

**Универзитет "Св. Кирил и Методиј"
Машински факултет - Скопје**

**ОСНОВИ НА ЕНЕРГЕТИКА
-превод-**



Скопје, 2010

1. ОПШТА ДЕФИНИЦИЈА ЗА ЕНЕРГИЈАТА

За разлика од класичната механика која масата ја смета за константно својство на телото, современата (релативистичка) механика зборува за *вкупната маса* која зависи од брзината на телото во однос на набљудувачот:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} \quad (1)$$

каде што:

m_0 - маса на телото во мирување,

c - универзална константа,

v - брзина на телото во однос на набљудувачот.

Се гледа дека вкупната маса на телото тежнее кон изедначување со “класичната” маса на мирување, ако $(v/c)^2$ се приближува кон нулата. Бидејќи е спомнат принципот на класичната механика (дека масата е константно својство на телото) кој е произлезен од секојдневните практични искуства, следува дека константата c мора да биде многу голема во однос на брзината со која човекот обично се сретнува во светот кој го окружува и на кој и самиот припаѓа. За потребите за опишување на појавите во макросветот, нема мерливи разлики (па ни контрадикции) помеѓу равенката (1) и принципот на константната маса. Ако се земе дека $(v/c)^2$ е многу помало во однос на единица, од равенката (1) следува:

$$\frac{m - m_0}{m_0} = \frac{\Delta m}{m_0} = \frac{1}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} - 1 \approx 1 + \frac{1}{2}(v/c)^2 - 1$$

$$c^2 \cdot \Delta m \approx \frac{m_0 \cdot v^2}{2}$$

Се гледа дека телото кое од состојба на мирување започнува да се движи со брзина v , вкупната маса пораснува за Δm . Овој прираст на маса е приближно пропорционален на кинетичката енергија на телото кое се движи со споменатата брзина.

Тоа дава можност за воопштување на поимот енергија. Бидејќи силата е дефинирана со:

$$\vec{F} = \frac{d(m\vec{v})}{dt}$$

тогаш елементарната работа е во правец на дејствување на силата:

$$dW = Fdx = d(mv) \frac{dx}{dt} = vd(mv)$$

Со оглед дека оваа работа е потрошена на забрзување на телото, по законот за конзервација на енергијата, елементарната работа мора да биде еднаква со промената на вкупната енергија на телото:

$$dW = dE = v^2 dm + mvdv$$

Со диференцирање на равенката (1) се добива: $mvdv = (c^2 - v^2)dm$ од каде:

$$\begin{aligned} dE &= c^2 dm \\ E - E_0 &= c^2(m - m_0) \end{aligned}$$

Ако се воведо поимот *вкупна енергија на тело кое мирува* во однос на набљудувачот: $E_0 = c^2 m_0$, од каде:

$$E = c^2 m$$

Ова ја претставува прочуената Ајнштајнова релација од која следи заклучокот дека масата на телото треба да се сфати како параметар на енергетската состојба на телото, пропорционално на вкупната енергија на телото.

Во согласност со сфаќањето на материјалистичката филозофија од сличност на материјата и енергијата, значи дека *вкупната енергија на телото* е исто што и *вкупната количина на материјални тела*.

Кога стабилно тело со маса m_0 ќе се раздели на n делови чии маси ќе бидат m_i ($i=1,2,3,\dots, n$), од искуство се знае дека потребно е да се потроши енергија $E_{ex} > E_v$. Равенката со која се искажува законот за конзервација на енергијата гласи:

$$E_0 + E_{ex} = E_s$$

каде е: $E_0 = m_0 c^2$

$$E_s = \sum_1^n \frac{m_i c^2}{\sqrt{1 - (v_i/c)^2}} \approx \sum_i^n m_i c^2 + \sum_i^n \frac{m_i v_i^2}{2}$$

од каде: $E_{ex} = (\sum_1^n m_i c^2) - m_0 c^2 + \sum_1^n \frac{m_i v_i^2}{2}$;

односно за:

$$\begin{aligned} v_i &= 0 \\ E_v &= (\sum_1^n m_i c^2) - m_0 c^2 \quad \text{и} \quad \Delta m = (\sum_1^n m_i) - m_0 \end{aligned}$$

Големината E_v е *енергија на врска на телата*, односно количина на материјата која деловите ги држи раздвоени, па Δm е прираст на масата на разбиено тело.

Во обратен случај, при соединување (физија) на две или повеќе тела, доаѓа до ослободување на споменатата енергија на врска во вид на осетлива топлина или зрачење. На тој начин се објаснува настанувањето на топлината при хемиско соединување на елементите, на пример, при согорување на хемиско гориво (при соединување со кислород) или при фузија на лесни атомски јадра.

За разлика од стабилните тела, нестабилните тела се распаѓаат спонтано. Тоа е случај со радиоактивните атомски јадра, тогаш имаме:

$$E_0 = E_s$$

$$m_0 c^2 = \sum_1^n \frac{m_i c^2}{\sqrt{1 - (v_i / c)^2}} \approx \sum_1^n m_i c^2 + \sum_1^n \frac{m_i v_i^2}{2}$$

Се забележува дека фрагментите на распаѓање, располагаат со енергија:

$$E_k = \sum_i^n \frac{m_i v_i^2}{2} = m_0 c^2 - \sum_1^n m_i c^2$$

како и дека при спонтан распад доаѓа до дефект (загуба) на маса :

$$\Delta m = m_0 - \sum_1^n m_i$$

Многу стабилни тела (атомски јадра) можат вештачки да се доведат во нестабилна состојба ако им се овозможи да апсорбираат неутрон (активација). Тогаш после краток временски период доаѓа до спонтано распаѓање или, како што обично се вели, до емисија на елементарни честици. Посебно, атомските јадра на тешките елементи (како што е ураниумот и ториумот кои се наоѓаат на граница на својата стабилност па затоа се на крај на таблицата на периодниот систем на елементите - Менделеев), после активирање можат да станат нестабилни и да се распадат на две лесни јадра со висока кинетичка енергија и на неколку неутрони. Оваа појава се нарекува *нуклеарна фузија* и како извор на топлинска енергија се користи во современите нуклеарни центри.

1.2. ЕНЕРГЕТИКА

Енергетика е техничка дисциплина која се бави со производство на носителите на енергија од енергетските извори и сировини, потоа со трансформација, преносот и дистрибуција на енергијата како и за методите за корисна и рационална употреба на енергијата. Освен тоа, енергетиката се бави и со последиците од производството и употребата на носителите на енергијата врз човековата околина.

Видови (носители) на енергија се: електрична енергија, топлотна која е содржана во цврсти, течни или гасовити носители, потоа енергијата од фосилни и нуклеарни горива и најпосле, механичка и зрачна енергија.

1.3. ЕДИНИЦИ МЕРКИ

Во енергетиката, наместо општата дефиниција (точка 1), под поимот енергија се подразбира големината на извршена или потенцијално остварлива работа. На тој начин со *исти мерки* можат да се искажат резервите на енергетски сировини и капацитетите на изворите на енергија, да се следи квантитативното претворање на една врста (носители) на енергија во друга, евидентирање на произведената и потрашената енергија

и да се врши балансирање на општите текови на енергијата, како и да се утврди корелација помеѓу потрошена енергија и општествениот развој и да се планира оптимален развој на енергетиката во оквир на плановите на стопанскиот развој.

Во статистичката пракса како општа единица за енергија се користи енергијата на еден тџон еквивалентен јаглен (1 tEU), поретко еден тџон еквивалентна нафта (1 tEP=1,43 tEU), додека единицата килокалорија (1kcal) се користи во топлотна енергија, а киловаџас (1 kWh) за електрична енергија.

Количините (резерва) на енергетски суровини и горива, според искажувањето во енергетски еквиваленти (во kWh), по потреба се изразуваат и во природни единици, како во единца за маса (1t=1Mg), а кај гасните горива понекогаш и во нормални кубни метри (1m³).

Се разбира, се користат и многу основни единици со примена на стандардните ознаки: M, G, T, (мега, гига, тера), како на пример:

$$10^9 \text{ kWh} = 10^6 \text{ MWh} = 10^3 \text{ GWh} = 1 \text{ TWh.}$$

За полесно пресметување (префрлување) на традиционалните енергетски единици во единиците на меѓународниот систем, приложена е следнава табела:

	GJ	MWh	tEU	Gcal
1 GJ	1	0,27	0,0343	0,24
1 MWh	3,6	1	0,123	0,86
1 tEU	29,3	8,14	1	7,0
1 Gcal	4,18	1,16	0,143	1

Табелите 1 и 2 содржат податоци со помош на кои резервите енергетски суровини или горива изразени во природни единици може лесно да се пресметуваат во еквивалентни количини на енергија.

2. ОСОБИНИ НА ТОПЛОТНАТА ЕНЕРГИЈА

Топлотна енергија за корисна примена се добива непосредно од Сонцето или од природните извори на топла вода или пара, иако многу често со согорување на горива, или преку електрична енергија.

Пресметана топлотна моќ на номиналните горива

Табела 1

	MWh/t	kWh/m ³
1. Фосилни горива		
1.1. Цврсти горива		
Антрацит	8,0	
Камен јаглен		
- увозен	8,0	
- домашени	в. Табела 2.	
Кафеав јаглен	в. Табела 2.	
Лигнит	в. Табела 2.	
Кокс		
-од коксара	7,2	
- од плинара	6,4	
Брикет јаглен	6,4	
Сушен лигнит	4,0	
1.2. Течни горива		
Сирова нафта	12,0	
Течни горива (бензин, петролеј),	12,4	
Течен гас	12,0	
Масло за ложење	11,6	
1.3. Гасни горва		
Природни гас		9,6
Гас од плинара		4,48
Синтезен гас		4,48
2. Нуклеарна горива		
U ₃ O ₈	60000	
Руда на ураниум (средна содржина на ураниум р %)	700.р	

Топлината служи за греење на простории, за загревање на санитарна и техничка вода, за припрема на храна и прозведување на водена пара, топлење, сушење и слични постапки (т.н. технолошки термички процеси). Топлината има големо значење поради своите особини дека може да се трансформира во механичка енергија. Меѓутоа,

ова може да се оствари само под услов да само дел од употребената топлина преминува во механичка работа, додека остатокот мора да се предаде на околината. Но, тоа не важи во обратна насока: механичката работа може без остаток да се претвори во топлина.

Пресметана топлотна моќ на јаглен (MWh/t)

Табела 2

Godina	Domaći kam.ugalj		Domaći mrki ugalj			L i g n i t		
	SFRJ	SRS	SFRJ	SRS	SRS BP	SFRJ	SRS	SRS BP
1960	6,89	6,36	4,53	4,66	4,63	2,34	2,34	2,34
1961	6,83	5,94	4,49	4,62	4,58	2,98	2,44	2,43
1962	7,02	6,33	4,53	4,66	4,55	2,93	2,42	2,40
1963	7,08	6,42	4,54	4,67	4,63	2,86	2,38	2,35
1964	6,90	6,07	4,49	4,58	4,55	2,86	2,34	2,39
1965	6,87	5,94	4,45	4,58	4,55	2,86	2,38	2,37
1966	6,98	6,06	4,54	4,60	4,58	2,78	2,25	2,30
1967	7,16	6,55	4,57	4,62	4,58	2,78	2,26	2,34
1968	7,09	6,48	4,52	4,58	4,55	2,74	2,21	2,23
1969	7,15	6,55	4,57	4,62	4,62	2,70	2,13	2,14
1970	7,02	6,60	4,51	4,61	4,61	2,63	2,15	2,13
1971	7,07	6,48	6,46	4,60	4,60	2,62	2,17	2,12
1972	6,73	6,10	4,43	4,63	4,63	2,60	2,20	2,12
1973	6,80	6,54	4,37	4,71	4,71	2,53	2,08	1,98
1974	6,60	5,88	4,33	4,54	4,54	2,51	2,11	2,00
1975	6,37	5,66	4,30	4,65	4,65	2,47	2,05	2,01

Под топлина се подразбира дел од внатрешната енергија на телото. Таа е пропорционална на производот од бројот на честици од кои се состои телото и средната кинетичка енергија:

$$Q = U_{kin} = c \cdot N \cdot (mW^2/2) = k \cdot N \cdot T$$

Според тоа, “топлината” постои само во тело “носител на топлина”, па за топлината не може да се зборува независно од носителот. Големината $T = (c/k)(mW^2/2)$ изведена од горниот израз се нарекува температура на тело.

Ако носителот на топлина е гас затворен во сад со одредена зафатнина, тогаш меѓусебните судири помеѓу честичките од гасот (концентрација n) се манифестираат како притисок:

$$P = \frac{2}{3} n \cdot mW^2 / 2 \quad (2)$$

На основа на оваа равенка (2) и емпириските закони на Бојл-Мариот и Геј-Лисак (Boyle-Mariotte, Gay-Lussac) се добива следната равенка за состојбата на гасот:

$$Pv = (R_0 / m) \cdot T \quad (3)$$

За кој било пар произволно избрани вредности, за две од три големини на состојба: P, v, T (притисок, специфичен волумен, апсолутна температура) третата е еднозначно одредена со горната равенка. Меѓутоа, промена на состојбата на гасот настанува ако на гасот се делува на следниве начини:

- 1) Размена на одредена количина топлина помеѓу гасот и околината, или
- 2) Промена на зафатнината на гасот ако делуваат надворешни сили.

2.1. КОНВЕРЗИЈА НА ТОПЛОТНА ВО МЕХАНИЧКА ЕНЕРГИЈА

Трансформацијата на топлотната енергија во механичка се остварува во уред во која се врши циклусна промена на состојбата на гасот. Една пропишана циклусна промена на параметрите на состојбата P и v опишана е во дијаграмот (P,v) со затворена крива (слика 1). На секоја точка од кривата одговара одредена температура, спрема равенката (3). Почнувајќи од одредена точка, движењето по должината на кривата се врши во одреден правец. Со враќање во почетната точка, големините на состојбата ги добиваат првобитните вредности.

За да може да дојде до ваква промена на состојбата, долж секој мал сегмент δx во околина на точката x_i на затворената крива (или во секој мал временски интервал во текот на циклусот) се доведува или одведува количина топлина $\delta Q_i \geq 0$. Бидејќи топлината е производ од енергијата, таа мора да биде изразена како производ на интензивен (потенцијален) и екстензивен (квантитативен) вршител. Во термодинамиката елементарната количина на топлина се изразува со производот од температурата како интензивна величина на состојбата (потенцијална) и промена на ентропијата:

$$\delta Q = T \cdot ds \quad (4)$$

Ентропијата s е дефинирана како екстензивна големина на состојбата (квантитет) која, за разлика од основните големини на состојба (притисок, температура и волумен) не може непосредно да се мери. Со помош на ентропијата може да се прикаже циклусна размена на топлина помеѓу набљудуваниот гас (работно тело) и околината за пропишаните промени на состојбата, тако што за температурата T_i и пропишаната количина изменета топлина $\delta Q_i = P_i dv$ (сегментот δx одговара на промената dv) со помош на равенката (4) промената на ентропијата е $\delta s_i = \delta Q_i / T_i$. Овие

вредности за δs_i се внесуваат во дијаграмот (T,s) почнувајќи од некои усвоени вредности s_1 (со конвенција или произволно).

Од така добиената слика (слика 2) следи:

$$\oint ds = \oint \frac{\delta Q}{T} = 0$$

Од каде се гледа дека ентропијата е големина на состојбата. Од слика 2 следува дека доведена и одведена топлина може да се пресметаат со следните интеграли:

$$Q_{12} = \int_1^2 T_{12}(s) ds = \overline{T}_{12}(s_2 - s_1) \quad (\text{доведена топлина})$$

$$Q_{21} = \int_2^1 T_{21}(s) ds = -\overline{T}_{21}(s_2 - s_1) \quad (\text{одведена топлина})$$

Од сликата 1 следи дека работата на збивање на околината е дадена со изразот:

$$W_{12} = \int_1^2 P_{12}(v) dv = \overline{P}_{12}(v_2 - v_1) :$$

а работата на збивање на гасот :

$$-W_{21} = \int_2^1 P_{21}(v) dv = -\overline{P}_{21}(v_2 - v_1)$$

Од начинот на кој е конструирана сликата 2, формално е: $W_{12} = Q_{12}$ и $W_{21} = Q_{21}$, односно, збирот на механичката работа е:

$$W = W_{12} - W_{21} = Q_{12} - Q_{21}$$

Се гледа дека кружниот процес опишан со помош на дијаграмите на сликите 1 и 2 овозможува претварање на доведената топлина Q_{12} во збир на механичката работа W , под следните услови:

- 1) Еден дел од доведената топлина Q_{12} мора да се врати на околината (Q_{21}); и
- 2) Мора да се располага со извор и понор на топлина, при што понорот мора да има пониска температура од изворот.

Степенот на искористеност по дефиниција е:

$$\eta = \frac{W}{Q_{12}} = \frac{Q_{12} - Q_{21}}{Q_{12}} = \frac{(\overline{T}_{12} - \overline{T}_{21})(s_2 - s_1)}{\overline{T}_{12}(s_2 - s_1)} = 1 - \frac{\overline{T}_{21}}{\overline{T}_{12}};$$

што значи дека делот на искористената топлината ќе биде поголем ако односот на средната температура на работното тело при одведување и доведување на топлина е помал.

Ако циклусот е изведен така што топлината се доведува при $T_{\max} = \text{const}$, а одведува при $T_{\min} = \text{const}$, и експанзијата и компресијата на

работното тело се одвиваат по адијабата $s_1 = const$, и $s_2 = const$, тогаш очигледно во таквиот циклус η ќе ја достигне максималната вредност:

$$\eta_{max} = \eta_c = 1 - \frac{T_{min}}{T_{max}}.$$

Ова го претставува така наречениот Carnot-ov циклус.

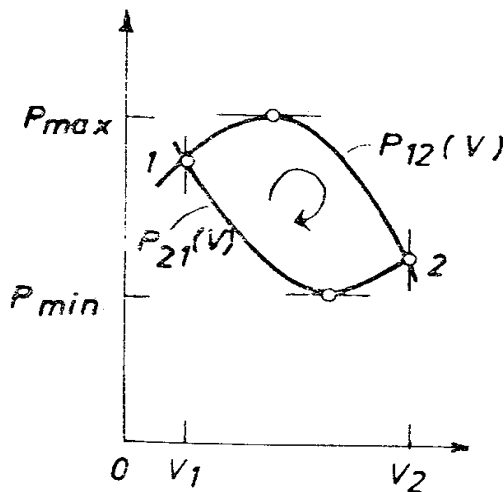
Индустриски се развиени машини за претварање на топлинска во механичка енергија (топлински мотори) во кои, поради условите на техничката реализација, се користат циклуси различни од Карнотовиот, каде:

$P_{12}(v)$ -закон за збивање на околината

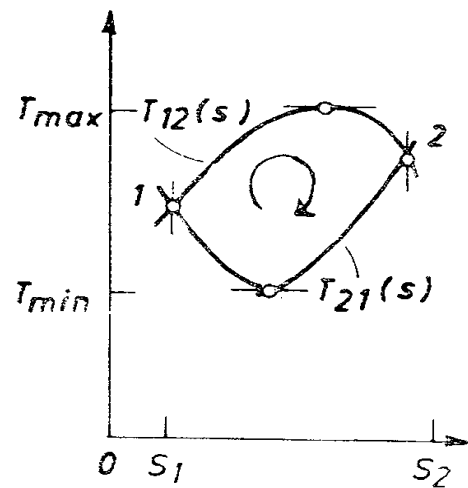
$P_{21}(v)$ -закон за збивање на работното тело

$T_{12}(s)$ -закон за доведување на топлина на работното тело

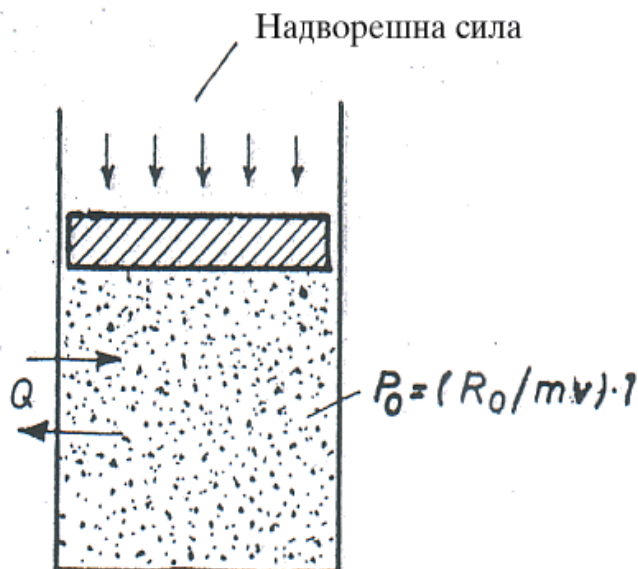
$T_{21}(s)$ -закон за одведување на топлина од работното тело



Слика 1



Слика 2



Слика 3

термодинамичкиот
степен на искористеност
 η_i е помал од η_c .
Топлината ослободена во
околината е:
 $Q_{kp} = Q_{12}(1 - \eta_i)$ од каде
конверзионата појрошувачка е:

$$q = \frac{Q_{kp}}{Q_{12}} = 1 - \eta_i; \quad (6)$$

Практично, во најдобрите турбо-машини и мотори општиот степен на искористеност (ги

вклучува механичките и топлинските загуби) изнесува околу 0,45, а во средните се движи под 0,3. Тоа значи дека околу 70% од доведената топлина се враќа во оклината поради што постои опасност од прекумерено топлотно оптеретување на природната вода и воздухот (“топлотно загадување” на околината).

2.2 РАСПРОСТРАНУВАЊЕ НА ТОПЛИНАТА

Телото како носител на топлина, независно на агрегатната состојба, во општ случај не е микроскопски рамномерно загреано т.е. содржината на топлината по единица зафатнина (волумен) е нерамномерно распоредена. Ваквата состојба е нерамнотежна и нестабилна. Процесот на урамнотежување е колективно удирање на честичките, при што доаѓа до изедначување на кинетичката енергија на честичките (термализација на системот). Очигледно е да во текот на термализацијата вишокот на енергија од една зона дифузно се пренесува во зона со помалку енергија, топлината се насочува од зона со поголема температура во зона со помала температура. Во цврсто тело овој процес може да се нарече *сироведување на шойлинаа*, а опишан е со следната формула на Fourier :

$$\frac{\partial T}{\partial \theta} = \frac{k}{\rho c} \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) = D \cdot \nabla^2 \cdot T$$

Од друга страна, секое цврсто тело кое е на температура различна од температурата на гасовите или течната околина, разменува топлина со таа околина се до изедначување на температурата. Делот на вака предадената топлина со *конвекција*, опишан е со формулата на Њутн (Newton):

$$q = \alpha(T_z - T_f)$$

каде: α , коефициент на преоѓање на топлина со конвекција;

T_z T_f , температура на површината на телото температура на флуидот.

Еден дел од телото прима топлина од околината (или ја предава на околината) со апсорпција односно со емисија на топлотно зрачење додека постои температурна разлика. Овој процес се нарекува *пренос на шойлина со зрачење*, а опишан е со примена на законот на Стефан и Болцман (Boltzmann), со следната равенка :

$$q = \frac{Q}{A_1} = F_{12} \cdot \sigma(T_1^4 - T_2^4)$$

каде: F_{12} , е фактор на обликот на површината A_1 и A_2 кои меѓусебно зрачат;

σ , константа на зрачењето.

2.3 СТЕПЕН НА ИСКОРИСТЕНОСТ НА ТОПЛИНСКИ МОТОР

Од опишаните процеси во точката 2.2 се гледа дека топлината преминува од потопла во поладна средина, односно потребна е разлика помеѓу температурите на двете средини за да може да дојде до

преминување на топлината. Процесите опишани во предходните подглавија (2.1 и 2.2) доведуваат до следните последици:

Во реален топлински мотор се врши конверзија на топлината во механичката работа со степен на искористеност на референтниот циклус $\eta_t = \varepsilon_t \cdot \eta_c$, каде $\varepsilon_t < 1$, а $(1 - \eta_t)$ е конверзиона потрошувачка.

Освен конверзионата потрошувачка доаѓа и до загуби и поради неповратни трансформации во текот на процесот. Така, максималната температура на работното тело мора да биде помала од температурата од изворот на топлина, а минималната поголема од температурата на понорот. Поради тоа се намалува референтниот степен на корисност и настанува $\eta_e = \varepsilon_n \cdot \eta_t$ ($\varepsilon_n < 1$). Освен тоа, секоја топлинска машина или објект чија средна работна температура е различна од температурата на околината трпи паразитна размена на топлина со неа сразмерно на разликата во температурите. Оваа топлина претставува неповратно губење на енергија. Најпосле, неповратно изгубена енергија претставува и онаа механичка енергија која се троши за совладување на триењето во системот на топлинскиот мотор.

Според тоа, вкупниот степен на корисноста на машините за конверзија на топлината во механичка работа е:

$$\eta_e = \eta_c \cdot \varepsilon_t \cdot \varepsilon_n \quad ,$$

а вкупниот неискористен дел на топлината е даден со збирот:

$$1 - \eta_e = q + g_n + g_h + g_m = q + g \quad ,$$

каде: $q = 1 - \eta_t$, конверзиона потрошувачка,

q_n , конверзиона загуба (губење на работната способност),

q_h , загуба од конвекција и зрачење,

q_m , механичка загуба (триење).

Така вкупните специфични загуби дадени се со:

$$g = 1 - \eta_e - (1 - \eta_t) = \eta_t - \eta_e = \eta_t(1 - \varepsilon_n) \quad ,$$

од каде следува:

$$\varepsilon_n = 1 - \frac{g}{\eta_t} \quad .$$

Од груба проценка може да се примени и:

$$\varepsilon_n \approx \varepsilon_n' = (1/\eta_c) \{1 - (T_0 + \Delta T_0)/(T - \Delta T)\} \quad ,$$

каде ΔT е температурната разлика помеѓу температурата на изворот на топлина и средната температура на работното тело при доведување на топлина, а ΔT_0 разлика помеѓу средната температура на работното тело при одведување на топлина и температурата на околината. Со ова специфичните загуби изнесуваат приближно:

$$g_n + g_h + g_m \approx \eta_t (1 - \varepsilon_n).$$

Се гледа дека неповратната конверзициона загуба q_n може да се намали само со зголемување на површината за пренос на топлина. Тоа ги зголемува инвестициите, така да овој начин на намалување на загубите претставува типичен случај кој бара економско-техничка оптимизација.

Загубите со конвекција и зрачење можат да се намалат со примена на топлотна изолација на машината, особено на цевните водови, додека механичките загуби се намалуваат со примена на совршена конструкција и подобар квалитет на обработката.

2.4 ЕНЕРГИЈА И СТЕПЕН НА РАБОТНИ СПОСОБНОСТИ

Во дадени услови во кои се одвива конверзија на топлината во корисна работа, треба да се утврди максималната можност на изворот на топлината (телото), безоглед на техничкото решение на самата машина за конверзија. Под тело обично се подразбира одредена маса на гас (на пример, продукт на согорување) волумен (V), енталпија (i), ентропија (S), температура T и притисок P . Телото е со разделна површина одвоено од околината, чија температура $T_0 = const.$ и притисок $P_0 = const.$ Околината во техничкиот систем обично представува природна средина.

Во почетната состојба 1 телото и околината не се во рамнотежа, така што $P_1 > P_0$ и $T_1 > T_0$. Промената на состојбата која тогаш започнува, доведува до состојба 2. т.е. до рамнотежа со околината: $P_2 = P_0$ и $T_2 = T_0$. Ентропијата на системот во состојба 1 и состојба 2 е:

$$S_1^* = S_1 + S_{01} \quad \text{и} \quad S_2^* = S_2 + S_{02},$$

така да, по друг закон, промената на ентропијата на системот:

$$\Delta S^* = \Delta S_0 + (S_2 - S_1) \geq 0$$

Топлината која телото ја предава на околината при промена на состојбата 1 до 2 е:

$$Q = -T_0 \cdot \Delta S_0 = -T_0 \cdot \Delta S^* - T_0 (S_1 - S_2),$$

промената на внатрешната енергија на телото е:

$$U_2 - U_1 = Q - W + W_0.$$

Следува изразот за надворешна корисна работа, т.е. работа која телото ја врши над околината:

$$W = U_1 - U_2 - T_0 (S_1 - S_2) - T_0 \cdot \Delta S^* + W_0$$

Во топлинска машина изворот на топлина (работно тело) обично се наоѓа во механичка рамнотежа со надворешниот објект на работа (на пример, преку клип со соодветен механизам). При промена на состојбата на телото (изворот), надворешниот објект на работа врши над телото работа:

$$W_0 = -\int_1^2 d(PV) = P_1V_1 - P_2V_2 \quad (P_2 = P_0)$$

Тогаш максимална корисна работа се добива за $\Delta S^* = 0$ т.е. за повратна промена на состојбата. Во овој случај максималната работа, сведена на единица маса на телото, се нарекува (специфична) работна способност и гласи:

$$W_{\max} = i_1 - i_2 - T_0(s_1 - s_2) = e_1 - e_2 ,$$

каде што $e = i - T_0s$ е егзергија, една корисна помошна големина (Z. Rant).

Степенот на работна способност на одредена топлинска машина во даден систем извор-околина може да се запише со односот:

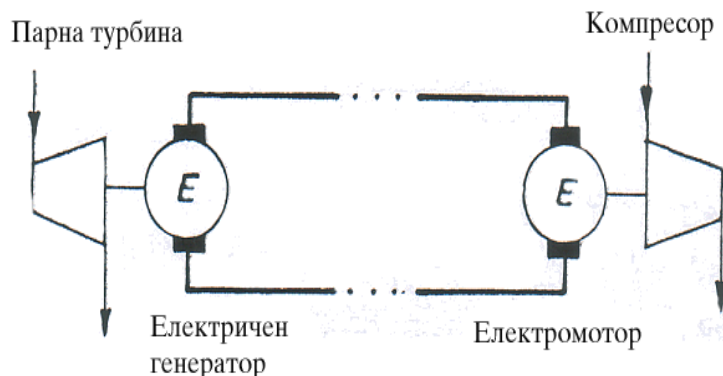
$$\eta_{RS} = W / W_{\max} ,$$

каде: $W = Q_{12} \cdot \eta_e$, вистинска корисна работа на машината (по циклус).

3. ОСОБИНИ НА ЕЛЕКТРИЧНАТА ЕНЕРГИЈА

За разлика од сите досега споменати видови енергија, електричната енергија не се наоѓа во природата во употреблива форма. Сепак таа зазема посебно место во енергетиката поради своите посебни својства.

Во посебните својства на прво место треба да се спомне тоа што претворањето на механичката во електрична енергија (и обратно) теоретски може да се оствари без загуби. На слика 4 е прикажана шема на



Слика 4

Благодарение на тоа својство, електричната енергија, употребена на опишаниот начин, представува посреднички вид на енергија, бидејќи овозможува не само лесно пренесување на електрична енергија на големи растојанија, туку и пренос сè до индивидуалните потрошувачи. Ова трансмисионо-посредничко својство електричната енергија го задржува и во сложената современа мрежа на системот за производство, пренос и дистрибуција на електрична енергија.

Благодарение на останатите свои посебни својства, електричната енергија исто така преставува скоро идеален вид на финална енергија за безброј примени. Така електричната енергија лесно се претвора во топлина, светлина, магнетна енергија, звук и ултразвук, електромагнетни бранови (радио и ултра-кратки бранови, гама квантуми), а освен тоа се употребува за електролиза на растворите (во хемиската индустрија и металургија), потоа се користи во електрониката чија примена е во системот на телекомуникации, компјутерска техника како и многу други примени.

Најпосле, електричната енергија може да се акумулира во ограничени количини во електро-хемиски акумулатори (за дополнително користење кога и каде е потребно).

Производството на електрична енергија го сочинуваат четири принципи на конверзија на различни видови на енергија во електрична. Тоа се:

- 1) електрична индукција
- 2) термо-напонски ефект
- 3) електро-хемиски ефект
- 4) фото-напонски ефект

Првиот принцип опфаќа конверзија на механичката во електрична енергија, вториот топлотна во електрична енергија, третиот енергијата на хемиски трансформации се претвора во електрична енергија и на крај четвртиот по ред принцип опфаќа постапка на конверзија на енергија на електромагнетното зрачење во електрична енергија.

Постапките заосновани на првиот принцип до денес представуваат практично единствен начин за добивање на електрична енергија во така наречена голема енергетика, за задоволување било на масовни потреби, било за големи поединечни потрошувачи. Овде станува збор за електрични ротациони машини така наречени генератори или алтернатори во кои механичката енергија потрошена на нивно вртење конвертира во електрична енергија.

4. ОСНОВНИ ИЗВОРИ НА ЕНЕРГИЈА

Сите неисцрпни и исцрпни извори на енергија на Земјата ги сочинуваат *енерџејскиите ресурси*. Значењето на една енергетска суровина се одредува по обемот (големината) и по брзината со која може да се стави во експлоатација. На пример, природните фосилни горива се со ограничен обем и со ограничена сила (ограничена брзина на експлоатација), додека пак Сончевата енергија е неисцрплива по обем, и во принцип, скоро со неограничена сила. Од друга страна, хидромеханичката енергија е неисцрпен извор, но силата е ограничена од количината на вода и конфигурацијата на Земјината површина.

4.1 ПРИМАРНА МЕХАНИЧКА СИЛА

Примарната механичка сила е последица на движењето на природните води и воздухот под дејство на сончевата топлина, Земјината ротација и гравитационата сила.

4.1.1 ХИДРОМЕХАНИЧКА ЕНЕРГИЈА

Оваа енергија ја содржат речните текови, брзите сливови и крајбрежната промена на нивото на морето како што се плимата и осеката и морските барнови. На теконите на големите реки, со релативното мали сезонски промени на протокот, се градат таканаречени проточни електрани, пример ХЕ Гердап 1. Малите реки и поголеми брзи сливови се регулираат така што се собираат во акумалациони езера, од каде што дел од водата се спроведува до пониско геодетско ниво во турбо-агрегати, таков пример е ХЕ Власина. Описаните начини преставуваат најраспространет вид на експлоатација на хидромеханичката енергија. Неспоредливо помало значење имаат енергијата на плимата и енергијата на морските бранови.

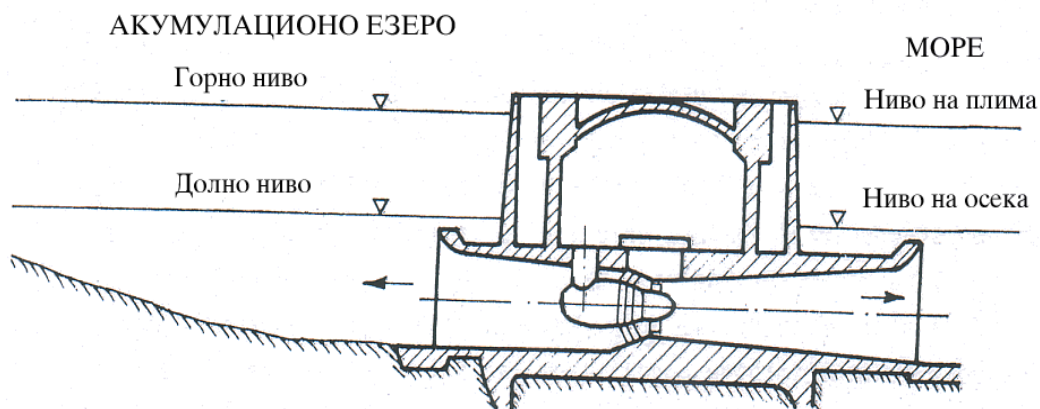
Вкупниот потенцијал на водените текови во светот се оценуваат на 4,5 TW. Само четвртина од овој потенцијал, 1,1 TW, може да се искористи за производство на електрична енергија. Во 1975 година, 15% од овој потенцијал бил искористен за производство на електрична енергија.

Три четвртини од искористливиот хидромеханички потенцијал се наоѓа во неразвиените земји или земјите во развој (Африка и Латинска Америка), каде што е искористен само 6%. Другата четвртина од хидропотенцијалот се наоѓа во развиените земји каде што 35% е искористен. Во тек е забрзано приспособување на преостанатиот потенцијал за експлоатација, особено во развиените земји.

Енергијата на плимата денес практично се користи само на неколку места во светот. Тоа се: електраната La Rance од 240 MW во каналот Ламанж во Франција и една експериментална електрана во Русија од 400 KW. Вистинска реткост се локациите на кои брановите од плимата предизвикуваат бранови со голема амплитуда, и доколку не е така тешко може да се најде економското оправдување за изградба на такви постројки. Принципот на работа е следниот. Во фаза на плима водата ја движи турбината полнејќи го акумалациониот базен (слика 5). Во фаза на

осека водата од базенот протекува низ истата турбина која е реверзибилна, која е така конструирана и во двата случаи да го врти генераторот. Моќноста на турбината е пропорционална на квадратот на амплитудата на брановите на плимата (т.е. квадрат од висината на базенот), површината на базенот и зачестеноста на плимата и осеката. Следи дека специфичните инвестиции на дадена локација (т.е. за дадена амплитуда и период на брановите на плимата) се помали, доколку базенот е поголем, па најчесто се применуваат само инсталации со многу голема снага, но ваквите локации се ретки. Во Франција постои уште едно место каде што може да се изгради ваква електрана, во заливот Mont St. Michel. Електраната на ова место би работела помеѓу два базена, секој со површина од 1100 km^2 , а 300 турбини од 40 MW би остварувале годишно производство од 30 милијарди KWh електрична енергија, што одговара на годишно искористување на капацитетот од околу 2500 часови. Покрај одредени добри особини, влијанието на околината и цената би била преголема, па засега нема изгледи проектот да се реализира. Од ова се гледа дека енергијата на плимата има локално значење.

Морските бранови од морската шир до бреговите ја носат енергијата што ја добиле од ветрот. Силата што доаѓа на брегот е мала, од редот 10 KW на метар должина на брегот (за амплитуда на бранот од 1 m и период од 10 секунди). Силата се менливо со текот на времето. Да би се зафатиле значаен дел од силата на брановите потребно е голема должина од брегот да се снабди со опрема, која би требало да се заштити од невреме. На пример, студијата која е работена за обала во Казабланка (1944-1948) покажува дека инвестиционите тошоци за една електрана со



Слика 5

снага од 250 MW се десетоструко поголеми од традиционалните хидроелектрани, а би зафатила околу сто километри од обалата. Идејата за електрана која ќе работи на морските бранови сеуште не е напуштена. Во Велика Британија неодамна е работена студија за користење на енергијата на брановите во Северното море. Примената на енергијата на бранот е сосема специфична и локална.

4.1.2 ЕНЕРГИЈА НА ВЕТЕРОТ

Едрата и ветерниците претставуваат најстар начин за искористување на енергијата на ветерот. Се смета дека ветерниците настанале во Персија, а дури во текот на 11 век се појавиле во Европа. Ветерниците до неодамна се користеле за пумпање на вода и локално производство на електрична енергија. Пред 25-30 години оваа технологија била практично напуштена, за во последно време интересирањето за искористувањето на енергијата на ветерот почне да расте. Во изминатите 60 години имало неуспешни обиди за изградба на циновски ветерници (Велика Британија, СССР, САД), но по избувнувањето на енергетската криза во 1974, големите земји, научните, војните и индустриските институции повторно превземаат иницијатива, но до денес сеуште никаде не се запазени значајни резултати, освен за специфична и локална примена.

4.2 ФОСИЛНИ ЕНЕРГЕТСКИ СУРОВИНИ

Во фосилни енергетски сировини се вбројуваат: јаглениот, суровата нафта и природниот гас. Фосилните горива имаат органско потекло и настанале како резултат на топлинското, механичкото и биолошкото влијание, во долг временски период на растителниот и животински свет, наталожени во различни геолошки формации.

Јагленот е најраспространето фосилно гориво. Потекнува од палеозоитскиот период кога циновските карбонски шуми биле потопени од големите мориња. Се наоѓа во слоевите на земјината кора.

Основни видови на јаглен, по геолошка класификација се: антрацитот, камениот јаглен, кафеавиот јаглен, лигнитот и тресетот. Процентуалната содржина на јаглерод се зголемува со староста на јагленот и се движи од 50% во дрвото, 58% во тресетот, 75% во лигнитот до 90% во антрацитот. Со зголемување на процентуалната содржина на јаглеродот се зголемува и топлинската моќ на јагленот. Времето на користење на јагленот изнесува повеќе од 1000 години, но периодот на негово интензивно користење во големи размери изнесува околу 200 години.

Суровата нафта претставува смеса на поголем број јаглеводороди со различна молекулска маса и начин на нивно врзување со присуство на сулфур, кислород и азот во примесите. Суровата нафта се добива од земјата преку дупнатини кои специјално за тоа се дупчат на местата каде има наоѓалишта на нафта, а кои се наоѓаат на длабочина во земјата од 5000 метри па и повеќе. Нафтата во сурова состојба како природно гориво не нашла широка примена, но со нејзина преработка можат да се добијат исклучително ценети производи т.н. нафтени деривати кои ги задоволуваат современите технички услови. Нафтените деривати во најголем број случаи се користат како горива но како и мазива за подмачкување и сировини во хемиската индустрија. Најголеми наоѓалишта на нафта се наоѓаат на: Блискиот исток, Русија, Северна Африка, Венецуела, Мексико и САД.

Природниот гас се јавува обично на местата каде што има наоѓалишта на нафта или самостојно. Настанал по истиот процес на трансформација од истите параметри како и нафтата. Природниот гас се наоѓа како слободен над нафтата, или како врзан, растворен во нафтата. Во составот на природниот гас се наоѓаат гасни јаглевородороди, од кој најмногу метан со примеси на водород и негоривни гасови. Најголеми природни наоѓалишта на природен гас се наоѓаат во Русија, САД, Блискиот Исток, Алжир, Венецуела и др.

4.3. НУКЛЕАРНИ СУРОВИНИ

- НЕ ТРЕБА -

4.4. РЕЗЕРВИ НА ФОСИЛНИ И НУКЛЕАРНИ СУРОВИНИ

Во точката 4.2 е спомнато прашањето за утврдувањето на резервите на некои суровини дека е во тесна врска со трошковите за експлоатација. Бидејќи при екстракција на суровината се троши и одредена енергија поради технолошкиот процес, може да се постави и *технолошка граница* на можности за експлоатација. Која се постигнува кога количината на потрошена енергија за екстракција на единица енергетска суровина ќе стане еднаква на количината нето енергија која од неа може да се добие. Оттука станува јасно: 1) дека вкупните вистиски резерви не се она со што човекот може да располага; и 2) дека технолошката граница ја одредува максималната искористлива резерва, но таа е променлива бидејќи зависи од напредокот на технологијата. Искористливите резерви се определуваат и со други услови, како што се: достапност заради објекти на теренот (градови, реки, езера, културно-историски споменици), потоа влијанието на екстракцијата на рудата врз околината (загадување на теренот, водата и воздухот, промена на микро климата, животните навики и услови и сл.)

Денеска на меѓународно ниво е усвоено типизација на различни категории на ресурси прикажана во табела 3.

Типизација на различни категории на ресурси

Табела 3

Категорија	Степен на позн-авање на иско-рист. колич.	Предвидени трошкови при експлоатација	Применета технологија при екстракција
Докажани резерви А+В	Добро познати (80-95%)	Економски оправдани	Познати и расположливи
Веројатни резерви С ₁	Делумно позната	Оценето е дека може да бидат економски оправдани	Познато и расположливо

Тешко достапни резерви C ₂	Недоволно познато (проценети)	Веројатно многу високи	Бара усовршување и нов развој
---------------------------------------	-------------------------------	------------------------	-------------------------------

Самиот поим “економски исплатлива експлоатација” претставува многу променлив услов. На пример, во табелите 4 и 5 се прикажани резервите на ураниум. Се гледа дека тие во најголем број случаи зависат од претпоставените трошоци за добивање (цена). Додека трошокот за производство на електрична енергија од нуклераните електрани ќе се пресметува на база на цената на ураниумот од отприлика 80 USD по килограм, интересот на производителот на ураниум не би постоел за неповолните наоѓалишта. Оттука е веројатно дека вкупните резерви се поголеми од оние што се знаат. (Табелите 4 и 5 не можат да се споредуваат меѓу себе, бидејќи едната се однесува на цената за U₃O₈ од 1973 год., а другата на цената на метален ураниум од 1978 год.)

И кај јагленот и нафтата цената зависи од резервите. Максималните искористливи резерви на јагленот се многу поголеми од резервите на нафтата и гасот. Меѓутоа, бројките многу се различни во зависност од тоа дали станува збор за докажани, веројатни или само оценети резерви.

Резерви на ураниум (U₃O₈) во САД

Табела 4

Концентрација на руда поголема од (ppm)	Цена до USD/kg	Вкупно резерви 10000 t
1600	22	1127
1000	35	1630
200	70	2400
60	110	8400
25	220	17400
3	повеќе стотини	10 ⁶ - 10 ⁷

Резерви на ураниум (U) во светот

Табела 5

Цена USD/kg	Разумно докажани резерви	Веројатни резерви	Вкупно резерви
До 80	1650	1510	3160
80-130	540	590	1130
До 130	2190	2100	4290

Веројатните резерви се помеѓу 1300 и 2000 TWгодина. Што се однесува на максималните искористливи резерви, мислењето на експертите се разликува, воглавно во проценката што е искористливо.

Светски докажани резерви на нафта изнесуваат помеѓу 90 и 100 милјарди тони, односно 130-140 TWгодина. При оваа проценка земени се во предвид само 15% од максимално искористливите резерви (околу 700 TWгодина). Максимално искористливите резерви се проценети на околу 300 милијарди тони нафта, или околу 420 TWгодини.

Меѓутоа, нафтата ја има во длабоките мориња, во поларните области и во битуменските минерали.

Докажаните резерви на природен гас изнесуваат околу 80 TW година, но и оваа проценка е непрецизна бидејќи експлоатацијата на гасот е многу несигурна заради големата длабочина на која најчесто гасот се наоѓа. Максималните резерви изнесуваат околу 800 TW година, од кои најголем дел се на голема длабочина. За експлоатација на овие резерви потребен е нов технолошки развој, а трошоците за добивање ќе бидат веројатно многу високи, така да реално е да се смета со мали резерви природен гас.

4.5 ГЕОТЕРМАЛНА ЕНЕРГИЈА

Топлината содржана во внатрешноста на земјата се нарекува геотермална енергија. Зголемувањето на температурата на земјата се зголемува со зголемување на длабочината. Температурен градиент е различен за различни предели и се движи од 10 до над 80 (°C/km). Според досегашните сознанија внатрешната топлина на земјата потекнува од радиоактивното распаѓање на тешките елементи во земјината кора, а еден дел доаѓа од нејзината внатрешност т.е. од центарот, каде се смета дека температурта достигнува до 6000 (°C). Освен со радиоактивно распаѓање топлината во земјината кора се создава и на други начини и тоа со: егзоенергетски хемиски реакции, кристализација и вцврстување на растопените карпи, триење на површинските маси при тектонски поместувања и др.

Изворите на геотермална енергија може да се групираат во две групи и тоа:

- геотермална енергија на подземни флуиди,
- геотермална енергија на сувите карпи.

Користењето на енергијата на подземните флуиди се до почетокот на 20 век било ограничено исклучиво на топла вода за капење и тераписко лекување, а од 1904 година и за производство на електрична енергија кога на изворите со водена пара на местото Лардерело во Италија е изградена првата експериментална геотермална централа.

Изворите што ја користат енергијата на сувите карпи се најголем потенцијален извор на геотермална енергија меѓутоа за да може да се користи топлината на сувите карпи мора во нив да се внесе вода како средство за ладење. Водата ја одзема топлината на сувите карпи, се загрева и како топла вода или водена пара се враќа на површината на земјата. Заради зголемувањето на допирната површина помеѓу водата и сувите карпи потребно е да се изврши раздробување на карпите. Раздробувањето може да се изврши со: хидростатички притисок, конвекционални или нуклеарни експлозии.

Според температурниот градиент сувите карпи можат да се поделат на:

- хипертермални подрачја,
- термални подрачја,
- нормални подрачја.

Било која проценка да се направи на резервите на геотермална енергија, нема да биде точна. Вкупните светски резерви на геотермална енергија на длабочина од 19 километри се проценува на $4 \cdot 10^{22}$ [J], ако само

1% од оваа енергија се трансформира во електрична при коефициент на трансформација од 25. Вкупното производство би изнесувало 10^{20} [J] што дава можност да се изградат геотермални центри со моќност од 60 [GW].

Денес во светот работат повеќе центри за производство на електрична енергија од геотермална енергија и тоа во: Италија, САД, Нов Зеланд, Мексико, Јапонија, Русија и др.

4.6 СОНЧЕВА ЕНЕРГИЈА

Енергијата на сонцето е најобилна, неисцрпна, бесплатна и обновлива извор на енергија, која не ја загадува околината средина, но има два основни недостатоци и тоа: мала густина на енергетскиот флукс и е непостојана. Заради тоа нејзиното користење е поврзано со решавање на проблемот на концентрација на протоците на сончевото зрачење и акумулацијата на сончевата енергија.

Сонцето е основен извор на енергија. Поради својата огромна површина, која е загреана на висока температура, сонцето зрачи енергија. Протоците на сончевото зрачење даден со вкупниот спектар на електромагнетни бранови изнесува $3,8 \cdot 10^{26}$.

Основата на неговото зрачење се базира на ултравиолетовиот, видливиот и инфрацрвениот дел од спектарот. Вкупната енергија која доѓа кон земјата изнесува $1,73 \cdot 10^{17}$ (W) или само приближно $4,5 \cdot 10^{10}$ дел од енергијата што ја зрачи сонцето. Од вкупната енергија што ја зрачи сонцето што доаѓа кон земјата околу 30% се рефлектира од облаците и честичките во атмосферата и повторно се враќа во вселената, 46,8% се претвора во топлина, 23% се троши за испарување на водата и за создавање врнежи, само 0,2% се троши за создавање на ветровите, морските бранови и морските струи, а само 0,02% од вкупната енергија со процесот на фотосинтеза се троши за создавање на органски материји.

Само многу мал дел од органските материји произведени со процесот на фотосинтеза, во услови на недостаток на кислород покриени со големи количества песок и варовник, во текот на илјадници години настанале фосилните горива. Процесот на фотосинтеза на земјата започнал уште пред 3 милијарди години и од него настанал кислород што постои во земјината атмосфера.

4.7 СЕКУНДАРНИ ЕНЕРГЕТСКИ СУРОВИНИ

Во оваа група спаѓаат рециклираните сировини т.е. непотполно искористените или отпадни супстанции кои повторно можат да бидат искористени. Пример: искористено масло од машините, отпадните гасови од рафинериите, искористено нуклеарно гориво од нуклеарните реактор-конвертори, осиромашен ураниум и сл. Посебна категорија ја сочинуваат секундарните биомаси: стопанствени и шумски отпадоци, градски смет и вегетативни отпадоци. Овие супстанции можат да се користат непосредно како гориво (после обична припрема), било да е технолошка преработка за цел добивање на метан, менанол и етанол.

5. ГОРИВО И ЗБОГАТУВАЊЕ НА ГОРИВАТА

Фосилните енергетски суровини опишани во точка 4.2 се викаат уште и примарни горива. Примарните горива подлежат на *примарно пречистување* после што можат непосредно да се користат. Под примарно пречистување на јагленот се подразбира грубо отстранување на нечистотии, камен и глина (по механички пат). Слично и суровата нафта најпрвин се сместува во сепаратори каде се врши издвојување на дисперзивниот природен гас, наталожената вода и цврстите примеси (песок). На сличен начин примарното пречистување се врши и на другите енергетски суровини. Меѓутоа, за подобрување на особините, природните горива подлежат на *преработка* или *збогатување*. Често, збогатените горива се нарекуваат и уште *секундарни горива*.

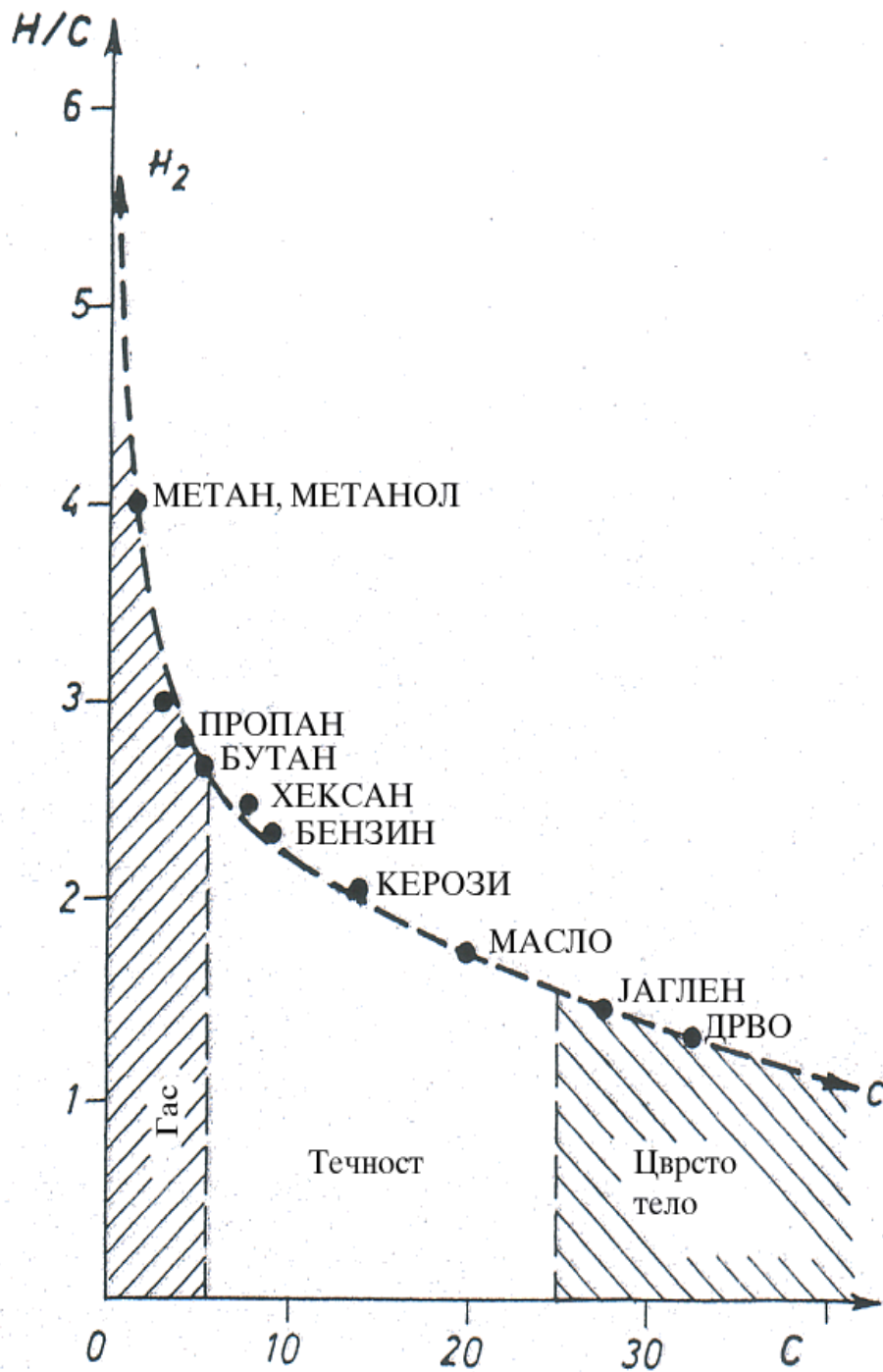
5.1 ОСНОВНИ ОСОБИНИ НА ГОРИВАТА

Горивата се делат спрема употребливоста. Најважни особини во поглед на примената се: топлинската моќ, содржина на влага, содржина на паразитни и штетни примеси и особини при согорувањето (запалливост, однесување на шљаката и др.). Воочена е карактеристична зависност помеѓу односот на бројот на атоми на водород и јаглерод (H/C) и бројот на атоми на јаглерод (C) во (макро) молекулата на горивото (слика 6). На слика 7 е прикажана карактеристична поврзаност помеѓу H/C и топлотната моќ на горивото. Од двете слики се заклучува дека човекот барајќи гориво со поголема топлотна моќ, всушност бара гориво со поголем однос H/C, односно историски, од употребата на цврстите горива, постепено се преминува на сè поголема примена на течните и гасовити горива. Така сликата 6 го опишува досегашниот развој на примената на горивата, како и современите технологии во процесот на оплеменување. Тоа укажува на крајната цел, односно, користење на *водородот*. По своите особини водородот ќе биде гориво на иднината, не само поради својата топлотна моќ, туку пред се тој преставува клуч за остварување на водородниот енергетски циклус во природата (слика 8): без нарушување на рамнотежата на циклусот на фотосинтеза, без загадување на околината и без опасност од исцрпување на резервите на енергија (регенерација).

5.2 ПРЕРАБОТКА НА ЈАГЛЕН

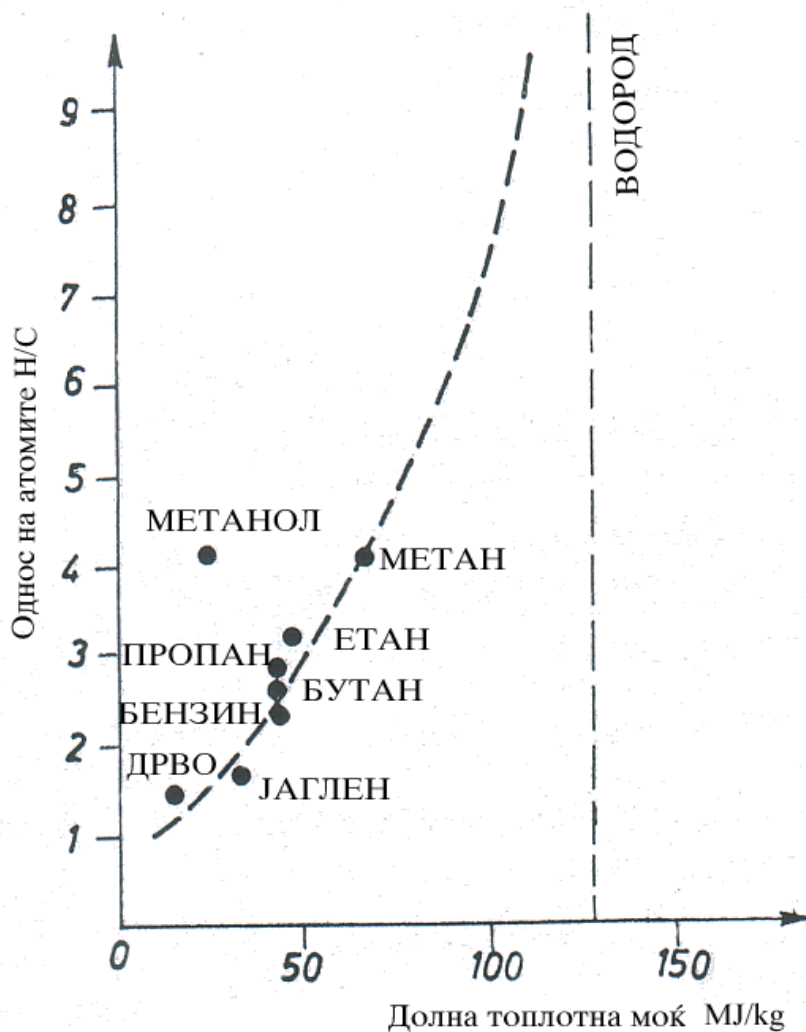
5.2.1 БРИКЕТИРАЊЕ НА ЈАГЛЕН

Брикетирањето на јагленот (од француски: *brique*) е процес на вкрупнување на ситниот или прашкаст јаглен под дејство на сила односно на притисок, со или без додавање на сврзувачки материјал. Најпогодни за брикетирање се лигнитот и кафеавиот јаглен, иако може да се брикетира и камениот јаглен.



Слика 6

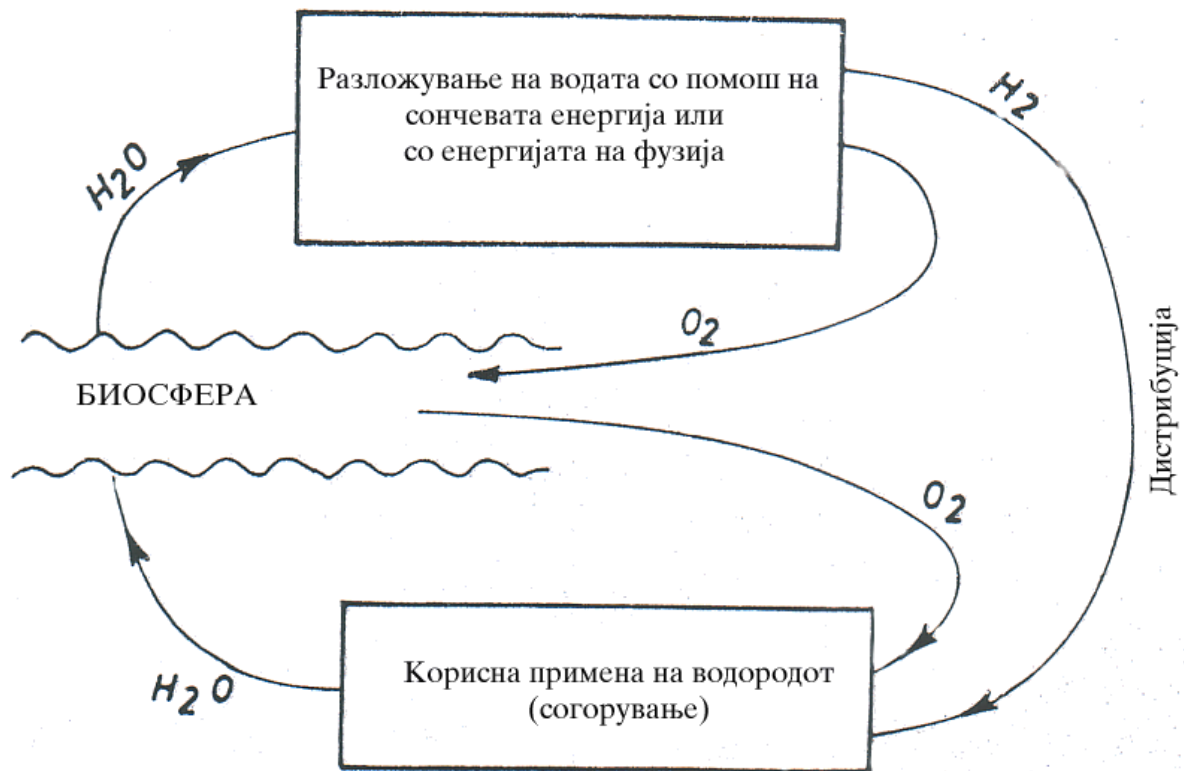
Целта е брикетирањето е да се претвори неквалитетниот јаглен во гориво со поголема калорична вредност. Често пати со процесот на брикетирање може да се овозможи економски оправдана употреба на ситниот или лошиот јаглен.



Слика 7

5.2.2 ДЛАБОКО СУШЕЊЕ НА ЛИГНИТОТ

Длабокото сушење на лигнитот е процес со кој се отстранува најголем дел од влагата. Заради високата содржината на влага од 40-60%, лигнитот има помала топлинска моќ. Со процесот на длабоко сушење се менува и структурата на лигнитот, при што се добива поквалитетно гориво. Најпознат процес на сушење на лигнитот е Флајнснеровиот метод (Fleissner), кој се состои од изложување на јагленот на топла вода и водена пара во автоклави со зафатнина од 20-40 m³ на притисок од 200-300 бари. Последната фаза е вакумирањето на автоклавата, при што се острануваат сите флуиди и останува сувиот јаглен.



Слика 8. Водороден енергетски циклус

5.2.3 КОКСИРАЊЕ

Со сува дестилација јагленот се распаѓа на низа од цврсти, течни и гасовити супстанции од кој коксот е најдрагоцен. Постапката на сува дестилација се дели во три групи:

- примарна (нискотемпературна: 450-550 °C); се нарекува *швеловање* при што се добива производ полукокс,
- среднотемпературна (600-800 °C), и
- високотемпературна (900-1000 односно 1300-1350 °C); се нарекува *коксирање* и се добива кокс.

При загревање на јагленот без присуство на воздух доаѓа прво до сушење на јагленот, потоа до одвојување на кислородот (CO₂ и CO) и сулфурот (H₂S И SO₂). Во темературен интервал од 350-450 °C почнуваат да се издвојуваат јаглеводородните дестилациони гасови. Со покачување на температурата, во дестилационите гасови преовладува водородот, за да после 800-1000 °C од јагленот се издвојат сите гасовити горивни материи. Цврстиот остаток, во зависност од видот на јагленот, е кокс или полукокс. Течните продукти на сувата дестилација се *шериџ* и *шернаџа вода*.

Полукоксоџ се одликува со добри својства на согорување и отсуство на сулфур во продуктите на согорувањето, но и со значителна содржина на пепел како и со мала механичка отпорност, па затоа се користи во индустријата како и во широката потрошувачка. За разлика од него *коксиџ* е механички отпорен како гориво и има мала содржина на пепел, па се користи во производство на леано железо како гориво и како

редукционо средство. При таа прилика високите печки ги напушта таканаречен *коксен гас* (воглавно CO). Овој гас се користи за загревање на влезниот воздух во високата печка.

Во куполните печки коксот служи исклучиво за топење на леано железо, заради што се користи кокс со “ниска реактивност” (помалку порозен), бидејќи во спротивно би дошло до производство на штетен јаглен моноксид (загадување на околината).

5.3 ПРЕРАБОТКА НА НАФТА

Основната преработка на сировата нафта е физичко разделување на природната смеса на различни јаглеводороди на низа компоненти (фракција) од кои секоја се одликува со друга температура на испарување. Со постепено загревање на нафтата и кондензацијата на парата на одредени нивоа на температурата, доаѓа до физичко издвојување на одделни компоненти-фракции (фракциона или атмосферска дестилација). Денеска наместо атмосферска дестилација најчесто се користи *фракциона кондензација*, при која најголем дел од нафтата најпрво се претвора во пара, па потоа се издвојува со постепена кондензација.

Од нафтата се добиваат:

- гасовити горива
- бензини
- петролеум
- дизел-моторни горива и
- мазут (масло за ложење).

Со понатамошна обработка односно со *вакумска дестилација на мазутој*, се добиваат:

- тешки дизел-моторни горива
- мазива (масла) и
- остатоци како битумен и тешки масла за горење.

Сите производи добиени на овој начин, спаѓаат во групата на *примарна обработка*. Ако непосредно се испраќаат до потрошувачите, мора претходно да се прочистат.

Поголем дел од овие производи понатаму се преработуваат со цел подобрување на квалитетот или за добивање на одреден (проектиран) квалитет. Што претставува *секундарна обработка*.

За разлика од фракционата кондензација која е физички процес, постапките на секундарната обработка се хемиски процеси кои се делат на следниве групи:

1. Крековање (разделување на јаглеводородите)
2. Полимеризација и алкилација (спојување на нижи молекули со виши молекули)
3. Конверзија (претворање на јаглеводородот од една во друга форма)
4. Хидрогенизација (зголемување на количината на односот H/C).

5.4 СИНТЕТИЧКИ ГОРИВА

Синтетичките горива се добиваат со специјални постапки на преработка на пониски видови на горива или горива добиени со синтеза во права смисла на зборот. Најголемата група ја сочинуваат течните и гасовити горива кои се добиваат од јагленот, бидејќи резервите на јаглен во светот се најголеми, а потребите за квалитетно гориво кое во природата е помалку застапено е многу поголема од потребата на јаглен во цврста состојба. Главното објаснување за релативно спорото продирање на оваа технологија во пракса е високата цена на синтетичките горива. Покрај јагленот како суровина за синтетички горива се користи и дрвото, тресетот, тешките фракции на нафтата, земјоделските и градските отпадоци.

5.4.1 ГЕНЕРАТОРСКИ ГАСОВИ

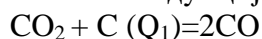
Генераторските гасови се добиваат во гасогенераторите со процесот на гасификација на јагленот. Освен јаглен, може да се користат и битуменски шкрилци во специјални гасогенератори. Гасификацијата во основа претставува непотполно согорување при што се добива гас кој покрај продукт на непотплно согорување содржи и продукт на термичко разложување (пиролоза) на цврсто гориво. Процесот на претворање на цврстото гориво во гасовито се одвива во четири фази односно пет основни варијанти:

1. Варијанта

1. Зона. Оксидација (согорување) на коксот со помош на воздух со ослободување на топлина (Q):



2. Зона. Редукција на јаглен диоксид со трошење на топлина (Q₁):



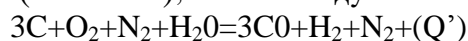
3. Зона. Создавањето на коксот односно полукоксот, како последица на термичко разложување на јагленот, со создавање на горивни гасови и трошење на топлина (Q₂).

4. Зона. Сушење на јагленот со трошење на топлина (Q₃). Вкупен топлотен биланс на процесот е:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4, \text{ каде } Q_4 \text{ е загуба на топлина.}$$

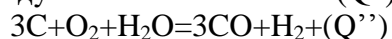
2. Варијанта

- со вдување на мешавина на воздух и водена пара наместо чист воздух (во 1 зона), со ослободувањето на топлина (Q'):



3. Варијанта

- со вдување на мешавина на кислород и водена пара со ослободувањето на топлина (Q''):



4. Варијанта

- како претходната варијанта, само под притисок од 35-100 бари.

5. Варијанта

- метанизација: $3\text{CO} + \text{H}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{CH}_4 + 2\text{CO}_2$

Опишаните варијанти ги даваат петте основни типови синтетички гасови од јагленот (во заграда: топлотна моќ во MJ/m^3):

1. Воздушен гас (3,7-4,7)
2. Воден (синтезиран) гас (до 7,5)
3. Нискокалоричен гас (до 11,2)
4. Висококалоричен гас (до 18,6)
5. Синтетички природен гас (околу 37,3)

Оваа класификација треба да се земе само условно, бидејќи ова е обид во воопштена форма да се прикажат многуте варијанти кои се сретнуваат во пракса или се во процес на интензивен развој. Поблиска класификација би барала да се земе во предвид видот на јагленот и типот на постројката, што не спаѓа во овој курс.

Се гледа дека еден дел од коксот согорува во зона 1, само со цел да се добие топлина Q која е потребна на самиот процес на гасификација во потесна смисла (зоните 2, 3 и 4). Оваа топлина може во процесот да се доведе и од некој друг извор, доколку е тоа технички возможно и економски оправдано. Денес во светот интензивно се работи на развој на постапката во која оваа топлина би се доведувала од високо-температурните нуклеарни реактори. Економското оправдување се гледа во тоа што нуклеарната топлина е поефтина од топлината добиена од согорување, а со ова би се заштедиле големи количества на јаглен.

5.4.2 ДЕСТИЛАЦИСКИ ГАСОВИ

Дестилациските гасови (в. точка 5.2.3) се добиваат со сува дестилација на дрва, тресет, кафеав и камен јаглен. Сувата дестилација може да биде примарна или високотемпературна, во зависност од применетиот процес односно редување. Дестилациските гасови главно наоѓаат примена во кругот на индустрискиот погон во кој што се произведуваат. Се разликуваат 4 основни врсти на дестилациски гасови од јаглен: (во заграда: топлотна моќ во MJ/m^3):

1. Дестилациските гасови на кафеавиот јаглен
 - 1.1. Примарна дестилација (5,8-8,8)
 - 1.2. Високотемпературна дестилација (10,5-15,5)
2. Дестилациските гасови на камен јаглен
 - 2.1. Примарна дестилација (12,5-30,5)
 - 2.1. Високотемпературна дестилација (16,7-23,8)

5.4.3 РАФИНЕРИСКИ ГАСОВИ

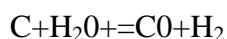
Рафинериските гасови настануваат во процесот на преработка на нафтата (в. точка 5.3) и исто така се користат во рафинериите (на пр., за загревање на цевните печки). Од суровиот рафинериски гас пред употреба се издвојуваат фракции со 3 и 4 атоми на јаглерод по молекул.

Течни гасови (кои многу лесно кондензираат) се јалеводород со 3 и 4 атоми на јаглен по молекул: пропан (C_3H_8), пропилен (C_3H_6), бутан (C_4H_{10}), бутилен (C_4H_8), и изобутан. Бидејќи многу лесно кондензираат на температурата на околината (на притисок околу 2-8 бари), се нарекуваат течни гасови. Се добиваат со издвојување од природниот гас или од рафинерските гасови. Се продаваат под името "бутан гас".

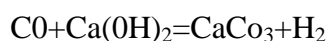
Имаат широка примена во домаќинствата и индустријата па и за погонско гориво кај автомобилите, се карактеризираат со низа добри особини. Производството е ограничено, бидејќи најчесто се јавува како нузпродукт.

5.4.4 ВОДОРОД

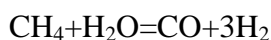
Денес широко се распространети само два процеса во индустриското производство на водород. По едниот, со водена пара се дејствува на вжарен кокс, при што се одвива следнава операција:



Јаглеродниот моноксид со помош на $Ca(OH)_2$ се претвора во талог (креда) при што се добива уште еден атом на водород:



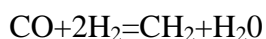
По другиот процес, се врши реформирање на метанот добиен од природниот гас, по равенката:



Добиениот водород со непосредно разложување на водата (со електролиза или каталитичко разложување) денес е или многу скапо (електролиза) или сеуште технолошки неразвиено. Примената на електролизата е ограничена само на специјални услови, кога се располага со евтина електрична енергија или кога водородот служи за акумулирање на енергија.

5.4.5 ТЕЧНИ СИНТЕТИЧКИ ГОРИВА

Се добиваат од јаглен со синтеза на водород и јаглерод моноксид добиен со гасификација:



Потоа, со полимеризација на радикалот CH_2 се добива масло по состав слично на нафтата. Ова масло потоа се преработува исто како нафтата и се добиваат бензини или дизел горива со различен квалитет. На овој начин се добиваат многу чисти горива. Вака добиените бензини се со полош квалитет, а дизел-горивото со подобар квалитет во однос на горивата добиени од природна нафта. Технологијата за добивање на синтетички течни горива е позната уште одамна, но поради високите производни трошоци се користи само по потреба. Во последно време, со наглото

пораснување на цената на нафтата, повторно се пројавува интерес за оваа технологија, а посебно технологијата за добивање на алкохол. Така под притисок од 300 бари и на 200 °C во присуство на цинк и хром, или под притисок од 50 бари и на 250 °C во присуство на високо селективен катализатор на база на бакар, или на уште неколку начини се одвива синтеза помеѓу водород и јаглерод монооксидот:



т.е. како два молекула на водород да преминуваат во течна фаза сврзани преку молекулот CO. На тој начин настанува метил алкохолот, течно гориво кое во техниката се нарекува *метанол*. Метанолот може да се произведе на многу начини и од различни суровини. Метанолот има голема перспектива кога станува збор за штедење на бензин, бидејќи не е многу поскап од него, но со додавање на 15% метанол во бензинот се добива многу квалитетно и економично гориво за автомобилите. На метанолот му се претскажува широка примена.

5.5 БИОЕНЕРГЕТСКИ ПРОЦЕСИ

Физиолошките процеси на животот (на растенијата и животните) се дишењето, ферментацијата и фотосинтезата. Додека фотосинтезата се одвива под дејство на сонцето во присуство на кислород и претставува процес на создавање органска материја, ферментацијата започнува без присуство на кислород, кога ќе престане дишењето и претставува облик за преживување во нови услови. Тогаш организмот троши еден дел од сопствената материја за одржување на животните функции. Најпознати процеси на ферментација се:

1. Трансформација на шеќерот во *алкохол* (етанол):

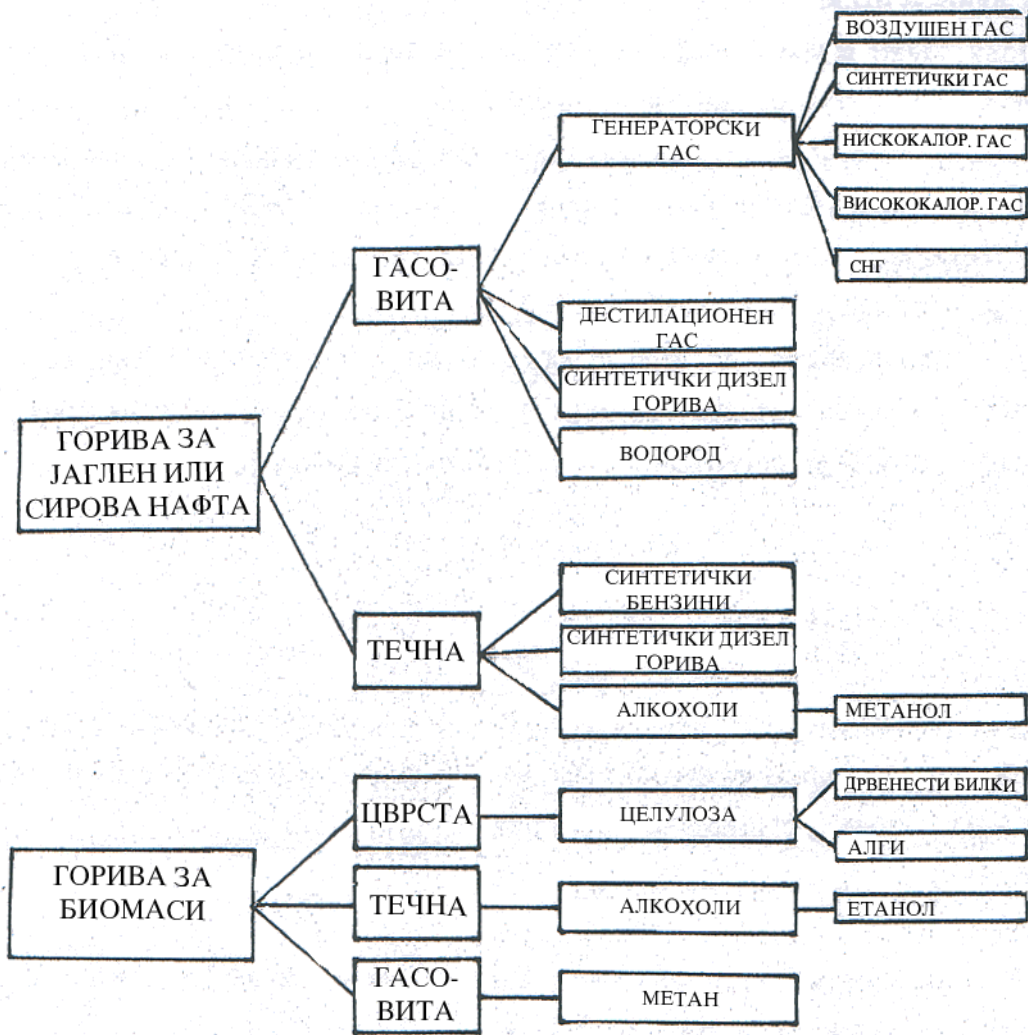


2. Бактериолошка трансформација на гликозата, целулозата и азотните соединенија во пониски супстанции и *метан*.

Процесите на фотосинтеза се користат за производство на разни растенија чиј прираст е висок. Овие растенија или делови од овие растенија непосредно можат (после сушењето) да се користат како гориво (целулоза). Процесите на ферментација се користат за производство на алкохол од различни растенија во кој спаѓаат и шеќерната трска, репа, пченка и др. Посебна примена на ферментационите процеси претставува трансформацијата на вегетативните отпадоци од што се добиваат ѓубрива и метан.

На слика 9 прикажана е шема на систематика на синтетичките горива.

СИНТЕТИЧКИ ГОРИВА



Слика 9

6. СИСТЕМИ И УРЕДИ ЗА КОНВЕРЗИЈА И ТРАНСФОРМАЦИЈА НА ЕНЕРГИЈАТА

Во оваа глава ќе биде даден преглед на системите и уредите за конверзија и трансформација на енергијата. Секој ќе биде објаснет со неколку блиски објаснувања со тоа колку се значајни во практиката поедините уреди и во степен во кој се пошироко познати во техниката, со тоа што добро познатите системи помалку ќе се опишуваат.

6.1. ХИДРАУЛИЧНИ ТУРБИНИ

Служат за претворање на потенцијалната односно кинетичката енергија на водата во механичка работа. Се користи во хидроелектраните. Постојат четири основни типови со бројни варијанти. Основни типови се следниве:

- Пелтонова турбина со лопатично коло на хоризонтално вратило со една или повеќе млазници. Се применуваат за релативно големи геодетски падови и мал проток на вода.

- Францисова турбина со радијален влез (преку регулациони спроводни апарати) и аксијален излез низ лопатното коло на вертикалното вратило. Се применува за средни геодетски падови и големи протоци на вода.

- Капланова аксијална турбина со променлив чекор (со подвижни лопатки). Служат за мали геодетски падови и големи протоци на вода.

- Реверзибилни турбини се турбини со специјални конструкции со променлив чекор. За разлика од предходните типови каде што водата поминува низ работното коло само во една насока, кај реверзибилните насоката е произволна. Се употребуваат во хидроенергетските постројки кои ја користат енергијата на плимата.

6.2. ВЕТЕРНИЦИ

Служат за претворање на енергијата на ветерот во механичка работа. Се користат и за добивање на електрична енергија. Иако преставуваат најстар тип на машина за искористување на природната сила, до денес уште не ја достигнале конструктивна зрелост. Законите на физиката наметнуваат многу органичувања. Може теоретски да се покаже дека е моќноста на идеалната ветерница $2 \cdot (2/3)^3 = 0,59$ од моќноста на ветерот кој струи низ површината на крилата на ветерницата:

$$P_i = 0,59 \frac{nD^2W}{4} \frac{\rho W^2}{2}$$

Добро конструирани ветерници користат максимално 3/4 од идеалната сила, т.е.:

$$P = 0,75Ni = 0,05\rho^n D^2W^3$$

каде W е брзина на ветерот, ρ густина на воздухот, D широчина на крилата. Максималната сила според тоа ќе ја имаат ветерниците чија широчината на крилата одговараат на максималната можна обемна брзина со обзир на употребуваниот материјал, при што треба да се води сметка и на силните ветрови. Денес оваа граница достигнува и до 60 m, имајќи во предвид дека заради фреквенцијата на струјата во електрична мрежа (50 Hz) брзината на ротацијата на крилата треба да биде што поголема за да би се избегнале големи и скапи запчени редуктори. Практично, елисата затоа има 2 или највеќе 3 крила. Познато е дека ветерот е јак и рамномерен, доколку висината над земјата е голема. Меѓутоа, со висината на столбовите на ветерниците растат инвестиционите трошоци. Со оптимизација се доаѓа до висина помеѓу 30 и 45 m за региони со поволен ветер. Поради потребите на работа во оптимален режим, одржувањето на фреквенцијата и др., брзината на вртењето на ветерницата треба да е константна, тоа значи дека елисата треба да биде со променлив чекор. На ова треба да се додадат и проблемите во врска со непостојан ветер. Наведените услови преставуваат тешки проблеми пред конструкторите на ветерниците, па поради тоа и ширината на крилата мора да се редуцираат под 60 m. Ветерниците, најдобро се користат како дополнителен агрегат, покрај постојан извор на енергија. Доколку ова треба да биде основен снабдувач, мора да се обезбеди акумулација на енергијата, што ја зголемува инвестицијата. Оптималната сила на ветерниците денеска е околу 1 MW со елиса со ширина околу 35 m. Ваква ветерница, на поволна локација, годишно може да произведува енергија околу 1000 MWh, тоа е околу 12% искористување на капацитетот. Затоа примена на ветерници има само локално значење за индивидуално домаќинство, со мала перспектива за широка примена во големата енергетика.

6.3. ПРЕТВОРУВАЧИ НА ХЕМИСКАТА ЕНЕРГИЈА ВО ТОПЛОТНА

Тука спаѓаат разни типови ложишта, печки и комори за согорување на хемиски (фосилни и синтетички) горива со најширока примена. Гледано од енергетиката значајно е дека овие уреди делумно го искористуваат горивото. Еден дел од енергијата на горивото е изгубен со продуктите на согорување кои одат во атмосфера. Другиот дел се губи со несогореното гориво во пепел, а трет во вид топлински загуби со конвенција и зрачење преку топлиите површини на самиот уред. Вкупно, неискористен дел на енергијата на горивото изнесува 5-30% во индустријата и 50-70% во домашните печки, во зависност од типот на печката и горивото.

Продуктите на согорување, во зависност од применетото гориво можат да содржат и штетни гасови. Со закон е пропишана границата на загадување на воздухот со продуктите од согорување на фосилните горива.

6.4. ПРЕТВОРУВАЧИ НА НУКЛЕАРНАТА ЕНЕРГИЈА ВО ТОПЛИНА

Нуклеарните реактори се уреди за претворање на нуклеарната енергија во топлина. Во нуклеарниот реактор се обезбедени услови на постепена реакција на фисија на атомското јадро од нуклеарно гориво и за излез на ослободената топлина. Топлината се носи во уред во кој се претвара во механичка работа. Поради тоа во реакторот со мал или голем степен се врши конверзија на нуклеарното гориво во чисто. Секој нуклеарен реактор е безбеден во нормална работа, а обезбеден е и против сите несреќи при кои може да дојде до прекумерно озрачување на работниците или до расипување на радиоактивниот материјал во околината, кои би можело да го загрози здравјето или животот на луѓето.

Нуклеарниот реактор и неговата работа се поврзани со производство, искористување и складирање на искористеното нуклеарното гориво, со еден систем на технолошка операција која се нарекува *горивен циклус*.

Нуклеарните реактори се делат во три основни групи: конвертори, напредни конвертори и оплодни реактори, во зависност од тоа колку во поедини тип на реактор атомот од оплоденото гориво се конвертира во чисто гориво по еден потрошен атом од чистото гориво.

Ако овој однос е помал од единица, станува збор за конвертори. Денес се такви сите нуклеарни реактори во комерцијални нуклеарни електрани во погон.

Ако овој однос е блиску до единица, станува збор за *напредни конвертори*. Овие реактори не се наоѓаат во комерцијална употреба, а заедничко им е тоа што користат ториум како оплоден материјал.

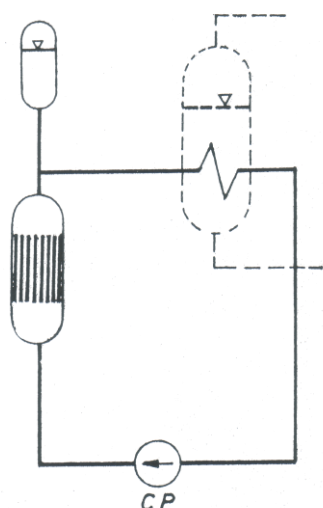
Ако горниот однос е поголем од единица, т.е. ако реакторот врз основа на потрошениот оплоден материјал произведува повеќе од чистото гориво, отколку што троши за сопствениот погон, тогаш станува збор за *оплоден* реактор. Овие реактори се наоѓаат во завршна фаза на развој, а се очекува да влезат во нормална експлоатација околу 1990 година.

6.4.1. НУКЛЕАРЕН РЕАКТОР – КОНВЕРТОР

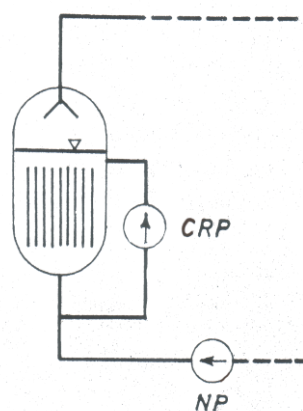
Кај сите реактори од оваа група носачот на топлината е под висок притисок, а според конструктивните карактеристики се делат на реактор во сад под висок притисок и канални реактори (со цевки под притисок).

Постојат повеќе типови на реактор под притисок. Најстар концепт е со јаглен диоксид ладен и со графит модериран реактор на природен метален ураниум. Реакторите од овој тип веќе не се градат. Наместо нив, се обидуваало со една графитно-гасна варијанта обогатена со UO_2 , со значајна излезна температура на јаглерод диоксид, ама оваа концепција за сега не се потврдила во пракса. Денес највеќе се градат со вода ладени и модерирани реактори (т.н. водоводни реактори) во две варијанти: врели и врички. Кај првата варијанта (PWR) одведувањето на генерирана топлина се врши со конвективен пренос на вода која под притисок циркулира низ јадрото на реакторот. Во другата варијанта генерираната топлина се

троши на испарување на водата во садот, тогаш низ јадрото на реакторот циркулира мешовина на вода и пара. Двете варијанти користат до 3% обогатен ураниум во вид на синтерован UO_2 спакуван во долги тенкозидни цевки $\phi 10-15$ mm од легури на циркониум и берилиум (*zircaloy*). Тие се стапови на горива или *горивни елементи* кои се густо зврзани во снопови. Помеѓу стаповите е оставен простор доволен за проток на вода (односно проток на мешавина на вода и пара). Касетите се потопени во вода која го пополнува садот под притисок. Во случајот на реактор (PWR) врелата вода од примарното коло од реакторскиот сад оди во парагенераторот каде ја предава својата топлина, а оладена се враќа во реакторскиот сад. Циркулацијата на носачот на топлина се врши со помош на циркулациона пумпа. Во другиот случај (BWR) реакторскиот сад не е потполно исполнет со вода, а на воденото огледало се одвојува пара која понатаму, обично непосредно, се користи како работно тело. Обработената пара се кондензира, а кондензатот се враќа во реакторскиот сад (слика 15 и 16). Притисокот во садот PWR изнесува околу 160 бар при температура од $315^\circ C$, додека притисокот во садот на BWR е околу 65-70 бари на температура од $285^\circ C$.



Слика 15. Водоводен врел реактор (PWR)



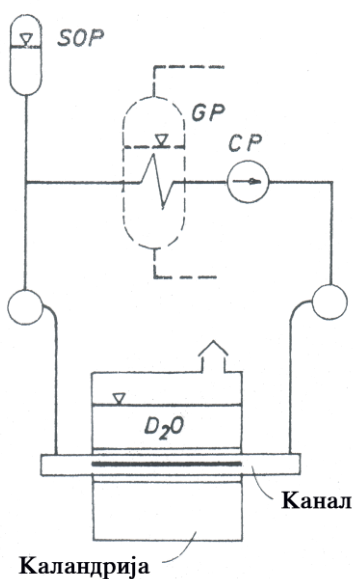
Слика 16. Водоводен врички реактор (BWR)

Посебната варијанта на вричкиот реактор е графитно воден канален реактор (GVK). Модератор е графит во вид на масивен цилиндричен дел снабден со правилно распоредени дупчиња паралелни со основата на цилиндерот. Во овие дупки се сместени канали (цевки од нерѓосувачки челик), а во нив снопови на стапови на гориво на база UO_2 обогатен до 5%. Каналите под и над реакторот се споени на по еден колектор од кои горниот е споен со сепараторот на пара, а долниот со напојна пумпа (слика 17). Колото е исполнето со вода под притисок од околу 65 бари до ниво на сепараторот. При работа, водата во каналите делумно испарува, пареата се одвојува во сепараторот и оттаму оди на користење, а кондензатот од пареата се враќа во долниот колектор.

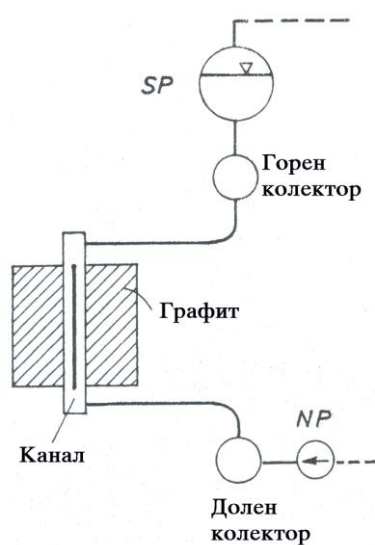
Посебна варијанта на врел реактор е тешко воден канален реактор (CANDU). Модераторот е тешка вода во сад под атмосферски притисок, *каландрија*. Низ каландријата поминуваат суви цевки во кои се сместени канали (цевки под притисок) поврзани на колектори, слично на предходната варијанта. За разлика, колекторите се поврзани во коло со парогенераторот. Колото е исполнето со тешка вода како носител на топлина на притисок од околу 90 бари и на температура околу 290 °C (слика 18). Горивото е ураниум со природен изотопен состав во форма на синтеричен UO_2 спакуван во цевки од циркалоја, кои се поврзани во снопови од по 35-40 стапови.

6.4.2. НУКЛЕАРНИ РЕАКТОРИ – УНАПРЕДЕНИ КОНВЕРТОРИ

Најзначаен претставник од оваа врста е високо температурен графитно-хемиски реактор (HTR). Оваа врста на реактори е во развој и нема проверена конструкција. Главно својство е висока температура на носителот на топлината (хелиум под притисок од 40-50 бари кој на излез може да достигне од 750-800 °C или повеќе). Телото е од графит, а горивото е обогатено со ураниум (93%) во вид на зрнца UC или UO_2 (ф 0,8 mm) во маса од графит, така да во јадрото нема метал, што овозможува високи температури. Ако истото се изведе од мешавина на зрнца UO_2 и ThO_2 , се добива својство на унапреден конвертор. Тогош во реакторот со конверзија на ториум настануваат скоро исто толку U^{233} колку што се троши U^{235} . На тој начин настанува можно (посредно) согорување на ториумот. HTR реакторите се извор на високопотенцијална топлина чија примена не е веќе ограничена само на производство на електрична енергија (како што е случај кај конверторот), туку може да се користи и за технолошки процеси (гасификација на јаглерод, сидерургија, петрохемија и др.). Широка примена на овие реактори за сега не се предвидува пред крајот на овој милениум, но може да се очекува и изненадување во врска со се поголеми тешкотии во снабдување со нафта.



Слика 17. Графитно-воден



Слика 18. Тешководен канален

вријачки реактор(GVK)

реактор(CANDU)

Според НТР, вреди да се спомне и MSR (Molten Salt Reaktor), една концепција која е погодна за примена на ториумот, кој припаѓа во групата на унапредени конвертори. Меѓутоа, овој реактор уште не е во технолошки развој, а тоа се очекува во иднината. Теоретски, постои можност за примена на ториумовиот циклус и во тешководни реактори (CANDU), но техно-економските оправдувања за оваа примена за сега сеуште нема.

6.4.3. ОПЛОДНИ НУКЛЕАРНИ РЕАКТОРИ (БРЗИ БРИДЕРИ)

Овие реактори немаат модератор, а како носител на топлина се користи (течен) натриум што денес претставува најдобро компромисно решение. Се истражуваат поволни начини за ладење, на пример со хелиум. Се испитува и можноста за примена на сосема необичен, ама потенцијално привлечен начин на ладење, ладење со дисоцијален азот квадросид (N_2O_4).

Значењето на брзите бридери е во тоа што во нив при работа конвертира U^{238} во Pu^{239} во поголема количина од потрошувачката на U^{235} . Со тоа се овозможува скоро потполно искористување на резервата на ураниумот т. е. 50-100 пати повеќе него што може да се оствари со помош на нуклеарниот реактор-конвертор на сегашната генерација. Покрај тоа својство, значајно е тоа што е носител на топлина на високи температури на атмосферски притисок (течен метал). Технологијата на брзите бридери крие и некои неповолни својства, така да пред развојот поставуваат бројни проблеми чие што решавање е во тек. Први со производство на брзите бридери почнале СССР, Франција и Британија.

6.5. ПРЕТВОРУВАЧИ НА СОНЧЕВАТА ЕНЕРГИЈА

Во поглавјата 4.6 и 5.4.6 стануваше збор за биолошките процеси преку кои сончевата енергија посредно се користи во енергетиката. Овде ќе бидат објаснети принципите на кои се заоснова развојот на различни системи за непосредно искористување на сончевата енергија.

6.5.1. СТАТИЧКИ ПРИЕМНИЦИ НА ТОПЛИНАТА (НИСКОТЕМПЕРАТУРНИ)

Овие приемници претставуваат усовершени варијанти на повеќе од илјада години старата пракса непосредно искористување на сончевата енергија: за дестилација на течностите (мириси и вода), расолување на водата, сушење на билните храни и горива, греење на вода и простории и др. Денес се проширува примената на оваа топлина и во областа на ладење и климатизација (со принцип на апсорпција).

Уредите за оваа примена се релативно едноставни и работат со висок степен на искористување (50%), тие претставуваат најразвиен систем за непосредно искористување на енергијата на сонцето. Затоа и во поглед на трошоците на употреба имаат можност да конкурираат на традици-

оналните видови на енергија. Денес поголем број од оваа врста на уреди се произведуваат рачно, а во последно време индустријата покажува повеќе интерес за масовно производство, со што ќе придонесе за поголем квалитет и помали цени. Овие уреди се засноваат на непосредна апсорпција на зрачење на црна и рапава површина. Понекогаш оваа површина е покриена со стакло, со кое се спречува рефлексција на еден дел на зрачењето и со тоа се зголемува количината на апсорбираната енергија. Сепак на овој начин не можат да се достигнат температурите на носителот на топлина (вода) повеќе од неколку десетина степени што е доволно за многу употреби во домаќинството, индустријата и земјоделството. Привлечна е примената за припремање на топла вода и греење на хотели и стамбени згради на море или надвор од урбаната средина. Развиен е и систем за акумулација на топлина која може да се користи во текот на ноќта или за време на облачни денови. Најпознати се системите на бетонски ѕид или најчесто воден резервоар. Преносот на топлината се врши со воздухот за вентилација или со циркулација на водата за централно греење. Понекогаш се користи и топлотна пумпа за подобра регулација на температурата. Воопшто, кај овие примени на сончевите приемници потребно е да се располага со помошни електрични или други греења. Сите овие системи се подложни на развојот. Се поставуваат тешки проблеми од архитектонска гледна точка и од гледна точка на заштита на околината.

6.5.2. ХЕЛИОСТАТСКИ ПРИЕМНИЦИ НА ТОПЛИНА (ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНИ)

Се изведуваат со принципот на оптичка концентрација на сончевото зрачење со сверно стакло или со криво огледало. На овој начин можат да се остварат големи температури. Современата варијанта на оваа постапка користи хелиостатички механизам кој континуирано го движи огледалото, така да во тек на целиот ден ја менува својата положба спрема сонцето. Важно е да се има во предвид дека со ова се остварува топлина пропорционално на големината на огледалото. Ова овозможува примена на термодинамички циклус на конверзија на топлината во механичка (електрична) енергија со висок степен на искористување, или непосредна примена на високи температури во технолошките процеси (металургија). Потребата од поголем број на огледала за да се добие потребната моќ, хелиостатскиот механизам, постројките за акумулација на енергијата и постројките на водните турбини, го прават овој вид на примена многу сложен, скап и многу штетен за околината. Единствена пресметка покажува да при средна инсулација од $0,2 \text{ kW/m}^2$ и степен на искористување од 20%, по секој мегават на потрошена енергија треба да се обезбедат 1/11 квадратни километри земја, додека инсталираната моќ на електраните мора да биде 4,3 MW, на водните турбини 2 MW и на пумпите 300 kW. Покрај тоа мора да се пресмета и инвестицијата за околу 2000 хелиостатски огледала со површина од по 36 m^2 и пумпната акумулација од 24 MWh. Реализацијата на ваквата инсталација предизвикува голем број на проблеми од механичка, регулациона и термодинамичка природа. Цената на ваква добиена електрична енергија е десет пати поголема од традиционалната.

6.5.3. ФОТОНАПОНСКИ ПРЕТВОРУВАЧИ

Во принцип постои можност за користење на таканаречениот фотонапонски ефект остварен во фотоќелии во кои непосредно се претвара сончевото зрачење во електрицитет. Производството на електрична енергија со помош на фотоќелии засега се применува само за специјални цели (космичка навигација или други изолирани ефекти, како што се светилниците на осамени острови во океанот). Уште не е пронајден начин како радикално да се смали цената на фотоќелите со што тие ќе станат достапни за широка примена. На пример, основните материјали со кои се остварува прифатлив степен на искористеност (како што е силициумот) се многу скапи, а потрошената енергија за сопственото производство, фотоќелијата може да ја произведе во текот на нејзина непрекидна експлоатација од повеќе децении. Поради сето ова, за широка примена на фотонапонскиот ефект не е доволен само технолошки развој туку фундаментален проток кон нови решенија. Принципиелната предност на фотоќелијата е во тоа што е извонредно едноставна и не изискува простор (само површина), така што идеално се прилагодува на дисперзивниот облик на сончевата енергија кој достигнува на земјата, а може да се постави и на секое место каде што е потребна енергија, под услов да се обезбеди акумулација на енергијата или да се користи дополнително снабдување од традиционалните извори за време кога нема инсолација.

6.5.4. ДРУГИ МЕТОДИ

Засега тоа се повеќе идеи отколку технички проекти, како што е на пример предлогот за изградување на сателитска станица со фотонапонски ќелии со вкупна површина од 32 km². Добиената електрична енергија би била конвертирана во сноп од микробраново зрачење насочен кон приемна антена на земјата. На овој начин би се добивала корисна моќност од 10000 MW. Предност на ова решение е што моќта ќе зрачи непрекинато во текот на 24 h, така да не би имало потреба од акумулирање на енергија.

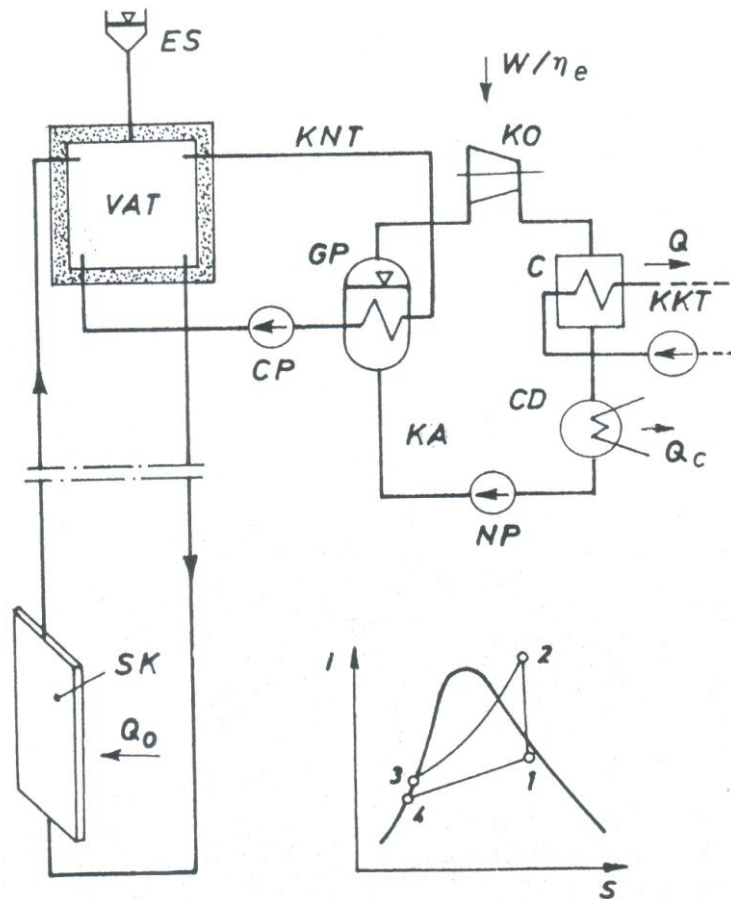
6.6. ТОПЛОТНИ ПУМПИ

Топлотните пумпи служат за трансформација на топлината со ниска температура во топлина со висока температура при што се троши механичка енергија. Примената на овие уреди е особено оправдана во случај кога како извор на топлина за греење или припрема на топла вода, се користи непостојан извор на нискотемпературна топлина (сончеви колектори), а како додолнителен систем служи електричната енергија.

На слика 19 е прикажана топлотна шема и циклус во i-s дијаграм за систем за искористување на акумулираната топлина на сонцето со примена на топлинска пумпа.

Степенот на искористување на системот е:

$$\eta = \frac{Q}{Q_0 + W/\eta_e} = \frac{Q_0 + W - Q_c}{Q_0 + W/\eta_e} = \frac{i_2 - i_3}{(i_1 - i_4) + (i_2 - i_1)/\eta_e};$$



Слика 19

SK	Сончев колектор
KSK	Коло на сончевиот колектор
VAT	Воден акумулатор на топлина
ES	Експанзионен сад
KNT	Коло на носителите на топлина
CP	Циркулациона пумпа
KA	Коло на амонијакот
GP	Генератор на пара на амонијакот
KO	Компресор
C	Кондензатор
CD	Дополнителен кондензатор
NP	Напојна пумпа
KKT	Коло на носителите на топлина

каде: η_e , степен на искористување при конверзија на топлината во механичка работа (од термоелектраната до електромоторот за погон). Горниот израз може да се напише и на следниов начин:

$$\frac{\eta}{\eta_e} = \frac{1 + Q_0/W - Q_c/W}{1 + (Q_0/W)\eta_e};$$

Ако е на пример $Q_0/W=3$, $Q_c/W=0,2$ и $\eta_e=0,25$, се добива $\eta/\eta_e=2,2$, значи со помош на топлотните пумпи се остварува поголемо искористување на топлината отколку во случај на електрично греење. Сепак топлотната пумпа може да се применува под услов ако е и економски оправдана. Просечна цена на искористената енергија во системот е:

$$C = \frac{Q_0 C_0 + W C_e}{Q_0 + W} = \frac{(Q_0/W)C_0 + C_e}{1 + Q_0/W};$$

каде C_0 е цена на топлината од колекторот-акумулатор; C_e е цена на електричната енергија. Степенот на заштеда е:

$$\frac{C_e - C}{C_e} = \frac{(Q_0/W)(1 - C_0/C_e)}{1 + Q_0/W};$$

Цената на енергијата од колекторот-акумулаторот е:

$$C_0 = \frac{k \cdot K}{\theta_0 \eta_L Q} + C_p;$$

каде: K е моменталната вредност на инвестицијата во коплетната постројка за акумулација на топлината, η_L е фактор на оптеретување; Q^{\wedge} максимална моќ на колекторот на топлина; C_p трошкови за одржување. Се гледа дека за мали вредности на C_0/C_e заштедата ќе биде толку поголема доколку е поголема количината на нискотемпературната топлина искористена по единица моќ на компресорот. Со зголемување на C_0/C_e заштедата рамномерно опаѓа. Однос Q_0/W зависи од вистинската примена и се добива врз основа на топлинската шема и проектот на инсталација. Во пракса се запазува да основниот проблем за примена на топлинските пумпи е високата инвестиција во постројката која има низок фактор на оптеретување, при што е тешко да се оствари низок однос C_0/C_e .

6.7. ПРЕТВОРУВАЧИ НА ТОПЛИНАТА ВО МЕХАНИЧКА РАБОТА

Тука спаѓаат парните машини и турбини, гасни турбини, млазни мотори и мотори со внатрешно согорување.

6.8. ТРАДИЦИОНАЛНИ ПОСТРОЈКИ ЗА ПРОИЗВОДСТВО НА ЕНЕРГИЈА

Тука спаѓаат хидроелектрани, термоелектрани, нуклеарни електрани, топлани и котларници.

6.9. ОСТАНАТИ ПРЕТВОРУВАЧИ НА ЕНЕРГИЈАТА

Според радиоизотопски генератори кои нашле своја примена, тукасе наведени уште неколку енергетски конвертори кои припаѓаат на идната технологија. За нив може да се зборува општо и не може да се даваат никакви проценки за рокот кога ќе станат технички применливи.

6.9.1. РАДИОИЗОТОПСКИ ГЕНЕРАТОРИ

Овој енергетски извор нема перспектива во електротехниката. Примената му е ограничена на специфични области и потреби: за вселенски бродови и недостапни или осамени сигнали или посматрачки станици. Постојат два основни вида на радиоизотопски генератори: термоелектрични и термојонски.

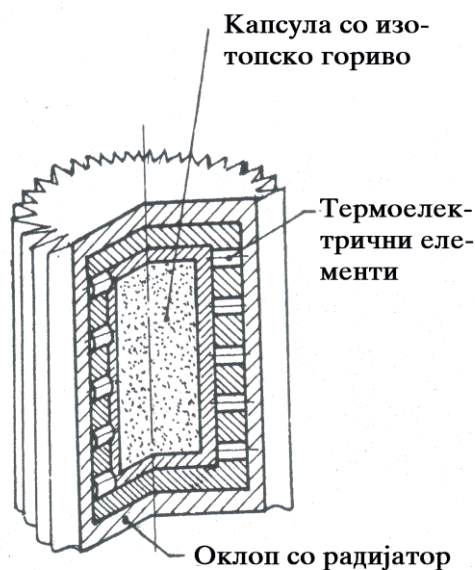
Термоелектрични генератори во почетокот се градени од термопарови од жици кои се поврзани паралелно за да се оствари оптимален ефект. Денес се произведуваат од полупроводнички кристали со кои се постигнува степен на искористување од 10%, кој за разлика од жичаните каде степенот на искористување беше под 1%. Изворот на топлина е супстанција која содржи радиоактивни честитки (изотопско гориво). Испитани се околу 1300 радиоизотопи за да се дојде до најпогодното изотопско гориво, кое според радијационата сигурност и техничка примена мора да исполни бројни услови: долг среден живот, слабо гама зрачење, моќ поголема од 0,1 W/g, ниска цена, лесна екранизација и потребни физичко-хемиски својства. Најдено е дека сите 9 горива исполнуваат повеќе услови, од кои до денес се користи платиниум Pu^{238} (во форма PuO_2), но најпогоден е стронициум Sr^{90} во форма $SrTiO_3$ (стронициум тинат), со обзир дека не е растворлив во вода, механички отпорен и има висока точка на топење. На слика 20 е прикажана шематска слика термоелектрични изотопски генератор. Плутониум 238 има време на полураспаѓање од 86 години, а PuO_2 специфична моќ од 0,4 W/g. стронициум 90 има време на полураспаѓање од 27,7 години, додека специфичната моќ на стронициум титанат е 0,223 W/g.

Термојонски конвертор се состои од две тенки плочи: емитер и колектор, на растојание од околу 0,2 mm. Топлинскиот извор на страната на емитерот предизвикува зрачење на електрони кои ги апсорбира колекторот. Така настанува јонизација на атмосферата меѓу плочите и се воспоставува јонска струја. За да термојонскиот конвертор работи, потребна е висока температура на емитерот. Бројните секундарни појави (кондуктивен и радијационен пренос на топлината, контаминација на колекторот и др.) не дозволуваат конверзиониот степен на искористување поголем од 1/3 од максималната вредност. Но сепак степенот на

искористување може да биде поголем од термоелектричните конвертори. Овој тип на конвертор е во почетена фаза на развојот, но се запазуваат низа деликатните детали кои мораат да бидат технолошки решени пред користење на овој конвертор.

6.9.2. ГОРИВНИ КЕЛИИ

Во овие електрохемиски уреди се остварува реакција $2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$ при непосредно претварање на хемиската енергија во електрична енергија. Горивните ќелии се скапи и со краток век, а степенот на искористување е околу 40%. Се очекува степенот на искористување во иднина да се зголеми и до 65%, при примена на чист водород. Се верува дека горивните ќелии ќе се користат во енергетиката, и тоа во комбинација со идеата да се користи водородот како медиум за акумулација на вишокот на енергија.

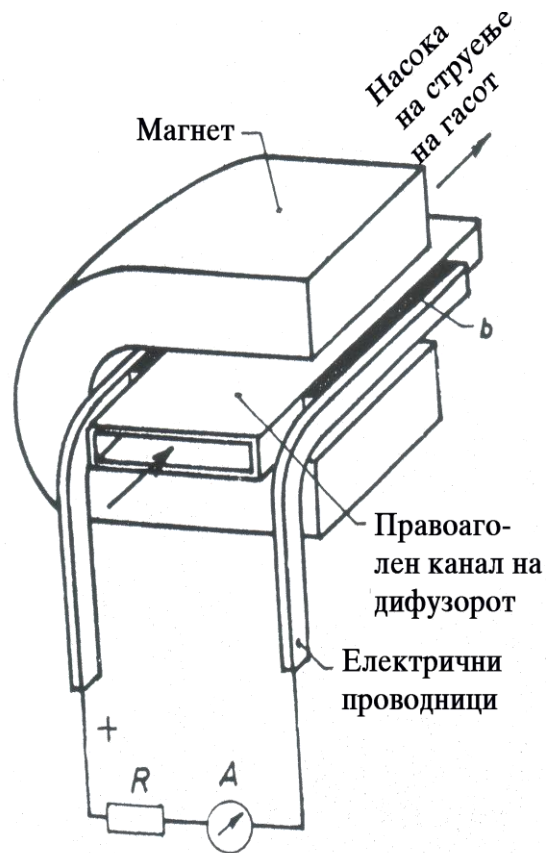


Слика 20

6.9.3. МАГНЕТНО-ХИДРОДИНАМИЧКИ ГЕНЕРАТОР (МХД ГЕНЕРАТОР)

Развојот на овој уред е во тоа да се искористи дел од спектарот на продуктот на согорување на најголемата енергија, кои во современите тоplotни мотори воглавно останува неискористен и поради тоа во старт драстично се намалува максималната работа на горивата (енергија). Во продуктите на согорување на високите температури значаен дел од молекулите е дисоциран. Овој ефект може да се зголеми со додавање на погоден катализатор, како што е цезиум во парна состојба. Ако јонизираниот гас се пушти да експанзира во релативно мал правоаголен пресек, со гасот со голема брзина ќе се придвижат и јоните кои остваруваат ефект на електрична струја. Ако во правецот на струјата се постави магнетно поле, тогаш на страните на цевката ќе се јави електричен напон, затоа што во магнетното поле се раздвојуваат позитивните од негативните јони, струјата на позитивните јони тече покрај едната страна на цевката, а струјата на негативните јони во спротивната страна на цевката. Ако цевката е од непроводен материјал, а на страните

се вградат контакти (колектори), тогаш помеѓу колекторите ќе потече струја кога преку нив ќе се затвори електричното коло (слика 21).



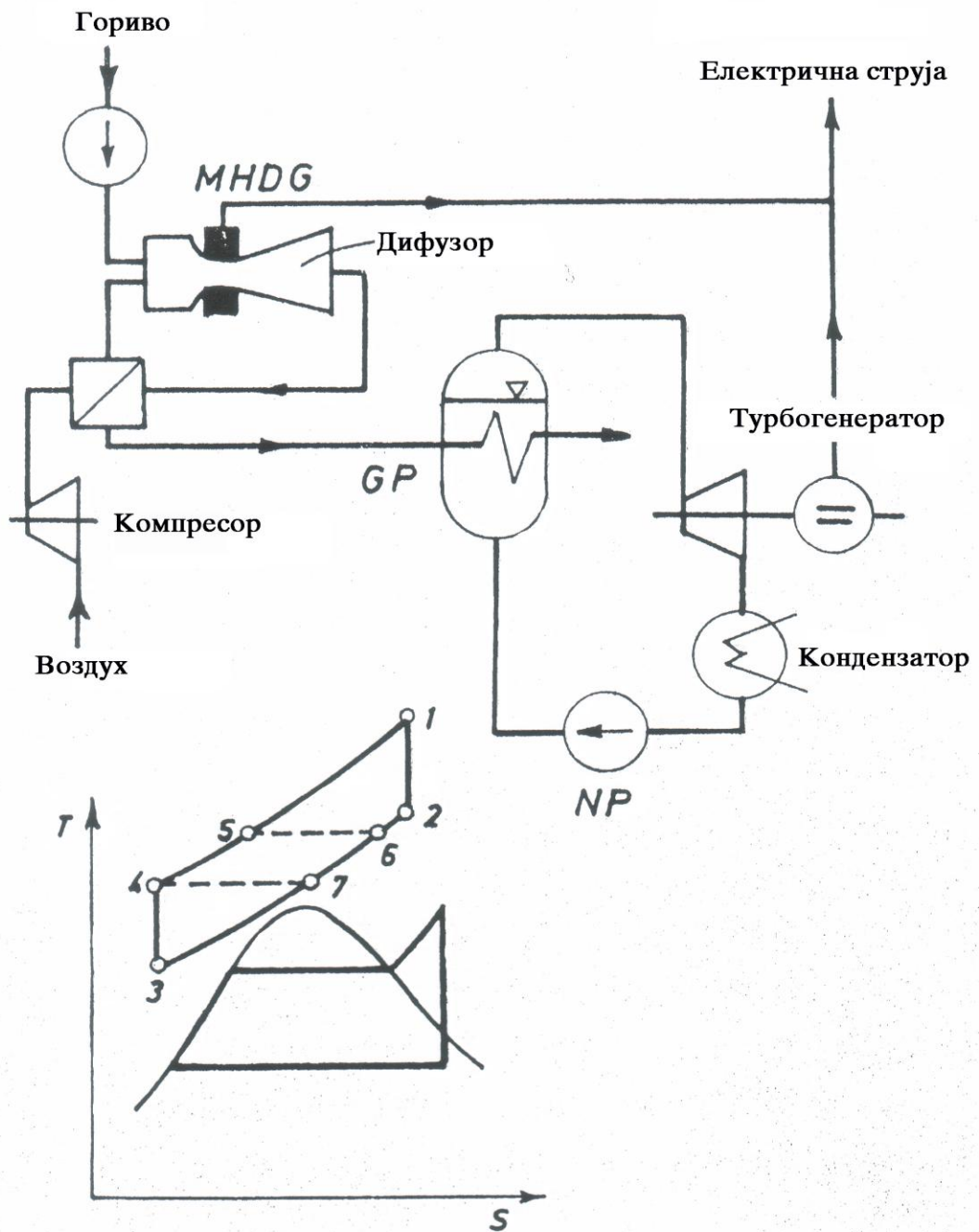
Добиената електрична енергија ќе биде во размер со губитокот на кинетичката енергија на гасот кога поминува низ магнетното поле. Степенот на искористување на оваа конверзија може да биде многу голем. Во поглед на тешкотиите од техничка природа, постојат повеќе прототипови на овие уреди за кои е потребно искуство за да преминат во практична примена. Се верува дека првата примена на овие уреди ќе биде во комбинација со класичните термоелектрани (слика 22).

Слика 21

На T-s дијаграмот горната слика е циклусот на МХД-генератор, а долу циклусот на парна турбина. Од 1-2 е експанзијата на продуктот согорен во млазникот. Од 3-4, збивање на воздухот во компресорот. Од 4-5, регенеративно загревање на воздухот (со помош на топлина 6-7). Од 5-1, согорување на гориво, а од 2-6 и од 7-3 топлината е предадена на парагенераторските класични термоелектрани. Се очекува на овој начин да се добие термодинамички степен на искористување на целата постројка и да биде поголем од 60%.

6.9.4. ФУЗИОНИ РЕАКТОРИ (ТЕРМОНУКЛЕАРНИ РЕАКТОРИ)

Овие генератори на енергија можат да се користат во 21 век. Принципот почнува со фузија на две лесни атомски јадра од кои се ослободува енергија. По единица маса, оваа енергија е многу поголема од енергијата ослободена при фисија на U^{235} . Поради наелектризирање на јадрата, кулоновата сила се спротиставува при приближување на јадрата. За да се совлада оваа сила потребен е гас со доволна густина да се загрее



Слика 22.

до температура од 10^8 - 10^9 К. По Лозоновиот (Lawson) критериум гасот на овие температури мора да се задржи некое време, поради што густината на јоните и времето мора да биде поголем од $3 \cdot 10^{14} \text{ cm}^{-3}\text{s}$. Но овој критериум не е експериментално остварен, и многу тешко може да се очекува успех. Преостанува да се решат огромни проблеми од техничко-технолошка природа, пред да се демонстрира прва термонуклеарна електрана.

7. ПОТРОШУВАЧКА НА ЕНЕРГИЈА

Под поимот потрошувачка на енергија се подразбира употреба на енергијата во корисни цели. Не би можела да се замисли ниедна човечка активност без да биде пропратена со потрошувачка на енергија. За да некоја активност се изврши само со сопствената сила, човекот мора еден нејзин дел да потроши и на производство, припрема и снабдување на храна како и сместување на отпадокот. Лесно може да се уочи да во напоменатите активности настануваат кружни процеси (циклуси) кои делови имаат најчесто *повраќајно дејство* на некои други делови на циклусот. Тоа предизвикува или пораст или опаѓање на вкупните активности на циклусот, а ретко овие кружни процеси се стационарни (непроменети во времето). Прирастот на домаќинствата има потреба од повеќе храна и друга роба. Со тоа расте материјалната база за производство и потрошувачката на сировини и енергија, а се зголемува загадувањето на околината. Најпосле, ограничувањето со резерви на сировини или на инвестициониот капитал и загадувањето на околината почнуваат да влијаат на покачувањето на производството и на прирастот на домаќинствата. Познато е на пример некои древни цивилизации се изгубени поради уништување на шумите во околните големи градови, кои за градби и греење ги користеле само шумите.

Енергијата за остварување на некои цели се користи во посредство на орудија кои одговараат: со дизалица се подигнува товар, во котел се произведува водена пара. Се гледа дека за остварување на некои процеси се потребни: уреди (систем или орудија кои овозможуваат одвивање на процесот) и енергија. Енергијата се доведува во уредот во некој облик како што се: електрична енергија, кокс, гас, бензин или др.

7.1. СПЕЦИФИЧНА ПОТРОШУВАЧКА

По единици на извршена работа, во уредите се троши одредено количество на енергија чии енергетски еквивалент се нарекува *специфична потрошувачка*:

$$E = E_i + E_k + E_o$$

Каде што: E_i - идеална компонента на специфичната потрошувачка. На пример, за испарување на водата $E_i = r$, топлина на испарување; за подигнување на товар G на висина H , $E_i = G \cdot H$;

E_k -конверзиона компонента на специфичната потрошувачка. Во уредите се троши енергија E_k : на греење, на тоplotни и конверзиони губитоци и на конверзиона потрошувачка (ако тоplotниот мотор е во состав на уредот);

E_o -оперативна компонента на специфичната потрошувачка. Оваа е потрошувачка на енергија заедно со припремата (на пр., за загревање на уредот на работна температура) и други

помошни операции неопходни за користење на уредот во погонски услови (на пр., празен од).

Често пати не е можно да се одреди идеалната компонента на потрошувачката или нејзиното одредување нема практична смисла. На пример, идеална потрошувачка на топлина за греење на простории може да се дефинира само за идеална изолирана просторија во кој се користи само воздухот кој е потребен за одвивање на процесот и луѓето кој во неа живеат. Слична е на пример потрошувачката на енергија во сообраќајот.

Обично, вообичаено е да во сите случаи со проект се утврдува, *нормирана специфична потрошувачка на енергија*:

$$E_N = E_T + (E_O)_{\min}$$

Каде што: $E_T = E_i + (E_k)_{\min}$ е техничка минимална компонента на специфичната потрошувачка. $(E_o)_{\min}$ е оперативна компонента која се одредува за најповолни услови на експлоатација.

Во случај кога е позната технички минималната компонента на потрошувачка, *нормираној специфичен на корисној* е;

$$\eta_N = \frac{E_i}{E_N} + \frac{(E_k)_{\min}}{E_N} = \frac{E_T}{E_N};$$

Во текот на експлоатација доаѓа до многу отстапувања од нормалните услови: конверзионата компонента расте поради дотраеност на уредот, а оперативната компонента е секогаш $(E_k > (E_o)_{\min})$ па стварната специфична потрошувачка е $E > E_N$. Со ова се одредува *специфичној на чинење на експлоатацијата на уредот*:

$$\varepsilon = \frac{E_N}{E};$$

Вкупној специфичен на искористување на енергијата е одреден со производот на нормалниот степен на искористување и степенот на чинење на експлоатација:

$$\eta_e = \eta_N \varepsilon = \frac{E_T}{E};$$

7.2. ФИНАЛНА И КОРИСНА ЕНЕРГИЈА

Под *финална потрошувачка (FIPO)* се подразбира вкупната стварна потрошувачка на енергија на сите места за корисна работа (j), а под *корисна потрошувачка (KOPO)* се подразбира вкупна техничка минимална потрошувачка (средните вредности се со црта над нив):

$$KOPO = \eta_e \cdot FIPO = \eta_N \varepsilon \cdot FIPO;$$

Имајќи во предвид дека вредностите на нормираните степени на искористување $(\eta_N)_j$ најчесто не се познати и најчесто се зема дека $\eta_{N1} = \eta_{N2} = \dots = 1$ па така излегува:

$$KOPO = \bar{\varepsilon} \cdot FIPO;$$

Средна̄та вреднос̄т на с̄те̄е̄но̄т на чинење на експлоатација е:

$$\bar{\varepsilon} = \sum_j G_j E_{Nj} / \sum_j FIPO_j;$$

Каде: $j=1,2,3,\dots$ е реден број на крајни корисници на енергија;

G_j – број на единици на извршена работа;

$FIPO_j$ – вкупна потрошена енергија кај крајниот корисник j . Бидејќи

$\sum_j FIPO_j = FIPO$, во енергетиката под *корисна ѝо̄тпрошувачка* најчесто се подразбира вкупната нормирана потрошувачка:

$$KOPO = \sum_j G_j E_{Nj};$$

Но, не е без значење познавањето на нормативниот степен на искористување η_N . За разлика од степенот на чинење на експлоатација ε кој зборува за квалитетот во служба на погонот и одржувањето, исто така за квалитетот на самиот уред, нормираниот степен на искористување η_N зборува за економичноста на уредите и укажување за можност за евентуално зголемување на економијата занимавајќи се со замена на уредите.

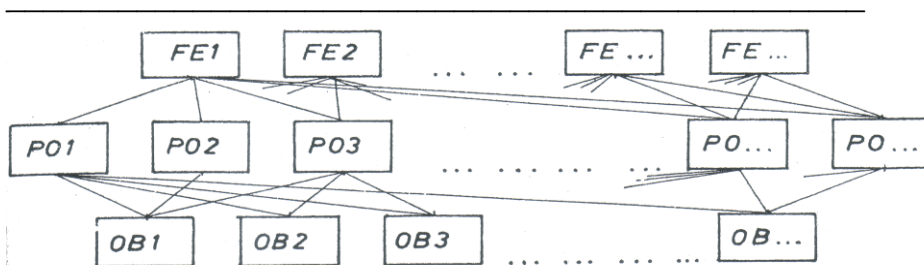
7.3. ПРАКТИЧНО ОПРЕДЕЛУВАЊЕ НА СТЕПЕНОТ НА ИСКОРИСТУВАЊЕ НА ЕКСПЛОАТАЦИЈА

Од гледиште на потреба на поширока потрошувачка во поголеми подрачја (градови, републики и др.), од интерес е познавањето на средните вредности на степенот на искористување на експлоатација на поединечни групи на потрошувачи форморани на пример по географска припадност, по етнографски карактеристики или слично. Во областа на секоја група би можело да се одредат средните вредности на степенот на искористување на експлоатација по видовите на потрошувачи и по обликот на финалната енергија, па од тука можеме да ги извлечеме општите степени на искористување за вкупната финална потрошувачка по обликот на финалната енергија или слично.

Едно вакво разградување на потрошувачите на финалната енергија прикажано е на слика 23. Очигледно е дека разградувањето може да биде и подолго и пошироко, според потребата и според можностите.

Овие можности за раздвоена анализа наидуваат на некои нерешливи проблеми во практичната примена, пред се за проблемите кои настануваат при обидот организирано собирање на *ѝо̄тѝолни* и *сӣѝурни* влезни податоци, а особено ако се има во предвид да одговорната служба мора периодично да го повторува собирањето на исти податоци за да би се пратела временската промена.

Наведениот проблем за собирање на податоци е главна причина што анализата на потрошната енергија е најмалку развиено подрачје за статистика, енергетско балансирање и оптимизација. Како пример дадена е табела 6. Се гледа дека во индустриските печки со индиректно загревање се губи од 36 до 58 % топлина. Во поголем дел на оваа топлина е можно да се искористи рекуперација во разни фази на процесот (на пример за загревање на воздухот, со кои може да се заштеди гориво).



ВИДОВИ НА ФИНАЛНА ЕНЕРГИЈА

FE 1, електрична енергија	FE 3, финално гориво А
FE 2, топлина	FE 4, финално гориво В

ПОТРОШУВАЧИ

PO 1, осветлување	PO 9, внатрешен транспорт
PO 2, апарати за домашинство	PO 10, железници
PO 3, индивидуално греење	PO 11, камиони
PO 4, кукни котларници	PO 12, автобуси
PO 5, топлани	PO 13, автомобили
PO 6, термоелектрани и ТЕ/ТО	PO 14, авиони
PO 7, процесна топлина	PO 15, бродови (речни)
PO 8, моторен погон	PO 16, бродови (морски)
	PO 17, останато

ОБЛАСТИ

Градски подрачја	Вонградски подрачја
OB 1, сообраќај и транспорт	OB 4, сообраќај и транспорт
OB 2, греење	OB 5, греење
OB 3, заедничка потрошувачка	OB 6, заедничка потрошувачка
	OB 7, индустрија
	OB 8, земјоделство
	OB 9, општа потрошувачка

Искористување на топлината и различни типови индустриски печки

Табела 6

Индустија и процес	Температура на процесот °C	Начин на греење	%		
			$\frac{E_i}{E_N}$	$\frac{E_k}{E_N}$	$\frac{E_o}{E_N}$
Челик и легури					
Отпуштање	800-900	ID	35	56	9
Нормализирање	875-945	D	43	46	11
Калење	780-890	ID	36	38	26
Темперање	220-670	D	54	32	14
Цементирање	920-950	ID	34	58	8
Азотирање(јаглен)	720-920	ID	35	57	8
Азотирање(гас)	530-580	ID	45	40	15
Загревање (со пара)	1200-1300	D	30	65	5
Алуминиум					
Загревање	610	ID	44	41	15
Отпуштање	450	ID	47	36	17
Термичка работа	500-570	ID	45	38	17
Загревање на трака	560	ID	45	38	17
Бакар и бронза					
Загревање	950	D	43	46	11
Отпуштање	320-2200	ID	44	41	15
Термичка работа	930	ID	35	58	7
Загревање на трака	700	D	51	36	13
Стакло					
Отпуштање	520-550	D, ID	45	38	17
Темперање	670	D	53	34	13
Украсување	650	D, ID	43	43	14
Свиткување	670	D	54	32	14
Производство	520-750	D	47	41	12

7.4. КЛАСИФИКАЦИЈА НА ДЕЈНОСТИ

Со цел за набљудување на текот на енергијата од експлоатација на ресурсите, преку секундарните видови на енергија до финална потрошувачка, воспоставена е евиденција на производството, преносот и корисната употреба на енергијата која се води по одредени закони или по одредени посебни прописи или договори. Набљудувањето на овие текови бара групирање на енергетските текови по различни критериуми. Во областа на производството класификацијата е дадено по видови на енергија. Потрошната енергија бара друга групација, обично по *оџиџа*

класификација на дејносите потпишана од органот задолжен за статистика и планирање. Така сите дејности се поделени во 15 сектори:

1. Индустија
2. Земјоделство
3. Шумарство
4. Водостопанство
5. Градежништво
6. Сообраќај
7. Трговија
8. Угостителство и туризам
9. Занаетство и лични услуги
10. Стамбена-комунална дејност
11. Интелектуални услуги
12. Наука, култура и образование
13. Здравство и социјална заштита
14. Друштвено-политички заедници и организации
15. Останати дејности

Секој сектор на дејност поделен е на групи. Така да Секторот на индустрија се дели на следните гранки:

101. Електростопанство
102. Производство на јаглен
103. Преработка на јагленот
104. Производство на нафта и гас
105. Преработка на нафтата и гасот
106. Рудници за руда
107. Црна металургија
108. Рудници на обоени метали
109. Производство на обоени метали
110. Преработка на обоените метали
111. Производство на неметали
112. Преработка на неметалите
113. Металопреработувачка дејност
114. Машиноградба
115. Производство на сообраќајни средства
116. Бродоградба
117. Производство на електрични машини и апарати
118. Базна хемиска индустрија
119. Преработувачка на хемиската индустрија
120. Производство на камен и песок
121. Производство на градежни материјали
122. Производство на градби
123. Преработка на градби

За потребата на воопштена анализа на потрошената енергија не е ни прегледно, ни потребно, а најчесто не е ни можно, да се спроведе анализа по секој од овие сектори и гранки на дејности. Зато се прибегнува кон посебно групирање. Начинот на групирање на ова ниво зависи од

расположливите податоците од статистичката евиденција и од потребата на анализата. Следната поделба на главните области на потрошувачка ги задоволува најголем број на потребите во енергетските анализи:

Ред. Број	Главни области на потрошувачка	Опфатени сектори на дејности
1	Индустија	01
2	Земјоделство и шумарство	02-04
3	Градежништво	05
4	Сообраќај	06
5	Трговија, туризам и угостителство	07, 08
6	Престојување, комуналии и услуги	09, 10
7	Општа и јавна потрошувачка	11-15

Често, заради недостатокот на податоци, доаѓа до смалување на бројот на области на потрошувачка (на пр.: индустрија, сообраќај, домаќинство и останато). Се разбира дека секое смалување на бројот на области на потрошувачка непосредно ја оштетува употребната вредност на анализата, па треба да се тежнее кон поделба на поголем број на области, до некој оптимум. Достигнување на оптимум, во најголема мера зависи од развиеноста на статистичката евиденција.

8. ЕНЕРГЕТСКИ БИЛАНС

Сите текови на примарни носители на енергија, целовкупната енергија во процесот на трансформација или конверзија, заедно со количината на купената енергија (увоз); потоа сите текови на изгубена енергија заедно со количината на продадена енергија (извоз) и енергијата која е вградена во структурата на материјалот и производот, го создаваат единствениот енергетски систем за кој важи општиот (природен) закон на конзервација (одржување) на енергијата.

За следење на овие енергетски текови и утврдување на ефикасноста со која енергијата се користи во системот, неопходно е да се располага со билансот на целовкупната енергија кој во одреден временски интервал на една страна содржи производство и увоз, а на друго корисното трошење, загуба и извоз на енергија. Разликата помеѓу едната и другата страна ја претставува *промената на резервите на енергија* во одреден временски интервал:

$$\text{Производство} + \text{Увоз} - (\text{Потрошувачка} + \text{Извоз} + \text{Загуба}) = \text{Промена на резерва} \quad (13)$$

Најпрво треба да се одреди структурата на билансот и дефиницијата на величината која е вклучена во билансот.

8.1. ОСНОВНИ БИЛАНСНИ ГРУПИ

Енергетските текови се делат на три основни билансни групи: примарна, секундарна и финална група. Оваа поделба е формална, и најчесто произволна, т.е. произлезена од пракса или договор. Подолу се дадени дефинициите на овие групи. Во книгата понатаму се гледа дека оваа поделба не е потребна.

8.1.1. ПРИМАРНА ЕНЕРГИЈА

Под поимот примарна енергија се подразбира производство односно, потрошувачка на енергија добиена непосредно преку природните ресурси, без разлика на нејзиното потекло (дали е домашна или увозна). Истата се изразува во единици за енергија, преку конверзиски фактори за пресметување на натуралните единици. Се дели на 4 категории:

1. *Примарната механичка енергија* се пресметува претежно преку капацитетот на постројките за експлоатација на природните извори на механичка сила:

$$PRMH + PRMV = 8760 \sum_i (P_i \cdot \eta_{Li} / \eta_i \cdot \varepsilon_i), \quad (\text{MWh})$$

каде P , е номиналната сила на хидроцентрали или централи на ветер (MW),

η_L , е степен на искористен капацитет,

η , е степен на корисност, а

ε , е фактор на губиток при преработката и транспортот (триење во цевководите, $\varepsilon = 1$; додека за пумпи и пумпни акумулации $\varepsilon = 0.7$).

2. *Примарната енергија на фосилните горива* претставува енергетски еквивалент на примарно создадените фосилни горива, што вклучува екстракција и припрема за складирање или транспорт. Тука се вклучени сурова нафтена маса од која механички се отстрануваат грубите елементи, потоа суровата нафта од сепараторот во збирната станица и подземниот гас добиен непосредно од лежиштето на гасовите, од гасната капа над нафтеното лежиште или од сепараторот во збирната станица.

3. *Примарна енергија на нуклеарни горива* претставува енергетски еквивалент на следните производи:

- технички оксид на ураниум (U_3O_8)
- Жолт колач (амониум диуранат)
- Хексафлуорид на природен ураниум (UF_6)
- Осиромашен ураниум (понекогаш во комерцијална употреба нарекуван како ураниум – 238.)

4. *Примарна топлотна енергија* (геотермална) која се пресметува според капацитетот на постројката за искористување на изворот на геотермална енергија:

$$PRGT = 8760 \sum_i (P_i \cdot \eta_{Li} / \eta_i \cdot \varepsilon_i), \quad (\text{MWh})$$

каде: P_i , е номиналната сила на постројката (MW),

η_{Li} , е степен на искористеност на капацитетот,

η_i , е степен на корисност, а

ε_i , е фактор на загуби при преработка и транспорт.

Сончевата енергија би можела да се квалификува во петтата категорија на примарна енергија но, поради својата природа и засега ограничената употреба, не се квалификува ниту во примарна ниту во секундарна енергија, додека се евидентира единствено во финалната потрошувачка.

8.1.2. СЕКУНДАРНА ЕНЕРГИЈА

Под поимот секундарна енергија се подразбира годишното производство односно потрошувачката (без разлика на нејзиното потекло – дали е домашна или увезена):

1. Фосилни горива
2. Нуклеарни горива
3. Топлотна енергија
4. Електрична енергија

Во табелата 7 е дадена класификација на секундарни *фосилни и нуклеарни горива*.

Што се однесува на *електричната енергија*, таа во целина се подразбира како секундарна енергија (бидејќи не постојат природни извори на електрична енергија), без разлика на начинот на кој таа се добива и нејзиното потекло. Еден дел од електричната енергија се произведува од хидромеханичка, еден дел од

примарна топлина, додека остатокот се добива преку примарните и секундарните горива. Токму поради оваа причина, од корист е балансирањето за

Класификација на секундарни фосилни и нуклеарни горива

Табела 7

<i>Цврсти</i>	<p>Класиран јаглен Брикет Длабоко сушен лигнит Полукок (швелован јаглен) Кокс Синтетичко цврсто гориво</p>
<i>Течни</i>	<p>Моторен бензин Керозин (за млазни мотори) Петролеум Дизел – моторно гориво Лесно уље за ложење (EL, L, LS) Средно и тешко уље за ложење (SR, I) Металуршко уље за ложење (TH1, TH2) Синтетички бензин Алкохол (етанол, метанол) Сурово уље за битуменски минерали</p>
<i>Гасовити</i>	<p>Сув земјен гас Рафинериски гас Дестилиран гас Течен гас Воздушен гас Синтезен гас Ниско температурен гас Високо температурен гас Синтетички природен гас (SNG)</p>
<i>Нуклеарен</i>	<p>Збогатен UF6 Ураниум диоксид (NO2) Запаливи елементи</p>

вкупното производство односно, потрошувачката на електрична енергија, да се подели на овие групи и да се специфицираат количините и видовите на потрошената енергија. Меѓутоа, доколку некаде би постоеле две преносни мрежи, каде едната е за наизменична а другата за едномерна струја, во тој случај производството (односно потрошувачката) на овие два вида на електрична енергија би морале да се искажат одвоено.

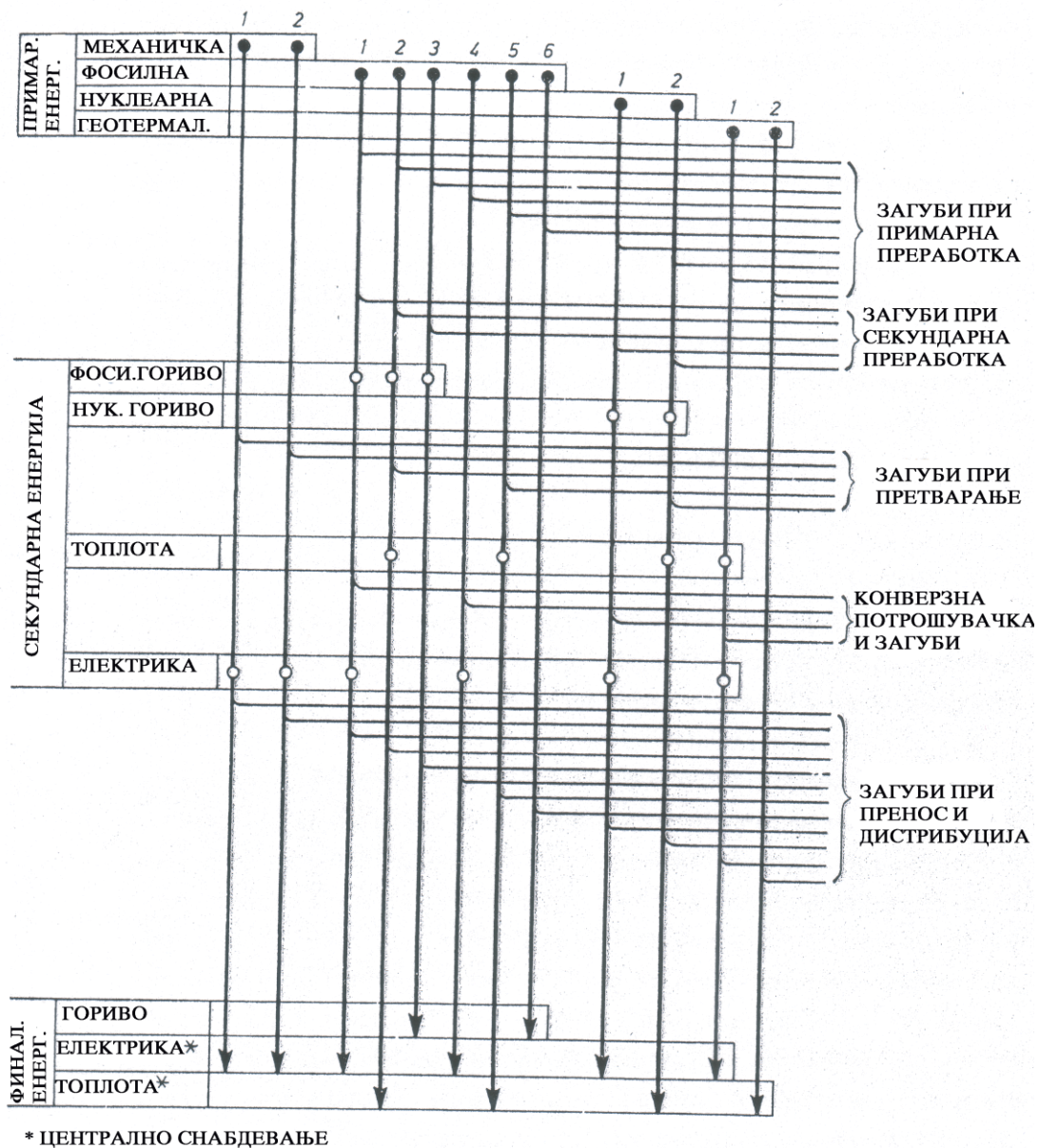
На крај, под секундарна топлотна енергија се подразбира секое организирано производство на топлина која со посредство на носителот на топлината може да се транспортира до местото на употреба.

Земајќи ја во предвид нејзината природа, постои потреба топлотната енергија да се квалификува не по количината на топлината туку според работната способност на носителот на топлината, но за сега квалификацијата од овој тип се уште не е возможно да се спроведе поради недостатокот на статистичка евиденција за температурата на носителот како примарна, така и како секундарна топлотна енергија како и поради неразвиеноста на методологијата на класификацијата од овој тип.

8.1.3. ФИНАЛНА ЕНЕРГИЈА

Под поимот на финална енергија се подразбира енергетски еквивалент на секундарните горива и централизираното производство на топлината како и на електричната енергија, доставено до местото за финална потрошувачка.

Опишаните три групи на енергетски текови (примарен, секундарен и финален тек) се поврзани меѓусебно во систем кој е основан врз принцип на конвертирање на енергијата, прикажан на слика 24. Од оваа слика може да се види дека примарната механичка сила се конвертира во електрична енергија (секундарна енергија), додека таа се доставува на крајниот потрошувач (финална енергија). Губитоците кое се јавуваат при ваквиот тек на енергијата се однесуваат само на механичко и електрично триење при движењето на водата и при преносот и дистрибуцијата на електричната енергија. Фосилните горива кои се добиваат од земјата, при соодветните губитоци, се преобработуваат и во еден дел се пренесуваат до постројките за секундарна преработка. Тука, при конвертираните губитоци, се добиваат секундарни фосилни и нуклеарни горива кои понатаму се користат на три начина: за производство на електрична енергија, за централизирање на производството на топлината или за непосредно испраќање кон крајниот корисник преку губитокот при нејзиниот пренос и дистрибуција. Другиот дел го сочинуваат фосилните горива кои се пренесуваат во термоцентралите, термоцентралните-топлани и топланите, каде преку конверзирана потрошувачка и губиток, произведуваат електрична енергија и топлина, додека остатокот од фосилните горива непосредно се пренесуваат на крајниот корисник (преку губитокот при преносот и дистрибуцијата). На крај, централизирано произведената топлина и електрична енергија се доставуваат на крајниот корисник, повторно преку согласниот губиток на енергија при преносот и дистрибуцијата.



ПРОИЗВОДСТВО НА ЕНЕРГИЈА

Слика 24

8.2. ОСНОВНИ БИЛАНСНИ ГОЛЕМИНИ

Основната билансна единица (13) (точка 8) мора да биде задоволена при секоја трансформација на енергија, т.е. во секој пресек на вертикален тек на енергијата, почнувајќи од производството на примарната енергија па се до финалната потрошувачка. Така со ред, за период од 1 јануари до 31 декември, секоја година, се евидентираат основните билансни големини, дадени во табелите подолу:

Механичка енергија (M):

Знак	Име
<i>PRMH</i>	Производство на примарна хидромеханичка енергија
<i>PRMV</i>	Производство на примарна енергија на ветерот
<i>POEH</i>	Потрошувачка за електрична енергија за пумпање во хидроакумулација
<i>PRHA</i>	Производство на хидроакумулација
<i>POHA</i>	Потрошувачка на хидроакумулација

Фосилни горива (FG):

Знак	Име
<i>PRPF (1 – 6)</i>	Производство на примарни фосилни горива
<i>GPPF (1 – 6)</i>	Губиток при примарна преработка
<i>UPFG</i>	Увоз на примарни фосилни горива
<i>IPFG</i>	Извоз на примарни фосилни горива
<i>POPF (1 – 6)</i>	Потрошувачка на примарни фосилни горива
<i>FPPF</i>	Финална потрошувачка на примарни фосилни горива
<i>PRSF (1 – 3)</i>	Производство на секундарни фосилни горива
<i>USFG</i>	Увоз на секундарни фосилни горива
<i>ISFG</i>	Извоз на секундарни фосилни горива
<i>POSF</i>	Потрошувачка на секундарни фосилни горива
<i>IPSF</i>	Финална потрошувачка на секундарни фосилни горива

Нуклеарни горива (NG):

Знак	Име
<i>PRPN</i>	Производство на примарни нуклеарни горива
<i>GPPN</i>	Губиток при нуклеарна преработка
<i>UPNG</i>	Увоз на примарни нуклеарни горива
<i>IPNG</i>	Извоз на примарни нуклеарни горива
<i>POP</i>	Потрошувачка на примарни нуклеарни горива
<i>PRSN</i>	Производство на секундарни нуклеарни горива
<i>USNG</i>	Увоз на секундарни нуклеарни горива
<i>ISNG</i>	Извоз на секундарни нуклеарни горива
<i>POSN (1 – 2)</i>	Потрошувачка на секундарни нуклеарни горива

Геотермална енергија (GT):

Знак	Име
<i>PRGT (1 – 2)</i>	Производство на примарна топлина од GT
<i>GPPG (1 – 2)</i>	Губиток при примарна преработка
<i>TOGT</i>	Производство на секундарна топлина од GT

Електрична енергија (EE):

Знак	Име
<i>EEMH</i>	Од хидромеханичка енергија
<i>EEMV</i>	Од енергија на ветерот
<i>EEPF</i>	Од примарни фосилни горива
<i>EESF</i>	Од секундарни фосилни горива
<i>EENG</i>	Од нуклеарни горива
<i>EEGT</i>	Од геотермална енергија
<i>UVEE</i>	Увоз на електрична енергија
<i>IZEE</i>	Извоз на електрична енергија
<i>EPEE</i>	Финална потрошувачка на електрична енергија

Секундарна топлина (TO):

Знак	Име
<i>TOPF</i>	Од примарни фосилни горива
<i>TOSF</i>	Од секундарни фосилни горива
<i>TONG</i>	Од нуклеарни горива
<i>TOGT</i>	Од геотермална енергија
<i>FPTO</i>	Финална потрошувачка на секундарна топлина

8.3. ИЗВЕДЕНИ БИЛАНСНИ ГОЛЕМИНИ

Во следните табели дадени се *изведените големини* кои се добиваат од билансните единици, под претпоставка дека величините наведени во точка 8.2 се статистички евидентирани.

Промена на резервите на горива

Тип на гориво	Знак	Се добива од:
<i>Фосилно гориво</i>		
Примарно	<i>PZPF</i>	$PRPF (1 - 6) - POPF (1 - 6) + UPFG - IPEG$
Секундарно	<i>PZSF</i>	$PRSF - POSF (1 - 3) + USFG - ISFG$
<i>Нуклеарно гориво</i>		
Примарно	<i>PZPH</i>	$PRPN - POPH + UPNG - IPNG$
Секундарно	<i>PZSH</i>	$PRSN - POSN + USNG - ISNG$

Конвертирана потрошувачка и губиток

Од изворот	Знак	Се добива од:
<i>Фосилно гориво</i>		
Примарно	<i>KPPF</i>	$PRPF (4) - GPPF (4) - EEPF$
Секундарно	<i>KPSF</i>	$POSF (1) - EESF$
<i>Нуклеарно гориво</i>		
	<i>KPNG</i>	$POSN (1) - EENG$
<i>Геотермална енергија</i>		
	<i>KPGT</i>	$PRGT (1) - GPPG (1) - EEGT$
<i>Механичка енергија</i>		
Хидроенергија	<i>KPOH</i>	$PRMH - EEMH$
Енергија на ветерот	<i>KPOV</i>	$PRMV - EEMV$

Губиток при секундарна преработка

При производство	Знак	Се добива од:
<i>Секундарно гориво</i>		
фосилно	<i>GPFG (1 – 3)</i>	<i>PRPF (1 – 3) – GPPF (1 – 3) – PRSF (1 – 3)</i>
нуклеарно	<i>GPNG</i>	<i>PRPN – GPPN – PRSN</i>
<i>секундарна топлина од</i>		
примарно фосилно гориво	<i>GPFP (5)</i>	<i>PRPF (5) – GPPF (5) – TOPF</i>
секундарно фосилно гориво	<i>GPFS (2)</i>	<i>PSF (2) – IOSF</i>
нуклеарно гориво	<i>GPNT</i>	<i>POSN (2) – IONG</i>
геотермална енергија	<i>GPGT</i>	<i>PRGT (2) – GPPG (2)</i>

Губиток при пренос и дистрибуција

Вид на енергија	Знак	Се добива од:
<i>Фосилно гориво</i>		
примарно	<i>GPUP</i>	<i>PRPF (6) – GPPF (6) – FPPF</i>
секундарно	<i>GPUS</i>	<i>PSF (3) – EPSE</i>
<i>електрична енергија</i>	<i>GPDE</i>	<i>POEE – FPEE</i>
<i>секундарна топлина</i>	<i>GPDT</i>	<i>PTO – FPTO</i>
Вкупен губиток	<i>GPDU</i>	<i>GPDP + GPDS + GPDE + GPDT</i>

Вкупна енергија

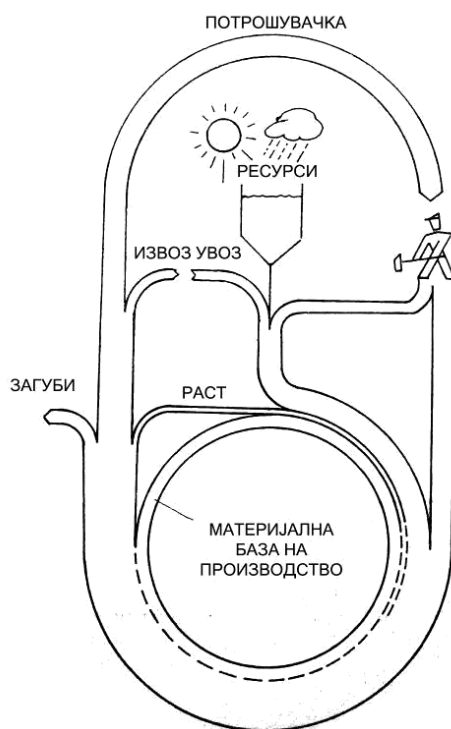
Име	Знак	Се добива од:
<i>Производство на енергија</i>		
Електрична	<i>PREE</i>	$EEMH + EEMV + EEPF + EESF + EENG + EEGT$
Топлина	<i>PRTO</i>	$TOPF + TOSF + TONG + TOGT$
Гориво	<i>PRGO</i>	$PRPE (1 - 6) + PRNG$
Примарна	<i>PRPR</i>	$PRMH + PRMV + PRPF (1 - 6) + PRPN + PRGT (1 - 2)$
Секундарна	<i>PRSE</i>	$PREE + PRTO + PRSF (3)$
<i>Потрошувачка на енергија</i>		
Електрична	<i>POEE</i>	$PREE + UVEE + IZEE - EZPA^{1)}$
Гориво	<i>POGO</i>	$PRGO + UVOE - IZVE - (UVEE - IZEE) - PZGO^{2)}$
<i>Финална потрошувачка</i>		
	<i>FIPO</i>	$FPEE + FPTO + FPPF + FPSF$
<i>Увоз на енергија</i>		
	<i>UVOE</i>	$UVEE + UPFG + USFG + UPNG + USNG$
<i>Извоз на енергија</i>		
	<i>IZVE</i>	$IZEE + IPFG + ISFG + IPNG + ISNG$
¹⁾ EZPA, Потрош. на електрична енергија за пумпна акумулација, ²⁾ PZGO=PZPF+PZSF+PZPN+PZSN, Вкупна промена на залиха		

9. РЕПРОДУКЦИОНИ ЦИКЛУС НА СИСТЕМОТ МАТЕРИЈАЛНО ПРОИЗВОДСТВО

Човекот со својата творечка работа ги искористува природните сили и ресурси претворувајќи ги во употребна енергија, храна и материјални добра. Така може да се земе дека одредена количина на некоја супстанца (материјал), која сама по себе не мора да има употребна вредност, туку ќе биде опфатена со идеи (технолошки) процес на преработка и со трошење на одредена количина на енергија, ќе ја добие својата вредност.

9.1. ВРЕДНОСТ КОЈА СЕ ТРОШИ ЗА РЕПРОДУКЦИЈА

Материјалната база (производствениот систем) го гради човекот за да во тој систем живее и создава. Материјалната база со употреба постепено се разложува, поради што постојано мора да се обновува (репродуцира), и понатаму да се развива по обем и содржина (растење). Така се воспоставува циклусот на репродукција. Шемата на репродукциониот циклус на одреден систем (заедница) прикажано е на слика 25. Овој систем е опкружен со други репродукциони системи (општествени заедници) различни по суштината на репродукциониот механизам. Со нив набљудуваниот систем разменува стока и вредности преку увозно – извозниот механизам. Еден дел од вредноста во вид



Слика 25.

на неискористена енергија и отпадни супстанции излегуваат од системот во околина, а во системот влегува супстанции од материјалните ресурси.

Составен дел на системот е човекот кој со својата работа делува како насочувачка и креативна снага.

Влезот во системот и излезот од системот се дадени во следните суми (во вредносни единици):

$$\begin{aligned}ULZ &= (1-i) NRE + VIZ + NDP \\IZL &= VUV + NDR + NOV\end{aligned}$$

Значење на ознаките:

NRE, нето вредност на вложената човечка работа и потрошена енергија

(1-i), фракција NRE наменета за потрошувачката во системот

VIZ, девизниот приход остварен од извозот на стоката

NDP, нематеријален девизен приход

VUV, девизен расход остварен од увоз на стока

NDR, нематеријален девизен расход

NOV, нето отпадна вредност (види точка 9.5).

Позитивната разлика помеѓу излезната и влезната вредност претставува вредност која се троши во репродукцијата:

$$REP = ULZ - IZL = (1-i) NRE + (VIZ+NDP - VUV - NDR) - NOV$$

Платниот биланс со околните системи треба да е урамнотежен, што значи збирот на увозниот и нематеријалниот расход треба да е еднаков или помал од збирот на извозниот и нематеријалниот приход:

$$VUV + NDR < VIZ + NDP$$

Во случај кога не е остварена оваква (не)рамнотежа, се појавува дефицит на платниот биланс:

$$DPB = VUV + NDR - (VIZ + NDP)$$

9.2. ВРЕДНУВАЊЕ НА ЧОВЕЧКАТА РАБОТА

Вредноста на посматраниот предмет (стока) маса M' одредена е од производството на почетната маса на M материјалот (супстанции) од кој е предметот направен, факторот k и единечната пазарна вредност на тој предмет:

$$V = k \cdot M \cdot v$$

каде $e: k = M' / M$, фактор за искористување на материјалот.

Единечната пазарна вредност се состои од вредноста на потрошената енергија ($E = e \cdot \alpha$) и вредноста на вложената работа ($W = w \cdot \beta$) во процесот на производство.

$$v = E + W = e \cdot \alpha + W \cdot \beta \quad (17)$$

Овде е:

e , специфичната потрошувачка на (финална) енергија (по единица маса на готовите стоки)

α , цената на енергијата

$w = 1/p$

p , продуктивноста на работата (маса на произведена стока по работник-час).

Од (17) следува изразот за *специфична вредност на работата* (во денари по работник – час):

$$\beta = (v - E) \cdot p = v \left(1 - \frac{E}{v}\right) \cdot p$$

Односот $\frac{E}{v}$ по дефиниција е помал од единица и се вика *енергетски интензитет на стоката*. Ако одбележеме:

$$EI = \frac{E}{v}$$

тогаш изразот за вредноста на работата гласи:

$$\beta = v(1 - EI) \cdot p$$

Ако се земе во предвид дека специфичната вредност на работата се состои од *чисти личен доход* и *вишок на работата* по работник-час, а дека чистиот личен доход по условот работник-час е еднаков на општествено договорената константа β_L , тогаш се добива следниот израз за специфичната вредност на вишокот на работата:

$$\beta_v = v(1 - EI) \cdot p - \beta_L \quad (18)$$

Оваа величина може да се смета како *мерило на квалитетот* при општественото вреднување на работата во областа на материјалното производство. Од изразот (18) следува дека општествено оценетиот квалитет на работата ќе биде толку повисок доколку е:

- единечната продажна вредност на избраниот производ (стока) поголема;
- енергетскиот интензитет на стоката мал;
- продуктивноста на трудот поголема; и
- договорената висина на чистиот личен доход по условот работник-час точно одмерена: не смее да предизвикува прекумерна лична потрошувачка или да ја дестимулира продуктивноста.

Се гледа дека првите два заклучоци се однесуваат на прашањето за *избор на предмет за производство* (производна програма), а другите два на прашањето за *организираност на работата*. Во суштина, и двете прашања воглавно зависат од нивото на општествената свест и знаење

(морално-политички и интелектуален потенцијал), иако на тоа може да влијае уште и геополитичката и историската реалност.

Овде треба веднаш да се укаже на суштинското значење на овој заклучок. Имено, енергијата во суштина не се наоѓа нити во групата на трајни вредности нити во групата на потрошен материјал, туку се наоѓа во структурата на добрата и стоката. За разлика од стоката и останатите добра чиј обем и вредност претставуваат материјално богатство на општеството, вредноста на производството односно потрошената енергија, под одредени околности може дури и да ја намали вредноста на вишокот на работа. Заради тоа, во такви околности рационалното произведување бара минимизирање на бруто потрошувачката на енергија.

9.3. ВРЕДНОСТ НА ПРЕРАБОТКА И СТЕПЕН НА ПРЕРАБОТКА НА СТОКАТА

Суштината на поимите за нивото на преработка и вредноста на стоката ќе биде опишано на еден поедноставен модел кој се основа на претпоставката дека процесот на производство се состои од низа на сукцесивни технолошки операции на кои се подложува материјалот (супстанцата) почнувајќи од примарната преработка на ресурсите (на пример копањето и сортирањето на рудата), па со изработка на материјалот и полупроизводите, се до завршната обработка и транспортот на готовата стока до местото на потрошувачката. Циклусот се затвора со потрошувачката на стоката, затоа што, во начело и за процесот на потрошувачката потребни се и работа и енергија.

Така се добиваат низа континуирани операции како што е на пример прикажано во табелата број 8. Во оваа табела *континуираните вредности на нивото на преработка* дадени се со следната низа:

$$\begin{aligned}
 V_0 &= M_0 v_0 \\
 V_1 &= (k_0 M_0 + M_1) v_1 \\
 V_2 &= (k_1 (k_0 M_0 + M_1) M_2) v_2 \\
 &\dots\dots\dots \\
 V_i &= [k_{i-1} (k_{i-2} \dots (k_1 (k_0 M_0 + M_1) + M_2) + \dots + M_{i-1}) + M_i] \cdot v_i
 \end{aligned}$$

Тука M_i е масата на супстанцата или стоката. Со индексот $i = 0$ означена е примарната домашна суровина. Со индексите $i = 1, 2, 3, \dots, n$ е означена увезената стока на i -тиот степен на преработка.

Ако сумата во заградата се означи со:

$$S_i = k_{i-1} (k_{i-2} \dots (k_1 (k_0 M_0 + M_1) + M_2) + \dots + M_{i-1}) + M_i$$

тогаш вредноста на работата и енергијата на i -тото ниво на преработка:

$$V_i = S_i v_i = S_i E_i + S_i W_i \quad (19)$$

Сумата на горната низа претставува вредноста на стоката од n -тиот степен на преработка:

$$BRE_n = \sum_{i=0}^n V_i = \sum_{i=0}^n S_i E_i + \sum_{i=0}^n S_i W_i \quad (20)$$

Оваа сума може да се прикаже и на следниот начин:

$$BRE_n = \sum_{i=0}^n M_i [v_i + k_i v_{i+1} + k_{i+1} k_i v_{i+2} + \dots + k_{m-2} k_{m-3} \dots k_{i+1} k_i v_{m-1}]$$

односно ако сумата во заградата се означи со B_i :

$$BRE_n = \sum_{i=0}^n M_i B_i = M_0 B_0 + \sum_{i=1}^n M_i B_i = M_0 B_0 + \bar{M} \sum_1^n B_i \quad (21)$$

Каде средната маса на увезената стока на едно ниво изнесува:

$$\bar{M} = \frac{\sum_1^n M_i B_i}{\sum_1^n B_i}$$

Вредности на нивојто на преработка и стока

Табела 8

i	Опис на преработката	Вредност на работа и енергија на i -тото ниво на преработка	Вид на стоката	Вредност на стоката на i -тиот степен на преработка
0	Вадење на руда	V_0	Суровина	$BRE_0 = V_0$
1	Редукција	V_1	Железо	$BRE_1 = V_0 + V_1$
2	Топење	V_2	Старо железо	$BRE_2 = V_0 + V_1 + V_2$
3	Легирање 1	V_3	Челик 1	$BRE_3 = V_0 + \sum_1^3 V_i$
4	Легирање 2	V_4	Челик 2	$BRE_4 = V_0 + \sum_1^4 V_i$
...
n	...	V_n	...	$BRE_n = V_0 + \sum_1^n V_i$

Потрошувачката може да се свати како (n+1)-ниво на преработка. Тогаш е: $V_{n+1} = S_{n+1} v_{n+1}$, па изразот за *брuto вредност на работата и енергија во циклусот*:

$$BRE = BRE_n + V_{n+1} = \sum_{i=0}^{n+1} S_i v_i = \sum_{i=0}^{n+1} V_i \quad (22)$$

Нето вредности на работата и енергијата во циклусот се добиваат со помош на *степенот на искористување на циклусот* ($\eta_R < 1$).

$$NRE = \eta_R \cdot BRE \quad (23)$$

Со степенот на искористување на циклусот се зема во предвид вредноста на материјалот и стоката која после неефикасното производство и користење оди во отпад.

9.4. ВРЕДНОСТ И КОЛИЧИНА НА ПОТРОШЕНАТА ЕНЕРГИЈА

Од изразот за брuto вредноста на работата и енергијата на циклусот (равенка 22) може, со примена на равенката (17), да се најде израз за *вредноста на потрошувачката на енергија*:

$$VFIP = \sum_0^{n+1} S_i E_i = \sum_0^{n+1} S_i \cdot e_i \cdot a_i \quad (24)$$

како и за физичкиот обим на *финалната потрошувачка* (по циклус):

$$FIPO = \sum_0^{n+1} S_i e_i \quad (25)$$

За покривање на овие потреби, енергијата може да се произведе дел од домашни ресурси, а остатокот мора да се обезбеди непосредно од увоз. Под претпоставка (со цел за упростување) промената на залихата на енергија да е еднаква на нула, финалната потрошувачка е еднаква на збирот на производство на секундарната енергија и нето увезената енергија, намалена за загубата на енергија при преносот и дистрибуцијата:

$$FIPO = PRSE - GPDE + UVOE - IZVE = PRSE + NUVE - GRPE$$

Ако се воведат фактор на загуба при пренос и дистрибуција: $\eta_{PD} = \frac{GPDE}{PRSE}$, ќе се добие следниот израз за *нето увоз на енергија по циклус*:

$$NUVE = \sum_0^{n+1} S_i e_i - (1 - \eta_{PD}) PRSE \quad (26)$$

Со помош на ϵ_i и ϵ_u (просечни цени на увозна и извозна енергија) се добива *вредноста за нето увозна енергија*:

$$VNUE = UVOE \cdot \varepsilon_u - IZVE \cdot \varepsilon_i \quad (27)$$

Меѓутоа, лесно може да се уочи (ако е ε_d просечна цена на производството на домашна енергија) дека е:

$$VNUE \neq \sum_0^{n+1} S_i E_i - (1 - \eta_{PD}) PRSE \cdot \varepsilon_d$$

Имајќи ја во вид дефиницијата за среден степен на исправноста на експлоатација на уредите $\bar{\varepsilon}$ (точка 7.2) и равенката (25), го добиваме следниот израз за *корисна потрошувачка*:

$$KOPO = \bar{\varepsilon} \cdot \sum_0^{n+1} S_i \cdot e_i$$

Бидејќи вредностите на корисната и финалната потрошувачка по дефиниција се еднакви, произлегува дека *изгубената вредност* на енергијата поради неефикасност на уредите за експлоатација во финалната потрошувачка, еднаква е:

$$(1 - \bar{\varepsilon}) VFIP = (1 - \bar{\varepsilon}) \sum_0^{n+1} S_i E_i \quad (28)$$

9.5. ОТПАДНА ВРЕДНОСТ НА РЕПРОДУКЦИОНИОТ ЦИКЛУС

Имајќи ги во предвид равенките (23) и (28) се добива бруто отпадната вредност на репродукциониот циклус:

$$BOV = (1 - \eta_R) BRE + (1 - \bar{\varepsilon}) VFIP = \sum_m BOV_m$$

каде се: $m=1,2,3,\dots$ групи на отпадни загуби, како на пример:

- конверзиони загуби при претварање на топлотната во механичка односно електрична енергија;
- отпад при обработка и шкарт во производство;
- вишокот на потрошувачка на енергија над нормалната потрошувачка поради неефикасноста на експлоатацијата на уредите;
- загуби во топлина поради недоволна изолација;
- загуби во цевоводите и покретните механички делови на уредите; и др.

Меѓутоа, овде спаѓаат и дотраените, истрошени и застарени добра (објекти, машини, апарати, облека и др.) што претставува вид на *обезвреднување* на материјалната база. Високиот степен на обезвреднување е како последица на иработката на стоката со лош квалитет. Обично оваа стока во голем дел е сеуште употреблива или сразмерно многу лесно би можело да се направи употреблива (со поправка или преработка). Обезвреднувањето на материјалната база, барем еден дел може да се препише на расипливоста, на посебната одлика на т.н. *потрошувачко општество*.

Секоја отпадна вредност изразена преку загуба на одреден вид на енергија, материјал или стока, во поголема или помала мера може да се намали на два начина: *подобрување на процесот* и *враќање на еден дел во репродукциониот циклус*. Така се доаѓа до *рециклирана вредност* која е дадена со изразот:

$$RCV_m = \rho_m \cdot BOV_m$$

каде е : $\rho_m < 1$, *степенот на рециклажа*. Одовде *вкупната рециклирана вредност*:

$$RCV = \sum_m RCV_m = \sum_m \rho_m BOV_m = \rho \sum_m BOV_m = \rho \cdot BOV$$

каде: ρ е *средна вредност на степенот на рециклирање*. Овде се добива изразот за *нето отпадната вредност* (неповратна загуба):

$$NOV = (1 - \rho)BOV = (1 - \rho) \left| (1 - \eta_R)BRE + (1 - \bar{\varepsilon})VFIP \right| \quad (29)$$

9.6. ЕНЕРГЕТСКИ ИНТЕНЗИТЕТ И ПРОДУКТИВНОСТ НА РАБОТАТА

Од равенката (22) за бруто вредност на работата и енергијата на репродукциониот циклус се има:

$$BRE = \sum_0^{n+1} S_i v_i = \sum_0^{n+1} S_i E_i + \sum_0^{n+1} S_i W_i$$

Ако *средниот енергетски интензитет* на циклусот го дефинираме со односот (в.точка 11.2)

$$SEI = \frac{\sum_0^{n+1} S_i E_i}{BRE} \quad (30)$$

тогаш *вкупната вредност на работата по циклус* е дадена со:

$$\sum_0^{n+1} S_i W_i = \bar{\beta} \sum_0^{n+1} S_i W_i = (1 - SEI) \cdot BRE$$

Средна продуктивност на работата во циклус дадена е со:

$$\bar{p} = \frac{1}{\sum_0^{n+1} S_i \cdot w_i} = \frac{1}{\sum_0^{n+1} S_i / p_i} \quad (31)$$

Така се доаѓа до изразот за *средна вредност на работата* по условен работник - час:

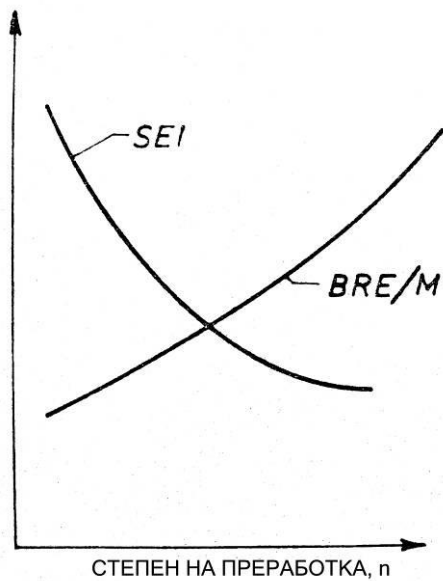
$$\bar{\beta} = BRE \cdot (1 - SEI) \cdot \bar{p}$$

и средна вредност на вишокот на работна по работник – час:

$$\bar{\beta}_v = BRE(1 - SEI) \bar{p} - \beta_L$$

каде β_L претходно е дефинирана (точка 9.2) општествено договорена вредност на чистиот личен доход по работен час на условен работник.

Треба да се има во вид дека степенот на енергетскиот интензитет (SEI) и специфичната бруто вредност на стоката (BRE/M) во голема мера зависи од степенот на преработка (n) што е очигледно од изразот (19) и (22). Оваа зависност е (квалитативно) прикажана на слика 26.



Слика 26

Се гледа дека стоката со низок степен на преработка по правило претставува стока со ниска специфична вредност и висок енергетски интензитет, за разлика од стоката со висок степен на преработка (машини, инструменти и др.) која ја претставува стоката со високи специфични вредности и низок енергетски интензитет. Треба да се има во предвид дека степенот на преработка е во директна зависност со обемот на учество на непосредна и мината интелектуална работа во процесот на производство.

Одовде произлегува дека изборот на *структурата на производството* во циклусот, треба да се врши по критериум, што поголем степен на преработка.

9.7. СТЕПЕН НА РЕПРОДУКЦИОНИОТ ЦИКЛУС

Од равенките (14) и (15) лесно се доаѓа до следниот израз за вредноста на репродукцијата со која се обезбедува пораст на материјалната база на производство:

$$REP = (1 - i) NRE - DPB - NOV$$

Под *степен на репродуктивност на циклусот* се подразбира односот:

$$r = \frac{REP}{BRE} \quad (32)$$

Со примена на равенките (23) и (29) се добива изразот:

$$r = \eta_R(1-i) - (1-\rho)(1-\eta_R) - (1-\rho)(1-\bar{\varepsilon}) \frac{VFIP}{BRE} - \frac{DPB}{BRE}$$

На крај, со замена $VFIP = \sum_0^{n+1} S_i E_i$ (равенка 24) и со помош на дефиницијата за среден енергетски интензитет (равенка 30) се добива:

$$r = \eta_R(1-i) - (1-\rho)(1-\eta_R) - (1-\rho)(1-\bar{\varepsilon})SEI - \frac{DPB}{BRE}$$

Овој израз би можел да не наведе на погрешен закључок во врска со улогата на извозот, ако не се води сметка дека помеѓу извозната фракција (i) и специфичниот дефицит на платниот биланс (DPB/BRE) постои поврзаност. Оваа поврзаност е таква што DPB/BRE се намалува со зголемување на извозот. За да квалитативно се оцени овој ефект, претпоставена е следната линеарна зависност на специфичниот дефицит на платниот биланс од извозот:

$$\frac{DPB}{BRE} = 0,1 \cdot \eta_R - i,$$

на таа основа максималниот дефицит настапува при $i = 0$

$$DPB_{max} = 0,1 \cdot \eta_R BRE = 0,1 \cdot NRE$$

а стабилно преработување при $i = 0,1 \cdot \eta_R$. Со ова изразот за репродукција станува:

$$r = 0,9 \cdot \eta_R + i(1-\eta_R) - (1-\rho)(1-\eta_R) - (1-\rho)(1-\bar{\varepsilon})SEI \quad (33)$$

Одовде се гледа дека репродуктивноста на системот ќе биде поголема доколку е:

- η_R , степен на искористување на BRE поголем;
- i , поголема фракција на извозот;
- ρ , поголем среден степен на рециклажа; и
- SEI , помал среден енергетски интензитет.

Понатаму е покажана анализата на зависноста $r = f(SEI)$ за $\rho = 0,03$ и промената на следните параметри во распони:

$$i = 0,1 \dots 0,5$$

$$\eta_R = 0,9 \dots 0,95$$

$$\bar{\varepsilon} = 0,3 \dots 0,6$$

Резултатот е прикажан на слика 27. Правците на сликата обелагани се од 1 до 8, со тоа што на секој правец одговара одреден збир на параметри:

N_0	i	$\bar{\varepsilon}$	η_R
1	0,1	0,3	0,9
2	0,1	0,3	0,95
3	0,1	0,6	0,9
4	0,1	0,6	0,95
5	0,5	0,3	0,9
6	0,5	0,3	0,95

7	0,5	0,6	0,9
8	0,5	0,6	0,95

Се гледа дека степенот на репродуктивност многу малку зависи од фракцијата извоз (i), додека поосетлив на промена е степенот на искористување на циклусот (η_R). Релативното значење на овие зависимости дотолку е помал доколку е помал средниот енергетски интензитет (SEI).

Од друга страна, со намалување на средниот енергетски интензитет степенот на репродуктивноста расте. Степенот на репродуктивност расте и со порастот на степенот на правилно искористување на финалната енергија ($\bar{\varepsilon}$). Релативното значење на овој ефект е дотолку помал, доколку е средниот енергетски интензитет помал.

Од овие анализи може да се заклучи дека степенот на репродуктивност на циклусот најефикасно може да се зголемува со измена на структурата на производството која ќе доведе до намалување на средниот енергетски интензитет, потоа со зголемување на степенот на правилното искористување на финалната енергија и



Слика 27

зголемување на општиот степен на искористување на циклусот, што значи со рационализација и смалување на отпадот. На степенот на репродуктивност најмалку влијае промената на обемот на извозот, со обзир дека таа непосредно влијае на платниот биланс, што значи на *економската* а не на *техничката* стабилност на стопанисувањето.

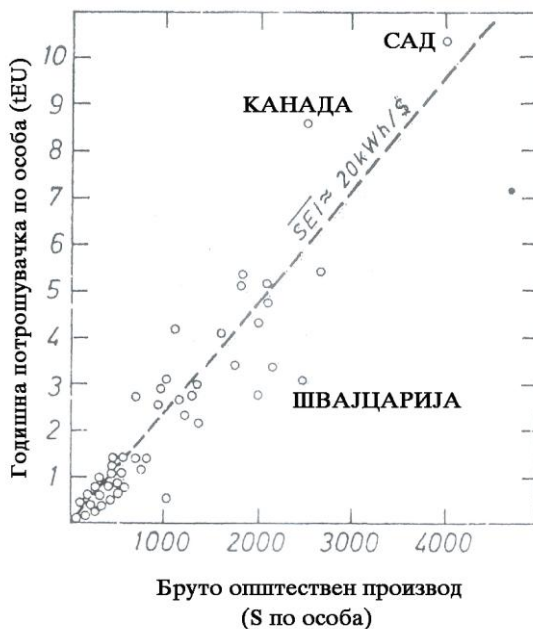
10. СТОПАНСКИОТ ПОРАСТ И ЕНЕРГЕТИКАТА

Средниот енергетски интензитет (SEI) и степен на репродуктивност на стопанскиот систем (r), дефинирани во претходната точка 9, можат да послужат за донесување значајни заклучоци за стопанскиот пораст и неговата поврзаност со потрошувачката на енергија. Во споменатата точка е посочено на теоретските можни влијанија на репродуктивното менување на средниот енергетски интензитет. На оваа големина само во ограничена мера може да се влијае, како што подолу повеќе ќе биде објаснето.

Ако наместо $\sum_0^{n+1} S_i E_i$ ја земеме вредноста на бруто потрошената енергија (BRPO) во поедини држави, а наместо BRE вредноста на бруто општествениот производ (BDP, во еквивалентен износ на доларот) потоа овие вредности ги внесуваме во дијаграмот (слика 28), доаѓаме до заклучок дека средниот енергетски интензитет SEI се менува во сразмерно тесен распон (помеѓу 10 и 25 kWh бруто потрошена енергија по еден долар општествен производ) без оглед на големината и геогравската положба на земјата, нејзината развиеност и општествениот систем. Неголемите отстапувања кои се запазуваат, одразуваат различни производни структури, но структури кои можат само споро и тешко да се менуваат, затоа што најголемиот дел од дадените природни работи, зависат и од историските фактори. Оттаму се се гледа дека Швајцарија и Западна

Германија имаат значително помала SEI вредност во однос на средната (SEI=20kWh/\$) за разлика од Канада, Мексико и САД чии SEI-вредности се далеку поголеми. Факт е дека SEI-вредноста приближно е константа и е недофатливо позначајна воопшто, а особено за проценка и проектирање за развојот на енергетиката како за светот во целина, така и за поединечните земји.

Имајќи во предвид дека денес во светот, бруто општествениот производ по жител (BDP/ST) прифатен како едно од најважните мерила на општиот степен на развиеност, напорите на повеќето земји во светот се усмерени на што побрзо зголемување на овој показател. Од енергетски аспект ова значи дека со



Слика 28. Бруто општествен производ (1968 S по особа)

сразмерното зголемување на BDP/ST мора да расте и потрошувачката на енергијата по жител. Брзината на зголемувањето на бруто општествениот производ е сразмерна брзина со која расте бруто вредноста на работата и енергијата на производниот циклус. Може да се земе во предвид прирастот на BRE пропорционална вредност на репродуктивниот систем $\Delta BRE = c \cdot REP$. Ако е на крајот на првата година бруто вредноста на работата и енергијата

$$BRE_1 \text{ и } \frac{\Delta BRE_1}{BRE_1} = \frac{c \cdot BRE_1}{BRE_1} = c \cdot r_1$$

тогаш во наредната година ќе биде:

$$BRE_2 = BRE_1 + c \cdot r_1 \cdot BRE_1 = (1 + c \cdot r_1) BRE_1$$

Големината ($c \cdot r_1$) се нарекува стапка на пораст на општествениот производ. Во ист временски период стапките на зголемување на општествениот производ во различни земји можат значајно да се разликуваат. По правило, кога бруто општествениот производ по жител (BDP/ST) е поголем од одредениот минимум односно прагот (слика 29), стапката на порастот е толку мала колку што е BDP/ST поголем, што одржува успешни напори во поедини држави да станат богати. Наспроти земјите чии BDP/ST е под прагот, покажуваат недоволна стопанска развиеност (инсуфицијација) и имаат многу ниска (па и негативна) стапка на порастот BDP/ST поради што паѓаат во релативно поголема сиромаштија.

Во претходната точка 9, е покажано на каков се начин може да се влијае на зголемување на степенот на репродуктивноста r , па поради тоа и на стапката на порастот на општествениот производ.

Подолу ќе биде прикажано дека зголемувањето е општ природен феномен и дека е последица на делувањето на позитивните и негативните *повраќајни* *сиоеви* во живиот систем. Ова дејство може формално да се дефинира, а заклучоците да се пренесат на различните процеси на порастот во енергетиката, стопанството и во општеството воопшто.



Слика 29. Бруто општествен производ по жител (1961-1968)

10.1. ЕКСПОНЕНЦИЈАЛЕН РАСТ

Ако квантитативната промена на некој систем Y е условена со појавите кои со текот на времето се одигруваат во самиот систем, тогаш брзината на овие промени е пропорционална големина на системот:

$$\partial Y / \partial t = \sigma \cdot Y,$$

каде е $\sigma = \sigma(x_1, x_2, \dots)$ фактор на пропорционалноста, во општ случај функционалната низа на факторот x_i ($i=1, 2, 3, \dots$) при која најчесто секој од нив има временска функција. Затоа промената или порастот на системот може да се прикаже со следната равенка:

$$d(\ln Y) / dt = \sigma(t),$$

односно:

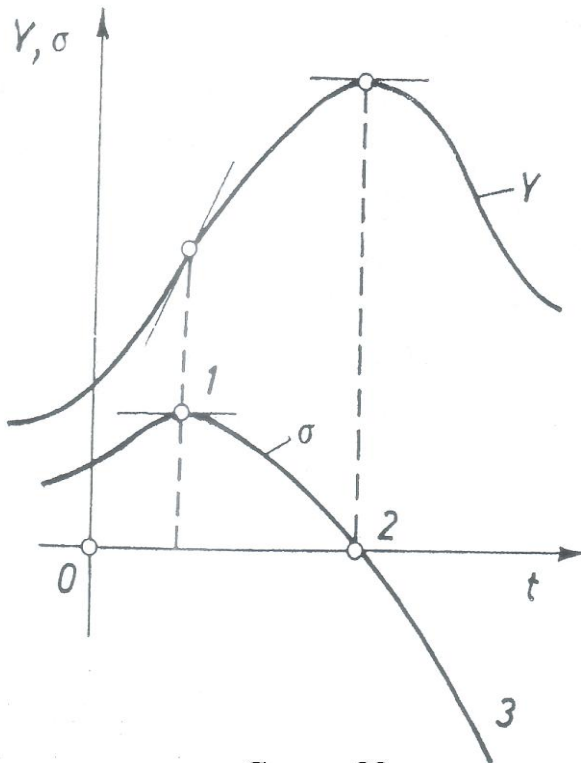
$$Y = Y_0 e^{\int \sigma(t) dt} = Y_0 \cdot e^{\bar{\sigma} \cdot t} \quad (34)$$

Ваквиот пораст се нарекува експоненцијален пораст, а механизмот кој го условува се нарекува *повраиен сѝој*. Функцијата $\sigma(t)$ се нарекува *сѝаѝка на ѝорасѝ*. Таа ја одредува карактеристиката на зголемувањето (слика 30).

Во состојбата кога функцијата на стапката на пораст е $\sigma > 0$, а првиот извод $d\sigma/dt > 0$ (дел од кривата 0-1) преовладува позитивен повратен спој. Ваквиот пораст се нарекува *ексѝлозивно ексѝоненцијално зголемување* или кратко експлозивен пораст.

Кога е $d\sigma/dt = 0$, а $\sigma = \text{const}$ (точка 1), тогаш тоа е случај на обичен *ексѝоненционален ѝорасѝ*.

Кога е $d\sigma/dt < 0$ (дел од кривата 1-2) почнува да расте влијанието на негативен повратен спој, па настанува случај на *усѝорен ексѝоненцијален ѝорасѝ*. Успорениот пораст се завршува со *рамнѝежнѝа сосѝојба* $Y = \text{const}$. Тогаш $\sigma = 0$ (точката 2), што значи дека позитивниот и негативниот повратен спој се во рамнотежа.



Слика 30

Во состојбата кога е $\sigma < 0$ преовладува дејството на негативните повратни споеви. Ваквата состојба се нарекува *негативен порас* или *распад на системот* (дел од кривата 2-3). Опишаните процеси на порастот и пореметувањето на системот се последица на фактот дека во текот на развојот се менуваат како организацијата (структурата) на системот така и условите на растот (меѓудејство систем-околина).

Временските промени на бројот на жителите, производството и потошувачката на преносувачот на енергијата или развој на стопанството воопшто, во суштина се квази-биолошки процеси и можат да се анализираат на опишаниот начин. Во тој случај најпрвин се утврдуваат причините за порастот и причините за опаѓање на систем. На пример, раѓањето е причина за зголемување на бројот на жителите, а умирањето е причина на опаѓање на бројот на жителите. Под влијание на првата причина, благодарейќи на механизмот *позитивни повратни споеви*, доаѓа до пораст на системот, а под влијание на другата причина, благодарейќи на механизмот на *негативни повратни споеви*, доаѓа од опаѓање на системот. Функцијата на стапката на порастот на позитивните влијанија го обележуваме со $\sigma^+(\tau)$, а негативните со $\sigma^-(\tau)$. Sprema равенката (34) ако на системот делуваат само позитивни влијанија, системот со текот на време ќе расте по знакот:

$$Y = Y_0 \cdot e^{\int_0^t \sigma^+ dt} = Y_0 \cdot e^{\bar{\sigma}_1 t}$$

а, во случај да делуваат само негативни влијанија, системот ќе опаѓа според законот:

$$Y = Y_0 \cdot e^{\int_0^t \sigma^- dt} = Y_0 \cdot e^{-\bar{\sigma}_2 t}$$

Бидејќи овие две појави се појавуваат истовремено и во ист систем, стварната големина на системот ќе биде дефинирана со:

$$Y = Y_0 \cdot e^{\bar{\sigma}_1 t} \cdot e^{-\bar{\sigma}_2 t} = Y_0 \cdot e^{(\bar{\sigma}_1 - \bar{\sigma}_2)t} = Y_0 \cdot e^{\bar{\sigma} t} \quad (35)$$

Системот ќе расте кога е $\bar{\sigma} > 0$, а ќе опаѓа $\bar{\sigma} < 0$, а во рамнотежа ќе биде кога $\bar{\sigma} = 0$.

За воља на вистината, со средни вредности на стапката на порастот $\sigma^+(t)$ и $\sigma^-(t)$ е оправдано да се работи само ако овие функции се менуваат споро. Во такви случаи анализите и проектирање се работат така што анализираниот период (или периодот на проектирања) се подели на неколку единици (n) и за секој одсек се одредува средна вредност на стапката на порастот. Бидејќи временската единица при овие анализи

обично е една година, а стапката на порастот (изразени со односот меѓу годишните промени и големините на системите: $\Delta Y/Y$) многу помалку од единица, попрактично е да се применуваат геометриски редови отколку експоненцијални функции:

$$\begin{aligned}
 Y_1 &= Y_0 \cdot e^{\bar{\sigma}} = Y_0 (1 + \bar{\sigma}) \\
 Y_2 &= Y_1 (1 + \bar{\sigma}) = Y_0 (1 + \bar{\sigma})^2 \\
 &\dots\dots\dots \\
 Y_n &= Y_0 (1 + \bar{\sigma})^n = Y_0 \cdot p^n
 \end{aligned}
 \tag{36}$$

На тој начин средниот фактор на прогресија p и средната степка на порастот $\bar{\sigma}$ се одредуваат од големината на системот на почетокот (Y_0) и на крајот на временскиот период од n година (Y_n), со помош од следниот израз:

$$p = 1 + \bar{\sigma} = (1/n) \cdot \ln (Y_n/Y_0)$$

Може да се случи да функциите на стапката на порастот не зависат само од времето, туку и од други независни променливи. Во тој случај може да се постапи на соодветен начин, како што ќе биде објаснето во примерот на порастот на жителите.

Овдека се укажува на уште една практична големина која се користи при работа со функциите на порастот. Ако во равенката (35) се замени $Y=2Y_0$, па равенката се реши по време, се добива *двојно време* (за $\bar{\sigma} > 0$), односно *време на поолураспаѓање на системот* (за $\bar{\sigma} < 0$):

$$t^* = \frac{\ln 2}{(\bar{\sigma})} = \frac{0.693}{(\bar{\sigma})}, \quad (\text{види табела 9})$$

т.е. бројот на годините во текот на кои системот ќе се дуплира, односно сведе на половина.

Табела 9

Стопански пораст ($\bar{\sigma}$) \pm % години	t * години
0.1	693
0.2	346
0.4	173
0.8	87
1.5	46
3.0	23
6.0	12
12.0	6
24.0	3

10.2. ЖИТЕЛИТЕ И ПОТРОШУВАЧКАТА НА ЕНЕРГИЈА

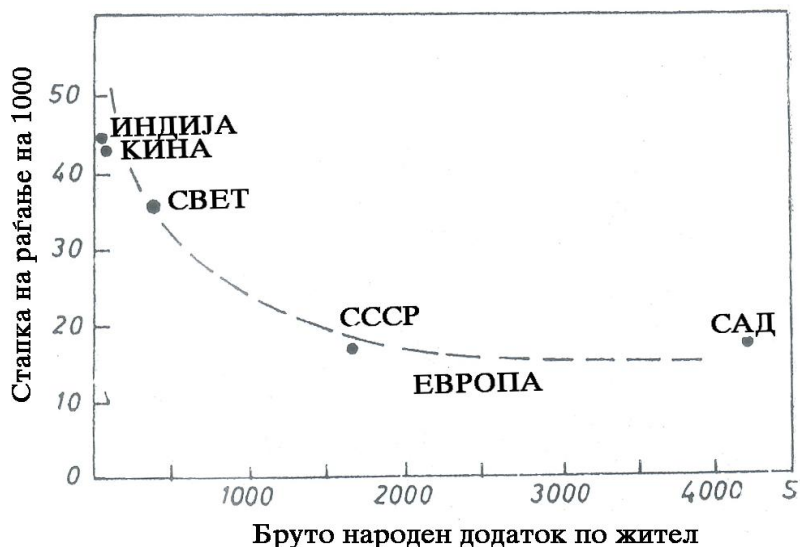
Населението е типичен пример за системите со позитивен и негативен повратен спој, но овој систем е карактеристичен и по распространетоста на жителите спрема порастот. Ако функцијата на распространетоста е по порастот: $R_i(x)$, каде што x порастот (година на старост) по еден жител во група i , и ако е вкупниот број на жителите во оваа група S_i ; тогаш бројот на старите жители е помеѓу x_1 и x_2 година:

$$S_i \Big|_{x_1}^{x_2} = S_i \cdot \int_{x_1}^{x_2} R_i(x) dx \quad (38)$$

Со индексот $i=1,2,3,\dots$, се означуваат по ред: жителите по територијално-политичка единица, припадници на национални групи или групи на жители со одредени професии, или образование, или групите жители на одредени нивоа според доходот, или сл.

Позитивниот или неговиот пораст на жителите зависи од стапката на раѓањето и смртноста. Стапката на раѓањето $\sigma_r(t)$ се менува со текот на времето во зависност од бројни социјално економски услови. Стапката на смртноста $\sigma_s(x,t)$ е функција на порастот, а се менува со текот на времето (t), од сличната причина како кај стапката на раѓањето. Во кратките интервали од набљудувањата може да се земе во предвид стапката на раѓањето $\bar{\sigma}_r = \text{const.}$, а стапката на изумирањето $\bar{\sigma}_s(x)$, бидејќи и двете споро се менуваат со тек на време. Типична функција на прирастот $R(x)$ и типичната функција на стапката на смртноста $\bar{\sigma}_s(x)$ прикажани на слика 32.

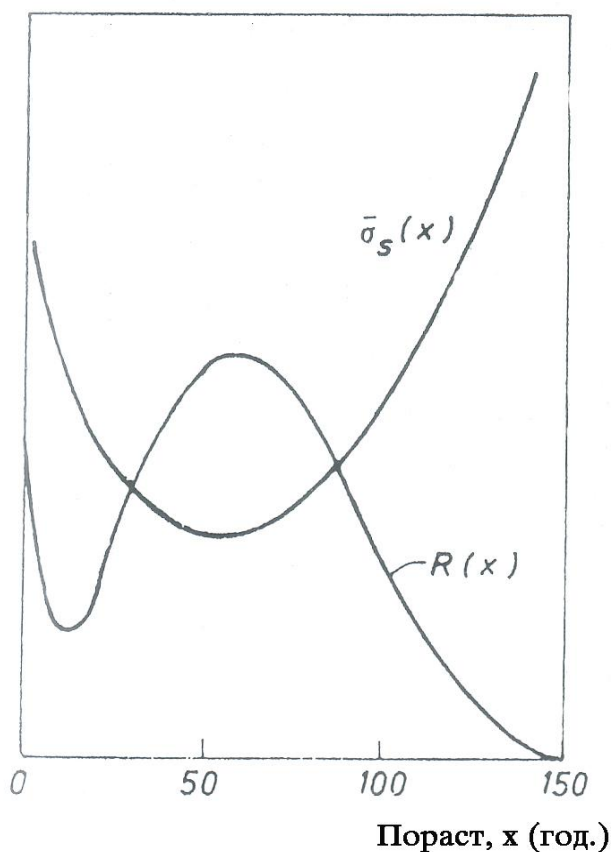
Со ова што досега го кажавме, порастот на жителите во текот на една година (со примена на равенките (35) и (38)) даден е со следниот израз:



Слика 31. Бруто народен додаток по жител

$$\Delta S = S_i \cdot \int_0^{\infty} R(x) e^{(\sigma - \sigma_s(x))x} dx \quad (39)$$

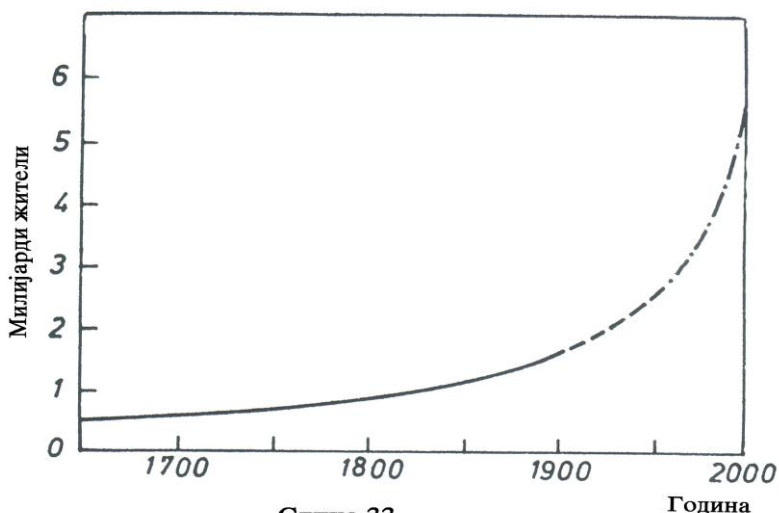
До обликот на прирастот $R(x)$ се доаѓа врз база на попис на жителите следен во години t_0 , а до стапката на раѓањето $\bar{\sigma}_p$ и кривата $\bar{\sigma}_s(x)$ со анализирањето на податоците за раѓањето и смртноста на жителите во текот на низа непарни години: $t_1, t_2, t_3, \dots, t_n$. Вкупниот број жители на крајот на секоја година се утврдува врз основа на истите анализи и така се добива неформална низа: $S_0, S_1, S_2, \dots, S_n$. Поаѓајќи од познатите или очекуваните случувања или појави кои може да влијаат, сега е можно да се претпостави промената на стапката на раѓањето за m години однапред: $t_{n+1}, t_{n+2}, \dots, t_{n+m}$, исто како и соодветните промени според обликот на прирастот $R(x)$ и кривата $\bar{\sigma}_s(x)$. Со примена на изразот (39) може да се одредат зголемувањата па со тоа и неформалната низа $S_{n+1}, S_{n+2}, \dots, S_{n+m}$. Големината S_0 е висинска вредност,



Слика 32.

големините $(S_1, S_2, \dots, S_{n+m})$ се *проценети вредности*, а $(S_{n+1}, S_{n+2}, \dots, S_{n+m})$ *проектирании вредности* на жителите.

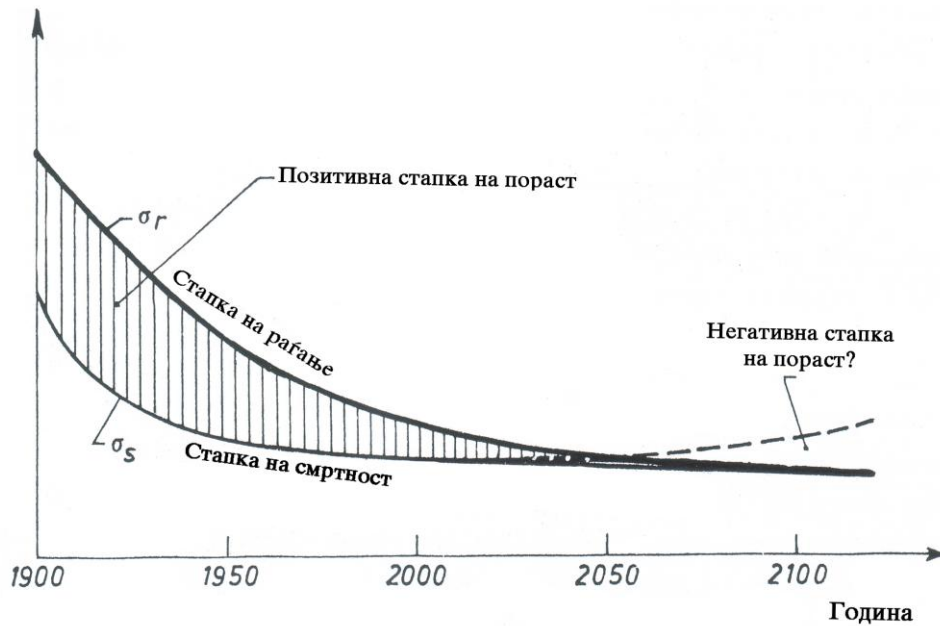
На добиените вредности од низите може да се примени постапката опишана во точката 10.1. и да се добие или низа од средната *стапка на пораст*, или *функција од стапката на пораст* на жителите, што со примена на изразите (35) и (36) овозможуваат премногу едноставни екстрополяции, корелации и споредувања на бројот на жителите со другите тековни развои. Пример, на сликата 33 е покажано светското движење на жителите почнувајќи од 1650 до 1900, по проценката Carr-Sanders-Wilcox, од 1900 до 1950, по податоците на UN и од 1950-2000 по проекција на UN.



Слика 33.

Овој дијаграм покажува дека околу 1650 година на светот биле околу половина милијарда луѓе, а просечната стапка на годишниот пораст изнесувала околу 0,3% (тоа одговара на временскиот период на удвојувањата околу 250 год.) Понатаму стапката на порастот непрекинато растела, така да во 1970 година достигнала вредност од 2,1% годишно, што одговара на временското удвојување од 33 години. Меѓутоа, бројот на жителите тие години достигнало 3,6 милијарди, што е повеќе од она што прикажува проекцијата на слика 33 која е изработена 1958 год. Очигледно е дека планот во 1958 година не биле во состојба правилно да ги предвидат појавите кои влијаеле на вака нагли пораст на бројот на жителите. Според дефиницијата од точката 10.1. овој пораст е во фаза на експлозивен пораст. Меѓутоа веќе е запазено нешто поспоро зголемување на стапката на порастот и приближувањето до фазата на чисто експоненцијален пораст после кој веројатно ќе се напушти фазата на успорен пораст.

Овие промени на брзината на порастот на бројот на жителите може да се објаснат со промените на стапката на раѓањето и на умирањето во претходниот период (слика 34).

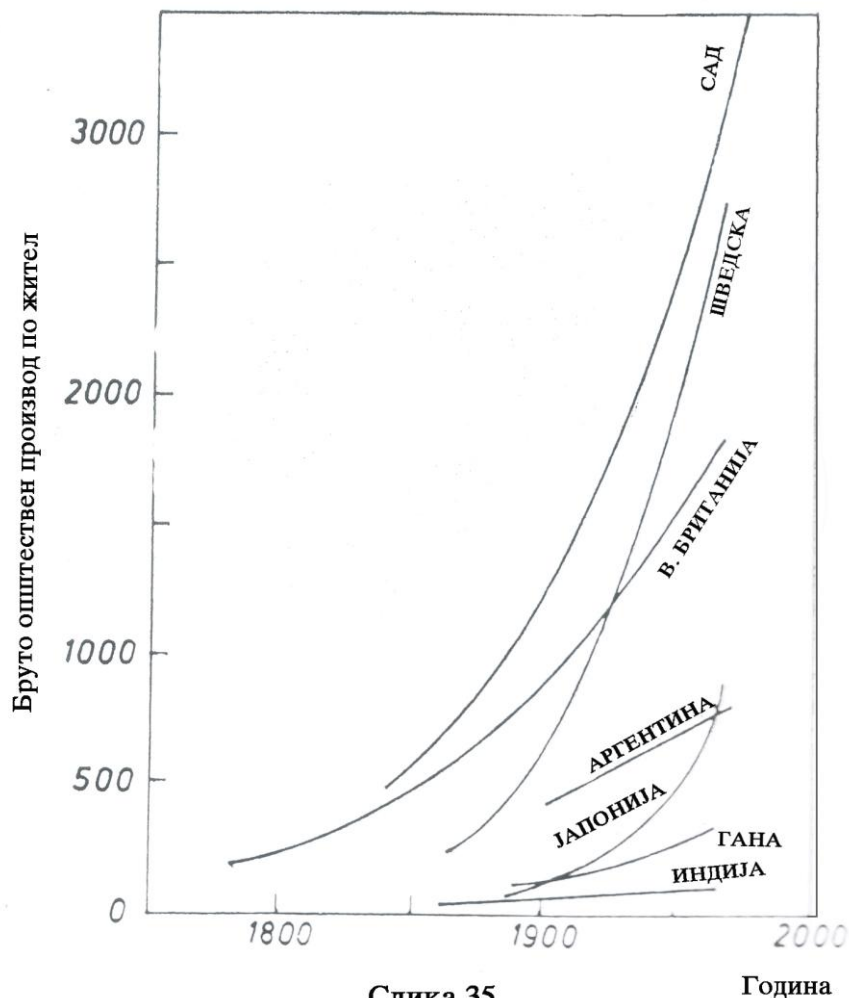


Слика 34.

Благодареејќи на се подобрите услови на животот стапката на умирање побргу опаѓала во однос на стапката на раѓање. Со оваа тенденција се продолжува до изедначувањето на овие стапки, кога би требало да дојде до рамнотежна состојба. Но, на стапката на умирањето делува и негативен спој: човековото дејствување на околината која е негов извор на суровина и храна, тој во исто време се повеќе ја менува исцрпувајќи ја и загадувајќи ја. Поради тоа може да се случи стапката на смртноста да почне да расте, а воедно стапката на порастот на бројот на жителите да стане негативна. Човекот ќе мора што побргу да се прилагоди на новите услови за опстанок на земјата кои му се наметнуваат: постојаната и општата грижа за ресурсите, личната потрошувачка, порастот на бројот по жител и загадувањето на околината, за разлика од однесувањето во текот на долгата историја на животот на земјата кога за овие работи воопшто не се водело сметка. Ако човекот не успее во ова, засега не е можно да се предвиди ништо друго освен катастрофално опаѓање на бројот на жителите и сиромаштија. До вакви заклучоци се доаѓа ако се има во предвид дека се познати необновливите ресурсни суровини и изворите на слатките води на земјата ги има во ограничени обеми, а посебно орабатливата површина. Меѓутоа мора да се верува во човековата имагинација и виталност и надеж дека благовремено ќе бидат откриени начини на експлоатација на ресурсите кои на современата нова технологија не се достапни, како и да се најдат начините за користење на овие суровини кои денес сеуште не ги користиме.

На сликата 35 ни е покажано дека бруто општествениот производ во целиот свет расте поради позитивните повратни напони кои преовладуваат помеѓу овој пораст и системските усмерувања на општествата да произведуваат се повеќе, сразмерно со достигнатото ниво материјални бази. (Спореди: степен на репродуктивноста, равенката (32)). Кај земјите со низок BDP/ST ова усмерување е мотивирано од желбата да

се подигне нискиот животен стандард, а кај земјите со висок BDP/ST настојуваат да бидат што побогати. За жал, дел поради нискиот BDP/ST во некои земји, а дел поради стапката на раѓањето која во овие земји е висока (слика 31), стапката на порастот BDP/ST е најчесто недоволна да овие земји можат да остварат напредок (слика 29), тие разлики се помеѓу високо развиените и еден дел земји во развој на експоненцијалното продлабочување. Бидејќи бруто општествените производи директно се пропорционално потрошувачки необновливи, минералните сировини и бруто потрошената енергија, потрошената енергија и необновливите сировини во светот мора да растат експоненцијално. Причината лежи во повратната врска која преовладува помеѓу вкупниот пораст на потрошувачката и порастот на бројот на жителите, а посебно заради забрзаниот пораст на потрошувачките добра по жител (пораст на стандардот). Бидејќи енергетските ресурси се во најголем дел исцрпливи, произлегува дека првостепените општествени грижи треба да настојуваат да брзината со која ресурсите се исцрпуваат стојат во разумни односи со брзината со која новите извори се откриваат и оспособуваат за експлоатација.



Слика 35

Година

Очигледно, одржувањето на овој однос значи *управување со должината на траењето на ресурсите*, така да тоа е едно од прашањата на глобалниот опстанок. Меѓутоа, со оглед на брзината на исцрпување на ресурсите расте експоненцијално, новите ресурси исто така би морале да се оспособат со експоненцијален пораст на брзината. Таквиот тек на работите мора да има свој дефинитивен крај, кој сигурно се приближува исто така до експоненцијалниот пораст на брзината. Ваквото расудување непосредно се става на испит на концепцијата на постојан и општ раст како трајни општествени определувања.

10.3. ЕНЕРГИЈАТА И ЖИВОТНАТА СРЕДИНА

Животната средина е четворофазен систем кој го сочинуваат атмосферата (воздушната обвивка на Земјата), хидросферата (водената обвивка), литосферата (Земјената површина и кората) и биосферата (животинскиот и растителниот свет). Производството и користењето на енергијата влијаат на животната средина. Така со производството и согорувањето на фосилите и нуклеарните горива се менуваат составот и чистотата на природните води, се исцрпуваат минералните ресурси, ја оштетуваат или намалуваат култивираната површина, а преку наведените дејствија негативно се влијае на растителниот и животинскиот свет и предизвикуваат заболувања или генетски промени. Со овие проблеми науката се бави во последно време, а новите научни дисциплини (екологија, и др.) сеуште се на почетокот. Но, сепак тие се занимаваат со далеку поширока група прашања од областите на општото влијание на технологијата на животната средина, од кој само еден дел се однесува на енергијата.

До денес нема цврсти основи на кои би можеле да се извршуваат прецизни анализи на обемот, а особено на разните штетни влијанија. За сега внимание повеќе се обрнува да се дознае за обемот и разните ефекти произлезени од технологијата, и се врши споредување со чистата природа. Меѓутоа, квантитативните заклучоци за степенот на утврдените штетни промени по човековото здравје засега се во одредена мера шпекулативни, без цврсти научни докажувања, со исклучок на некои дејства за кои постои долго искуство или ефектите се очигледни.

10.3.1. АТМОСФЕРА

Под поимот чист природен воздух се подразбира смеса (волумен) 78,09% азот, 20,94% кислород, 0,93% аргон и 0,03% јаглероден диоксид, додека останатите 0,01% го соочуваат заедно: неон, хелиум, метан, криптон, водород, ксенон, азот-диоксид и озон. Во воздухот обично има водна пареа чија содржина варира. Секој воздух кој отстапува од овој состав претставува *загаден воздух*, а деловите од воздухот или гасовите кои предизвикуваат отстапување се нарекуваат *загадувачи*. Според дефиницијата на светската здравствена организација (WHO) воздухот е *истејно загаден* кога еден или повеќе загадувачи се наоѓаат во количина

која за доброто здравје на луѓето, животните и растенијата е штетна или предизвикува штети.

По обликот, аерозагадувањето може да биде физичко, хемиско, радиоактивно. *Физичкото аерозагадување* предизвикува прашина и пепел настанати при согорувањето на фосилните горива. Самата по себе, прашината во висока концентрација може да предизвика заболување на плуќата слично на силикоза. Во помала концентрација прашината допринесува зголемување на концентрацијата на бактериите во воздухот.

Хемиското аерозагадување го предизвикуваат гасовните продукти на согорените фосилни горива. *Јаглен моноксид* во концентрацијата поголема од 30 ppm²⁾ може да биде како штетен така и фатален за човекот и растенијата. *Сулфур диоксид* е штетен и предизвикува трајни оштетувања на здравјето. Концентрацијата во воздухот зависи од воздушниот притисок и атмосферската прилика. *Азотните гасови* се наоѓаат во издувните гасови на автомобилските мотори и премногу се штетни за здравјето. *Амонјак* настанува при работа на гасогенераторот и коксарата. Кај луѓето и животните предизвикува опасно оштетување на дишните патишта. *Сулфур водород* настанува во коксарите, гасогенераторите, дестилирана инсталација и во рафинериите. Кај луѓето предизвикува оштетување на мозокот. *Параиња од каираноил и бишуменоил* се штетни за здравјето, особено предизвикуваат рак.

Посебни облици на аерозагадувањето во енергијата се големите количини *јаглероден диоксид* кој настанува со согорувањето на фосилните горива. Брзината со која овој гас настанува потпомогната е од океаните и растителниот свет кој го апсорбираат или го асимилираат, така да концентрацијата во воздухот му се зголемува за околу 1.5ppm годишно, што значи дека во 2000 година концентрацијата CO₂ во воздухот ќе достигне 380ppm (денес 300ppm). Денес сеуште е неизвесно какви промени понатаму ќе предизвика, но се предупредува на последиците до кои би можело да дојде ако концентрацијата би се удвоила. Заради ефектите на стаклена градина може да дојде до зголемување на температурата на воздухот и површината на земјата и до делимично топење на ледните карпи на половите, што би предизвикало зголемување на нивото на морето и потопување на големите површини на копното.

Радиоактивното аерозагадување настанува во рудниците при работата на нуклеарните реактори, во фабриките за преработка на озрачетите нуклеарни горива, како и при согорување некои облици на јаглен во термоелектраните. Постои и потенцијална опасност од радиоактивното загадување при евентуалните оштетувања на нуклеарната инсталација, при транспортот на радиоактивните материјали или на инсталацијата за трајното сместување на радиоактивниот отпадок. Во случајот на нормалниот погон на нуклеарната индустрија, емисијата на радиоактивните загадувачи е сведена на законски минимум и стои под строга техничка и административна контрола. Во случај евентуално оштетување, сите нуклеарни индустрии се снабдени со заштитен уред и филтри, што оневозможува пробив на поголеми количини на радиоактивноста во околината.

За ефикасноста на претходно кажаното сведочи податокот од досегашното искуство на нуклеарните електрани и други нуклеарни индустрии. Бројот на оштетеното здравје по работник на 1 час во овие

инсталации е од 10-100 пати помала отколку во фабриките и другите технички погони од тредиционален тип. Да би се стекнала извесна представа за начинот на настанувањето и големината на радиоактивното загадување, треба да се има во предвид дека секоја нуклеарна електрана во нормалано работење испушта низ вентилацијата во атмосферата околу 10^{12} Вq во вид на некаква течност на радиоактивниот криптон во време на полураспад помеѓу неколку часа и 9,4 години. Ако се почувствува дека средната стапка на распаѓувањето на криптонот $\sigma_k=0,01$, а предпоставката дека со вклучувањето на нуклеарните електрани во светски електроуред ќе оди по стапката $\sigma_N=0,11$ (што одговара на двојната сила секоја 7^{ма} година), произлегува дека концентрацијата на радиоактивниот криптон во атмосферата ќе се зголеми експоненцијално, согласно равенката:

$$\frac{dK}{dt} = K(\sigma_N - \sigma_k)$$



За $K_0 \approx 10^{17}$ Вq (во 1980 год.), се добива:

$$K = 10^{17} \cdot e^{0,10(\theta - 1980)} \quad (\text{Вq})$$

(θ , календарска година) со помош на која може да се пресмета дека до крајот на милениумот ($\theta=2000$) количината на радиоактивниот криптон во атмосферата ќе достигне до $8,9 \cdot 10^{17}$ Вq. Денес се смета дека ефектот од ова загадување не е критично. За поткрепување на овој податок се наведува следниот податок. Денес од рак предизвикан од природната радиоактивност 20 до 1000 вкупно умрени од рак. До 2000 година природната радиоактивност ќе биде зголемена од радиоактивните загадувачи. Пресметувањата покажуваат дека тој број изумрени од рак ќе се зголеми од 20 на 21,5 на секој 1000 смртни случаи од рак. Но, сепак останува фактот дека нивото на радиоактивното загадување експоненцијално расте.

Што се однесува на обемот на радиоактивното аерозагадување, кое во атмосферата излегува од чадот на некои термоелектрани нема важни податоци, но се знае дека е прилично големо.

10.3.2. ХИДРОСФЕРА

Човековиот опстанок директно зависи од водата. Иако, 2/3 од површината на нашата планета ја сочинува водата, најголемиот дел (97,39%) е солена вода која во главно неможе да се користи во земјоделството, индустријата и во производството на електрична енергија. Останатите 2,01% е слатка вода замрзната на северниот пол. Практично од вкупната количина вода на земјата, на човекот му останува на располагање слатка вода само 0,61%. Најголемиот дел од овие води (93%)

ја сочинуваат поземната вода, околу 4,5% вода во реките и езерата, а остатокот од 2,5% е атмосферската вода.

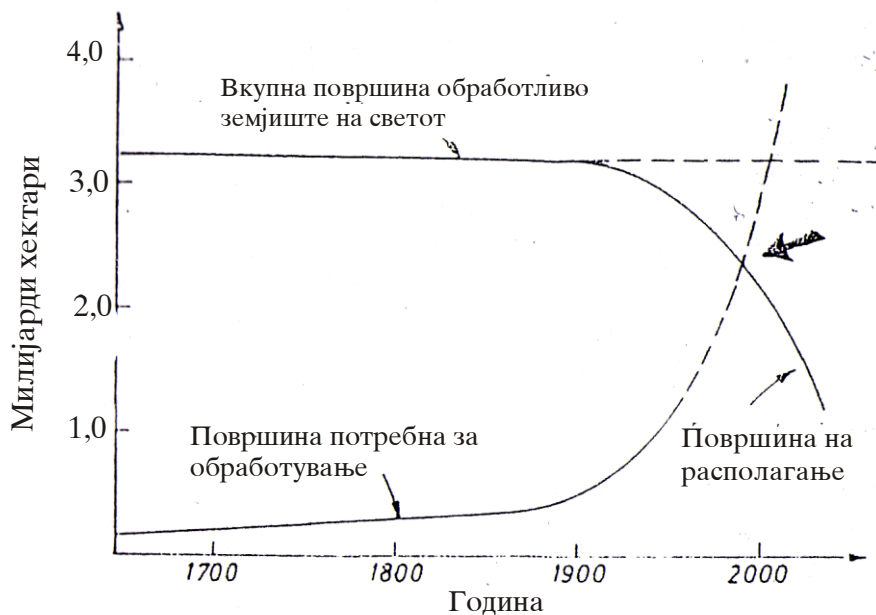
Според податоците на светската здравствена организација денес околу 130 милиони луѓе страдаат за вода за пиење и принудени се да пијат загадена вода. Овој број брзо се зголемува. Истото ова важи и за густо населените индустриски региони во Европа. Не постојат мерила за мерење на загаденоста на водата. Загадувањето може да биде механичко, хемиско, органско, топлотно и микробактериско. *Механичкото* е последица на цврстите отпадоци од индустријата и рудниците. Главниот ефект од ова загадување е намалувањето на сончевата енергија, што доведува до загрозување на флората и фауната. Освен тоа, доаѓа до чисто механичко оштетување на ткивото на рибата. *Хемиското загадување* го предизвикува индустријата која исфрла минерални и органски киселини и нивните соли, алкалии, метил, амонјак и неговите соединенија, феноли, крезол и цијаниди. *Органските загадувачи* не се јавуваат кај енергетските постројки. *Топлотното загадување* настанува при работата на термоелектраните на фосилни и нуклеарни горива. Конзумираната потрошувачка на овие уреди претставува извор на топлотни оптеретувања на реките и езерата или на воздухот, кога служат како топлотен понор. Ова може да доведе до лесни нарушувања на животните услови во водата, топлината пренесена во воздухот на територијата на големите градови може да предизвика метеоролошки аномалии. Со оглед да топлотното оптеретување експоненцијално расте, тоа може да предизвика озбилни климатски пореметувања во светски размери, бидејќи сигурно порано или подоцна ќе достигне обем кој може да се спореди со вкупната енергија која земјата ја прима од сонцето. Ова го потврдува примерот: во Лос Анџелес (САД) во која снагата на отпадната топлина која се предава на територијата на овој град од термоелектрични постројки веќе денес е на ниво од 5% од применета енергија од сонцето. Поради ова веќе се чувствува пореметувањето на локалната клима. Се очекува во 2000 година да отпадната топлина достигне 15% од сончева енергија.

10.3.3. ЛИТОСФЕРА

Промените кои човекот може да ги почувствува од литосферата можат да бидат од: физичка, хемиска и биохемиска природа. Повеќето од овие промени прават да земјиштето станува помалку употребливо. *Физичките промени* како последица од енергетиката опфаќаат: ерозии, обработка на земјиштето, урбанизација, изградуваат инфраструктура, зголемување на отпадоците и лизгање на земјиштето. Оштетување на површинскиот слој на земјата со разни технички зафати (градењето патишта, сечењето на шумите и др.) доведува до ерозија (поместување, оголување и потресување на терените) и оштетување на квалитетен површински слој. Најзначајни промени се предизвикани од урбанизацијата и изградбата на индустриски објекти (фабрики, рудници со површинска експлоатација, електрани, патишта, аеродроми, депонии, особено: сончеви и геотермални енергетски инсталации и електрани на ветер или бранови). Со тоа се покрива поголем дел од плодното земјиште и така се намалува расположливото земјиште за производство на храна. Овие две влијанија

предизвикуваат промена на земјиштето која се шири експоненцијално. Еднаш на таков начин уништена плодна земја мора покасно да се надокнади, што предизвикува огромна и долготрајни капитални вложувања. Овој процес за загрижувачкото намалување на расположливата земја за потреба на земјоделството прикажан е на сл. 36.

Под предпоставка дека по жител потребно е $0,4 \cdot 10^6 \text{ m}^2$ обработлива земја, порастот на потребната површина на земја за земјоделството проследува крива со експоненцијален пораст на жителите. Од друга страна, вкупно обработливо земјиште се намалува заради урбанизацијата и инфраструктурата, чии потреби растат исто така експоненцијално. Резултатот е: тотално исчезнување на обработливата земја. Сосема е сигурно дека мора да се менуваат некои технолошки како и светски економски предпоставки да би можеле да опстанеме на земјата. Посебен проблем предизвикан од инфраструктурата на земјата претставува таложењето на шљака и јаловина и уништувањето на површинскиот слој на најквалитетната земја на дневното копање на јаглен, потоа депониите на градските и индустриските отпадоци и најпосле појавата на лизгање на земјиштето кое настанува од отстранувањето на рудната маса, нафтата, гасот или подземната вода од длабоките слоеви од земјината кора.



Сл.36

Сепак, потребно е да се напомене дека поголем дел од наведените појави и загадувачи може радикално да се стават под контрола, под услов да се прифати соодветна материјална казна и спроведување строги мерки за заштита на околината. Само три вида: јаглероден диоксид, топлотното оптеретување и радиоактивното загадување се издвојуваат како најголеми загадувачи кои човекот ги предизвикува во животната средина, благодарейќи на експоненцијалниот пораст и што сеуште не се согледуваат патиштата за нивно радикално смалување.

11. РАЦИОНАЛНА УПОТРЕБА НА ЕНЕРГИЈАТА

Во глава 9 опишан е производниот циклус како репродукционен систем. Ако степенот на репродукција на системот е поголем, еднаков или помал од единица, системот расте, се наоѓа во стационарна состојба или опаѓа (деградира). Од аспект на односот спрема околината, системот може да биде во рамнотежа ($DPB=0$) или во нерамнотежна состојба ($DPB > 0$). Системот е стабилен кога имаме дефицит на платниот биланс $DPB \leq 0$, или е *дестабилизиран* кога $DPB > 0$.

Докажано е дека степенот на репродукција зависи од енергетската структура на системот (енергетски интензитет на производство). Тука ќе биде покажано како од енергетската структура зависи рамнотежната состојба на системот.

11.1. ПЛАТЕН БИЛАНС КАКО КРИТЕРИУМ НА СТАБИЛНОСТ

Вкупната маса на увезените суровини, материјали и роба дадена е со сума $\sum_1^n M_i$, а нејзината вредност е:

$$\sum_1^n M_i \cdot m_i$$

каде што m_i е цена на единечна маса. Покрај овој увоз, се увезува и одредена нето количина енергија (равенка 26).

$$NUVE = UVOE - IZVE$$

чија вредност е:

$$VNUE = UVOE \cdot e_n - IZVE \cdot e_i$$

Вкупната вредност на увозот е:

$$VUV = \sum_1^n M_i \cdot m_i + VNUE$$

Вредноста на вкупниот извоз е дадена со:

$$VIZ = (i \cdot v_i / \bar{v}) \cdot NRE_r = (i \cdot v_i / \bar{v}) \cdot n_R \cdot BRE_n$$

каде е: i - фракција на извозот,

v_i - просечна извозна цена

\bar{v} - просечна вредност на производство

Од равенката 10 со ова се добива изразот за *дефицит на платниот биланс*:

$$DPB = \sum_1^n M_i \cdot m_i + VNUE - i \cdot \eta_R \cdot \frac{v_i}{\bar{v}} \cdot BRE_n - (NDP - NDR)$$

Се гледа дека дефицитот на платниот биланс ќе биде толку помал колку што е:

- вредноста на увезените сировини, материјали и роба ниска;
- мала вредноста на нето увезената енергија;
- поголема фракција на извозот;
- поголем степен на искористеност на производниот циклус;
- односот на продажната цена и производните трошоци на извезената роба е поголем; и
- поголеми девизни приходи.

11.2 ОБЕЗБЕДУВАЊЕ НА СТАБИЛЕН ПОРАСТ

Ако почетната состојба на посматраниот систем е дестабилизирана, тогаш прво ќе мора да се утврди мерка која ќе го доведе системот во стабилна состојба, а потоа треба да се дефинира режим кој ќе го одржува во динамичка рамнотежа.

За прав избор на мерка која ќе го доведе системот во стабилна состојба потребно е да се познаваат причините кои го довеле до дестабилизација. Познавањето на промената на поедините параметри во тековниот период, паралелно со промената на платниот биланс и нето увозната енергија, во основа може да даде обилни информации од кои може да се утврдат споменатите причини. Поаѓајќи од ова, може да се изведат повеќе варијанти на стабилизација, а со меѓусебните споредбени ефекти, може да се изврши избор на најпогодните. Вакво споредување може да се изведе само на математички моделирани системи.

Под претпоставка дека непрекинатиот раст, од горе изведените формули (точка 11.1.) може да се утврди потребниот тренд на промени на поедините параметри. Подолу се системски изложени мерките со кои може да се обезбеди стабилен раст.

Економските мерки опфаќаат поголемо учество на домашните сировини во процесот на производство, и поголем извоз. Техничките и инвестиционо-планските мерки опфаќаат минимален нето увоз на енергија.

11.2.1 ЗГОЛЕМЕНО УЧЕСТВО НА ДОМАШНИТЕ СУРОВИНИ

Со диференцирање на изразот за вкупната вредност на робата (равенка 21) се добива:

$$\frac{dBRE_n}{BRE_n} = \alpha \frac{dM_o}{M_o} + (1 - \alpha) \frac{dM}{M},$$

каде што е:

$$\alpha = \frac{M_o B_o}{BRE_n} < 1,$$

однос на вредноста на производството од домашни сировини и вкупното производство.

Се гледа дека за дадена стапка на репродукција $dBRE_n/BRE_n=r$ и стапката на пораст на производството од домашни суровини:

$$dM_0/M_0 > r,$$

увозниот раст тече споро:

$$\bar{dM}/\bar{M} < r,$$

така што поголемата ориентираност на домашните суровини само по себе делува во насока на стабилно стопанисување. Меѓутоа, со обзир да процесот на преориентирање бара соодветни инвестициони вложувања, порастот на увозот во текот на тој процес мора да биде сразмерно брз, што привремено може да ја смали позитивната последица на преориентација.

11.2.2 ЗГОЛЕМУВАЊЕ НА ИЗВОЗОТ

Под зголемување на извозот (зголемување на фракцијата на извозот и) се подразбира одбирање на погодни извозни артикли и нивно комерцијално насочување кон извоз. Под погодни артикли се подразбираат артикли за кои производните трошоци \bar{v} ќе бидат помали од продажната цена v_i на светскиот пазар. Оваа мерка радикално и непосредно делува на смалување на платниот дефицит.

11.2.3 НАМАЛУВАЊЕ НА НЕТО УВОЗНА ЕНЕРГИЈА

Смалувањето на вкупната нето увозна енергија може да се оствари со зголемување на учеството на домашните енергетски ресурси и смалување на вкупната потрошувачка. Смалувањето на вкупната потрошувачка се остварува со примена на следниве технички мерки:

(а) Зголемување на степенот на искористување на уредите;

Се остварува со усовршување на уредите во сите процеси на производство, преноси и дистрибуција на енергијата.

(б) Смалување на специфичната потрошена енергија;

Се остварува со усовршување на производниот процес и процесната опрема во производството, транспортот и со трајна употреба на суровини, материјали и роба.

Мерките наведени под (а) и (б) се од техничка природа и се однесуваат на систем кој што е недостапен за какви било централизирани акции. Покренувањето на локални иницијативи за примена на овие мерки може да се стимулира само преку цената на енергетскиот систем, доприносот, техничките регулативи и со пропаганда.

(с) *Промена на структурата на производните програми;*

Смалување на вкупната потрошена енергија може да се постигне со измена на производната структура која ќе доведе до зголемување на производните процеси. Имајќи ја во предвид равенката 20 и дефиницијата на средниот енергетски интензитет се добива:

$$\frac{\sum_0^{n+1} Si \cdot Wi}{\sum_0^{n+1} Si \cdot Ei} = \frac{1}{SEI} - 1$$

Се гледа дека при избор на производствената програма ориентацијата треба да биде на роба со што понизок енергетски интензитет. По правило, производите со низок енергетски интензитет се производи на високо ниво на преработка и високо технолошко ниво.

(д) *Избор на оптимални видови на енергија;*

Процесот на произведената и потрошената енергија во состав на производниот циклус, се состои од:

- повисоки енергетски ресурси;
- производство на неколку видови примарна енергија, со примена на повеќе постапки;
- конверзија на примарната енергија во повеќе секундарни видови, со примена на повеќе постапки;
- пренос и дистрибуција на разни видови енергија до местото на потрошувачка, со различни сретства и патишта;
- многубројни и разнолиични места на корисна употреба од кои секое поседува одредена слобода и избор на вид на енергија;

Очигледно е дека овој процес, поради својата сложеност во целина може да биде реализиран на многу различни начини со комбинација на многубројни патишта.

Секој поединечен пат со кој може да се оствари иста цел е карактеристичен по потрошувачката на одреден вид примарна енергија и по одредени трошоци. Затоа иста вкупна цел може да се оствари со различни количини и видови енергија и во различни вкупни трошоци. Спрема тоа, вкупната производна и потрошна енергија е подложна на одредени комбинации на поедини процеси на производство и потрошувачка која оптимално ги задоволува однапред поставените критериуми.

Историски, овој процес до неодамна не бил предмет ни на рационална анализа, ни на оптимизација и усмерување. Дури во поново време, под притисок на настанатите проблеми поради се потешките услови за снабдување со ефтина енергија, овој процес интензивно се проучувал со цел да се “ внесе ред ” во системот на производство и потрошувачка и со тоа да се отклонат, или бар да се одложат, тешките последици до кои може да се дојде, со обзир да енергетските ресурси брзо

се исцрпуваат во реоните за кои се смета дека се најбогати и во кои експлоатацијата е најразвиена.

Математичкиот модел во комплексната енергетика служи за избор на оптималните комбинации на примарните ресурси и за одредени видови на финална енергија со цел да се задоволат корисниците. Тие се почесто служат како помошни инструменти при анализа или при проекциониот развој.

Тие се засниваат на подолу опишаниот механизам на билансирање и оптимизација, со примена на методот на линеарно програмирање.

На слика 37 е прикажана шема на текови на енергијата од различни ресурси ($k=1,2,3,\dots,K$), преку разни видови секундарна енергија ($m=1,2,3,\dots,M$), до корисна потрошувачка во различните групи на потрошувачи ($n=1,2,3,\dots,N$).

Поаѓајќи од корисната потрошена енергија за секоја карактеристична група на потрошувачи D_n , се доаѓа до збирна потреба на секундарна енергија по видови (m):

$$| S_n = \frac{D_n}{\eta_{nm} \cdot d_{mn}} |_m,$$

односно до збирна вредност на енергијата по видови (m):

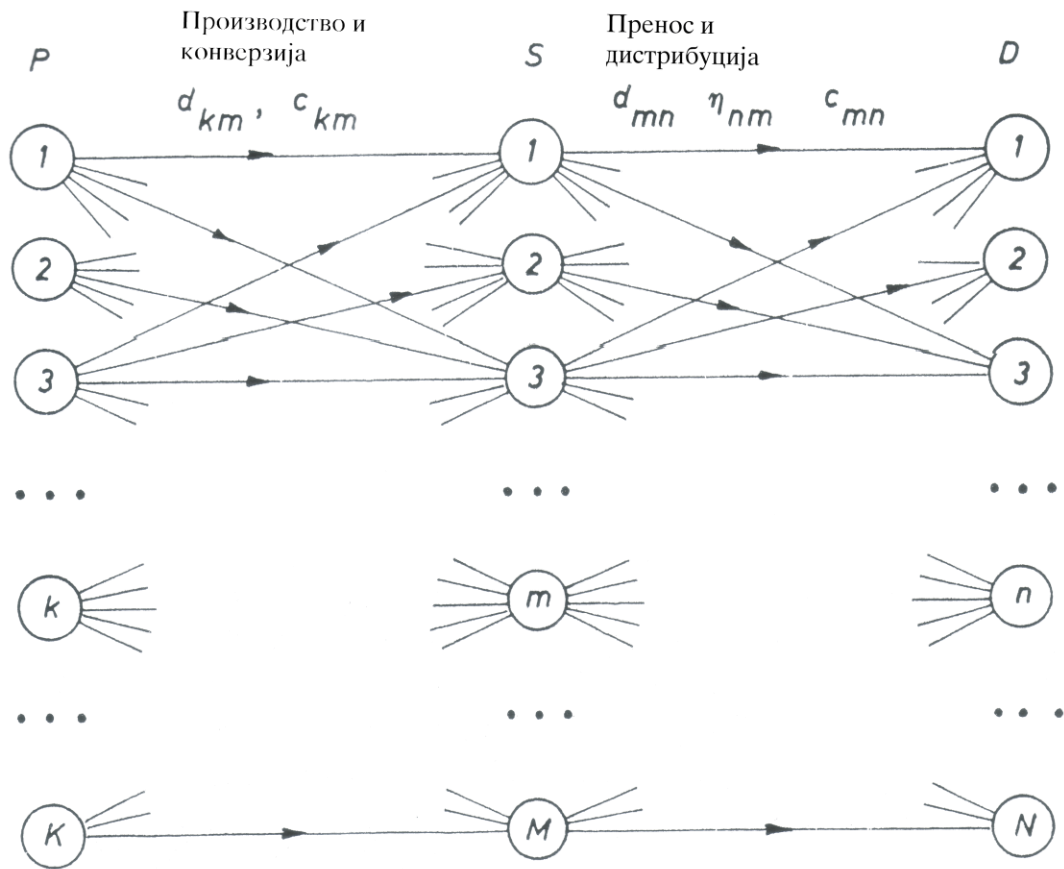
$$| C_n = D_n \frac{C_{mn}}{\eta_{nm} \cdot d_{mn}} |_m$$

Во секој збир m секоја група на потрошувачи n може да се идентификува со минимална количина односно минимална вредност на потребната секундарна енергија:

$$(S_{nm})_{\min} \text{ односно } (C_{nm})_{\min}$$

Од овие величини се формираат две матрици со колони m и редови n и се врши собирање на колоните. Така за секој вид на секундарна енергија се добиваат вкупните потреби (по количина, односно по вредности):

$$S_m = \sum_{n=1}^N (S_{nm})_{\min} \text{ односно } C_m = \sum_{n=1}^N (C_{nm})_{\min}$$



Слика 37

P_k , Примарна енергија (по ресурси $k=1,2,3\dots K$)

S_m , Секундарна енергија (по видови $m=1,2,3\dots M$)

D_n , Корисна потрошувачка (по групи на потрошувачите $n=1,2,3\dots N$)

e_{km} , Цена на секундарната енергија

e_{mn} , Цена на финалната енергија

d_{km} , Степен на искористување при производство и конверзија

d_{mn} , Степен на искористување при пренос и дистрибуција

η_{nm} , Степен на корисност на финалната потрошувачка

Сега со помош на S_m односно C_m како влезни величини, за секој вид енергија (m) се одредува збирна потреба на примарната енергија по ресурси k :

$$| P_m = \frac{S_m}{d_{km}} |_k \quad \text{односно} \quad | T_m = S_m \frac{C_{km}}{d_{km}} |_k$$

Во секој збир (k) секој вид енергија (m) се идентификува со минимална величина (по количина, односно по вредности):

$$(P_{mk})_{\min} \quad \text{односно} \quad (T_{mk})_{\min}$$

После формирање матрица со редови m и колони k , со собирање на колони за секој ресурс се добива вкупната потребна примарна енергија (по количина, односно по вредности):

$$P_k = \sum_{m=1}^M (P_{mk})_{\min} \quad \text{односно} \quad T_k = \sum_{m=1}^M (T_{mk})_{\min}$$

Однапред мора да се постават физички (или други) ограничување за S_m и P_k (минимални и максимални можни или договорени големини). Ваквиот модел овозможува да се, при проектирање на развојот или при воведување на нови видови енергија, во моделот да се внесе и инвестицијата која го прати ваквиот потфат, така да оптимизацијата може да се спроведе и по критериум на минимална инвестиција.

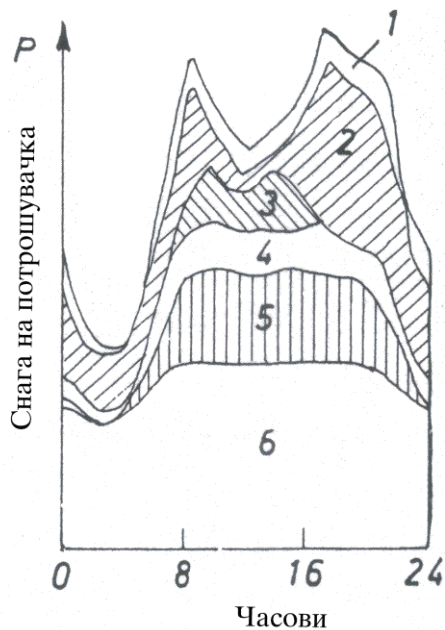
11.3 НЕКОИ МЕТОДИ НА ШТЕДЕЊЕ РАБОТА И ЕНЕРГИЈА

Под штедење се подразбира помали работни трошоци и енергија за исти корисни ефекти. Тука ќе бидат опишани неколку основни методи за смалување на губитоците на енергија и трошоците на производството (сфатени како еквивалент вредности на работа и енергија) во процесот на производство.

11.3.1 СМАЛУВАЊЕ НА ТРОШОЦИТЕ НА ПРОИЗВОДСТВО НА ЕЛЕКТРО-ЕНЕРГЕТСКИОТ СИСТЕМ

Во врска со сезонската промена на климата и периодичната промена ден и ноќ, потрошувачката на електрична енергија е нерамномерна. Оваа нерамномерност е квази-периодична и за секоја област се утврдува среден дијаграм на потрошувачка (дневен, месечен и годишен) врз база на повеќегодишна анализа на потрошувачката. Овие дијаграми се подложни на спора промена поради вкупниот пораст на потрошувачката кој е пратен и со измена на структурата на

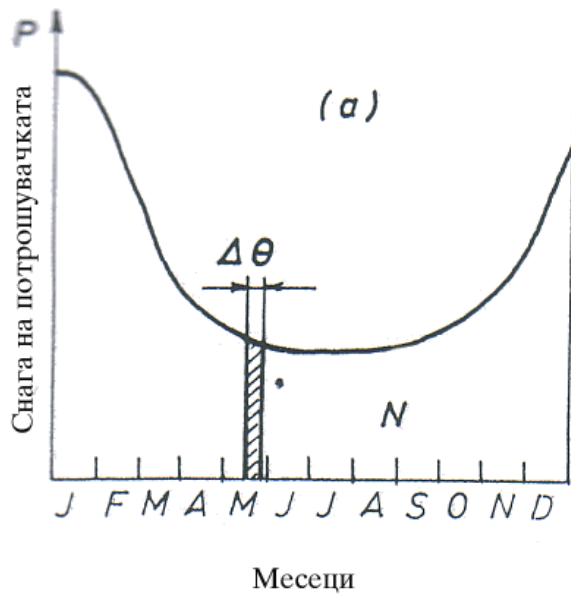
потрошувачите. На сликите 38 и 39 се прикажани типични дневни и годишни графיקони на потрошувачка. Ако енергетскиот систем се снабдува претежно од хидроелектраните, значајно е тоа што графיקот на расположливата хидро механичка енергија во текот на годината најчесто ќе нема подеднаков тек со графיקот на потрошувачка: обично потрошувачката е најголема кога има најмалку вода. Поради тоа снагата на хидроелектраните се бира спрема средниот водостој, а вишокот вода се акумулира во хидроакумулација да би се искористил во периодот на самалениот водостој. Разликата помеѓу потребната и произведената енергија од хидроелектрана се покрива од други извори на енергија, најчесто од термоелектрана и нулеарна електрана.



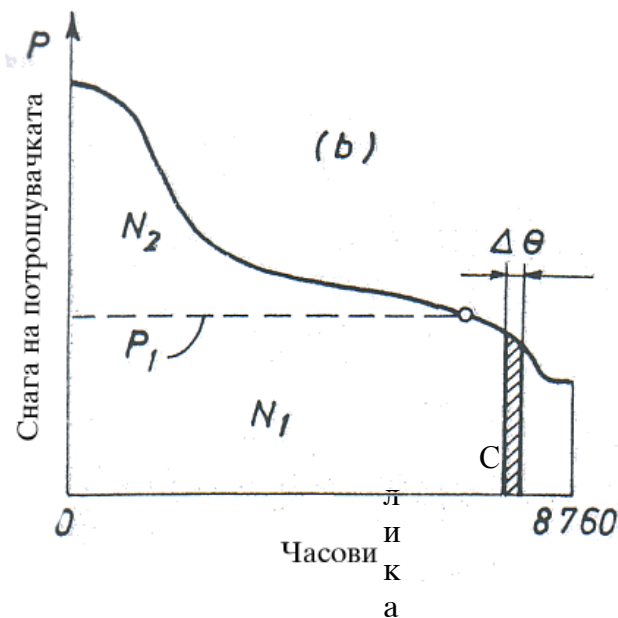
Структура на потрошувачката:

1. Сопствена потрошувачка на електраната
2. Домаќинства и комунална потрошувачка
3. Потрошувачка од една смена
4. Електрифициран транспорт
5. Потрошувачка од две смени
6. Потрошувачка од три смени

Слика 38 Графикон на дневна потрошувачка на електрична енергија



Графикон на годишна потрошувачка на електрична енергија



Карактеристика на снагата на потрошувачката по траење
 $N=N_1+N_2$

Слика 39

Секоја електрана што во периодот на експлоатацијата работи со променлива снага, во зависност од потребата и техничките можности, во текот на извесен период ќе биде надвор од погон. Тоа е *период на иланиран засиој* кој е предвиден за вршење на некој технички промени (ремонт, реконструкција), или *неиланиран засиој* поради дефект. Под поимот *расположлива електрана* се подразбира односот:

$$n_A = \frac{8760 - (\text{број на работни часови во текот на година})}{8760}$$

при што може да се врши и поделба на планирана и непланирана расположивост.

Од друга страна, вкупната потрошувачка во текот на цела година е:

$$N = \int_0^{8760} P(\Theta) \cdot d\Theta = \bar{P} \int_0^{8760} d\Theta = 8760 \cdot \bar{P}$$

каде што $P(\Theta)$, е снага на електраната во тек на времето. Односот помеѓу средната снага \bar{P} и номиналната снага на електраната P се нарекува *фактор на оптеретување*:

$$\eta_L = \frac{\bar{P}}{P}$$

Мора да биде $\eta_L < \eta_A$. Во изразот за вкупно производство се заменува $\bar{P} = \eta_L \cdot P$ и се добива:

$$N = 8760 \cdot \eta_L \cdot P = \bar{\Theta} \cdot P$$

Големината $\bar{\Theta} = \eta_L \cdot 8760$ се нарекува *годишна искористеност на електраната*.

Трошоците за производство на 1киловат час се :

$$C = \frac{k \cdot K' + TR}{\eta_L \cdot 8760} + \frac{C_g}{\eta_e B} \quad \left(\frac{din}{kWh} \right)$$

Каде што е:

k -повратен капитал

K' -висина на инвестиција по единица номинална снага на електраната $\left(\frac{din}{kW} \right)$

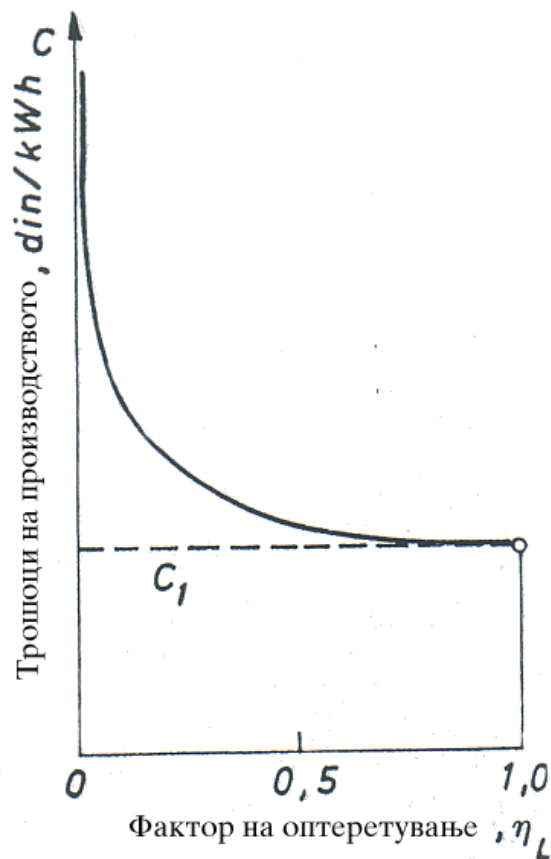
TR -годишни трошоци $\left(\frac{din}{kW} \right)$

C_g -единечна цена на гориво $\left(\frac{din}{kg} \right)$

η_e -степен на корисност

B -топлинска моќ на горивото $\left(\frac{kWh}{kg} \right)$

Се гледа дека трошоците на еден киловат час зависат од факторот на оптеретување на електраната η_L (слика 40). Затоа треба годишното оптеретување на електраната да биде што поголемо. Меѓутоа, ова не е секогаш оправдано во систем од повеќе електрани кои снабдуваат одредена област. Ова ќе биде објаснето на следниов пример. Група електрани снабдува област чија што крива на потрошувачка е прикажана на слика 39_a.



Слика 40

Потрошувачката N_1 овозможува производство на група електрани кои носат основно оптеретување и чии средни $(\eta_L)_{\max}$ се бираат на горна граница на техничките можности. Номиналната снага кај овие основни електрани е:

$$P_1 = \frac{N_1}{8760(\eta_L)_{\max}}$$

Потрошувачката N_2 овозможува производство на преостаната група на електрани во системот. Овие електрани неможат да работат со максимално оптеретување затоа што тие се вклучени само кога потрошувачката во системот е поголема од номиналната моќ на основните електрани. Номиналната моќ на оваа група вршни електрани мора да биде:

$$P_2 = P - P_1$$

Оваа крива на потрошувачка најнапред треба да се трансформира во карактеристика на снагата на потрошувачката по време, прикажана на сликата 39б. Оваа карактеристика се добива така што графикот на потрошувачката се дели на правоаголници со еднакви основи $\Delta\Theta$, па се редат по висина почнувајќи од највисокиот. Површината под карактеристиката на потрошената снага е еднаква со површината под графикот на потрошувачка и одговара на вкупната годишна потрошувачка (=производство) N . Хоризонталната права во дијаграмот на потрошувачката која поминува низ точката P_1 , ја дели годишната потрошувачка на два нееднакви дела $N_1 \neq N_2$:

$$N = N_1 + N_2$$

Каде што P е максимална моќност (која се одредува од карактеристиката на снагата на потрошувачката за $\Theta=0$), средниот фактор на оптеретување е:

$$\bar{\eta}_L = \frac{N_2}{8760 \cdot P_2} < (\eta_L)_{\max}$$

Корист од ваквата поделба може да се оствари само ако е задоволено равенството:

$$N_1 \cdot C_1 + N_2 \cdot C_2 < N \cdot C,$$

Каде што C_1 се отчитува од сликата 40 кај $(\eta_L)_{\max}$, C_2 кај $\bar{\eta}_L$, а C кај:

$$\bar{\eta}_L = \frac{N}{8760 \cdot P},$$

Тука е претпоставено дека секоја електрана во системот е од ист тип и има иста моќност. Ако тие се различни може да се оствари понатамошна корист.

За анализа на оваа ситуација, која одговара на она што стварно се случува во пракса, потребно е да се дефинираат *карактеристиките на електраната*.

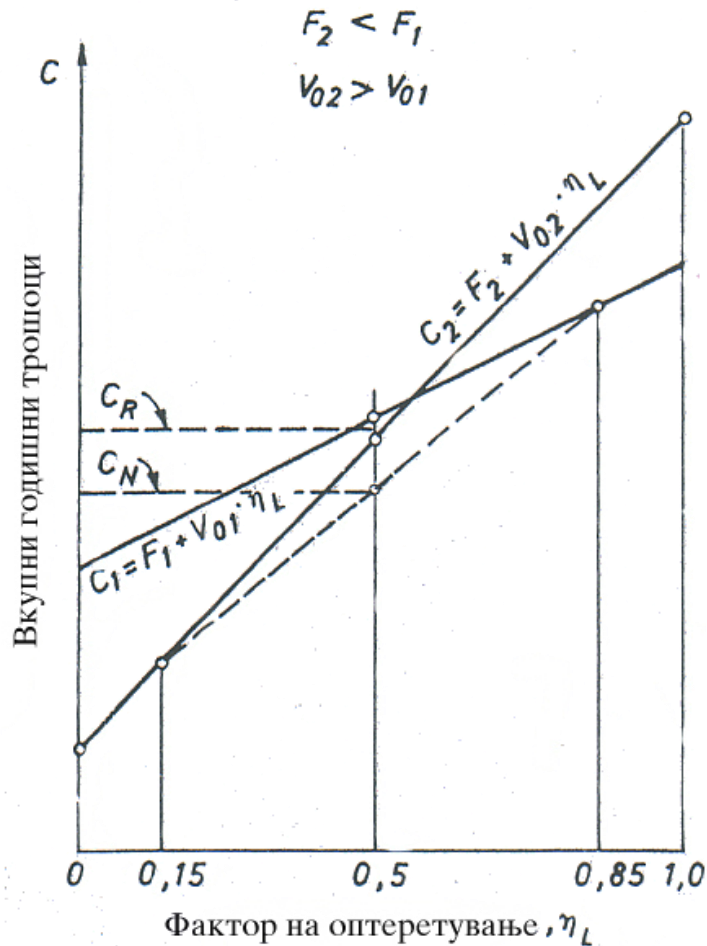
Вкупните годишни трошоци на производство се дадени со следниот израз:

$$C = (k \cdot K' + TR) + (8760 \cdot \frac{c_g}{\eta_e B}) \cdot \eta_L$$

Изразот $F = k \cdot K' + TR$ претставува *фиксен трошок*, а $V = 8760 \cdot (c_g / \eta_e B) \cdot \eta_L = V_o \cdot \eta_L$, *променливи трошоци*. Со ова за секоја електрана може да се прикаже карактеристична права во дијаграмот (C, η_L) на слика 41. *Карактеристиките на електраната* покажуваат дека сите типови на електрани може да се сврстат во две основни групи:

- (1) Електрани со високо F и ниско V_o (хидро и нуклеарни електрани);
- (2) Електрани со ниско F и високо V_o (термоелектрани, посебно термоелектрани на течни и гасовити горива, а нарочно термоелектрани со гасни турбини).

Претпоставуваме дека моќноста на системот сме ја поделиле на два еднакви дела ($N_1 = N_2$) од кој едниот држи електрани од прва група, а другиот од втора група. Ако секоја група електрани повремено покрива 50% вкупна потрошувачка, годишните трошоци на производните системи ќе бидат C_R (слика 41).



Слика 41

Ако првата група електрани прифаќа 85%, а другата 15% оптеретување, годишните трошоци ќе бидат $C_N < C_R$. Се гледа дека во интерес е двете електрани да работат со нееднакво оптеретување, а доходот да се пресметува према вкупните ефекти. Доколку секоја електрана за себе пресметува доход на основа сопствен фактор оптеретувања може да настапат два случаи: нерамномерно оптеретување на едната електрана ќе ја доведе во неповолна положба во однос на другата, или со рамномерно оптеретување двете ќе имаат подеднаков доход. Меѓутоа, овој доход ќе биде понизок отколку во случај на пресметување спрема вкупните ефекти, при работа со нееднакви оптеретувања. Рационално вклопување во системот во пракса е далеку посложен проблем од тоа што е прикажано во овој упростен пример. За решавање на овој проблем во пракса постои диспечерски центар во кој со помош на симулаторен систем од час во час се утврдува оптималното оптеретување со кое секоја поединечна електрана треба да работи, да се намалат производните трошоци. Ако пресметката на доходот на поединечна електрана во системот не е на база на вкупниот ефект на системот, ваквите диспечерски центри

имаат далеку поскупувања улога: тие вршат само тенитчки управувања, да би производството во целост одговара на потрошувачката во настојување да сите електрано во текот на годината по можност да остварат подеднаков фактор на оптеретување. Економскиот ефект мора да биде понизок во однос на вкупниот ефект, на штета на потрошувачите.

11.3.2 ИЗРАМНУВАЊЕ НА ГРАФИКОТ НА ПОТРОШУВАЧКА

Структурата на електраните во системот често не одговараат на оптималните услови опишани во претходната точка. Затоа со регулирање на производството на енергијата неизбежно мора да се врши смалување на годишното оптеретување и оние типови на електрани во системот чии што трошоци на производство поради тоа стануваат релативно високи (хидроелектрани, нуклеарни електрани), а со тоа и средните трошоци за производство на енергијата во системот растат. За да се отстрани оваа штетна појава се преоѓа кон израмнување на дијаграмот на потрошувачката така што острите врвови се сузбиваат со организациони и стимулативни мерки. Така со помош на системите на различни продажни цени на електричната енергија и со примена на двотарифни броила се стимулира што порамномерна моќ на потрошувачка во текот на денот (дневна и ноќна цена) и во текот на годината (зимска и летна цена), потоа се бенифицира однапред договорена потрошувачка со големите потрошувачи како би можело оптимално да се планира работата на поедини електрани во системот, потоа се стимулира работниот циклус во индустријата да е во две и три смени и сл.

11.3.3 АКУМУЛИРАЊЕ НА ЕНЕРГИЈА

Со израмнување на графикот на потрошената електрична енергија може да се намалат само особено изразените краткотрајни врвови. Основните варијации на потрошувачката помеѓу денот и ноќта, односно помеѓу летниот и зимскиот период со мерките од претходната точка не можат потполно да се отстранат. Тука треба да се додаде и тоа да временскиот тек на потрошувачката најчесто не се поклопува со тековната расположлива хидромеханичка енергија и други временски променливи природни извори: вода, сонце и ветер. Обично има кога потребите за електрична енергија се најголеми (зима). Поради тоа се прибеѓнува кон акумулирање на енергија со што би требало, за разлика од израмнување на графикот на потрошувачката, да се оствари израмнување на графикот на производството. Очигледно со успешните решенија за акумулирање на енергијата на големите капацитети графикот на производството може идеално да биде израмнет, додека за возврат потрошувачката идеално може да биде задоволена без потребните нејзини принудни израмнувања. Од ова се гледа дека акумулирањето на енергија е проблем од првостепено значење во енергетиката. За жал овој проблем до денес сеуште не е решен на задоволувачки начин. Постојат многу идеи за акумулирање на енергијата.

Хидроаккумуляција. Денес хидро и пумпните акумулации се економски оправдани и технички остварливи за акумулирање на енергијата во големите

енергетски системи. Хидроакумулацијата е вештачко езеро во висока речна котлина, направена со помош на брана која спречува природно течење на водата. Максималната геодетска висина на површината на езерото H_g е одредена со геодетската висина на дното H_d и висината на браната h_o .

$$H_g = H_d + h_o$$

Моменталната количина на вода во езерото зависи од неговата длабочина h и конфигурацијата на теренот:

$$V(h) = \int_0^h S(h) dh$$

Според тоа капацитетот на езерото е: $V_o = \int_0^{h_o} S(h) dh = S h_o$

каде што $S(h)$ е површина на езерото во функција од длабочината. Од нивото H_d спроведена е цевка до пониското ниво H_o каде што е поставена турбината. Речниот тек (извор) го менува протокот во текот на годината согласно на функцијата $Q(\Theta)$, така да средниот проток е:

$$\bar{Q} = \left(\frac{1}{\Theta_o}\right) \int_0^{\Theta_o} Q(\Theta) d\Theta$$

каде што $\Theta_o = 8760$ часови.

Номиналната моќ на електраната P_n е еднаква на максимум расположливата моќ на електраната $P_s(\Theta)$ во текот на годината. Функцијата P_s се одредува од следниот систем:

$$dV/d\Theta = Q(\Theta) - Q_o$$

$$P_s = (h + H_d - H_o) \eta_e Q_o \approx (kV + \Delta H) \eta_e Q_o ,$$

Каде што:

$V = V(\Theta)$, волумен на вода во акумулацијата, во функција од времето;

$Q_o = \bar{Q}$, проток на вода низ турбината;

$h = V/\bar{S} = k \cdot V$, длабочина на езерото во функција од времето.

За почетна количина на вода во езерото V_o имаме:

$$V(\Theta) = V_o + \int_0^{\Theta} Q(\Theta) d\Theta - Q_o \Theta$$

$$P_s(\Theta) = [k(V_o + \int_0^{\Theta} Q(\Theta) d\Theta - Q_o \Theta) + \Delta H] \eta_e Q_o$$

Од $dP_s/d\Theta = Q(\Theta_m) - Q_o = 0$, се добива Θ_m , па номиналната моќ на електранта е:

$$P_n = [k(V_o + \int_0^{\Theta_m} Q(\Theta) d\Theta - Q_o \Theta_m) + \Delta H] \eta_e Q_o,$$

а средната моќ:

$$\bar{P} = (1/\bar{\Theta}_o) \int_0^{\bar{\Theta}_o} P_n d\Theta, \text{ односно } \bar{\eta}_L = \bar{P}/\bar{P}_n$$

Во случај на посматраниот водотек ако не се користи хидроакумулацијата, номиналната моќ на електраната ќе биде:

$$P_n^* = Q_{\max}(H_d - H_o),$$

а средна $\bar{P}^* = Q(H_d - H_o)$, односно $\bar{\eta}_L = Q/Q_{\max}$. Со замена на бројни вредности се гледа дека секогаш е $P_n > P_n^*$ и $\eta_L > \eta_L^*$, на основа на што се заклучува потребата од примена на акумулација.

Горе наведениот статистчки податок за протокот во функција од време $Q(\Theta)$, на кој се темели цела анализа, секогаш не одговара на стварниот проток ниту пак стварната потрошувачка не одговара на расположливата моќ $P_s(\Theta)$, така да во пракса доаѓа до помало производство поради недостаток на вода во езерото или до губитоци на вода (преливања) кога езерото е полно, протокот е голем, а потрошувачката мала.

Пумпна акумулација - претставува независен систем за акумулација на енергијата. Тоа може да биде чекор кон зголемување на степенот на искористеност на хидромеханичката моќ, а исто така како и акумулатор за произведената електрична енергија во термоелектраната, сончевата електрана или др. Овој систем овозможува ефикасно да се покријат наглите врвови на потрошувачката, благодареејќи на акумулираната енергија во време кога потрошувачката била ниска. За таа цел сите расположливи производни капацитети во периодот на ниска потрошувачка се користат за пумпње вода во вештачко езеро кое се наоѓа на високо геодетско ниво. Во време кога потрошувачката го надминува капацитетот на производството, се уклучува резервната турбина која работи со акумулација на вода од езерото. Корисниот степен на ваквата акумулација е со снага од 0.66-0.70, што значи на секои 3 kWh потрошената електрична енергија за пумпање, дополнително добива околу 2 kWh при празнење на езерото. Многу често цената на вака добиената електрична енергија е пониска од цената која би се добила од гасните турбински електрани или термоелектраните на течно гориво.

Овој начин на акумулација може да биде оправдан во доста случаи, меѓутоа е ограничен бројот на локации погодни за негова примена, и тоа не само во поглед на конфигурацијата на теренот туку и во поглед на заштита на водостопанскиот режим, сигурноста и сл. Од овие причини корисниците на акумулираната енергија понекогаш се многу оддалечени од местото на акумулацијата и поради тоа се потребни големи инвестиции за пренос на енергијата. Овој начин на акумулација на енергијата е составен како од високи инвестиции така и од долго време за изградба.

Акумулација на компримиран воздух - За сега претставува само технолошка можност, а првата практична демонстрација на овој систем е реализирана од

неодамна. Гасно-турбинските електрани во електроенергетскиот систем обично служат за покривање на површинските оптеретувања. Кај стандардните гасни турбини воздухот се компримира и заедно со горивото се внесува во комора за согорување, а продуктите на согорувањето експандираат во гасната турбина произведувајќи механичка снага. Околу 2/3 од оваа снага се троши за погон на компресорот. Во случај системот да акумулира збиен воздух замислено е да заедничкото вратило на компресорот и гасната турбина наизменично да се спојува со електричниот генератор односно со електромоторот. Така, за време на ниска потрошувачка на системот, се прекинува доводот на гориво, вратилото се спојува со електромоторот кој погонска енергија добива од мрежа, а компримираниот воздух го испумпува во подземни резервоари. За време на висока потрошувачка на системот, турбината се активира со помош на компримираниот воздух од резервоарите и спојува со електрогенераторот. На овој начин целокупната снага на турбината (односно на генераторот) се предава во мрежа, бидејќи воздухот претходно е компримиран. Пресметките покажуваат дека на овој начин може да се произведе повеќе енергија по единица потрошено квалитетно гориво отколку при работа без акумулација. За сега стручните мислења околу корисноста на овој систем се разидуваат во проценката околу производните трошоци поради високата цена на подземните резервоари со компримиран воздух. По едни, поекономично е ако можат подземните резервоари да бидат природни, по другите меѓутоа постои сосема спротивно мислење, дека економично може да биде и ако тие подземни резервоари специјално се градат. Воздухот би морал да биде на притисок од 30-40 бари, а резервоарот на длабочина преку 300m.

Електрична батерија (акумулатор) - до денес сеуште не постои ни еден тип на батерија која би можела по особини и цена да конкурира на пумпната акумулација. Кога батериите би биле технички совршени би имале значајна предност во однос на хидроакмулацијата, затоа што произведуваат во модуларни единици па со монтажа во блокови може едноставно да се прилагодат за секаков капацитет и секогаш можат да се постават непосредно до потрошувачите.

Се верува да следниве особини на батериите ($\pm 10\%$) од техничка гледна точка биле применувани во пракса:

Специфична енергија	200 kWh/t
Специфична моќ	50 kWh/t
Век на траење	4 години
Број на полнења и празнење	1000
Корисен степен на полнење	70%

Со ваква акумулаторска станица со капацитет од 100 mWh би се заземал мал простор. За жал, оловните батерии кои денеска се употребуваат (пред се за автомобилите) ги немаат горните особини, а особено бројот на полнења и празнења им е помал па од таму помал е и нивниот век на траење.

Високотемпературните батерии се одликуваат со: ниска цена и подобри особини, а за изработка за истите се користат суровините кои ги има во изобилство. Името го добиле поради тоа што мора да се загреат, за да можат да работат. Два типа на овој вид батерии наскоро можат да ги достигнат потребните особини: литиум-сулфурна и натриум-сулфурна. Втората работи со течен натриум и електрода од сулфур. Клучниот дел на оваа батерија е електролит, познат по

името бета-алуминиум ($\text{Na}_2\text{O} \cdot 11\text{Al}_2\text{O}_3$) кој е фабрички патентиран. На температура помеѓу $300\text{-}350^\circ\text{C}$ електролитот станува проводен за јоните на натриум, а неговата синтеруванa керамичка структура ја прави оваа батерија конструктивно едноставна, бидејќи е самоносечка, механички отпорна и без губитоци. Развојот е толку унапреден да останале само уште неколку технички прашања (херметизација, долготрајност и прифатлива цена) па овој тип на батерии да биде способен за индустриска примена.

Литиум-сулфурната батерија се разликува од претходната по тоа што електролитот е некоја растопена литиумска сол и што работи на високи температури ($375\text{-}400^\circ\text{C}$), а теоретски има и подобри особини. Проблемите кои преостануваат да се решат се садот за електродата, корозија и херметизација.

Електричниот погон на автомобилите во една варијанта се заснова на батеријата, иако сеуште не е развиен ниеден тип на батерија која одговара за оваа примена. Денеска за таа цел сеуште се користат оловни батерии кои се краткотрајни, тешки и скапи и се применуваат само за специјална намена и со ограничен радиус на дејствување. Има обид за примена на натриум-сулфурната батерија за погон на шинските возила, но до денес без поголем успех. Се работи на развој на високо температурните литиумски батерии со позитивни електроди од телур-тетрахлорид (TeCl_4) за полон на вилушкарите за дигање, како и развој на цинк-хлорна батерија со електролит во воден раствор на цинк хлорид. Клучна технологија на овие батерии е тоа што хлорот кој настанува при полнење на батеријата се задржува во цврст хлор-хидрат ($\text{Cl}_2\cdot 6\text{H}_2\text{O}$), така да нема проблем со слободниот хлор. Во експерименталната фаза, оваа батерија е намената за погон на двотонски камиони. Нејзина негативна особина е тоа што неможе да се полни додека е во возилото.

Акумулирање на топлина. Топлината може да се акумулира на два начина: акумулирање на осетлива топлина и акумулирање на латентна топлина при промена на супстанците. Во првиот случај материјалот (акумулациона средина), технички е изолиран од околината, со доведување на топлината ќе се загрее, а акумулираната топлина покасно се користи како што загреаната материја се доведува во допир со некој флуид кој топлината ја пренесува до местото на употреба. На овој начин топлината може да се акумулира без поголеми губитоци само ако температурата на акумулаторот не е многу повисока од температурата на околината. Ова бара материјал со висок топлински капацитет и со голем волумен, а примена на акумулираната топлина е ограничена на нискотемпературните процеси. Најчесто за акумулатор на топлина се користи вода, подземни камења и течни метали (натриум). Доста расположливи топлотни акумулатори со мал капацитет се користат како електро-акумулациони печки за греење на станови. Акумулаторите се со прифатливи големина за сместување во станбени простори. Основен недостаток на топлотните акумулатори е големата зафатнина и нивното брзо ладење. За таа цел нека послужи податокот од една проектантска студија на сончева електрана во Калифорнија. Се гледа дека за десеточасовна акумулација на енергија потребно е $1\ 000\ 000\text{m}^3$ течен натриум. Поради тоа што за долг период на акумулирање овој начин е неприфатлив, сончевата електрана може да се користи само за дневно дополнување.

Другиот начин на топлотно акумулирање се заснова на користење на латентна топлина. Со помош на сончева топлина се топи одредена супстанца и се акумулира енергија. За поново да се добие осетлива топлина растопената супстанца се остава да се стврдне. Зафатнината на овој акумулатор е по единица акумулирана енергија е повеќепати помал од зафатнината на акумулаторот за осетлива топлина. До сега највеќе се работело на примена на Глауберова сол ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) како акумулациона супстанца, а во последно време и на еутектична смеса на соли натриум нитрат/ натриум хлорид. Во стручната литература се охрабрува и обидот за примена на полупроводник како акумулациона супстанција.

Во однос на водените акумулатори, зафатнината на акумулаторите на база на Глауберова сол е околу осум пати помала. Полнењето и празнењето на овие акумулатори се одвива на речиси константна температура, за разлика од широкиот распон на температури кај акумулаторите на осетлива топлина. Сепак, преостануваат да се решат уште доста проблеми пред да се применат: акумулационите супстанции се скапи и корозивни, бараат сместување во специјални контејнери, а посебен проблем претставува непостојност при термичко циклрање како и појава на висок степен на разладување. Треба да се укаже и на проблемите поврзани со преносот на топлината на работниот флуид. Поради сето ова не се очекува скоро примена на овие системи.

Меѓутоа, за примена во системите на греење на куќи се испитуваат илјада супстанции кои акумулираат топлина. Покрај Глауберовата сол, се пробува со натриум - тиосуфлат - пентахидрат ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), или со органските материи како што е парафинскиот восок. И покрај тоа што на ова прашање се работи долго време сеуште не се соопштени резултатите кои би ветувале негова практична примена.

Акумулација на параа. Постојат бројни други идеи за акумулација на топлотна енергија, од кои внимание привлекува предлогот да во периодите на ниска потрошувачка, пареата од котелот од термоелектраната да се акумулира под висок притисок во посебен воден резервоар или подземен котел. Во периодот на висока потрошувачка, од овој акумулатор би се, со намалување на притисокот, добила пара за погон на турбините.

Акумулација на синтетички гасови. Тука континуирана работа може да се оствари само под услов да производениот гас во периодот на ниска потрошувачка се акумулира под притисок во подземни стојалишта.

За жал, ниеден начин на акумулација на енергијата кој се темели на подземни стојалишта, а посебно под поголем притисок, до денес не е технолошки реализиран и економски оправдан.

Водород. Тој претставува светла визија за во иднина. За него се зборува како за универзален и идеален носител на енергија, со обзир да “водородниот циклус” не ја загадува природната средина, а транспортот на енергијата на големи растојанија е поефтин. Тој може да биде произведен со електролиза на водата и потоа се транспортира со цевки до потрошувачите или да се акумулира. При користење би служел како извор на топлина или за производство на електрицитет. При согорување настанува вода, што значи дека нема загадување на околината. Тој денес се применува за ограничени потреби за акумулација на енергија. Тој може да

се чува во метал. Ако под притисок дојде во допир со метална површина лесно продира во структурата на металите и гради метални хидриди. Испитани се бројни метали и за сега најдобра е легурата железо-титан (50/50%). Настанувањето на хидрати е егзотермна реакција, така да во фазата на акумулирање легурата мора да се лади. Кога се сака тој да биде слободен водород, металниот хидрид треба да се загрее. Температурата при која се одвиваат овие реакции е блиска со температурата на околината и лесно се остварува. Потешкотија е тоа што неговото претварање во електрицитет се остварува под неповолни услови т.е со степен на корисност под 40%. Затоа се работи на зголемување на степенот на корисно дејство за да може да достигне до 65%. Паралелно се работи и на гасна (“парна”) турбина на водород како гориво.

Замаец. Ќе бидат споменати уште две можности за акумулација на енергијата: акумулација на механичка енергија во замаецот и акумулација на електрична енергија во магнетски полиња. Принципот на акумулација на енергијата во замаецот одамна е применета во машинството. Примена на замаецот: кај клипни топлотни машини за извршување работа на компресија, кај главните циркулациони пумпи кај водоводните нуклеарни реактори за краткотрајно одржување на циркулацијата во случај на прекин при снабдување со енергија, за кочење кај тешките возила и за совладување на нагорнини, за погон на градските автобуси на одредени кратки релации и друго. Во последно време е зголемен интересот и се истражува можноста за изградба на суперзамаец кој би се одликувал со висок степен на корисност од (80-90%), со мала специфична зафатнина, со можност за поставување непосредно до потрошувачите, лесно се прилагодува за секој капацитет и голема брзина на полнење. Тој исто така не делува штетно и на околината. Неговата иднина зависи од развојот на композитните материјали со висока отпорност. Акумулационата енергија на замаецот е: $E=(1/2)I\omega^2$ (I-моментна инерција, ω -аголна фреквенција), а напрегањето на материјалите е пропорционално на оваа енергија. Некои нови материјали, пред се влакнести композитни материјали се одликуваат со изузетно високи механички својства и може да послужат за изработка на суперзамаец. Најголемо внимание привлекува замаецот кој би бил изработен од повеќе илјади тенки стапови ($\phi 12$ mm) долги околу 8 метри изработени од влакнести композитни материјали. Стаповите се радијално поставени во централното тело на замаецот во вид на кружни цилиндрични цевки со пречник 8m и висина околу 4 метри. На овој начин може максимално да се искористи надолжната јачина на овие стапови. До денес сеуште не е направен ниту еден суперзамаец. Се верува дека тоа е поради високата цена на композитните материјали и проблемот со сигурноста кој сеуште не е решен на задоволително ниво.

Магнетно поле. Енергијата може да биде магационирана во магнетно поле. Во традиционалниот електромагнет електричниот отпор предизвикува загуби поради Џулова топлина. Поради тоа намотките мора да се ладат, а изгубената топлина се надокнадува со непрекинато трошење на електрична енергија. Кога намотката не би пружила отпор на протекувањето на електричната струја т.е кога би бил супер проводен, тогаш еднаш внесената енергија би произвела одредено магнетно поле, а одредена количина на електрицитетот секогаш би кружела низ намотките и не би имало потреба од негово надополнување. На овој начин

енергијата во магнетното поле е пропорционална со квадратот на електричната струја во намотката. За користење, доволно е кратко да се спојат индукционите секундарни намотки поставени околу суперпроводен акумулационен намотај: акумулираната енергија постепено ќе се троши. Степенот на корисност на овој акумулатор би бил околу 95%.

Главен технички проблем се суперпроводните намотки кои денес се прават од композитни материјали врз база на титан и заради одржување на температура од 1,8 К (околу $-271,2^{\circ}\text{C}$). Сигурносен проблем претставува опасноста од нагло ослободување на акумулираната енергија во случај да откаже механизмот кој што ја остварува суперпроводноста. Постојат предлози за решавање на овој проблем, но сепак останува да се решат и низа други проблеми.

Во заклучокот на ова излагање може да се каже дека акумулирањето на големи количини енергија за сега е решено само на хидроакумулационен принцип и делумично на принцип на електрична батерија. Затоа може да се смета дека акумулирањето на електричната енергија, иако е еден од основните проблеми на енергетиката сеуште не е решено на задоволителен начин. Иако постојат голем број на идеи повеќето од нив сеуште не се ни одблизу остварени иако нудат идеално решение. Сепак се очекува до крајот на векот до 25% произведената електрична енергија да биде секогаш акумулирана и искористена подоцна. Затоа поедини капиталисти сметаат дека вложувањето во развој на технологијата за акумулирање на енергијата денес претставува една од најпогодните инвестиции во областа на енергетиката, бидејќи ризикот е многу мал во однос на можноста за профит.

12.ТЕРМИНОЛОГИЈА И ТИПОВИ НА ТУРБИНИ

Терминологија

Важно во разбирањето на основните принципи и концепти од инженерството за хидроенергија е развојот на добри дефиниции, кои можат да бидат проширени во визуелни и математички изрази. Зборовите како работа, енергија, моќност, барање, терет, удар и отпуштање имаат специјално значење во производството на хидроенергија.

Работата е пренесена енергија и е продукт од силата и временското поместување.

Енергија е капацитетот за извршување на некоја работа. Водата е флуид кој е доста подвижен, и под дејство на гравитацијата има енергија. Работата извршена од водата во произведувањето на електрична енергија се врши во киловат часови (KWh). Водната енергија може да биде или потенцијална енергија поради позицијата, енергија на притисок што припаѓа на водниот притисок или кинетичка енергија поради движењето на водата.

Моќноста е вредноста на пренесената енергија или работа извршена во единица време. Пресметана е со извршената работа поделена со времето. Вообичаено се мери во киловати (KW), или се изразува во коњски сили (hp). Капацитетот на моќноста често се користи во однос на вредноста на производство на енергија од хидро-постројката. Производителите на хидраулични турбини често бараат да им се наведат податоци за капацитетот на турбината и нивните мерни единици, сеедно дали тоа ќе бидат киловати (KW), или коњски сили (hp).

Барање се однесува на износот на моќноста којашто ни била потребна или била побарувана, т.е. барана/моќност.

Терет се однесува на вредноста на електричната енергија која што е испорачана до системот. Тука теретот може да претставува електрична енергија произведена од повеќе хидро-постројки. Треба да се нагласи дека теретот и барањето се поврзани меѓу себе во однос на искористувањето на електричната енергија. Најважно за инжињерот е да направи план помеѓу парот капацитет на моќноста и хидро-постројките со теретот и барањата на енергија. Секогаш е потребно производството на струја од водената енергија да се интегрира со производството на струја од другите видови енергии. Капацитетот на моќноста од хидроенергијата на постројката е функција од две главни разлики на водата: отпуштањето на водата и хидрауличниот или водниот удар.

Отпуштање на водата е вредноста на волуменот V вода која што тече низ постројката во зависност од времето. Целосно отпуштање е состојба на течење која се постигнува кога влезот на турбината или вентилите се целосно отворени. При максималното отпуштање, кога водата протекува низ турбината, имаме удар со максимална вредност. Големината на отпуштањето зависи од отвореноста на влезот на турбината со цел на добивање одредена вредност на ударот за производство на електрична енергија.

Хидрауличен удар е висинската разлика кога водата почнува да паѓа до нејзиното поминување низ постројката. Целосниот удар на хидроенергијата е разлика помеѓу горната и долната висина на водата. Горната висина е нивото кога водата се втерува во турбината, а долната висина е висината на излегување на излезот од турбината. Мрежниот удар е ефективниот удар на турбината, еднаков на целосниот удар минус хидрауличните загуби пред влезот во турбината и загубите на излезот од турбината. *Доланд* (1954) го дефинира бараниот удар на водата како ефективен удар, за кој турбината е конструирана за најдобра брзина и способност за делување. Вредносниот удар е оној за кој турбината би произвела одреден капацитет електрична енергија со помош на генераторот. Дефиниран е како вредност на ефективниот удар, и е гарантиран од страна на производителот. Инжињерот *Монограф* го дефинира критичниот удар кој се јавува при целосно внесување на водата во турбината. Значи кога најголемо можно количество вода протекува низ турбината, имаме многу голем ефективен удар. Критичниот удар со помош на турбината и генераторот произведува најголемо можно количество енергија. При тоа треба да се внимава при работата на турбината да не се надмине овој критичен удар како не би имале преоптоварување на турбината и генераторот, со што би дошло до нивно оштетување.

Типови на турбини

Како што водата поминува низ постројката, нејзината енергија се претвора во електрична преку телото што се движи познато како *хидраулична турбина или водно или воденично тркало*. Турбината има лопатки и резови, коишто ротираат околу нејзината оска под дејство на водата. Ротациониот дел на турбината или воденичкото тркало често е познат како *ројор*. Ротационото дејство на турбината го задвижува и електричниот генератор со кого се поврзани. Генераторот произведува електрична енергија.

Хидрауличните турбини се машини развиени од основа на динамичкото дејство на водата, како и од притисното дејство на водата. Поделени се во две групи. Првата група се *импулсније турбини* кои ја искористуваат кинетичката енергија од висинско брзинските млазеви на вода, трансформирајќи ја водената енергија (енергијата на водата) во механичка. Втората група се *реакционније турбини*, кои произведуваат енергија преку комбинираното дејство од енергијата на притисок и кинетичката енергија на водата. Реакционите турбини би можеле да се развиваат (да бидат поделени)

понатаму во различни типови, од кои најпознати се Францисовата турбина и пропелерот.

Импулсни турбини

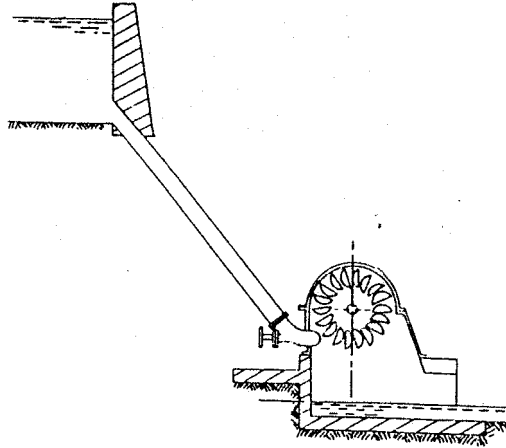
Развиени се од страна на *Лесџер Пелџон*. Потенцијалната енергија на водата, поминувајќи низ каналите за внесување се претвора во кинетичка енергија во вид на водени млазеви, кои што понатаму удираат во лопатките на турбината. Млазевите од водата ги удираат лопатките тангенцијално по кружна линија со дијаметар во висина на лопатките во средина на (или при) атмосферски притисок. Удирањето на водата во лопатките е регулирано со употреба на задебелена игла на отворот на турбината, прикажано на слика 12.2 Со нејзината положба се одредува количеството на вода коешто би удирало во лопатките. Во поразвиените модели на турбини се употребува управувач на млазот со цел да се регулира водениот млаз кој удира во лопатките на турбината. Сликата 12.3 е импулсна турбина со вдлабнатина на работ од лопатката. Вдлабнатината служи да го зачува ударот од млазот на лопатката т.е. на претходната лопатка додека млазот е суштински тангента со заобиколниот дел (или профилот) на лопатката. Потоа млазот удира на надворешниот раб на лопатката пред тој дел да биде преминат од работ на следната лопатка која се движи или врти кон овој млаз. Импулсните турбини имаат многукратни млазеви и можат да бидат монтирани во хоризонтален или вертикален правец во однос на оската. Импулсните турбини обично се употребуваат за високи удари на водата, и се употребуваат за локации каде ударот или висината е 1000 ft или повеќе. Исто така се користат и за постројки со производство со помал капацитет. Односот на дијаметарот на тркалото и брзината на струење на водата ја одредува применливоста на импулсната турбина. Пелтоновите турбини имаат предност за високо хедарните постројки, за инсталации со абразивни материји во водата и за долги влезни инсталации во турбината, каде водениот удар е критичен.

Некои импулсни турбини се правени со посебно заклинети лопатки на колцето, а некои со целосно излиено колце. Двојно – напрегнатите инсталации се направени со генератор во центарот на оската, а турбините се на двата краја од оската на која е и генераторот.

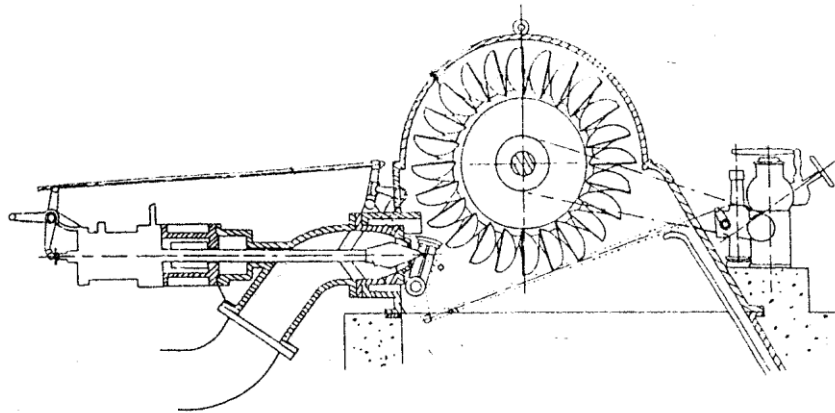
Турго импулсната турбина е конструирана така што да водниот млаз удира во лопатките под агол. Водата поминува низ лопатките во аксијален правец пред да биде излезена од спротивната страна. Лопатките се конструирани во зависност од изгледот на работ, т.е. нивниот изглед на работ на страната на испуштање на водата. Предносните барања на овие турбини се дека можат да работат со поголеми или пошироки млазеви што резултира со добивање на поголема брзина во споредба со помали машини.

Друг тип на импулсни турбини се струјнопреминските турбини, познати како Банки или Мичел турбини. Името “струјнопремински” доаѓа од фактот дека водата преминува низ лопатките при создавањето на ротација. Сликата 12.5 ги прикажува компонентите на турбината. Нејзините предности се тоа што стандардните големини се достапни, дури се добива и повисока брзина на

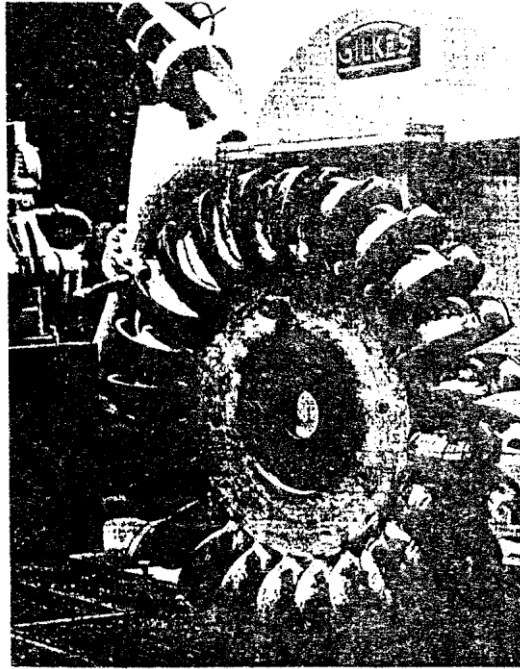
ротација во споредба со другите видови на импулсни турбини. Регулациониот вентил на влезот од турбината го контролира струењето на различни делови од колцето, со што овие турбини можат да работат со поширок круг на струења.



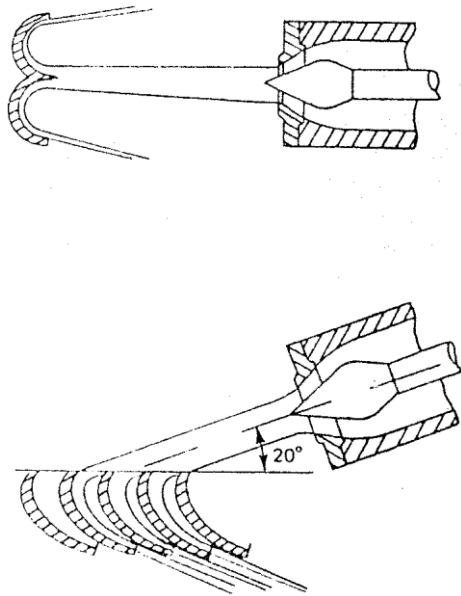
Слика 12.1 Шематски приказ на инсталација на импулсна турбина



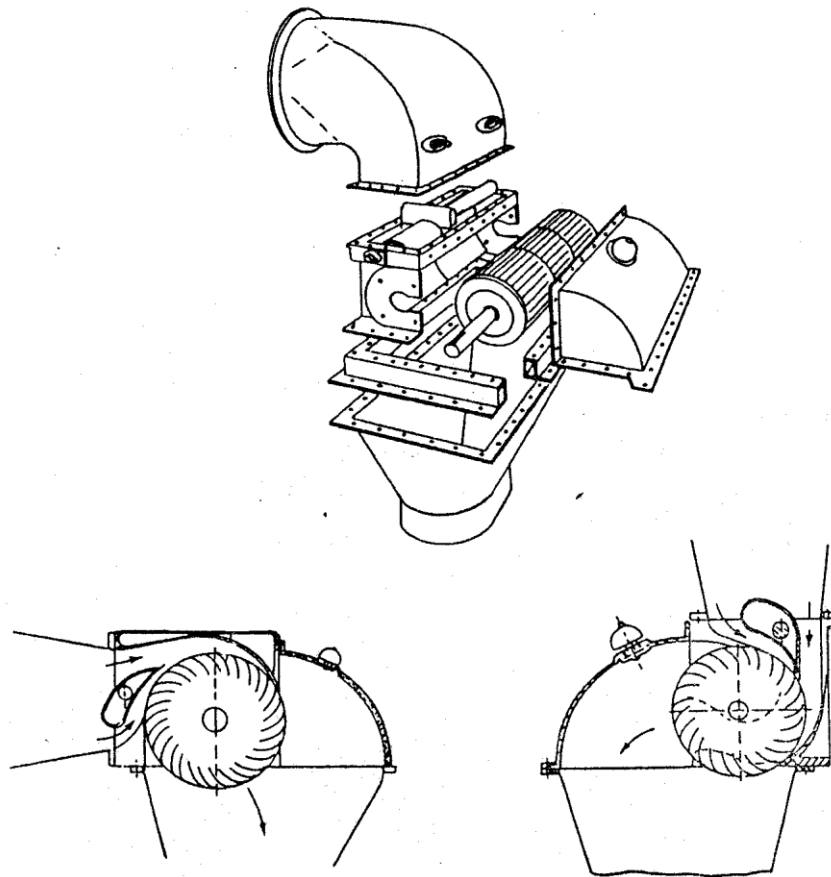
Слика 12.2 Импулсна турбина



Слика 12.3 Импулсна турбина со вдабнаина на работи на лопаткајќа



Слика 12.4 Разлика помеѓу Пелтонова турбина и Турбо импулсна турбина

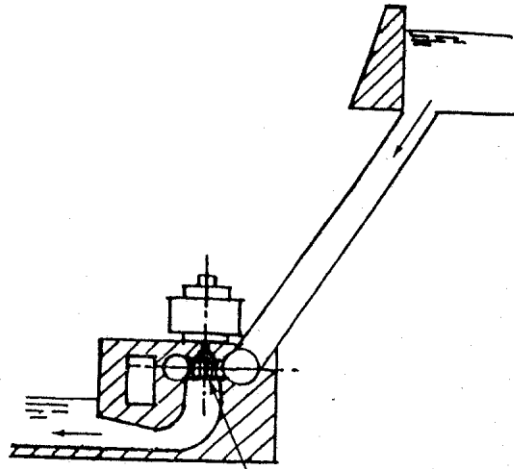


Слика 12.5 Карактеристики на струјно преминска турбина

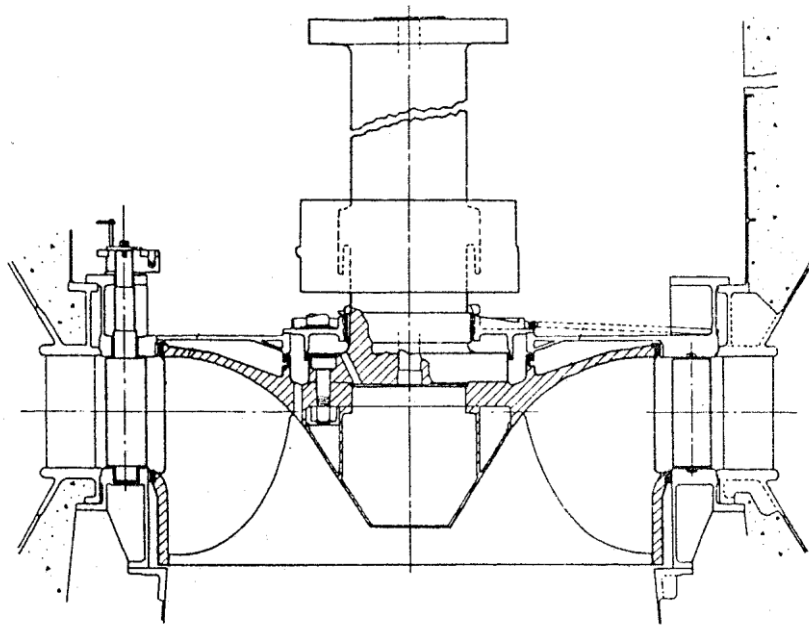
Мешано-струјни и радијално-струјни реакциони турбини

При работата на реакционите турбини работната комора е целосно наполнета со вода, а командната комора се користи за надоместување на хидрауличниот удар колку што е можно. Слика 12.6 го прикажува шематскиот приказ на оваа турбина. При услови на течење го одредуваат изгледот на реакционото тркало. Ако текот е вертикален во однос на оската на ротација станува збор за *радијално-струјна турбина*. Ваков тип е Фуурнеровата турбина, каде водата тече радијално надворешно. Многу порано реакционите турбини биле радијално внатрешно-струјни турбини. Ако текот на водата е делумно радијално, делумно аксијален, станува збор за *мешано - струјни турбини*. Најпозната мешано-струјна турбина е Францисовата турбина. Оваа турбина има венец и врска затворајќи ги горните и долните делови на лопатките, додека кај пропелер турбината има само резови. Слика 12.7 е пресек на Францисова турбина, а слика 12.8 е изглед на Францисова турбина. Друг тип на мешано-струјни реакциони турбини е дијагоналната турбина или *Дериаз турбина*. Турбинските резови се во

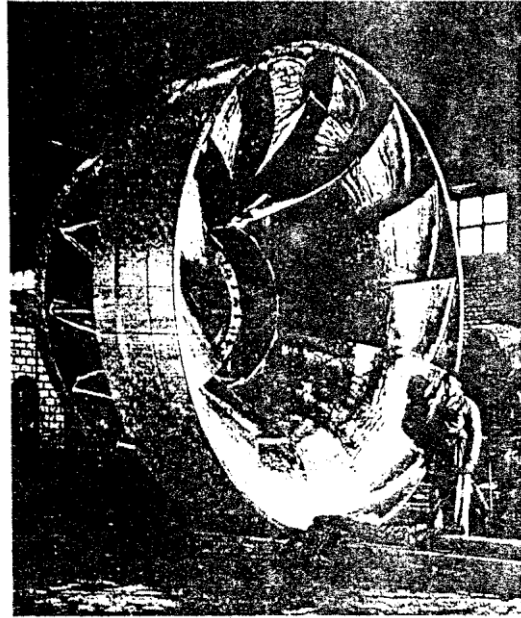
правец под агол околу работ на еден конус. Околу резовите нема никаква врска. На слика 12.9 имаме пресек на Дериаз турбината. Резовите се регулирани и можат да бидат наредени околу оската наведнати за 45° кон оската на вратилото. Деловите се направени за употреба како реверзибилни пумпни турбини. Тие имаат напредок во оддржувањето, способност за делување преку широк ранг на струења, повисока моќ на предавање од работните резови на турбинското вратило, и распределба која дозволува работење со допустливи големини на хидраулични удари.



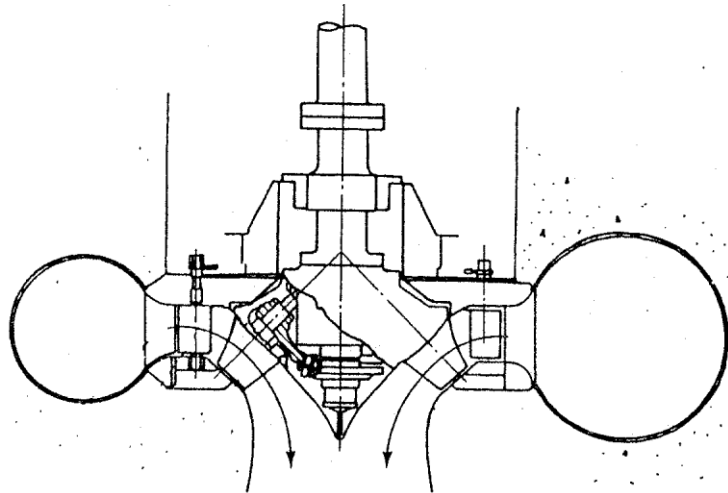
Слика 12.6 Шемајски приказ на инсталација на реакциона турбина



Слика 12.7 Пресек на Францисова турбина



Слика 12.8 Францисова тјурбина



Слика 12.9 Пресек на Дериаз тјурбина

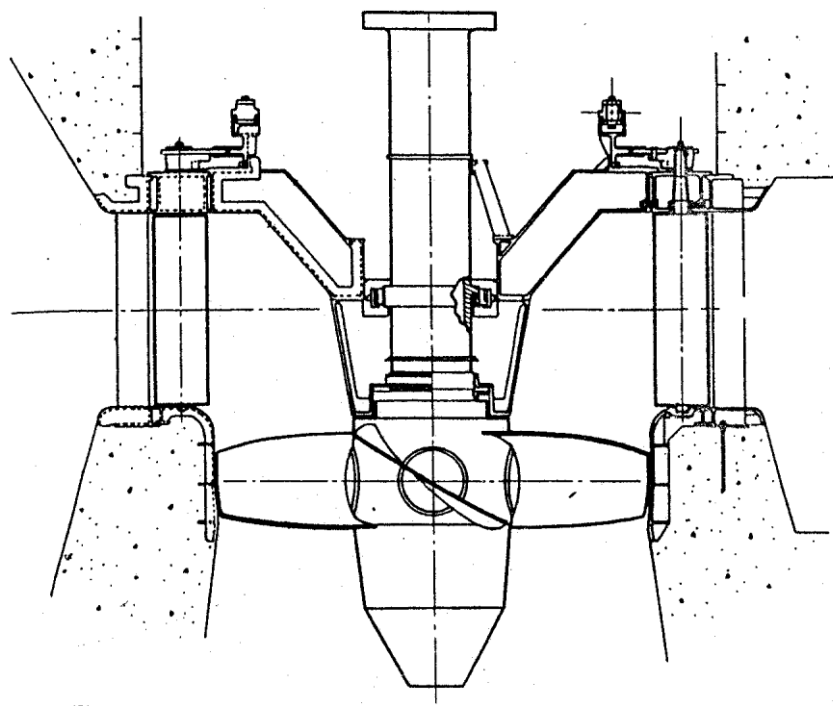
Аксијално-струјни реакциони турбини

Пропелер турбина. Повеќето на течење за повеќето пропелер турбини е аксијален паралелно со оската на ротација, па според тоа се наречени аксијално-струјни турбини. Нивните корисници искористуваат пропелерски турбини со вертикално вратило. Повеќето корисници користат хоризонтални вратила. Пропелер турбините имаат перки на работното колце кои се цврсто поврзани со него, и затоа овие се викаат *фиксно-перкасти колца*. Перките на колцето може да бидат изработени за регулирање, со што турбината може да работи со поширок ранг од текови и подобра способност за делување. Слика 12.10 ни прикажува пресек на типична пропелерска турбина. Тип на пропелерска турбина со координативни регулациони перки и отвори е наречена *Капланова турбина* по нејзиниот пронаоѓач Виктор Каплан. Пропелер турбина со регулациони перки и фиксни отвори се однесува на *семи-Каплан*. Автоматското придвижување на перките и регулирање на положбата на отворите, овозможува оптимални хидраулични одлики со што прави повеќе параметри да бидат изводливи за различни текови на водата. Сликата 12.11 ја прикажува класификацијата и карактеристиките на реакционите турбини. Новите научници искористувајќи ги аксијално-струјните турбини заклучиле дека подредувајќи ги деловите во специјални комбинации некогаш се добива *цевна турбина*. Деловите во основа се подредени да ја минимизираат промената на правецот на течење, да ја упростат монтажата на генераторот и да создадат најдобри хидраулични карактеристики за водата која што минува низ постројката. Имаме тип на цевна турбина каде што генераторот е монтиран надвор од протокот на вода, но директно е поврзан со турбината. Ваков тип на турбини прикажани се на слика 12.12.

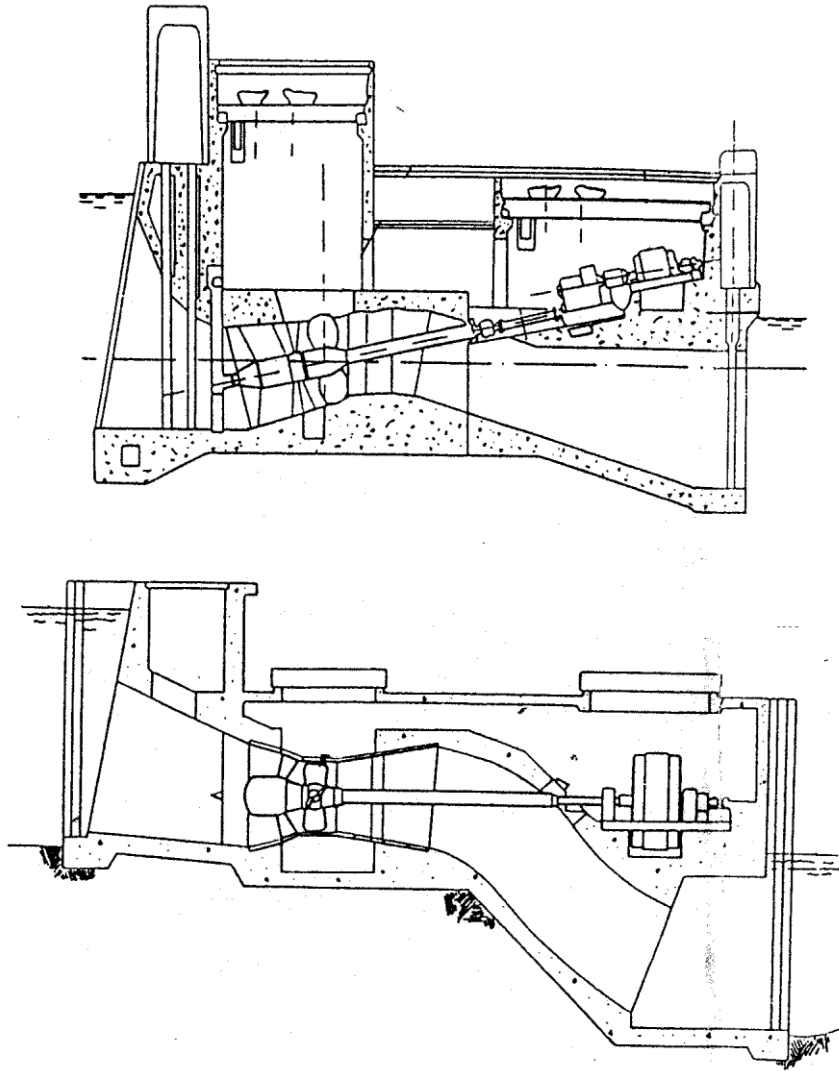
Капсуларната хидроенергетска постројка содржи пропелер турбина која работи со генераторот во место каде што истовремено протекува и водата. Изгледот на генераторот е таков што целиот негов механизам е притиснат во механизам на дијаметар кој е приближно еднаков на дијаметарот на пропелерот. Многу компактната природа има цел да направи некои предности во изгледот енергетските постројки и модел во протокот на водата. При работата на оваа постројка, бара и специјално ладење на генераторот со воздушна циркулација, т.е. воздушно ладење. Овие типови на турбини се произведуваат од различни компании.

Слика 12.13 е пресек на збиена турбина.

Друг тип на турбини се *рабно-генераторски* турбини. Тука роторот на генераторот е наглавен на периферијата на пропелерната турбина, а статорот е монтиран со додатна интервенција. Треба да се напомене дека сите овие компоненти се натопени во вода. Овој распоред ја смалува постројката. За одржување е потребен само еден кран, со што се смалуваат другите побарувања во однос на одржување на една постројка. Релативно големиот дијаметар на роторот произведува голема инерција, што е составен дел на овие типови турбини, и предност во стабилноста при работата. Слика 12.14 ја прикажува шемата на една рабно-генераторска турбина.



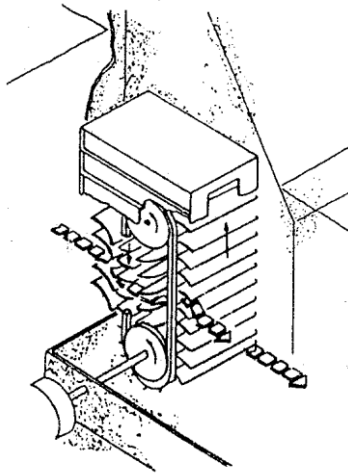
Слика 12.10 Пресек на пропелерска турбина



Слика 12.12 Цевни шурбини

Пренесувач на енергија

Како што е прикажано на сликата 12.15 со течењето на водата низ преградите, доаѓа до предавање на енергијата од водата на работното вратило, за производство на електрична енергија.



Слика 12.15 Шема на Шнајдеров хидродинамички генератор на моќ

13. ХИДРОЛОШКА АНАЛИЗА НА ХИДРОПОТЕНЦИЈАЛОТ

13.1. Хидролошки параметри за анализа на хидропотенцијалот

На почетокот е укажано дека принципиелни параметри кои се неопходни за правење на хидролошки студии се водното пространство и хидруличното управување. Мерењето и анализата на овие параметри се примарни хидролошки проблеми. Запомнувајќи дека хидрологијата е студија за појавата, движењето, дистрибуцијата на водата, на, над и во земјината површина при што лесно може да се увиди дека е дел од хидролошкиот проблем и да се идентификува вертикалното растојание помеѓу нивото на водата на долините или вода на хидроелектраната, при пуштање на водата од излезот на цевната инсталација во турбината.

Според тоа, детерминирањето на потенцијалната причина за изнесување на предлог за хидроелектрана е согледување на проблем што го идентификуваат висините на водните површини што се очекува да постојат за време на постоење на хидроелектраната. Ова вклучува правење на планови каде водата ќе биде доведена од изворот на вода, и каде водата ќе биде ослободувана од хидроелектраната. Во некои студии, добрите контурни мапи може да бидат доволни за детерминирање на вредноста на хидроуличното водење. Затоа горното ниво на водата и долното ниво со затворање може да се менува со протечување, и е потребно да се развијат дијаграми со криви кои ќе ја покажуваат промената на горното и долното ниво со текот на времето, нивото на водата во реката или идните потреби за работа на хидропроектот. Располагањето со водата е многу поголем проблем со кој треба да се соочи затоа што приливот во текот е нормална.

Променлива по должината на текот како што сите притоки се вклучуваат во текот или некои скршнувања на водата го намалуваат приливот.

Слично приливот се менува со тек на време со што ја обврзува хидролошката промена што е причината со менувањето на таложењето, испарувањето, топењето на снегот што влијае на големината на речниот ток.

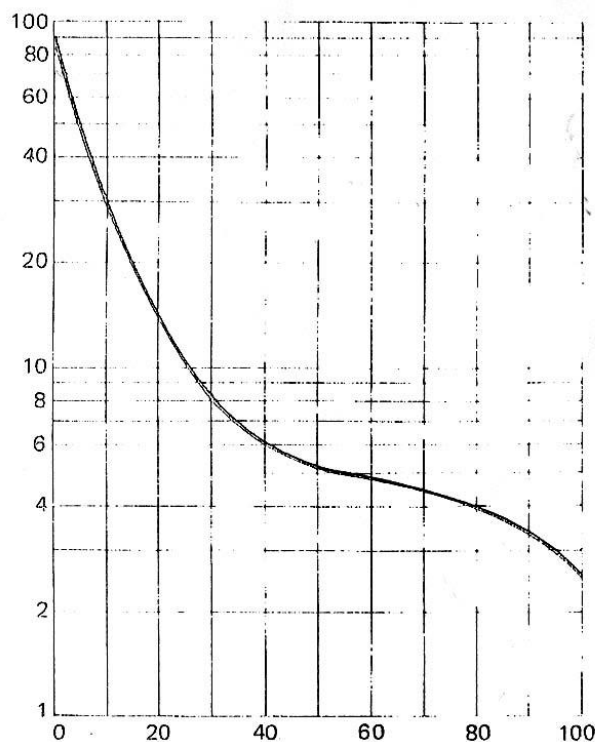
Типови на хидролошки студии

Во хидролошките студии степенот на префинетост со кои се направени анализите овозможува типови на студии. Направени се три едноставни студии:

1. Појдовна студија - студија на извидување,
2. Студија на практичност – изводливост,
3. Студија на одреден, јасен план или примерок.

Појдовните студии се прават да ги откријат потенцијалните енергетски ресурси и да ја оценат можната енергија во реките и да не биде градбата толку специфична. Студиите на изводливост се направени да го формулираат специфичниот проект или проектите да се проценат развојот и пожелноста со снабдување на хидро енергија. Ова нормално

бара со тек на време да дава временско менување на водостојот за да се овозможи доволно точно да се одреди можниот капацитет на електраната. Студијата на одреден јасен план или примерок се студии кои се направени со претходна постапка со вклучување на крајниот план и започнатата конструкција. Овие студии нормално бараат дневна или месечна состојба на водниот тек и обично бараат операциски студии за да се дефинира отпуштањето на енергијата и економичноста во критичните периоди кога имаме низок водотек на реката во нејзиното снабдување.



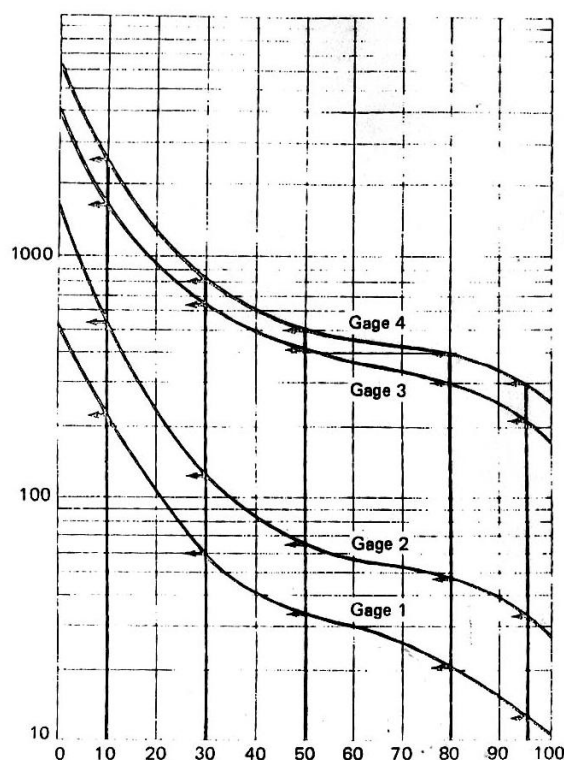
Слика 13.1 Типична крива на траење

За да се добијат адекватни податоци врз основа на кои може да се изработи студија на практичност или студија на јасен план и примерок, потребно е да се направат мерења на теренот и да се инсталираат мерни станици. Добри препораки за водење на вакви мерења и програми за собирање на податоци се наоѓаат во светската метеоролошка организација и Buchanan&Sommers 1969. Обемот на мерењата и софистицираната пресметка на хидролошките податоци сепак зависи од времето на располагање и количината на пари за хидролошките анализи. Многу пати записите на природниот доток се нецелосни или се добиени од локации кои што се наоѓаат погоре или подолу на местото со специфичен хидропотенцијал. Токму поради тоа е потребно да се направат корекции. Записите можат да бидат и краткотрајани. Неопходно може да биде вреднувањето и корелацијата со измерените податоци во близината. Техники за правење екстраполација се објаснети во текстовите и делата на Linsley, Kohler, Paulhus (1975) и Visseman, Harbaugh, Knapp (1972). Во некои случаи може е потребно да се направи пресметка на протокот и одливната магнитуда користејќи ги податоците од врнежите и

пресметките од одливните коефициенти. Примери за тоа како податоците од врнежите може ефективно да се употребат во пресметката на анализи за време траење на проток ќе бидат презентирани во пример 13.1

Анализи за криви на траење

Корисен начин за третирање на временото варирање на податоците за празнењето на водата во студиите за хидропотенцијалот претставуваат кривите за траење на протокот. Кривите на траење се дијаграм во кој се дадени протокот во однос на времето, а протокот што поединачно може



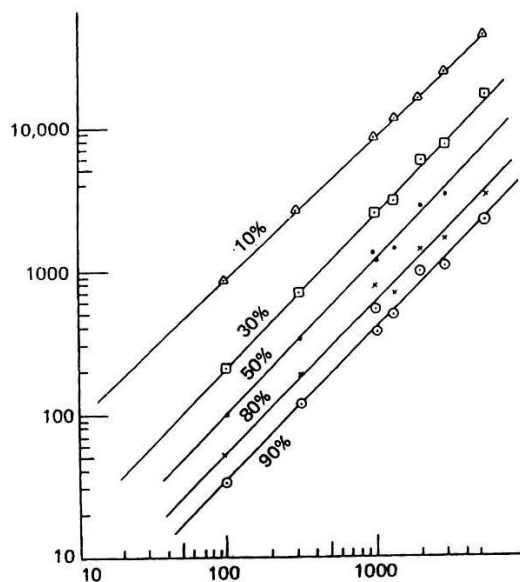
Слика 13.2. Крива на траење од мерни станици во хомоген слив

да протеква може да се надмине. Кривата на траење на проток само ги подредува дотоците по ред на големина, величина пред вистинско временско редување на дотоците во спротивниот временски дел. Крива на траење на проток овозможува карактеристиките на дотокот на долги временски периоди да се представи во една крива. Два методи на пресметување на ординатите за криви на траење на проток се: техника на редно класифицирање и техника на класифицирање во интервали.

Техника на редно класифицирање ги зема во обзир целосните временски серии на протокот што представува ист прираст на времето за секоја измерена вредност, како дневна, неделна и месечна и го реди протокот според големина. Редно класифицирање се означува со индивидуални редни броеви при што најголемото почнува со ред еден. Тогаш редните броеви се делат со цел број, така што добиениот број се може со 100 за да се добие стоти дел од времето за кое дадениот проток е еднаков или надминат низ период на мерење што бил земен во предвид.

Екстраполација на податоци за траење на притокој кон немерливите месеци

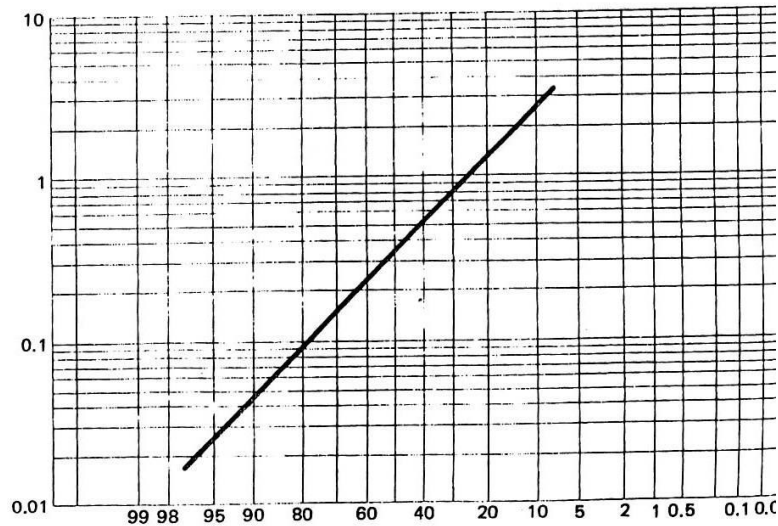
Многу често податоците за протокот кои се достапни од мерни станици, не се добиени од локацијата, од која анализите всушност треба да се направени. Од методите потребно е да се развијат екстраполации од податоците за траењето на протокот кои ќе бидат истовремено репрезентативни за соодветната страна на струјата. Следен метод за изработување синтетички криви за траењето на протокот во било која точка на водената струја се базира на техники развиени во северозападните региони во САД. Овие анализи се корисни во региони каде струјниот проток неварира директно со местото на дренажа или празнење. Процедурата е да се направат дијаграми на кривите за траењето на протокот за сите измерени водни струи во опсег на хомогените базени на дренажа, како што е прикажано на сл. 13.2. Од овие криви е развиена фамилија на параметрични криви на траење каде протокот \bar{Q} е нацртан наспроти просечниот годишен одлив R или просечното годишно празнење Q , за карактеристичните мерења зголемени за неколку проценти. За секој интервал на зголемување кој притоа е користен е развиена оделна крива потоа се извршени корелациони анализи за да се прикаже најсоодветната крива за податоците добиени од измерените записи на протокот на водната струја. Резултат е параметрична крива на траење на протокот прикажан на сл. 13.3.



Слика 13.3. Параметарска крива на траење на протокот (Clearwater River, Idaho)

Друг метод е развиен од страна на членовите на универзитетот во Вашингтон користејќи го следниот пристап (Heitz, 1981). Вредностите на протокот за секое траење на протокот при определена точка на зголемување се поделени според просечното годишно празнење со цел да се добие димензионален термин за протокот. Потоа истите се нацртани

наспроти поединечниот интервал на зголемување на логоритмична хартија на веројатност (сл. 13.4) за на крај да се добие бездимензионална крива на траењето на протокот. Тогаш најсоодветна крива е развиена за поединечното место со хомогена хидрологија така што единечната крива ги поврзува карактеристиките на бездимензионалниот проток со процентот на зголемување. Поради бројот на минималните вредности и надворешните вредности од ненадејните поплави или екстремно ниските протоци, веродостојност на кривата во границите е доведена во прашање.



Слика 13.4. Бездимензионална крива на траење на протокот

За користење на параметричките криви на траење на протокот, потребо е да се определи Q во точка или места на водната сруја каде хидролошките анализи ќе бидат направени. Во продолжение е објаснета процедурата на детерминирањето. Најпрвин мора да биде развиена точна изохиетна мапа на нормални S годишни врнежи на речниот базен. Изохиетните мапи содржат линии кои представуваат еднакви врнежи за географскиот регион. Треба да се обрне внимание дека картата го представува истиот период како и податокот за протокот за водната струја. Базенот на празнење и дава вода во положбата која се испитува и графички е дефинирана на изохиетната карта. Искористувајќи ги записите од просечните годишни врнежи во коефициентот на одлив е пресметан за базенот на дренажа кои се изучува. Оваа вредност може да биде субјективна во определувањето и поради тоа представува место за правење на значајни грешки, затоа повеќе внимание треба да се обрне во проценувањето на годишниот коефициент на одлив. Производот од овој коефициент може да се искористи во пресметување на просечното годишно празнење користејќи ја следната формула:

$$\bar{Q} = \frac{\bar{KPA}}{12(31,536,000)}$$

\bar{Q} – просечен годишен одлив
 ft^3 – секунда

K – коефициент на годишен одлив како децимална вредност

P – просечни годишни поројни врнежи, влез

A – дренажирана област, ft²

12 – размена за претварање на врнежи во ft

31,536,000 број на секунди во годината

Коефициентот на просечниот годишен одлив е понекогаш искористен во компјутерските пресметувања наместо просечното годишно празнење Q. Мерна единица за R е (ft³/sec) x денови. Тоа ја представува сумата на главното дневно празнење за сите денови во текот на годината. Истото, заштедува правење на дополнително пресметни тои го вклучуваат терминот од 365 дена. Со проценување на просечното годишно празнење возможно е да се внесе параметричната крива на траење и да се определат вредностите на протокот за различни проценти на зголемување за кои се направени параметрични криви на проток.

Табела 13.1. Вредноста на планиметрички области од местата на нормалните годишни врнежи во дренажираните базени на ситемот на реката Clearwater

Определена област	просечна вредност на врнежи помеѓу изохјетал линии	планиметричка област на мапата (влез ²)	процент на целокупната област
a	60	0.46	1.24
б	60	8.16	22.01
ц	55	27.41	73.92
д	50	1.05	2.83
		<u>37.08</u>	<u>100.00</u>

Анализи и решенија: Прво, определи влез на просечни годишни врнежи во базенот користејќи податоци од табела 13.1

$$P = \frac{P_a A_a + P_b A_b + P_c A_c + P_d A_d}{A_a + A_b + A_c + A_d}$$

P – поројно просечни врнежи

P_a, b,c,d – врнежи во област a,b,c,d, влез

A_a,b,c,d – планиметричка област за да ја представи областа a, b, c, d, влез²

Употребувајќи ја горната равенка и податоците од табела 13.1 пресмеката која следи е:

$$\frac{60(0.46) + 60(8.16) + 55(27.41) + 50(1.05)}{37.08} = 56.02$$

Претвори го ова во волуменски единици на одлив, годишно = P. употребената мапа има размер 1: 250,000

$$P = \frac{(56.02)(37.08)(250,000)^2}{144 \times 12} \quad (0.73)$$

0.73 коефициент на одлив

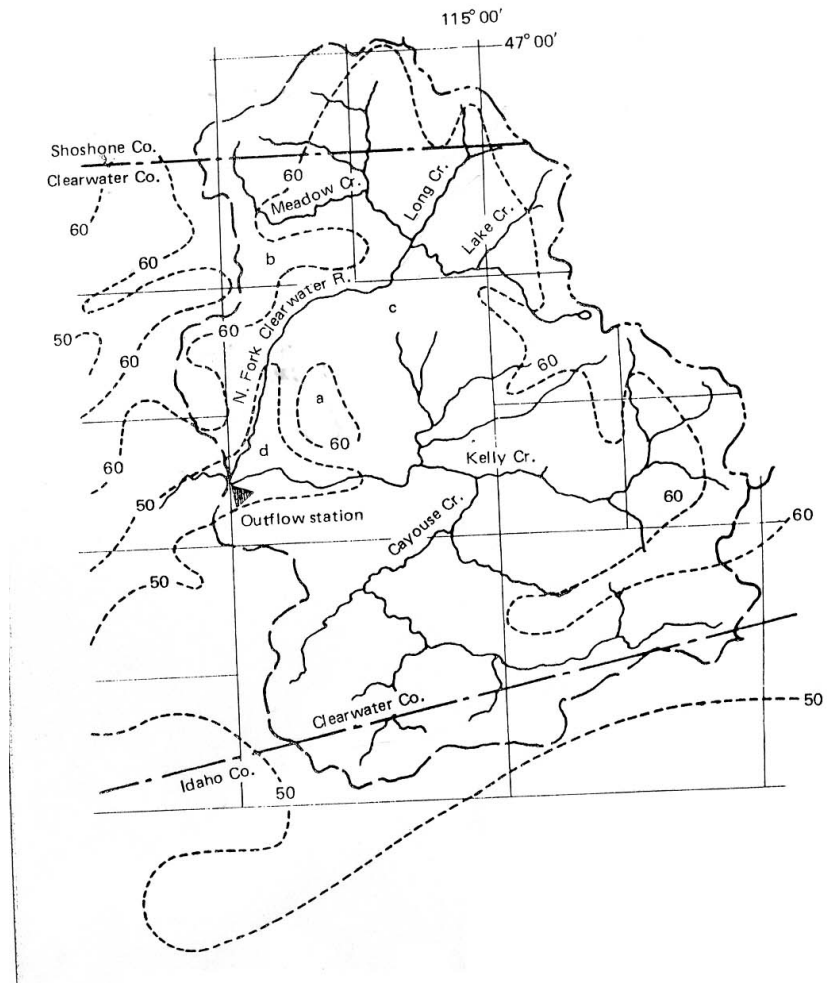
$$R = 5.485 \times 10^{10} \text{ ft}^3/\text{yr}$$

Пресметувајќи го просечниот проток годишно \bar{Q} неопходно е да се подели со бројот на секунди годишно:

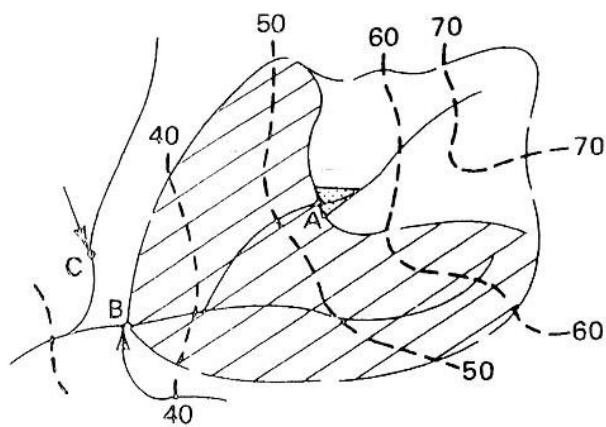
$$\bar{Q} = \frac{5.485 \times 10^{10}}{365 (24)(60)(60)} = 1739 \text{ ft}^3/\text{sec}$$

Бидејќи параметричната крива на траење на протокот беше развиена на основата од просечниот годишен одлив изразен во (ft^3/sec) (ден.) (единици) неопходно е да се претвори Q во R (ft^3/sec) (ден.) што е направено со множење со 365 (број на денови во една година) $1739 \text{ ft}^3/\text{sec} \times 365 = 643.7 (\text{ft}^3/\text{sec})(\text{ден.})$.

Претходната дискусија се базираше на претпоставката дека нема разбирлива регулација на природниот проток на водната струја. Во многу делови на земјата постојат природни резервари кои преку своите операции го менуваат текот на реката. Анализите на траењето на протокот сеуште е возможно да се користат доколку целата низа за регулирани податоци за протокот за подолг период, можат да се добијат или соберат од студиите на резерварот. Во тој случај целиот запис може да биде собран по техника од рангови или по техниката на класни интервали. Во одредени случаи за да се направат анализи на хидро потенцијалот потребно е да се комбинираат записите на протокот од регулираниот проток на водната струја со протокот на агажираната природна водна струја. Heitz & Emeert (1979) и Emeert (1979) развиле техника за добивање на неопходните вредности за протокот на водната струја и за собирање на комбинирана вредност на кривата на траење на протокот. Основниот пристап може да се објасни преку слика 13.6.



Слика 13.5. Шема на врнежи за нормално-врнежлива година за дел од сливот на реката Clearwater, Idaho



Слика 13.6. Собирање на комбинирана вредност на кривата на траење на протокот

Во овој случај измерениот запис за должинатра на време се претпоставува да биде достапен во излезот А на резерварот. Локацијата од која податоците на протокот се потребни е поставена во точката Б, протокот во Б е доток од местата со значаен опсек каде непостои измерен запис на водната струја, плус дотокот од погоните на станицата на резерварот А. Карта на нормални годишни врнежи за целата област на дренажа или празнење представува неопходност. Исто така се потребни записи од водниот дијаграм на нерегулирана водна струја кои се сметаат дека ја представуваат наредната варијација на одливот од местото на дренажа М (шрафирана област). Овие долгорочни записи мора да го покријат истиот период за кои се достапни податоци за регулираниот проток во станицата А. за просечниот годишен одлив мора да се направи проценка во местото М. потоа да се предмета коефициентот на одлив за местото, на годишна основа. Со множење на вредноста на нормалните годишни врнежи со коефициентот на одлив се добива просечниот годишен одлив за местото М. Математички е прикажан на следниов начин;

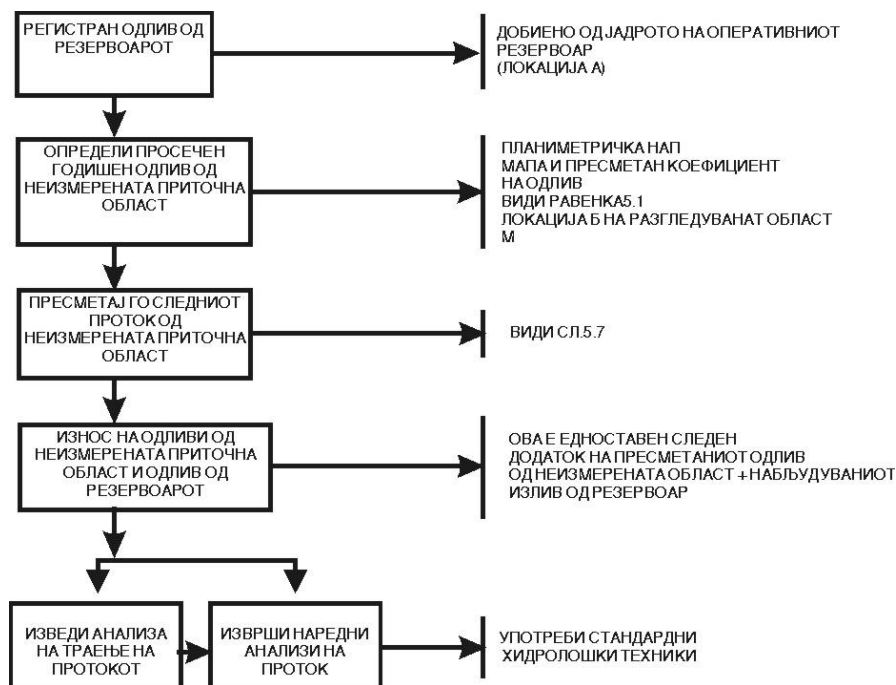
$$\bar{Q}_M = P A_m f_r$$

\bar{Q}_M – волумен на просечни годишни одливи за една година во област М

P – просечни годишни врнежи, единица за длабочина

A_m – област на приложена дренажа, единици должина на квадрат

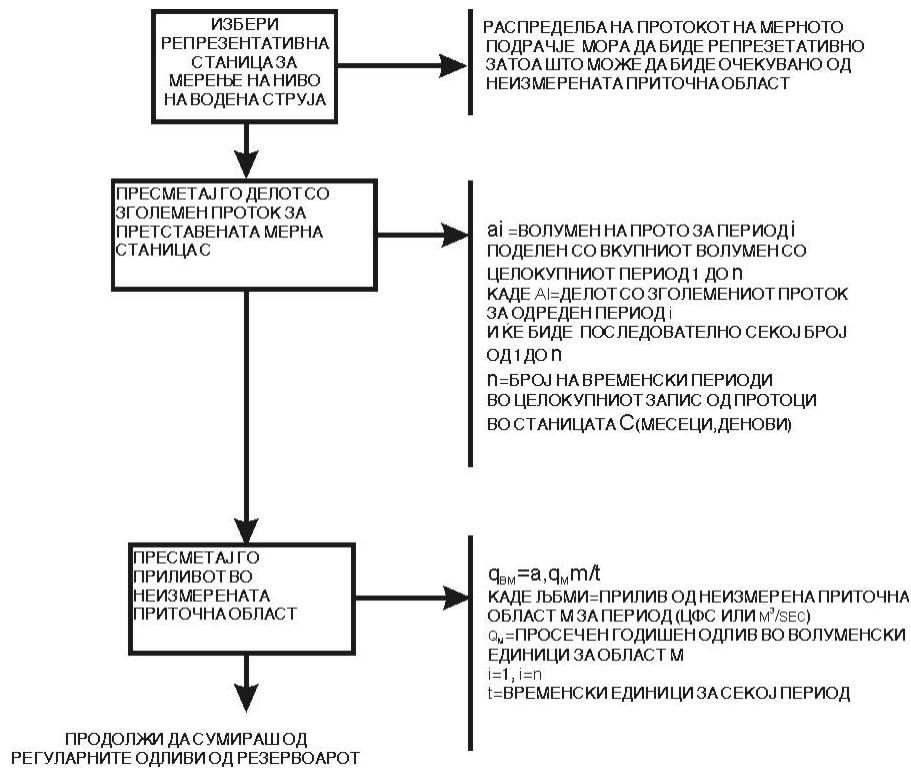
f_r – коефициент на годишен одлив со децимален дел од износот на врнежите кои се одлеваат од дренажата



Слика 13.6. Дијаграм за прикажување на метод за траење на протокот на регулиран со нерегулиран доток

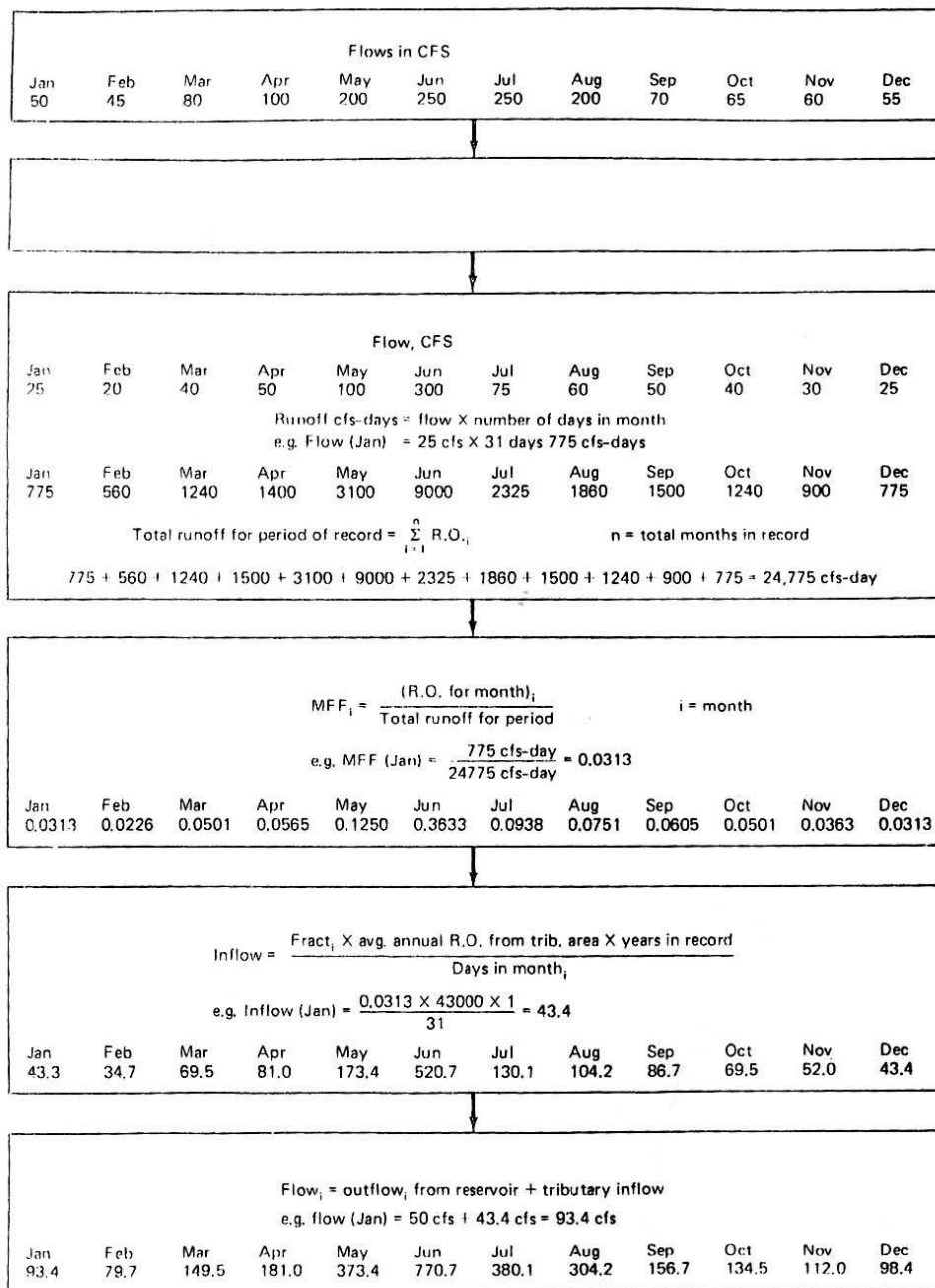
Дел од местото протокот каде се одвојува мора да се пресмета. Зголемувањето на времето или периодите мора да соодветствува со записите

на празнење кои се достапни од погоните на резерварите. Најпрвин се добива и проучува записот на протокот во станицата Ц. Записот од Ц се предпоставува дека го има истото време на дистрибуција на протокот како и местото М каде се одвојува одливот.



Слика 13.7. Дијаграм на проток за пресметување на големината на следниот проток од неизмерената приточна област

Зголемувачката разлика на протокот, a_i , за секое зголемување на време во посакуваниот временски период мора да биде добиен од репрезентативниот дијаграм Ц сликите 13.6 и 13.7 прикажуваат проточни дијаграми за чекор - чекор процес кои се користи за пресметување на следните доливи од немерливите места М во слика 13.6. Еднаш кога се пресметани последователните протоци лесно е да се продолжи процедурата понатаму. Сликата 13.8 е нумерички пример кои ги користи горе опишаните техники. Зголемувањето на времето (месечно) со соодветен број на денови кои се соодветно вклучени во пресметките. Треба да се обрне внимание на точниот волумен и бројот на времените единици кои се користат во пресметките.



Слика 13.8. Пример на пресметка за регулиран протоко комбиниран со област на немерен проток

Пројточни мейодии

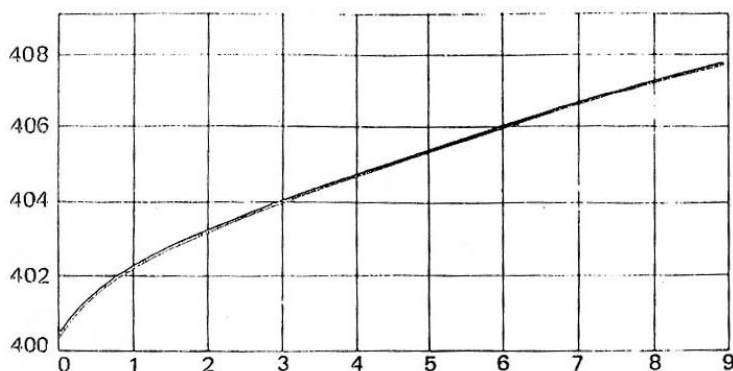
Во одредени случаи разумно е да се направат вистински анализи на времето во проучувањето на хидролошката моќност. Во случај каде регулацијата на протокот е битна, потребно е да се користи табеларно проучување. Кое често се нарекува следно проточно проучување. Ваквото проучување го побарува истиот проблем кој се наоѓа во проучувањето на трањето на протокот, добивајќи ги податоците за празнењето во бараните

локации. Ова значи добивање записи за протокот од резерварот и од користењето на криви на капацитет на местото и оперативни одлуки од тоа колку вода ќе се испушти преку турбините. Загуби како испарување или истекување треба да се земат во предвид.

Хидролошка информација исто така потребна за развивање на кривите за капацитетот на местото на резерварите, криви за погоните (операции на резерварите), определување на сезонските загуби на резерварите како резултат на евапорацијата.

Односи на одводна вада

Како што се ослободува вода од отворите во протокот веднаш под местото каде што се наоѓа хидролошката станица, елевацијата на водата ќе флукутира. Слика 13.12 е типичен пример за крива на проценка на котата на одводната вада.

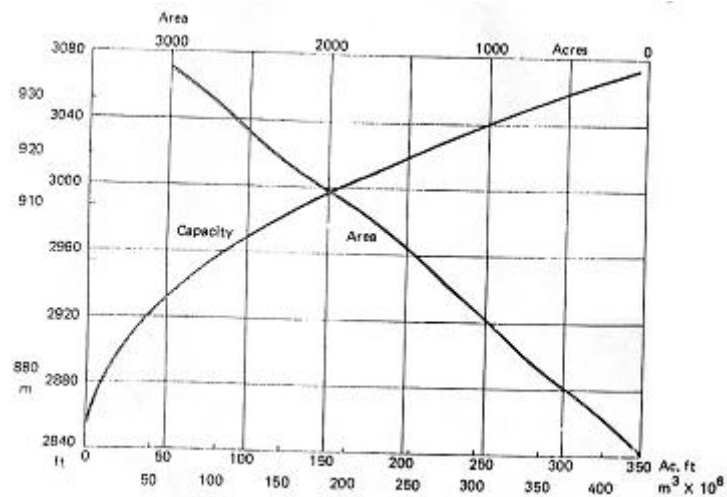


Слика 13.12. Типична крива на кота на одводна вада

За припремање на вакви криви е потребна адекватна карта со контури на местото на каналот и проценка на брзината на каналот во различни стадиуми на токот. Податоци поврзано со нормалната tailwater, нејзините максимум и минимум елевации се неопходни за определување на проектираното водење и соодветно местење на турбините. Проценките на брзината на проточниот канал може да се извршат со пресметување на косината на местото.

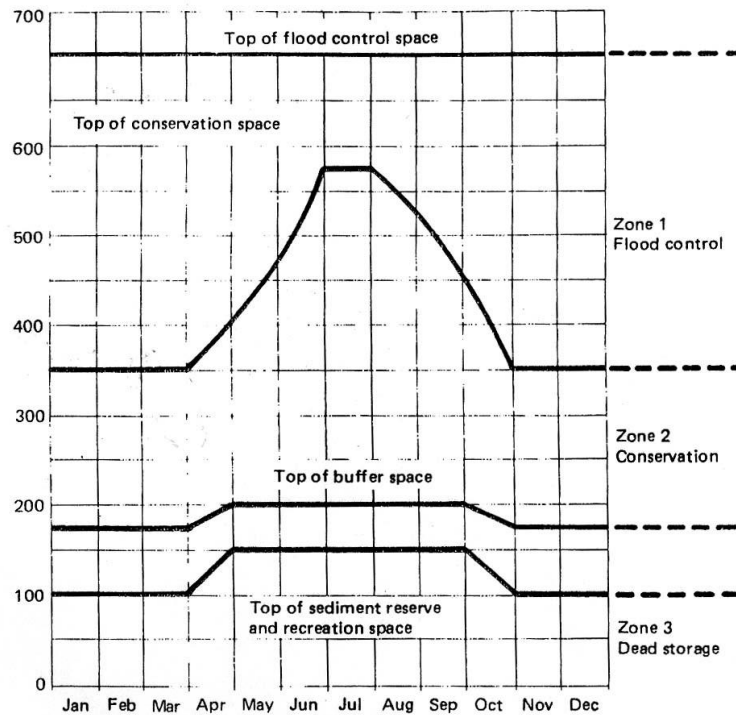
Криви за капацитетот на околината

Во развивањето на хидропотенцијалот (хидромоќност) најчесто се случуваат запирања позади браната. Како што водата во лежиштето на запирањето е ослободена елевацијата на главната вода се променува и истата влијае во проектирањето на мерната станица. Поради тоа неопходно е да се има лежиште наспроти кривата на елевација на површината. Во исто време потребно е да се знае површината на водата наспроти елевацијата на издигнувањето. Овој податок може да се добие од планиметричка карта на контури од околината на резерварот или преку правење на пресметки на волуменот на водата и определување на водната површина. Двете криви специфично се координирани во кривата за капацитетот за околината прикажана на слика 13.13.



Слика 13.13. Управувачки криви на резерварот

Штом ослободувањето е извршено шемата или планот често е диктирано од други размислувања одколку со оние кои што се поврзани со производството на моќност на протокот. Потребите за снабдување на вода на градот, контрола на градот и наводнување по текот на водната струја диктираат определени ограничувања. За нив се внимава преку развивање на управувачки криви на резерварите кои го водат оперативниот персонал во правење на потребните промени во испуштање на вода во резерварите.



Слика 13.14. Пример за работни криви на акумулација

Слика 13.14 покажува таков пример. За да бидат ефективни управувачките криви често бараат да бидат користени внимателни

широки студии на резерварот со историски податоци за протокот и проценки на барањата за вода во моментот кога се случуваат. Техниките за овие студии се многу кои варираат и бараат многу дигитално компјутерско време. Извештајот од Chankong and Meredith (1979) дава современ третман на формулациите и процедурите кои се користат.