ● кондензация на един от топлоносителите.
--	---



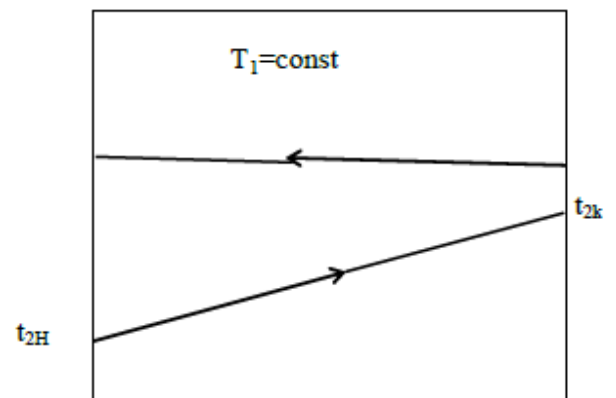
1.



2.



3.



4.

A/ 1

Б/ 3

В/ 4

Г/ 2



Брой точки:	1
--------------------	---

Въпрос ТЗ-20: Посочете дали следното твърдение е вярно или невярно /грешно/, като оградите Да /вярно/ или Не /невярно/.	Когато температурните разлики между топлоносителите на вход Δt_1 и на изход Δt_2 от топлообменното съоръжение се различават повече от 1,7 пъти, средната температурна разлика $\Delta t_{ср}$ може да се определя като средна аритметична стойност на тези разлики. Да Не
Брой точки:	0,25

Въпрос ТЗ-21: Решете приложения тест, като оградите верния отговор.	Коя от посочените характеристики има основно значение при избора на топлообменник за провеждане на промишлен топлообменен процес при дадени условия? А/ Материалът, от който е изработен топлообменникът. Б/ Видът на конструкцията му. В/ Размерът на топлообменната /нагривната/ му повърхност. Г/ Схемата на движение на топлоносителите в него.
Брой точки:	1



ОТГОВОРИ

НА ВЪПРОСИТЕ ЗА КОНТРОЛ

1. ТЕРМОДИНАМИКА

Въпрос Т1-1

Верен отговор:	Техническата термодинамика
-----------------------	----------------------------

Въпрос Т1-2

Верен отговор:	
Параметър на състоянието	Единица в СИ
Специфичен обем - V	m^3/kg
Налягане - P	$N/m^2, Pa$
Температура - T	K

Въпрос Т1-3

Верен отговор:	$\Gamma / 2 mH_2O = 2 \text{ ат}$
-----------------------	-----------------------------------



Въпрос T1-4

Верен отговор:	а/ $P = P_a + P_m$ б/ $P = P_a - P_b$
----------------	--

Въпрос T1-5

Верен отговор:	A/ 298,15 К
----------------	-------------

Въпрос T1-6

Верен отговор:	Не
----------------	----

Въпрос T1-7

Верен отговор:	Да
----------------	----

Въпрос T1-8

Верен отговор:	$\frac{PV}{T} = \text{const} = R$ или $PV = RT$
----------------	--

Въпрос T1-9

Верен отговор:	Б/ Топлината се превръща в работа, но обратното не е възможно.
----------------	--



--	--

Въпрос T1-10

Верен отговор:	Първи принцип на термодинамиката
-----------------------	----------------------------------

Въпрос T1-11

Верен отговор:	В/ Количеството топлина, необходимо за изменението на температурата с един градус.
-----------------------	--

Въпрос T1-12

Верен отговор:	Температурата е мярка за молекулното движение на тялото, докато под топлина се разбира количеството на топлинната енергия, която се приема или отдава от него.
-----------------------	--

Въпрос T1-13

Верен отговор:	Енталпия
-----------------------	----------

Въпрос T1-14

Верен отговор:	Да
-----------------------	----



Въпрос T1-15

Верен отговор:	Да
-----------------------	----

Въпрос T1-16

Верен отговор:	Изохорен Изобарен Изотермен Адиабатен
-----------------------	--

Въпрос T1-17

Верен отговор:		
Процес	Постоянен параметър	Зависимост между параметрите
Изохорен	V	$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$
Изобарен	P	$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$
Изотермичен	T	$\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_2}{V_1}$

Въпрос T1-18

Верен отговор:	Б/ Налягането и обемът са в правопрпорционална зависимост.
-----------------------	--

Въпрос T1-19

Верен отговор:	Г/ И двете твърдения са верни.
-----------------------	--------------------------------



Въпрос T1-20

Верен отговор:	Не
-----------------------	----

Въпрос T1-21

Верен отговор:	Политропните процеси
-----------------------	----------------------

Въпрос T1-22

Верен отговор:	А/ Верни са всички твърдения.
-----------------------	-------------------------------

Въпрос T1-23

Очакван отговор:	<p>От сравнението между различните процеси и този на Карно може да се направи <i>оценка за термодинамичното съвършенство на процесите</i>. Това се прави чрез отношението на термичният к.п.д. на дадения процес към термичния к.п.д. на процеса на Карно в същите температурни граници.</p> <p>Колкото това отношение е по-близко до 1, толкова даденият процес е по-близък до процеса на Карно.</p>
-------------------------	---

Въпрос T1-24

Верен отговор:	В/ А/ и Б/ заедно
-----------------------	-------------------

Въпрос T1-25

Верен отговор:	Хладилните машини
-----------------------	-------------------



Въпрос T1-26

Верен отговор:	В/ При естествените /самопроизволни/ процеси, ентропията намалява $\Delta S < 0$ /, при неестествените /несамопроизволните/ процеси, тя нараства т.е. $\Delta S > 0$.
-----------------------	--

Въпрос T1-27

Верен отговор:	Да
-----------------------	----

Въпрос T1-28

Верен отговор:	Не
-----------------------	----

Въпрос T1-29

Очакван отговор:	<p>1. От т. А до т. В водата се загрева при $p = \text{const}$ и нейният специфичен обем започва да се увеличава. Като се достигне определена температура t_n, съответстваща на налягането p_n, т.е. температурата на насищане, започва парообразуването - т. В.</p> <p>2. При отделянето от водата от парата се запазва същата температура. Състоянието на кипящата течност се характеризира с областта на мократа /влажна/ пара, която се заключава между лявата гранична крива x /паросъдържание/ = 0 и дясната гранична крива $x=1$.</p> <p>3. С продължаване на загреването, количеството на парата в сместа се увеличава, а количеството на водата – намалява. В т.С паросъдържанието се характеризира със стойности $0 < x < 1$.</p> <p>4. В т. D цялото количество вода се е изпарило и състоянието се характеризира с като суха наситена пара $x = 1$.</p> <p>5. През време на парообразуването /от т. В до т. D/ температурата не се е променила. Ако загреването продължава, температурата на парата започва да се повишава и обемът ѝ продължава да расте. Такава пара се нарича прегрята пара /т. Е/ Под прегрята пара се разбира пара, чиято температура и по-висока от съответстващата на налягането температура на насищане.</p>
-------------------------	---



Въпрос T1-30

Верен отговор:	Да
----------------	----

Въпрос T1-31

Верен отговор:	Да
----------------	----

Въпрос T1-32

Верен отговор:	Кипяща течност Суша наситена пара
----------------	--------------------------------------

Въпрос T1-33

Верен отговор:	Паросъдържание
----------------	----------------

Въпрос T1-34

Верен отговор:	Да
----------------	----

Въпрос T1-35

Верен отговор:	Не
----------------	----

Въпрос T1-36

Верен отговор:	Ренкин
----------------	--------

Въпрос T1-37

Очакван отговор:	1 – 2 адиабатно разширение на сухата наситена пара в парната машина /турбина/ с превръщане на част от енергията ѝ в механична работа;
------------------	---



	<p>2 – 3 изотермично-изобарно охлаждане на мократа пара в кондензатора до превръщането ѝ в кипяща течност;</p> <p>3 – 4а адиабатно съгъстяване на кипящата течност в помпата до налягането, при което работи парогенератора. В т. 4а кипящата вода се втечнява напълно и наляво от кривата $x = 0$ е в състояние на вода;</p> <p>4а – 4 изобарно загряване на горещата вода в парогенератора до момента на нейното кипене;</p> <p>4 – 1 изотермично-изобарно загряване на кипящата течност в парогенератора с получаване на суха наситена пара.</p>
--	--

Въпрос T1-38

Верен отговор:	Да
----------------	----

Въпрос T1-39

Верен отговор:	Г/ Всички посочени
----------------	--------------------

Въпрос T1-40

Верен отговор:	А/ И двете посочени
----------------	---------------------

2. МЕХАНИКА НА ФЛУИДИТЕ /ХИДРАВЛИКА/

Въпрос T2-1

Верен отговор:	Да
----------------	----

Въпрос T2-2

Верен отговор:	Г/ Ще се намали
----------------	-----------------

Въпрос T2-3



Верен отговор:	Свиваемост
-----------------------	------------

Въпрос T2-4

Верен отговор:	Хидростатичното налягане
-----------------------	--------------------------

Въпрос T2-5

Верен отговор:	А/ Налягането в точка, намираща се на дълбочина h в течността, е сума от налягането, действащо върху свободната повърхност, и налягането на стълба течност с височина h /от точката до свободната повърхност/.
-----------------------	--

Въпрос T2-6

Верен отговор:	Да
-----------------------	----

Въпрос T2-7

Верен отговор:	В/ Защото площта на буталото в работния цилиндър е голяма.
-----------------------	--

Въпрос T2-8

Верен отговор:	А/ Натискът на течността върху дъното и стените на съда /резервоара/ е един и същ.
-----------------------	--

Въпрос T2-9

Верен отговор:	Не
-----------------------	----

Въпрос T2-10



Верен отговор:	Б/ $Re > 10\,000$
-----------------------	-------------------

Въпрос T2-11

Верен отговор:	Б/ Скоростта е по-голяма в по-тесните сечения.
-----------------------	--

Въпрос T2-12

Верен отговор:	А/ Уравнението на Бернули
-----------------------	---------------------------

Въпрос T2-13

Верен отговор:	В/ Кинетичната енергия
-----------------------	------------------------

Въпрос T2-14

Верен отговор:	Ламинарен
-----------------------	-----------

Въпрос T2-15

Верен отговор:	Б/ Хидравличните загуби нарастват с увеличаване на диаметъра на тръбопровода.
-----------------------	---

Въпрос T2-16

Верен отговор:	Г/ Верни са Б/ и В/
-----------------------	---------------------

Въпрос T2-17

Очакван отговор:	<i>Хидравличен удар може да бъде предизвикан от внезапно затваряне на задвижка, което се съпровожда с рязко увеличаване на налягането или от внезапно отваряне на задвижката, при което</i>
-------------------------	---



	<p><i>налягането пада, поради рязкото изменение на скоростта на движение на течността.</i></p> <p>Причина за възникване на хидравличен удар при рязко увеличаване на скоростта (затваряне на задвижката), е превръщането на кинетичната енергия на движещата се течност в енергия на налягането (потенциална енергия), поради което налягането в тръбопровода рязко се повишава. Поради несвиваемостта на течността и на материала на стените на тръбопровода се формира т.нар. ударна вълна, която се движи в посока, противоположна на движението на течността.</p> <p>Същите явления, но с обратно превръщане на енергията, стават и при рязкото отваряне на задвижката.</p>
--	--

Въпрос T2-18

Верен отговор:	В/ Да се отвори линията за обезвъздушаване на съда /резервоара/
-----------------------	---

Въпрос T2-19

Верен отговор:	Дроселиране
-----------------------	-------------

Въпрос T2-20

Верен отговор:	Не
-----------------------	----

3. ТОПЛОПРЕНАСЯНЕ

Въпрос T3-1

Верен отговор:	Б/ Температурната разлика между топлоносителите.
-----------------------	--

Въпрос T3-2



Верен отговор:	Г/ Няма такава. Всички горепосочени уравнения са валидни за определяне на количеството топлина.
-----------------------	---

Въпрос ТЗ-3

Верен отговор:	Топлоносители
-----------------------	---------------

Въпрос ТЗ-4

Верен отговор:	Средна температурна разлика
-----------------------	-----------------------------

Въпрос ТЗ-5

Верен отговор:	Да
-----------------------	----

Въпрос ТЗ-6

Верен отговор:	Да
-----------------------	----

Въпрос ТЗ-7

Верен отговор:	Б/ Противоточен топлообмен
-----------------------	----------------------------

Въпрос ТЗ-8

Верен отговор:	<table border="1"><tr><td>Начин на предаване на топлината</td><td>Физическа същност</td></tr></table>	Начин на предаване на топлината	Физическа същност
Начин на предаване на топлината	Физическа същност		



	Топлопроводност	Предаване на топлина при непосредствено съприкосновение на частици, имащи различна температура.
	Конвекция	Предаване на топлина между частиците на течности и газове при взаимното движение на тези частици.
	Топлинно излъчване	Предаване на топлина във вид на лъчиста енергия.

Въпрос ТЗ-9

Верен отговор:	Коефициентът на топлопроводност
-----------------------	---------------------------------

Въпрос ТЗ-10

Верен отговор:	А/ вата, азбест
-----------------------	-----------------

Въпрос ТЗ-11

Верен отговор:	В/ Термичното съпротивление на процеса на топлообмен.
-----------------------	---

Въпрос ТЗ-12

Верен отговор:	Г/ Теплопредаването ще се влоши ,поради увеличаването на термичното съпротивление на металната стена, провеждаща топлината.
-----------------------	---

Въпрос ТЗ-13

Верен отговор:	Да
-----------------------	----



Въпрос Т3-14

Верен отговор:	Г/ Всички посочени
----------------	--------------------

Въпрос Т3-15

Верен отговор:	При топлообменните процеси, количеството на предадената топлина ,е пропорционално на средната температурна разлика между топлоносителите и на топлообменната повърхност. Аналитично: $Q = K \cdot \Delta t_{ср} \cdot F$
----------------	---

Въпрос Т3-16

Верен отговор:	Коефициент на топлопреминаване
----------------	--------------------------------

Въпрос Т3-17

Верен отговор:	Да
----------------	----

Въпрос Т3-18

Верен отговор:	Топлинен баланс на съоръжението
----------------	---------------------------------

Въпрос Т3-19

Верен отговор:	В/ 4
----------------	------

Въпрос Т3-20

Верен отговор:	Не
----------------	----

Въпрос Т3-21



ЕВРОПЕЙСКИ СЪЮЗ
ЕВРОПЕЙСКИ
СОЦИАЛЕН ФОНД



ОПЕРАТИВНА ПРОГРАМА
НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ ЗА
ИНТЕЛИГЕНТЕН РАСТЕЖ

Верен отговор:	В/ Размерът на топлообменната /нагрявната/ му повърхност.
-----------------------	--