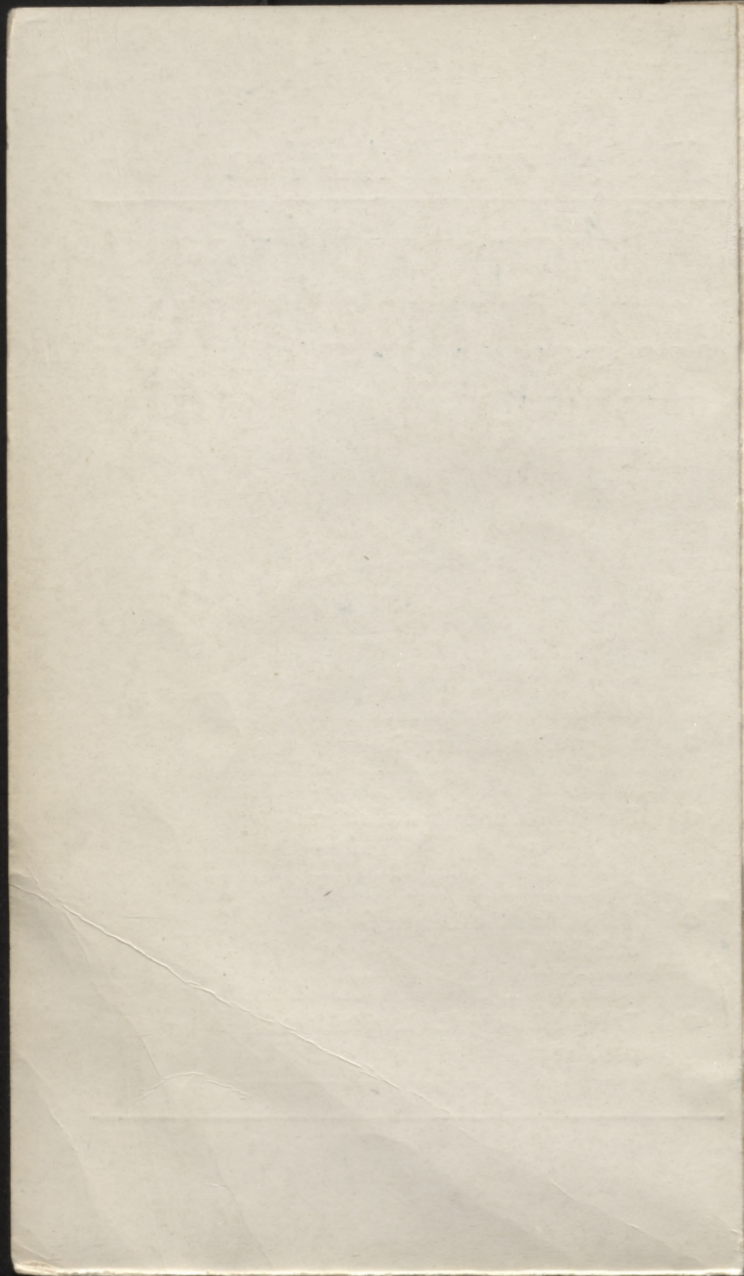


L $\frac{90-2}{50}$

B. Osipovs B. Auniņa

Alternatīvie enerģijas avoti

- Vai gaidāms mezozojs?
 - Enerģētikas attīstības mūsdienu problēmas
 - Vai pastāv robežas enerģētikas attīstībā?
 - Enerģētisko objektu izveidošanas problēmas
-



90-2
50

0101
31.12
029 03 200
620

B. Osipovs B. Auniņa

Alternatīvie enerģijas avoti



RIGA «AVOTS» 1990

ISBN 5-11-0000-3

31.15
Os 396

Latvian State Library
Alternative
Energy

LATVIJAS VALSTS
BIBLIOTEKA

90-9.83P

8556205020

Māksliniece I. KINS

Recenzents V. MOZALEVSKIS

A $\frac{2201010000-125}{M803(11)-90}$ 77.89

© «Avots», 1990

ISBN 5-401-00069-3

Vai gaidāms mezozojs?

Cilvēks jau no neatminamiem laikiem ir centies palielināt savu varu pār dabas spēkiem. Paša cilvēka kā bioloģiskas būtnes iespējas ierobežo tā muskuļu spēks. Tā jauda vidēji ir 100 vati, no kuriem aptuveni divas trešdaļas var pārvērsties mehāniskajā jaudā. Lai varētu palielināt savā rīcībā esošo jaudu, cilvēks spēra pirmo soli — pieradināja dzīvniekus, kas spēcīgāki par viņu pašu. Līdz pat mūsu dienām saglabājusies tāda sena jaudas vienība kā zirgspēks (1 ZS=736 vati). Bet ar laiku dzīvnieku enerģijas iespējas cilvēku vairs neapmierināja, un viņš sāka veidot pirmās primitīvās ierīces, ar kuru palīdzību varēja izmantot dabiskos mehāniskās enerģijas avotus, vispirmām kārtām — ūdens un vēja enerģiju.

Arī siltumu, kas rodas, sadedzinot kurināmo, cilvēki iemācījās izmantot jau ļoti sen. Pie tam līdz pat 18. gadsimta otrajai pusei, kad tika izgudrota tvaika mašīna, šo siltumu izmantoja tikai sasildīšanai. Tvaika mašīnas, siltuma dzinēja izveidošana bija vesela revolūcija tehnikā, un cilvēks jau rada iespēju ražot mehānisko enerģiju, patērējot siltumu.

Tvaika mašīnas izgudrošanai bija milzīga nozīme, jo

1) enerģijas iegūšanai sāka izmantot kurināmo, bet tā resursu īpatsvars kurināmā

- un enerģētiskas resursu kopējā apjomā ir daudz ievērojamāks nekā, piemēram, ūdens un vēja enerģētiskajiem resursiem;
- 2) tvaika mašīna var darboties jebkurā vietā, jo kurināmo tai var piegādāt;
 - 3) radās iespēja būvēt mehānismus, kas spēj pārvietoties autonomi, ja vien līdzī ir paņēmts kurināmais.

Nākošais ievērojamais notikums bija elektriskās strāvas parādības atklāšana 18. un 19. gadsimtu mijā. Elektrība jau deva iespēju realizēt uzdevumus, ko līdz tam nekādi nevarēja veikt, — pārvadīt enerģiju lielos attālumos, koncentrēt tās ražošanu speciālās stacijās un pēc tam ērti to sadalīt starp dažādiem patērētājiem.

Sodienas cilvēks, gadu gaitā apguvis jaunu tehniku, jaunas tehnoloģijas, ir daudzkārt palielinājis jaudu, kas ir tā rīcībā.

Enerģētisko resursu patēriņš pasaulē pieaug strauji. Par to liecina kaut vai tāds fakts, ka pēdējo 25 gadu laikā cilvēce izlietojusi aptuveni pusi no tās enerģijas, kas jau izlietota visā civilizācijas vēsturē. Dati, kas doti 1. tabulā, ļauj spriest par enerģijas patēriņa dinamiku pasaulē laika posmā no 1850. līdz 1980. gadam.

Mūsu planētas enerģētisko potenciālu veido visdažādākie enerģijas avoti. Tos visus var iedalīt 2 grupās:

- 1) enerģijas avoti, kas atjaunojas (jeb vairākkārtīgas izmantošanas avoti). Tie ir enerģijas avoti, kuru krājumi praktiski nav izsmeļami, piemēram, Saules, vēja, ūdens, ģeotermālā enerģija. Visus šos enerģijas avotus rada Saules radiācija, un to intensitāte pa-

1. tabula

Energijas patēriņš pasaulē

Rādītāji	1850	1900	1950	1960	1970	1980
Iedzīvotāju skaits, miljardi cilvēku	1,2	1,6	2,5	3,0	3,6	4,5
Enerģētisko resursu patēriņš, miljardi tonnu nosacītā kurināma:	0,5	0,95	2,85	4,5	7,55	12,5
pavisam	0,42	0,59	1,14	1,50	2,10	2,78
uz 1 cilvēku,	—	—	—	—	—	—
tonnas	—	—	—	—	—	—
Saražots elektroenerģijas:	—	—	989	2380	5035	8370
pavisam, miljardi kWh	—	—	395,6	793,3	1398,6	1860
uz 1 cilvēku, kWh	—	—	—	—	—	—

liks nemainīga tādā pašā mērā, cik nemainīga paliks Saules enerģija;

2) enerģijas avoti, kas neatjaunojas (jeb vienreizējas izmantošanas avoti). Tie ir derīgie izrakteņi — nafta, gāze, ogles, kūdra, degslānekļi, urāns.

Pirmās grupas enerģijas avotiem, neskatoties uz to praktisko neizsmeļamību, šobrīd ir visai niecīga loma pasaules saimniecības enerģētiskajā bilancē. To izmantošanai patlaban visbiežāk piemīt eksperimentāls raksturs (izņēmums ir upju enerģijas izmantošana). Paradoksāli, bet tieši otrās grupas enerģijas avoti nodrošina vairāk nekā 90% vajadzību pēc enerģijas. Bet šo kurināmā un enerģētikas resursu krājumu mums var pietikt tikai dažiem gadu desmitiem.

Vidēji pasaulē naftas un gāzes krājumu īpatsvars nepārsniedz 30%, tajā pašā laikā šo resursu patēriņa īpatsvars sasniedzis 75%.

Neskatoties uz gaidāmo kurināmā un enerģētikas resursu patēriņa tempu samazināšanos, 20. gadsimta beigās patēriņa apjomi var sasniegt 20—25 miljardus tonnu nosacītā kurināmā. Tik milzīgi enerģētisko resursu patēriņa apmēri liek jau tagad domāt ne tikai par planētas resursu ierobežotajiem krājumiem, bet arī par šī procesa ekoloģiskajām sekām un ietekmi uz cilvēka veselību.

Un tātad nav šaubu, ka enerģētisko resursu pietiekamības problēma mūsdienās ir ārkārtīgi svarīga. To nosaka kaut vai tāds apstāklis, ka enerģija ir visas cilvēka darbības pamatu pamats un līdzeklis mūsu dzīves līmeņa paaugstināšanai. Protams, enerģētiskie resursi nav vienīgie, kas nosaka sabiedrī-

bas attīstības iespējas. Te vēl jāpiemin tādi resursi kā neatjaunojamie minerālu krājumi (it īpaši atsevišķu deficītu metālu krājumi), lauksaimnieciski izmantojamā zeme un, visbeidzot, arī apdzīvojamā teritorija kā tāda.

Pasaules valstu visai atšķirīgo kultūras un sadzīves līmeni lielā mērā var izskaidrot ar neviendabīgo enerģijas patēriņa līmeni. 30% planētas iedzīvotāju izmanto vairāk nekā 90% visas patērējamās enerģijas. Pārējie 70% (galvenokārt jaunattīstības valstīs) izmanto mazāk nekā 10% enerģijas.

Pieaugot naftas noteicošajai lomai pasaules kurināmā un enerģētikas resursu kopapjomā, speciālisti sāka pievērst uzmanību tādām faktam, ka ir kaut kādas izmantošanas robežas tiem dabas resursiem, kas neatjaunojas, ka tie nav neizsmeļami, un tātad to tālākas izmantošanas iespējas nosaka šo resursu krājumi zemes dziļēs. Ko mēs šobrīd varam teikt par šo resursu krājumiem? Dažādi zinātnieki visai atšķirīgi novērtējuši pasaules kurināmā un enerģētisko resursu krājumus.

Apkopojot dažādu speciālistu dotos novērtējumus, iegūstam šādu vidējo novērtējumu tabulu:

2. tabula

Pasaules kurināmā un enerģētikas resursu krājumi, tonnas nosacītā kurināmā

Resursi	Krājumu apjoms
Ogles	$(4-6) \cdot 10^{12}$
Nafta	$(0,9-1,2) \cdot 10^{12}$
Dabasgāze	$(0,4-0,7) \cdot 10^{12}$
Hydroenerģija	$3 \cdot 10^9$

Cilvēka atkarību no enerģētiskajiem resursiem ļoti uzskatāmi raksturo šāds piemērs. 1965. gada 9. novembrī Ņujorkā notika «gadsimta avārija». Atslēdzās neliela elektropārvades līnija, kas savienoja ASV ar Kanādu. Tas savukārt izraisīja automātisku līniju atslēgšanos citās paralēlēs un galu galā noveda pie lavīnveida avārijas. No ierindas izstājās elektrostacijas ar 45 miljonu kilovatu lielu kopējo jaudu. Tādu satricinājumu neizturēja viss valsts ziemeļrietumu elektriskais bloks. Rezultātā 8 ASV štati un 2 Kanādas provinces ar vairākiem miljoniem iedzīvotāju palika bez elektrības. Tajā vakarā Ņujorkā pēkšņi kļuva tumšs, apstājās autobusi, trolejbusi, vieglās automašīnas, metro. Vienlaikus atslēdzās ventilācija, no ierindas izgāja daudzas ūdens apgādes sistēmas. Tūkstošiem cilvēku palika liftos, kur daudzi arī gāja bojā gaisa trūkuma dēļ. Sākās laupīšana un vardarbība uz ielām, vilcienos. Tikai nākamajā dienā atjaunojās normālais elektrostaciju darbs. Protams, tāda zibenīga elektroenerģijas padeves pārtraukšana ir reta parādība.

Bet vai mēs būtu ar mieru nākotnē pavisam atteikties no televizoriem, magnetofoniem un citām jau tik pierastām komforta sastāvdaļām? Eksistenciālisti uzskata, ka tālāka zinātnes un tehnikas attīstība visai drīz novedīs pie cilvēku iekšējās pasaules degradācijas un to pārvēršanās par robotiem. Citi zinātnieki paredz tuvākajā laikā vispārēju badu, minerālresursu izsīkšanu un strauju apkārtējās vides piesārņošanu. Amerikāņu zinātnieks E. Veinbergs pat uzskata, ka gandrīz vairs nav palicis laika, lai stāvokli la-

botu. Pēc viņa domām, cilvēcei atlikuši tikai 20 gadi, lai veiktu globālu enerģētisko sistēmu pārkārtošanu, jo, kā viņš apgalvo, viss, kas deg, nes cilvēkiem nelaimi. Daudzi zinātnieki pieprasa pilnīgi pārtraukt antropogēnos pārveidojumus, jo, pēc viņu domām, nedrīkst izjaukt līdzsvaru dabā, kas var novest pie neatgriezeniskām sekām.

Rietumberlīnes žurnāls «Spiegel» rakstīja, ka gaidāms mezozojs, un apgalvoja, ka tālākas enerģētikas attīstības rezultātā vidējā temperatūra uz mūsu planētas pieaugs par 6 grādiem un izveidosies klimats, kāds bija pirms 100 miljoniem gadu.

Ļeņingradas zinātnieki savukārt uzskata, ka 20. gadsimta beigās gaidāmā temperatūras paaugstināšanās izraisīs zināmas svārstības mūsu planētas ūdens bilancē. Pieaugot ogļskābās gāzes koncentrācijai gaisā (bet pēdējā gadsimta laikā tās daudzums palielinājies apmēram par vienu ceturtdaļu), pastiprināsies tā dēvētais siltumnīcas efekts, rezultātā paaugstināsies apakšējo gaisa slāņu temperatūra. Tas ievērojami ietekmēs atmosfēras nokrišņu sadalījumu. Kā apgalvo pazīstamais klimatologs PSRS Zinātņu akadēmijas korespondētājloceklis M. Budiko, tad ap 2000. gadu mūsu planētas apakšējā gaisa slāņa temperatūra būs par pusotru grādu augstāka, nekā tā bija pagājušā gadsimta beigās. Mūsu valsts Eiropas daļas ziemeļos un Centrālajā Sibīrijā palielināsies nokrišņu daudzums. Iespējams, ka nokrišņu samazināšanās josla aptvers PSRS Eiropas daļas centrālos rajonus, kā arī vairākus Sibīrijas un Kazahijas apgabalus. Nokrišņu dau-

dzuma un temperatūras izmaiņas izraisīs manāmas upju noteces svārstības. Piemēram, gadsimta beigās notece Volgā un Dņeprā var samazināties vidēji par 9%, Urālā — par 10%, Dņestrā — par 2%. Ziemeļu upju notece būtiski nemainīsies. Turpretim Āzijas daļā ir pat iespējama nokrišņu daudzuma palielināšanās Amudarjas un Sirdarjas baseinos.

Kā redzams, tad kurināmā un enerģētikas resursu racionālas izmantošanas problēma ir visai sarežģīta un izvirza cilvēcei neatliekamam uzdevumam apgūt jaunus, tā saucamos alternatīvos enerģijas avotus, kas spētu nodrošināt strauji pieaugošās iedzīvotāju vajadzības pēc enerģijas un tajā pašā laikā nerādītu kritisku ekoloģisko situāciju. Ar šādu nolūku tad arī esam grāmatā aplūkojuši atsevišķus alternatīvos enerģijas avotus un to izmantošanas iespējas.

Kur un kādus resursus mēs izmantojam

Nesenā enerģētikas krīze spilgti apliecināja kurināmā un enerģētikas bāzes lielo lomu mūsdienās. To neizraisīja planētas resursu reālais izsīkums. Krīzes būtiskākais iemesls bija pasaulē izveidojusies neatbilstība starp kurināmā un enerģētikas resursu patēriņa struktūru un to krājumiem. Šo neatbilstību pastiprināja straujā naftas (vēlāk arī gāzes) krājumu samazināšanās, jaunu atradņu izpēte un apgūšana, kas prasīja un prasa arvien lielākus izdevumus. Krīze saasināja

3. tabula

Kurīnāmā un enerģētiskas resursu ieguve pasaulē, miljoni tonnu nosacītā kurīnāmā

Resursu veids	1913	1940	1945	1950	1955	1960	1965	1970	1975
Nafta	14,7	44,5	27,8	54,2	101,2	211,4	346,4	502,5	701,8
Gāze	—	4,4	4,2	7,3	11,4	54,4	149,8	233,5	345,7
Ogles	23,1	140,5	115,0	205,7	310,8	373,1	412,5	432,7	490,4
Kūdra	0,7	13,6	9,2	14,8	20,8	20,4	17,0	17,7	16,9
Degsīnāekļi	—	0,7	0,4	1,3	3,3	4,8	7,4	8,8	11,7
Malka	9,7	34,2	28,4	27,9	32,4	28,7	33,5	26,6	23,8
Kopā	48,2	237,9	185,0	311,2	479,9	692,8	966,6	1221,8	1590,3

interesi par enerģētiku, enerģijas patēriņa struktūru, tās attīstības tendencēm.

Dati, kas raksturo visu veidu kurināmā un enerģētisko resursu ieguvi pasaulē, apkopoti 3. tabulā.

Ja paanalizē resursu ieguves struktūru dažādos gados, tad redzams, ka ogles, kas 1913. gadā tika iegūtas vislielākajā apjomā (47,9% visu resursu), perioda beigās savas «līdera» pozīcijas ir atdevušas naftai. Pavisam niecīga loma šobrīd ir malkai, lai gan savulaik tās īpatsvars kurināmā resursu ieguvē ir bijis visai nozīmīgs.

PSRS ir vienīgā lielvalsts, kas pilnībā attīsta ekonomiku, izmantojot savus kurināmā un enerģētiskos resursus. Bez tam Padomju Savienība sniedz ievērojamu palīdzību sociālistiskās sadraudzības valstīm, piegādājot tām naftu, gāzi, ogles, elektroenerģiju.

Mūsu valstij pieder vairāk nekā puse zemeslodes ogļu krājumu, degslānekļu, vairāk nekā 30% dabasgāzes, naftas, vairāk nekā 60% kūdras, kā arī lieli enerģētisko resursu krājumi atomelektrostacijām un ievērojama daļa planētas hidroenerģētisko resursu. PSRS kurināmā un enerģētikas komplekss aptver kurināmā un enerģētisko resursu ieguves un apstrādes, kā arī transportēšanas nozares. Mūsu valsts ieņem vadošās vietas pasaulē ogļu, naftas, gāzes ieguvē, elektroenerģijas ražošanā. PSRS kurināmā un enerģētikas komplekss nodrošina piekto daļu pasaules enerģētisko resursu ražošanas.

Vēl joprojām pastāv uzskats, ka mūsu valsts resursi ir bezgalīgi. Laika posmā no 1961. līdz 1980. gadam kurināmā un izej-

vielu ieguves apjomu pieaugums Padomju Savienībā ievērojami apsteidza vidējos pasaules rādītājus.

4. tabula

Atsevišķu kurināmā un enerģētisko resursu ieguves apjomu dinamika laika posmā no 1961. līdz 1980. gadam, %

Resursi	PSRS	Vidējais rādītājs pasaulē
Ogles	66	41,3
Nafta	82	73,3
Dabaszāģe	95	77,5

Pie tam resursu ieguve pārvietojas uz sliktāk apgūtajiem rajoniem ar ekstremāliem klimatiskajiem apstākļiem, kas, protams, pasliktina resursu ieguves ekonomiskos rādītājus. Arvien lielāki līdzekļi nepieciešami ne tikai ražošanas apjomu palielināšanai, bet pat iepriekšējā ieguves līmeņa uzturēšanai. Piemēram, ja 11. piecgades sākumā naftas ieguvē tikai 5% kapitālieguldījumu tika izlietoti apjomu palielināšanai, tad piecgades beigās jau visi kapitālieguldījumi tika novirzīti iepriekšējā ieguves līmeņa uzturēšanai.

Rūpnieciski attīstītajām kapitālistiskajām valstīm, arī tām, kurām ir lieli derīgo izrakteņu krājumi (piemēram, Kanādai), raksturīga kurināmā un izejvielu ieguves un to eksporta apjomu samazināšanās.

Liela fondu un kapitālieguldījumu ietilpība ir kurināmā un enerģētikas kompleksam. Ražojot nedaudz vairāk nekā 9% rūpniecības produkcijas, kompleksa īpatsvars rūpniecī-

kās ražošanas pamatfondu struktūrā ir gandrīz 30%, kapitālieguldījumu struktūrā — pāri par 30%.

Neskatoties uz absolūto rādītāju dinamiku, kas raksturo kurināmā un enerģētisko resursu ieguves palielināšanos (sk. 5., 6. tabulu), izņemot naftas ieguvi, perspektīvā valsts kurināmā un enerģētikas kompleksa attīstību ietekmēs virkne jaunu faktoru. Būtiskākais no tiem ir neatbilstība starp resursu teritoriālo izvietojumu un to ieguvi, no vienas puses, un kurināmā un enerģētisko resursu patēriņu, no otras puses. To izraisīja nepieciešamība apgūt ziemeļu un austrumu rajonu atradnes, kurināmā transportēšanu uz valsts centrālajiem rajoniem, kur lielākoties izvietoti ražotājspēki.

PSRS Eiropas daļā un Urālos dzīvo gandrīz trīs ceturtdaļas valsts iedzīvotāju, tiek saražoti 80% rūpnieciskās un lauksaimniecības

5. tabula

Atsevišķu kurināmā veidu ieguve PSRS

Gadi	Nafta, un gāzes kon- densāti milj. t	Gāze, mljrd. m ³	Ogles, milj. t			Kūdra, milj. t
			pavi- sam	akmeņ- ogles	brūn- ogles	
1940	31,1	3,2	166	140	26	33,2
1960	148	45,3	510	375	135	53,6
1970	353	198	624	476	148	57,4
1980	603	435	716	553	163	21,6
1981	609	465	704	544	160	37,2
1982	613	501	718	555	163	24,8
1983	616	536	716	558	158	25,7
1984	613	587	712	556	156	17,5
1985	595	643	726	569	157	16

Kurināmā ieguves struktūra PSRS, %

Gadi	Nafta, t. sk. gāzes konden- sāts	Gāze	Ogles	Kūdra	Deg- slānekļi	Malka
1940	18,7	1,8	59,1	5,7	0,3	14,4
1960	30,5	7,9	53,9	2,9	0,7	4,1
1970	41,1	19,1	35,4	1,5	0,7	2,2
1980	45,5	27,1	25,2	0,4	0,6	1,2
1981	44,9	28,4	24,3	0,6	0,6	1,2
1982	44,0	29,7	24,1	0,4	0,5	1,1
1983	43,3	31,1	23,6	0,4	0,5	1,1
1984	42,0	33,3	22,8	0,3	0,5	1,1
1985	39,8	35,5	22,8	0,3	0,5	1,1

ciskās produkcijas, tiek patērētas trīs ceturtdaļas ražošanas resursu, to skaitā arī kurināmais. Šajā teritorijā izvietota arī lielākā daļa termoelektrostaciju (TES). Vienlaikus platības ziņā tā ir tikai viena ceturtdaļa valsts teritorijas, kurā koncentrēta tikai desmitā daļa kurināmā un enerģētisko resursu. Ap 85% šo resursu atrodas austrumos no Urāliem, galvenokārt grūti pieejamos un maz apgūtajos rajonos. Tas ir viens no galvenajiem iemesliem, kas nosaka atomelektrostaciju (AES) paplašinātu celtniecību tieši valsts Eiropas daļā.

Grandiozie valsts rūpnieciskās ražošanas mērogī nosaka arī lielās vajadzības pēc kurināmā un izejvielām. Izmaksas kurināmā un izejvielu ieguvei pastāvīgi aug, pateicoties gan ieguves ģeoloģisko apstākļu maiņai, gan arī arvien pieaugošajiem transportēšanas at-tālumiem.

Energētisko resursu krājumu sadalījums PSRS, %

Rajoni	Kurināmā un enerģētisko resursu krājumi	Hidroenerģētisko resursu krājumi	Energētiskie resursi, pavisam
Valsts Eiropas daļa (ieskaitot Urālus)	11	14	11
Sibīrija, tajā skaitā:	86	60	82,5
Austrumsibīrija un Tālie Austrumi	73	55	71
Vidusāzija un Aizkaukāzs	3	26	6,5

Latvijas PSR pieder pie rajoniem, kas ir vāji apgādāti ar pašu kurināmā un enerģētiskajiem resursiem. Republikas vajadzības galvenokārt tiek apmierinātas uz ievestā kurināmā un no citām republikām pievadītās elektroenerģijas rēķina. Latvijā svarīgākie iegūstamā kurināmā veidi ir kūdra un malka. Kūdras izmantošanas efektivitāte ir ievērojami zemāka nekā citiem kurināmā veidiem, tā tiek plaši izmantota arī lauksaimniecībā. Kūdras resursu ieguves un izmantošanas ne pārāk lielos apjomus nosaka arī tas, ka noteiktu daļu kūdras purvu nepieciešams saglabāt. Republikas enerģētisko resursu kopējā apjomā liela loma ir hidroenerģētikai. Nozīmīgākie hidroenerģētisko resursu krājumi ir Daugavā.

PSRS kurināmā un enerģētikas kompleksa attīstībai tuvākajos gadu desmitos acīmredzot būs raksturīgas šādas iezīmes:

 samazināsies naftas ieguves tempi, galvenokārt tāpēc, ka samazināsies naftas ieguves

pieauguma dinamika grūti pieejamos rajonos. Tas nosaka nepieciešamību rast jaunus risinājumus naftas pārstrādes tehnoloģijā, lai pēc iespējas efektīvāk izmantotu šo resursu, kā arī pārskatīt enerģētisko resursu eksporta struktūru, samazinot tajā naftas īpatsvaru un palielinot dabasgāzes. AES ražotās elektroenerģijas, ogļu īpatsvaru;

plašāk tiks izmantota atomenerģija — ne tikai elektroenerģijas ražošanai, kā tas notiek patlaban, bet arī siltumenerģijas ražošanai;

paplašināsies ogļu ieguve, it īpaši ekonomiski izdevīgajos Kuzņeckas un Ķanskas-Ačinskas baseinos;

plašāk tiks izmantoti ne tikai jau pierastie hidroenerģētiskie resursi, bet arī tādi enerģijas avoti kā Saules, vēja, viļņu, ģeotermālā, bioloģiskā enerģija;

tiks ieviesta aktīva enerģētisko resursu taupīšana, jo, piemēram:

- a) elektriskās un siltuma enerģijas ražošanai valstī izlieto vairāk nekā 700 miljonus tonnu nosacītā organiskā kurināmā, tā ekonomija pat 0,1% apmērā ļautu ietaupīt 700 tūkstošus tonnu kurināmā;
- b) izdevumi jebkuru pasākumu veikšanai kurināmā un elektroenerģijas taupīšanā ir ievērojami mazāki (2—3 reizes) nekā izdevumi kurināmā un enerģētikas bāzes paplašināšanai;
- c) produkcijas materiālietilpības samazināšanās par 1% ļauj iegūt elektroenerģijas ekonomiju 1—2% apmērā uz enerģijas

ekonomijas rēķina produkcijas apstrādei,
tās transportēšanai;
pasākumu realizēšana enerģētikas attīstī-
bas ekoloģisko seku likvidēšanai.

Tradicionālie kurināmā un enerģētiskie resursi

Ogļu atradnes dabā ir daudz plašāk izpla-
tītas nekā naftas un gāzes atradnes, pie tam
tās izvietojušās daudz vienmērīgāk. Turklāt
šīs atradnes arī atklāt ir daudz vieglāk, jo tās
neatrodas tik dziļi, reizēm ogļu atradnes sa-
stopamas pat zemes virsējā kārtā. Tādēļ ne-
maz nav jābrīnās par to, ka tieši ogles bija
tas kurināmais, kas nomainīja malku, kad
tās izmantošana vairs nespēja apmierināt
tautas saimniecības pieaugošās vajadzības.
No 19. gadsimta beigām līdz pat 20. gad-
simta vidum oglēm piederēja vadošā vieta
pasaules enerģētiskajā bilancē.

Neskatoties uz straujajiem naftas un gā-
zes patēriņa pieauguma tempiem, ogļu īpat-
svars pasaules kurināmā un enerģētikas
bilancē pārsniedz 30%. Ogles ir arī vērtīgs
ķīmisko izejvielu avots. Pārstrādājot tās, var
iegūt vairāk nekā 350 vērtīgu produktu, ko
izmanto dažādās tautas saimniecības noza-
rēs.

Pirmsrevolūcijas laika Krievijā ogļu krā-
jumi tika novērtēti uz 231 miljardu tonnu jeb
3,2% pasaules krājumu. Ogļu ieguves ģeo-
grāfija ir stipri vien mainījusies. 1913. gadā
87% ogļu tika iegūtas Doņeckas baseinā.
30% izmantoto ogļu tika ievesti. PSRS ogļu

ieguves rūpniecībai bija milzīga loma valsts industrializācijas periodā, un arī patlaban tā ir svarīga valsts kurināmā un enerģētikas kompleksa sastāvdaļa.

PSRS ogļu ģeoloģiskie resursi, pēc pēdējiem novērtējumiem, pārsniedz 8,7 triljonus tonnu, to skaitā akmeņogles — vairāk nekā 5,1 triljonu tonnu, tā ir vairāk nekā puse pasaules ogļu krājumu. Valsts Eiropas daļā izvietoti 27%, Sibīrijā — 48% šo krājumu.

1986. gadā ogļu ieguve PSRS sasniedza 751 miljonu tonnu. Lielākie ogļu ieguves baseini izvietoti valsts austrumu daļā. Izņēmums ir Donbasa ogļu baseins. Tādi ogļu ieguves rajoni kā Kanska-Ačinska, Ekibastuza ar saviem ogļu krājumiem ir unikāli. Piemēram, Ekibastuzas atradnēs ir 9 miljardus tonnu lieli ogļu krājumi, tas ir aptuveni 10 reizes vairāk, nekā valstī patlaban gada laikā tiek izlietots. Par lielāko ogļu ieguves rūpniecības bāzi nākotnē var kļūt Kanskas-Ačinskas baseins. Šobrīd tur iegūst 50 miljonus tonnu ogļu, bet nākotnē ieguvi iespējams palielināt līdz 1 miljardam tonnu gadā.

Neskatoties uz grandiozajiem skaitļiem, kas raksturo planētas ogļu krājumus (sk. 2. tabulu), to ieguves straujš kāpinājums saistīts ar veselu virkni problēmu. Pasaulē patlaban dominējošais ogļu ieguves veids ir šahtas. Tās izmaksā ļoti dārgi, bez tam šahtās darba apstākļi ir ārkārtīgi smagi. Daudz perspektīvāks ir tā saucamais atklātais ogļu ieguves paņēmiens. PSRS pēdējos gados ir izpētītas vairākas ogļu atradnes, kurās ogles neatrodas dziļi. Atklātā paņēmiena būtība ir sekojoša: vispirms noņem grunti, atsedzot

ogļu slāni, pēc tam rok ogles. Izmaksas šī paņēmiena lietošanai sadārdzina tas, ka pēc darbu beigšanas nepieciešams aizbērt karjerus un atjaunot ainavu. Pēdējie pētījumi liecina, ka ogļu šahtas var izmantot hidroakumulējošo elektrostaciju būvēšanā.

Ogļu ieguves atklātā paņēmiena īpatsvars mūsu valstī pieaug straujiem tempiem. 1960. gadā ar šo paņēmienienu ieguva 20,1% ogļu, 1980. gadā — 38%, un līdz gadsimta beigām PSRS Enerģētiskā programma paredz, ka šī paņēmiena īpatsvars pieaugs līdz 56—60%.

Vēl pavisam nesen valsts Eiropas daļa nodrošināja savas vajadzības ar vietējiem resursiem. Lielākā daļa ogļu tika iegūtas Donbasa baseinā. Patlaban stāvoklis ir mainījies. Šajā rajonā iegūstamo ogļu apjoms samazinājies, jo strauji pasliktinājušies ieguves ģeoloģiskie apstākļi. Donbasa ogļu šahtu vidējais dziļums sasniedzis 605 metrus, bet nākotnē trešdaļa ogļu tiks iegūtas šahtās, kuru dziļums būs 1000 metru un vairāk.

Sibīrijā ir atšķirīga situācija. Kuzbasa atradnēs šahtu dziļums ir 3—5 reizes mazāks nekā Donbasā un ogles iespējams iegūt ar atklāto paņēmienienu. Arī Kanskas-Ačinskas atradnēs ogļu ieguvē izmanto šo paņēmienienu, rezultātā ogļu pašizmaksa tur ir 5—6 reizes zemāka nekā valsts Eiropas daļas raktuvēs.

Nepieciešamība transportēt kurināmo lielos attālumos ievērojami palielina tā pašizmaksu. Piemēram, Kuzbasa ogļu transportēšana uz valsts Eiropas daļu praktiski palielināja to pašizmaksu 2 reizes. Bieži vien faktiskās izmaksas ogļu ieguvei pārsniedz to vairumcenu. Ukrainas PSR 1987. gadā bija ieplānots

izlietot 2,6 miljardus rubļu no republikas budžeta līdzekļiem, lai sāktu starpību starp ogļu ieguves faktiskajām izmaksām un vairumcenu.

Jāatzīmē, ka perspektīvajās ogļu atradnēs ogļu kvalitāte ir salīdzinoši zema, un tādēļ būtu lietderīgi izmantot tās neapstrādātā veidā siltuma un elektroenerģijas ražošanai speciālos, šādu ogļu dedzināšanai piemērotos katlos.

Tā kā ogļu ieguvei nepieciešams daudz darbietilpīgāks process nekā citu kurināmā veidu ieguvei, rūpnieciski ražojošā personāla skaits ogļu ieguvē (kas dod tikai trešo daļu enerģētisko resursu kopapjoma) ir 2,5 reizes lielāks nekā naftas un gāzes rūpniecībā, kas dod vairāk par 60% enerģētisko resursu.

Pie svarīgākajiem faktoriem, kas nosaka ogļu īpatsvara samazināšanos kurināmā un enerģētikas bilancē, jāpiemin

1) negatīva ietekme uz apkārtējo vidi un cilvēku veselību;

2) liela kapitālietilpība, lielas ražošanas izmaksas;

3) pastāvošo ogļu transportēšanas paņēmieni lielā darbietilpība un neefektivitāte;

4) neiespējamība izmantot ogles nepārstrādātā veidā kā dzinēju degvielu.

Nemot vērā to, ka ogles veido lielāko daļu pasaules kurināmā un enerģētikas resursu krājumu, acīmredzot vismaz pagaidām, kamēr cilvēks nav iemācījies izmantot citus, vieglāk izmantojamus un «tīrākus» siltuma un enerģijas avotus, ogles ieņems vadošo vietu pasaules kurināmā un enerģētikas bilancē. Bez tam ogles nākotnē varēs izmantot

arī kā izejvielu mākslīgā šķidrā un gāzveida kurināmā iegūšanai.

Naftas rūpnieciskā ieguve aizsākās vairāk nekā pirms 100 gadiem. Mūsu valstī pirmais naftas urbums tika izveidots 1870. gadā Kaspijas jūras rietumu piekrastē.

Nafta attīstītajās valstīs mūsdienās ieņem ievērojamu vietu kurināmā un enerģētikas bilancē. To nosaka sekojoši faktori:

- 1) automobilizācijas un gaisa satiksmes straujā attīstība;
- 2) jaunu, lielu atradņu atklāšana, kā rezultātā naftas ieguve kļuvusi lētāka par ogļu ieguvi;
- 3) mazāka negatīvā ietekme uz apkārtējo vidi.

Ja naftas patēriņa tempi turpinās augt, jau ap 1990. gadu pasaulē var rasties naftas deficīts, neskatoties uz to, ka tās krājumi it kā būtu pietiekami. Svarīgākā problēma, kas šeit izvirzās, ir naftas atradņu intensīva apgūšana un atradņu lietderīgas izmantošanas uzlabošana.

1986. gadā PSRS tika iegūti 615 miljoni tonnu naftas (to skaitā gāzes kondensāta). Naftas ieguves tempi mūsu valstī samazinās. Svarīgākais iemesls tam ir naftas ieguves apjomu samazināšanās valsts Eiropas daļā, un tās paplašināšanās Rietumsibīrijā, kur izdevumi jaunu atradņu izpētei un apguvei, kā arī naftas transportēšanai uz patēriņa rajoniem ir ļoti lieli. Izmantojot PSRS austrumu rajonu naftas resursus, 11. piecgadē tika nodrošināts ne tikai viss naftas ieguves apjoms pieaugums, bet arī kompensēta tās ieguves apjomu samazināšanās valsts Eiropas daļā

Naftas ieguves rūpniecībai raksturīgie negatīvie faktori — pieaugošais kapitālieguldījumu apjoms sasniegtā ieguves līmeņa uzturēšanai, transportēšanas attālumu palielināšanās — izveidojuši situāciju, kad kļūst asi nepieciešama jauna pieeja šo jautājumu risināšanai, izmantojamās tehnikas un tehnoloģijas būtiskai pilnveidošanai.

Apgūstamo naftas atradņu pārvietošanās uz valsts neapdzīvotajiem un grūti pieejamiem rajoniem ir vairākas reizes palielinājusi īpatnējos kapitālieguldījumus jaunu jaudu izveidošanā naftas ieguvē. Tajā pašā laikā sadārdzinās arī naftas ieguve tradicionālajos rajonos. Iemesls tam ir arvien dārgākas tehnoloģijas izmantošana.

Bez tradicionālajiem ir arī tā saucamie ne-tradicionālie naftas resursi, kas atrodami bitumenizētajās smiltīs, arktiskajā zonā, dziļi zem ūdens, degslānekļos. Šobrīd nav attiecīgas tehnoloģijas to ieguvei.

Ļoti liela nozīme ir naftas un tās produktu izmantošanas efektivitātes paaugstināšanai tautas saimniecībā. Vispirmām kārtām tas nozīmē nepieciešamību palielināt augstas kvalitātes naftas produktu ražošanu, samazinot naftas kā kurināmā izmantošanas apmērus.

Dabaszāģes iegūšanai un izmantošanai ir ļoti sena vēsture. Jau 1000 gadu pirms mūsu ēras Ķīnā gāze tika iegūta, izmantojot bambusa caurules. Gāzes rūpniecība PSRS ir pati jaunākā kurināmā rūpniecības nozare. Plaša rūpnieciska dabaszāģes izmantošana aizsākās tikai piecdesmitajos gados. Šodien jau

vairs nav nepieciešams pierādīt dabasgāzes lomu ekonomikas intensīvas attīstības apstākļos. Izmantojot gāzi, šobrīd tiek kausēti 93% čuguna un tērauda, ražoti 70% cementa, 95% minerālmēsli. Pie tam tā ir ekoloģiski tīrs kurināmais. Transportēšanas principiālā vienkāršība, lielā siltumspēja, nesarežģītā plūsmas regulācija, nelielais piemaisījumu saturs ir padarījuši gāzi par grūti aizstājamu kurināmo daudzos tehnoloģiskajos procesos, kā arī sadzīvē. 1985. gadā tika iegūti 643 miljardi m³ gāzes. Galvenie dabasgāzes patērētāji ir ķīmiskā rūpniecība, melnā, krāsainā metalurģija, mašīnbūve, būvmateriālu rūpniecība, komunālā saimniecība.

Vēl 1961. gadā vairāk nekā 68% PSRS gāzes krājumu bija koncentrēti valsts Eiropas daļā. Turpmākajos gados notika strauja gāzes ieguves rūpniecības pārvietošanās uz valsts austrumu daļu un Vidusāziju.

Arī gāzes ieguves rūpniecībā eksistē vairāki faktori, kas izraisa izmaksu pieaugumu tās ieguvē. Svarīgākais no tiem ir gāzes ieguves īpatsvara palielināšanās Rietumsibīrijā un Galējos Ziemeļos. Bez izmaksu pieauguma šo atradņu apgūvē palielinās arī izmaksas gāzes transportēšanai. 10. piecgadē vidējais gāzes transportēšanas attālums palielinājās no 1237 līdz 2043 kilometriem un turpina pieaugt. Rietumsibīrijā ap 73% gāzes krājumu atrodas tikai 1300 metru dziļumā. Neskatoties uz to, pastāvot sevišķi smagiem klimatiskajiem apstākļiem šajā zonā, katrs urbuma metrs izmaksā 2 reizes dārgāk nekā valsts Eiropas daļā.

Dabā eksistē arī tādas dabasgāzes atrad-

nes, kuru izmantošana pagaidām nav ekonomiski izdevīga. Tās ir netradicionālās atradnes, kuru apguvei pagaidām trūkst attiecīgas tehnoloģijas. Tās ir dabasgāzes atradnes blīvajos smiltis slāņos, kam ir zema caurlaides spēja un kas veido it kā gāzes rezervuārus, bez tam gāze sastopama degslānekļos, ir izmantojama purva gāze, kā arī gāze, kas izdalās organisko atkritumu anaerobās sadalīšanās rezultātā.

Ļoti svarīga problēma mūsdienās ir gāzes izmantošanas struktūras pilnveidošana tautas saimniecībā. Nepamatoti pieaudzis gāzes patēriņš, piemēram, elektrostacijās, kur tās izmantošanas ekonomiskais efekts ir 4—6 rubļi uz 1000 m³. 1986. gadā gāzes izlietojums šim mērķim sasniedza 199 miljardus m³, kas ir 2 reizes vairāk nekā 1980. gadā. Tajā pašā laikā samazinās gāzes izmantošanas apjomi ķīmijas, naftas ķīmijas rūpniecībā un citos tehnoloģiskajos procesos, kur 1000 m³ gāzes izlietošana ļauj iegūt efektu 75—95 rubļu apmērā.

Pagaidām vēl ļoti lēni tiek apgūts tāds jauns un efektīvs virziens kā gāzes izmantošana transporta līdzekļos.

Enerģētikas attīstības mūsdienu problēmas

Kurināmā un enerģētikas kompleksa struktūras pilnveidošana ir viens no nepieciešamajiem PSRS tautas saimniecības intensīvas

attīstības priekšnoteikumiem, un vispirmām kārtām tas attiecas uz elektroenerģētiku.

Elektroenerģētika ietekmē ne tikai kuri-
nāmā un enerģētikas kompleksa attīstību.
Elektroenerģijas priekšrocības salīdzinājumā
ar citiem enerģijas veidiem nosaka tās vis-
plašākās izmantošanas, pārveidošanas iespē-
jas, kā arī iespēja pārvadīt to lielos attālu-
mos, vienkāršā izmantošana tehnoloģiskajos
procesos. Elektroenerģija ir ražošanas pro-
cesu mehanizācijas un automatizācijas pa-
mats. Darba ražīgums un tā energoapgādā-
tība ir savstarpēji cieši saistīti. Darba pro-
cesa elektrifikācijai katrā nozarē raksturīgas
savas specifiskās iezīmes, taču kopumā darba
ražīguma pieauguma tempi rūpniecībā ir pro-
porcionāli energoapgādātības pieauguma
tempiem un pat nedaudz augstāki (sk. 8. ta-
bulu).

Valdot vispārējai tendencei uz nacionālā
ienākuma energoietilpības samazināšanos, tā
elektroietilpība nepārtraukti palielinās, ne-
skatoties uz elektroenerģijas taupīšanas pa-
sākumiem. Rezerves mūsu valstī vēl ir mil-
zīgas. Piemēram, ļoti interesanti salīdzināt
datus par produkcijas ražošanas, tās energo-
ietilpības un darbietilpības rādītāju dinamiku
lauksaimniecībā PSRS un ASV (sk. 9. ta-
bulu), kas publicēti žurnāla «Вопросы эконо-
мики» 1987. gada 3. numurā. Mūsu valstij
jāpāriet uz intensīvās attīstības ceļu, plašāk
jāizmanto zinātnes un tehnikas sasniegumi
lauksaimnieciskajā ražošanā (piemēram, bio-
tehnoloģija).

Pēdējo 30 gadu laikā PSRS govju skaits
pieaudzis 1,6 reizes, tajā pašā laikā ASV tas

Elektroenerģijas izmantošanas rādītāju dinamika PSRS

8. tabula

Rādītāji	1960	1965	1970	1975	1980	1985
	Nacionālā ienākuma (1 tūkst. rbļ.) energoietilpība: nosac. kurin. tonnas %	4,82 100	4,66 97	3,88 81	3,70 77	3,57 74
Nacionālā ienākuma elektroietilpība: %	2,0	2,64	2,57	2,84	2,92	3,0
Darba energoapgādātība, %	100	132	128	142	146	150
Darba elektroapgādātība, %	100	105	111	123	129	141
Darba ražīgums, %	100	138	164	204	221	243
	100	125	166	222	259	303

Lauksaimnieciskās produkcijas ražošanas, tās energoietilpības un darbietilpības dinamika PSRS un ASV (1970. g. = 100%)

9. tabula

Gadi	Produkcijas ražošana		Produkcijas energoietilpība		Darba energoapgādātība		Darba ražīgums	
	PSRS	ASV	PSRS	ASV	PSRS	ASV	PSRS	ASV
1975	103	113	133	98	144	113	107	135
1980	111	123	166	83	202	105	123	170
1985	123	132	187	68	257	96*	141	197*

* 1984. gada dati.

samazinājies 2,2 reizes. Izslaukumi mūsu valstī arī palielinājušies 1,64 reizes, ASV — 2,2 reizes. Citiem vārdiem sakot, PSRS piena ražošanas kāpinājums tika sasniegts uz ražošanas ekstensīvo faktoru pamata, ASV — uz intensīvo faktoru pamata (sk. 10. tabulu).

10. tabula

Piena ražošanas dinamika PSRS un ASV

Rādītāji	PSRS			ASV		
	1955. g.	1985. g.	1985/ 1955, %	1955. g.	1985. g.	1985/ 1955, %
Govju skaits, milj.	27,7	42,9	160	23,5	11,0	46,8
Vidējais izslaukums no vienas govs, kg	1422	2330	164	2650	5800	220
Piena ražošana, milj. tonnu	43,0	98,6	229	55,8	63,0	113

Patlaban PSRS elektroenerģijas ražošanai tiek izlietoti ap 28% un siltumenerģijas ražošanai — ap 46% kurināmā, tātad kopumā šiem mērķiem izmanto trīs ceturtdaļas kurināmā. Tieši šajā sfērā paveras plašas iespējas nomainīt naftas produktus ar valsts austrumu rajonu atradņu lētajām oglēm. Un tieši elektroenerģētikā un siltumenerģētikā iespējams ietaupīt ievērojamus organiskā kurināmā apjomus, plašāk izmantojot kodolenerģiju un hidroenerģiju, kā arī Saules, ģeotermālo, vēja un citus enerģijas veidus.

Svarīgākie valsts elektroenerģētikas attīstības principi, kas tika pieņemti GOELRO 6

plānā, tālāk attīstīti PSRS Enerģētiskajā programmā laika posmam līdz 2000. gadam.

Kopējā valsts elektrostaciju jauda pārsniedz 300 miljonus kilovatu. 1985. gadā tās saražoja 1544 miljardus kilovatstundu elektroenerģijas.

11. tabula

Elektrostaciju jauda un elektroenerģijas ražošana PSRS

Gadi	Visas elektrostacijas		To skaitā HES	
	jauda, milj. kW	saražota elektroenerģija, miljardi kWh	jauda, milj. kW	saražota elektroenerģija, miljardi kWh
1940	11,2	48,6	1,6	5,2
1960	66,7	292	14,6	50,9
1970	166	741	31,4	124
1980	267	1294	52,3	184
1984	315	1544	61,7	215

PSRS darbojas vairāk nekā 80 elektrostacijas, kuru jauda pārsniedz 1 miljonu kilovatu (vairāk nekā 60 termoelektrostacijas, 9 atomelektrostacijas, 16 hidroelektrostacijas).

Lielākās no tām ir (dati līdz 1985. g. 1. I): Termoelektrostacijas (TES) — Ekibastuza-1 (jauda 4000 MW), Reftinskas (3800 MW), Kostromas, Zaporožjes, Uļegorskas (3600 MW), Surgutas (3324 MW), Krivojrogas, Sirdarjas (3000 MW); Atomelektrostacijas (AES) — Ļeņingradas (4000 MW), Černobiļas sākotnēji uzstādītā jauda 4000 MW, projektētā — 6000 MW), Kurskas (3000, 6000 MW), Novovoronežas (2409, 2455 MW),

Dienvidukrainas (2000, 4000 MW), Ignalinas (1500, 6000 MW); Hidroelektrostacijas (HES) — Krasnojarskas (6000 MW), Sajānu-Šušenskas (uzstādītā jauda 5120 MW, projektētā — 6400 MW), Bratskas (4500 MW), Ustjilimas (3840, 4320 MW), Nurekas (2700 MW).

PSRS izveidota Apvienotā enerģētiskā sistēma, kura aptver teritoriju no valsts rietumu robežām līdz Aizbaikālam un kurā visas elektrostacijas strādā vienā tehnoloģiskajā režīmā. Pagaidām Apvienotajai sistēmai nav pievienotas Tālo Austrumu un Jakutijas, Vidusāzijas un Dienvidkazahijas enerģētiskās sistēmas.

PSRS Apvienotās enerģētiskās sistēmas veidošana aizsākās 1955. gadā, bet 1970. gadā tā tika pabeigta. Sistēmā ietilpst Centra, Urālu, Ziemeļrietumu, Vidusvolgas, Dienvidu, Ziemeļkaukāza, Aizkaukāza, Sibīrijas, Kazahijas enerģētiskās sistēmas. Pēc uzstādītās jaudas (304 miljoni kilovatu) tā ir pasaulē trešā lielākā enerģētiskā sistēma pēc Kanādas—Amerikas apvienības (500 miljoni kilovatu) un Rietumeiropas (pāri par 300 miljoniem kilovatu) sistēmas.

Apvienotās enerģētiskās sistēmas izveidošanai ir šādas priekšrocības:

1) nepieciešamās jaudas samazināšana uz diennakts maksimumu savienošanas rēķina dažādās enerģētiskajās sistēmās;

2) dažāda tipa elektrostaciju izmantošana dažādās grafika zonās;

3) elektroenerģijas apgādes drošuma nodrošināšana atsevišķu sistēmu avāriju gadījumā;

4) apkalpojošā personāla skaita samazināšanās.

Lielākā elektroenerģijas daļa — ap 75% tiek ražota TES. 14% elektroenerģijas dod HES, pārējo daļu — AES.

TES ražo elektrisko enerģiju un siltumu, izmantojot organisko kurināmo — naftu, mazutu, ogles, dabasgāzi, degslānekļus, kūdru. Kurināmā struktūrā lielākais īpatsvars ir oglēm — 37,3% un šķidrajam kurināmajam — 35,7%. Dabasgāzes īpatsvars sastāda 24,2%, pārējo resursu īpatsvars ir niecīgs — 2,8%.

Šādu situāciju, kad TES ir nozīmīgākie enerģijas ražotāji mūsu valstī, nosaka ne tikai tas, ka mums ir lieli organiskā kurināmā krājumi, bet arī vairāki ekonomiski apsvērumi:

1) TES iespējams uzbūvēt tieši tajā vietā, kur tiks patērēta enerģija — pilsētā, ciematā. Ierobežojums šajā gadījumā būs kurināmā transportēšanas nepieciešamība;

2) pastāvot vienādiem nosacījumiem, TES celtniecība ir ievērojami lētāka nekā HES un AES celtniecība;

3) celtniecības termiņi ir daudz īsāki nekā citām elektrostacijām.

Šīs priekšrocības tad arī ir bijušas noteicošās līdzšinējā valsts enerģētikas attīstībā uz TES bāzes. Taču pēdējo 10 gadu laikā stāvoklis mainījies, jo stipri pieaugušas izmaksas kurināmā ieguvē.

Sākot jau ar 12. piecgadi, palielinās cietā kurināmā īpatsvars TES, paredzēts, ka gadsimtu mijā tam jāpārsniedz jau 50%. Tas

neizbēgami pazeminās siltumenerģētika efektivitātes rādītājus, jo TES, kas izmanto ogles, lietderības koeficients ir vismaz par 5% zemāks nekā stacijās, kas izmanto gāzi un mazutu.

12. tabulā dota Latvijas PSR tautas saimniecības elektroenerģijas bilance. Jāpiebilst ka līdz 1960. gadam republikas vajadzības pēc elektroenerģijas tika apmierinātas uz elektroenerģijas rēķina, ko saražoja uz vietas. Latvijas enerģētiskā sistēma ir pieslēgta PSRS Ziemeļrietumu elektriskajam tīklam.

Padomju Savienībā saražotās enerģijas izlietošanas struktūra ir dota 13. tabulā. Dati kas aptver 25 gadu periodu, sakopoti 3 aspektos: enerģijas patēriņa struktūra pa PSRS tautas saimniecības nozarēm, saražotās enerģijas struktūra pa tās veidiem un enerģijas nesējiem.

Kā liecina tabulas skaitļi, tad, salīdzinot astoņdesmitos gadus ar gadsimta sākumu, notikusi ne tikai strauja enerģijas patēriņa palielināšanās, bet arī tās struktūras izmaiņas. Valsts industrializācijas gaitā ievērojami palielinājās rūpniecībā un celtniecībā izmantotās enerģijas īpatsvars. Tajā pašā laikā, neskatoties uz absolūto rādītāju kāpumu, dzīvokļu un komunālās saimniecības īpatsvars samazinājies. Ja analizē rādītāju dinamiku pēdējo 25 gadu laikā, tad var teikt, ka šajā laika posmā vērojama patēriņa struktūras zināma stabilitāte, vienīgi nedaudz pieaudzis materiālajā ražošanā izlietotās enerģijas īpatsvars. Darba procesu mehanizāci-

Latvijas PSR tautas saimniecības elektroenerģijas bilance, milj. kWh

	1970	1975	1980	1981	1982	1983	1984	1985
Saražota elektroenerģija	2695	2893	4681	4793	4695	4491	3843	4961
Saņemts no citām republikām	2914	4720	5908	7104	8167	9419	9340	8373
Patērēta elektroenerģija,	4611	6361	8230	8530	8742	8960	9239	9451
tajā skaitā rūpniecībā	2239	2943	3398	3425	3467	3538	3615	3682
celtniecībā	61	79	64	67	68	62	63	66
lauksaimniecībā	505	884	1439	1519	1566	1612	1728	1833
transporta (iesk. pilsētu elektr. transp.)	228	274	351	364	383	398	419	400
citās nozarēs	940	1307	1781	1849	1932	2025	2087	2236
zudumi vispārējās lietošanas elektrotīklos	638	874	1197	1306	1326	1345	1327	1234
Ārpus republikas robežām nodotā elektroenerģija	998	1252	2359	3367	4120	4930	3944	3883

modinamikas likuma, nevar pārsniegt lūnāt
lumu: gad
P
gēt
za
por
dze
naf
die
aug
tie
vei
kā
vis
tra
ja
los
lēt

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1},$$

T_1 — pārveidojošajai iekārtai pievadītās siltuma enerģijas temperatūra, °K;

T_2 — aizvadītās siltuma enerģijas temperatūra, °

Ja mehāniskās enerģijas pārveidošanu cilvēks vēks iemācīties realizēt ar lietderības koeficientu, kas ir tuvs 1, tad siltuma stacija, kas izmanto ķīmisko kurināmo, tikai retos gadījumos strādā ar lietderības koeficientu, kas lielāks par 40%. Tāpēc otra svarīgākā enerģētiskā problēma ir enerģijas pārveidošanas paņēmieni pilnveidošana un enerģijas izmantošanas lietderības koeficienta palielināšana.

Šajā sakarībā lielu interesi izraisa enerģijas tiešas pārveidošanas metodes, jo tad var izslēgt vienu vai dažus posmus no klasiskās enerģijas pārveidojumu ķēdes. Tādi, piemēram, ir barošanas elementi, kuri ļauj uzreiz pārveidot ķīmisko enerģiju elektriskajā. Šeit nav siltuma stadijas, un tātad nav spēkā arī otrā termodinamikas likuma ierobežojumu. Tādēļ šādiem elementiem lietderības koeficients var būt tuvu 100%. Tomēr pagaidām barošanas elementi izmaksā pārāk dārgi.

Nākotnes enerģētikā lielas iespējas paved magnetohidrodinamiskā metode, ar kuras palīdzību varēs būtiski palielināt siltumstaciju lietderīgās izmantošanas koeficientu. Patlaban vairākās pasaules valstīs darbojas eksperimentālas iekārtas, kuras, kā prognozē zi

lnātnieki, tiks plaši ieviestas ražošanā mūsu gadsimta beigās.

Pēdējā laikā sakarā ar kurināmā un enerģētisko resursu ieguves un patēriņa grandiozajiem mērogiem ļoti aktuāls kļuvis to transportēšanas jautājums. Ogļu pārvadāšana pa dzelzceļu no ieguves vietas līdz patērētājam, naftas un gāzes pārsūkņēšana pa cauruļvadiem un elektroenerģijas pārvadīšana pa augstsprieguma elektropārvades līnijām — tie visi ir dažādi enerģijas transportēšanas veidi. Katrā konkrētā gadījumā jānosaka, kāds enerģijas transportēšanas veids būtu visizdevīgākais no ekonomiskā, ekoloģiskā, transportēšanas drošuma aspektiem. Ievērojamu enerģijas daudzumu transportēšana lielos attālumos ir **trešā** problēma, kas liek meklēt principiāli jaunus paņēmienus.

Enerģijas transportēšanas jautājumi ir cieši saistīti ar tās uzkrāšanas (akumulēšanas) problēmām. Cietā, šķidrā, gāzveida kurināmā glabāšana — tā ir sava veida enerģijas akumulēšana. Šāda uzkrāšana ļauj sabalansēt ražošanu, transportēšanu un enerģijas patēriņu. Elektroenerģijas krājumus mēs diemžēl neprotam ilgi un ekonomiski glabāt. Elektroķīmiskie akumulatori, induktīvie uzkrājēji un kondensatori neļauj ilgi uzglabāt lielus elektroenerģijas daudzumus.

Tajos gadījumos, kad tādu vai citādu iemeslu dēļ nav iespējams saskaņot elektroenerģijas patēriņu ar tās ražošanu, nepieciešams enerģiju uzkrāt, iepriekš to pārveidojot. Pēc tāda principa strādā hidroakumulējošās elektrostacijas (HAES): laika posmos, kad ir elektroenerģijas pārpalikums, šīs elektro-

stacijas to izmanto ūdens pārsūkņēšanai 4. C
zemākas ūdenskrātuves uz augstāku. Maks
mālas noslodzes periodos, kad elektroenerģ 5.
jas nepietiek, HAES sāk izmantot augšēj
ūdenskrātuves ūdens enerģiju, no jauna pā 6.
veidojot krītošā ūdens mehānisko enerģi
elektriskajā enerģijā. Elektroenerģijas jaun
efektīvu akumulēšanas sistēmu izveidošan
ir **ceturtais** enerģētikas problēma. 7.

Alternatīvas Daugavpils HES celtniecībai 8.

Daugavpils HES celtniecības lietderīgum
tehniski ekonomiskais pamatojums ir izstr
dāts S. Žuka vārdā nosauktajā Vissavienība
institutā «Hidroprojekts» un apstiprināt
1974. gada 20. novembrī. Darba tehnisko pro
jektu apstiprināja PSRS Enerģētikas minis
trijs 1983. gada 14. novembrī; pārejot uz jau
nām cenām, projekts tika atkārtoti apstipri
nāts 1985. gadā. 9.

Projekts paredzēja izmantot Daugavpil
HES (uzstādītā jauda 300 MW) Ziemeļrie
tumu apvienotās enerģētiskās sistēmas slo
dzes maksimumu segšanai. Daugavpils HES
kas izmantotu atjaunojošos enerģijas avotu –
ūdeni, ļautu katru gadu ekonomēt līdz 20
tūkstošiem tonnu nosacītā kurināmā.

Daugavpils HES celtniecības projekta pa
skaidrojošajā rakstā ir ietverti šādi svarīgā
kie HES raksturojošie rādītāji:

1. Uzstādītā jauda	300 MW
2. Agregātu skaits	8 gab.
3. Aprēķina kritums	16 m

4.	Gadā saražojamā elektroenerģija	563 milj. kWh
5.	Uzstādītās jaudas izmantošana	1860 stundas
6.	Celtniecības tāmes izmaksas,	254,2 milj. rbļ.
	tajā skaitā attiecināmās uz enerģētiku	155,6 milj. rbļ.
7.	Elektroenerģijas pašizmaksa	0,81 kap./kWh
8.	Kapitālieguldījumu atmaksāšanās laiks	8,6 gadi
9.	Ipatnējie kapitālieguldījumi:	
	uz 1 kW uzstādītās jaudas	518,7 rbļ.
	uz 1 kWh izstrādātās elektroenerģijas	27,6 kap.

Ņemot vērā saasinājušos ekoloģisko situāciju reģionā un nepieciešamību kompleksi novērtēt visus Daugavpils HES celtniecības tautsaimnieciskos aspektus, to skaitā ekoloģiskos, sociālos, ar Latvijas PSR Ministru Padomes rīkojumu 1986. gadā tika izveidota speciāla komisija, kurai vajadzēja dot atbildi par HES celtniecības lietderīgumu. Komisijas sastāvā bija iekļauti pārstāvji no Latvijas PSR Zinātņu akadēmijas, Latvijas PSR Valsts agrorūpnieciskās komitejas, Latvijas PSR Valsts celtniecības lietu komitejas, no institūta «Hidroprojekts», no Latvijas PSR Galvenās enerģētiskās pārvaldes. Komisijas priekšsēdētāja bija R. Kukaine, Ķīmijas un bioloģijas zinātņu nodaļas akadēmiķe.

Lai būtu iespējams detalizēti izvērtēt visas tehniskā projekta iedaļas, tika izveidota eks-

pertu komisija, kuras sastāvā darbojās LPSR Zinātņu akadēmijas institūtu, augstāko mācību iestāžu, zinātniski pētniecisko un projektēšanas institūtu pārstāvji. Ekspertu komisijas priekšsēdētājs bija LPSR Nopelnīgais bagātais dabas aizsardzības darbinieks, bioloģijas zinātņu kandidāts, LPSR ZA Bioloģijas institūta direktors G. Andrušaitis.

Ekspertu komisija sīki iepazīnās ar projekta dokumentāciju, novērtēja tā izstrādāšanā pielietoto matemātisko metožu līmeņu ekonomiskās efektivitātes aprēķinu pareizību pārbaudīja, vai pilnībā ir noteikti zudumi lauksaimniecībā, mežsaimniecībā, kas rastos sakarā ar HES celtniecību, kā arī par spēkstacijas ietekmi uz pilsētībūvniecības attīstību, arhitektūras, mākslas un arheoloģijas pieminekļu likteni, novērtēja hidroloģiskos apstākļus, dabas aizsardzības aspektus, Daugavas hidrobioloģiskā un sanitārā režīma parametrus, rajona atpūtas vietu kvalitāti, sociālos aspektus.

No matemātisko metožu izmantošanas vietas dokļa raugoties, var minēt 2 galvenās iebildes Daugavpils HES projektam. Pirmkārt projekts tika izstrādāts, izmantojot novecojušu metodiku, kas orientēta uz izejas informācijas determinētām vērtībām. Projekta autori no parametru nenoteiktības zonas izvēlējušies to izdevīgākās vērtības, un tas novedis pie neobjektīviem secinājumiem. Enerģētikā kopš 1980. gada tiek izmantoti metodiskie norādījumi projekta lēmumu izvēlei izejas informācijas nenoteiktības apstākļos. Metodika pamatojas uz spēļu teorijas un statistisko lēmumu lietošanu. Lēmumu pieņem-

šana, balstoties uz determinētu informāciju, var novest vai nu pie kapitālieguldījumu ievērojama pārtēriņa, vai lielām avārijām (piemēram, apdzīvotu vietu applūšana).

Otrkārt, projektētāji ar lielāku vai mazāku precizitāti novērtēja dažādus Daugavpils HES ietekmes aspektus uz apkārtējo vidi. Taču netika ņemti vērā sociālie, estētiskie faktori. Šo faktoru loma naudas izteiksmē gluži vienkārši nav nosakāma. Ir vesela virkne pētījumu, kas veltīti projekta lēmumu izvēles problēmai un kas ļauj objektīvi salīdzināt alternatīvas, neprasot, lai visi lēmuma pieņemšanas aspekti tiktu noteikti rubļos. Tāda veida matemātiskie modeļi var pamatoties uz orientēto grafu, lietderīguma funkcijas u. c. izmantošanu.

Būtu bijis lietderīgi uz ekspertu komisijas bāzes izveidot republikā pastāvīgu komisiju, kas pieņemtu galīgos lēmumus visos nozīmīgākajos projektēšanas un saimniecisko pārkārtojumu gadījumos, kas var ietekmēt apkārtējo vidi. Lai apkopotu atsevišķu speciālistu viedokli par alternatīvajiem variantiem, iespējams izmantot speciālas matemātiskās metodes dialogā ar ESM. Rīgas Politehniskajā institūtā ir programmu paketes lēmumu pieņemšanai, kas realizētas dialoga sistēmas veidā. Piemēram, dialogu sistēma «Alternatīva», «Elektra» u. c. Pie tam katrs no komisijas locekļiem dialogā ar ESM novērtētu atsevišķus alternatīvu aspektus (piemēram, ūdens tīrību un kvalitāti). ESM «atcerētos» atsevišķu speciālistu viedokli, veidotu speciālas lietderīguma funkcijas un piedāvātu optimālo variantu pēc visiem para-

metriem. Dialoga gaitā ar ESM iespējam
ņemt vērā arī informācijas nenoteiktību par
alternatīvo variantu realizācijas iespējamā
sekām. Komisijas sastāvā būtu jāietilpst a
konsultantiem lēmumu pieņemšanas matem
tisko metožu jautājumos, speciālistiem ES
un programmēšanas jautājumos. Konsultan
apmācītū ekspertus darbam ar ESM, iepazi
tinātu ar lēmumu pieņemšanas metodēm, n
drošinātu brīvu ekspertu sazināšanos ar di
logu sistēmu. Lielu enerģētisko objektu izve
tošanas izvēles pieredze ir sīki aprakstī
R. Kinī grāmatā.

Kas attiecas uz projekta ekonomiskās efek
tivitātes aprēķinu korektumu, tad jāatzīm
pilnīgi nepamatotā 59,9 miljonu rubļu ne
ietveršana Daugavpils HES celtniecības iz
maksās, to skaitā 22,7 miljoni rubļu pilsēt
un arhitektūras pieminekļu aizsardzībai u
22,3 miljoni rubļu iedzīvotāju pārvietošana
un 8 miljoni rubļu autoceļu un tiltu pārbūve
Pat neņemot vērā šīs izmaksas, kapitāliegū
dījumu atmaksāšanās laiks iznāk 8,6 gad
kas ir lielāks par normatīvo (8,3 gadi). Be
tam ievērojamas izmaksas zaudējumu kom
pensācijai tautas saimniecībā bija ņemta
vērā tikai daļēji. Piemēram, ūdenskrātuve
izveidošana samazinās lauksaimniecības
zemju platības, tā rezultātā zaudējumu ap
joms sasniegs 136 miljonus rubļu (to skaitā
56 miljoni rubļu Latvijas PSR, 80 miljoni
rubļu Baltkrievijas PSR). Daugavpils HES
projekta izmaksu tāmē šie zaudējumi ir no
teikti 12,9 miljonu rubļu apmērā. HES celtniecības rezultātā applūstu ievērojama mežu
platība. Bet zaudējumi, kas rastos to applū

šanas rezultātā, projektā atspoguļojumu nav raduši.

Daugavpils HES celtniecība Latvijas PSR teritorijā skartu divu pilsētu — Daugavpils un Krāslavas dzīvi, kā arī vairākas lauku apdzīvotas vietas, kurās iedzīvotāju kopskaits ir ap 160 tūkstoši. Pārvietošana skartu aptuveni 2 tūkstošus iedzīvotāju, tiktu iznīcinātas tradicionālās atpūtas vietas. Paredzēts bija uzcelt virkni jaunu objektu — dambjus, sūkņu stacijas. Piemēram, Krāslavas pilsētu no Daugavas norobežotu dambis, kura augstums 10 m, garums 4 km un kurš ietu pa pilsētas vēsturisko centru, iznīcinot visas Krāslavas pilsēt būvnieciskās vērtības. Jāpiebilst, ka visi hidrotehniskie objekti izprojektēti zemā arhitektoniskajā līmenī, projekts netika saskaņots ar Arhitektu savienību.

Applūdināmajā zonā un tās piekrastē, kas būs pakļauta erozijai, atrodas 9 arhitektūras pieminekļi, 1 pilsēt būvniecības piemineklis, 1 hidrotehniskās būvniecības piemineklis un 212 republikāniskās un vietējās nozīmes kultūras un vēstures pieminekļi, no kuriem tikai 2 arhitektūras pieminekļiem bija paredzēts veikt aizsardzības pasākumus. Daugavpils HES projekts netika saskaņots ar LPSR Kultūras ministriju.

Novērtējot hidroloģiskos aspektus, redzams, ka faktiskā vidējā jauda un tātad arī elektroenerģijas izstrāde būtu par 10% zemāka nekā plānotā. Regulāri caurteces maksimumi (līdz 2096 m³/sek.) izskalotu Daugavas gultni, un, kā uzskata eksperti, smiltis pārvietotos uz Zeļķu dzelzceļa tilta rajonu. Tas izraisītu lielus ledus un vižņu sablīvēju-

mus. Bez tam upe pie Daugavpils iedarboto
ārdoši uz dzelzceļa un autotransporta tiltiem.

Inženierģeoloģiskie pētījumi bija veikti
tikai 40% apmērā no paredzētajiem. Nebija
ņemts vērā fakts, ka ūdenskrātuves izveido-
šanas rezultātā ievērojami celtos ūdens līme-
nis 15 upīšu augštecē Daugavpils rajonā un
4 upīšu augštecē Krāslavas rajonā. Tā rezu-
lātā būtu nepieciešamas papildu izmaksas
meliorācijai.

HES celtniecības zonā atrodas 6 smilts un
grants karjeri ar kopējiem resursu krājumiem
ap 111,4 miljoniem m³. Applūdināšanas re-
zultātā izdevumi smilts un grants iegūšanai
pieaugtu par 30—35%. Papildu izmaksas šo
resursu ieguvei projektā netika ņemtas vērā.

HES celtniecība līdz nepazīšanai izmainītu
Daugavas senleju iecirkni Krāslava—Daugav-
pils, kas pati par sevi ir unikāls dabas
veidojums, ainava ar augstu estētisko vērti-
tību. Nekur citur Baltijā tai nav analogu.
Speciālisti uzskata, ka vēl vienas ūdenskrā-
tuves ar nestabilu režīmu izveidošana upē
kurā jau tā ir saspringta ekoloģiskā situā-
cija, bioloģiskās pašattīrīšanās spēju tajā sa-
mazinātu par 25—30%. Jāpiezīmē, ka biolo-
ģiskās pašattīrīšanās procesi neizbeidzas
Daugavā, bet vēl turpinās Rīgas jūras līcī.

Projektā nav atspoguļoti tautsaimnieciskie
un ekoloģiskie zaudējumi, ko izraisītu 1750 ha
augstražīgu priežu mežu applūdināšana. No-
darītie zaudējumi sastādītu 3,7 miljonu
rubļu gadā. Daugavas ielejas flora ir unikāls
dabas komplekss, kur sastopami 38 sugu re-
tie augi, kas ierakstīti Latvijas PSR Sarkan-
najā grāmatā.

Projektā bija ierosināts izmantot ūdenskrātuves piekrasti atpūtas vajadzībām. Patiesībā iespējas izmantot ūdenskrātuvi šim mērķim ir visai ierobežotas. Ūdens līmeņa ievērojamās svārstības, kā arī erozijas process piekrastē neļautu praktiski izmantot ūdenskrātuvi iedzīvotāju atpūtai. Krāslavā iedzīvotāju iecienītās atpūtas vietas tiktu iznīcinātas.

Vairāk nekā 600 iedzīvotāju vēstuļu analīze parādīja, ka tās patiesi atspoguļo sabiedrisko domu republikā. Vēstuļu autori pārstāvēja dažādus sociālos slāņus, grupas, profesijas. Rakstīja darba kolektīvi, komjaunatnes organizācijas, ģimenes, klašu kolektīvi, radošās savienības u. c. Vēstulēs bija atzīmēts, ka šī teritorija ir latviešu, krievu, baltkrievu, kā arī vēl citu tautu sens apdzīvots rajons. Tāpēc bez ainaviskās, rekreācijas un citām vērtībām tam ir arī zināma simboliska nozīme cilvēku apziņā. Bija vērojama milzīga republikas iedzīvotāju ieinteresētība Daugavpils HES celtniecības liktenī, gatavībā palīdzēt enerģētisko resursu rezervju meklējumos. Šāda aktīva nostāja noteikti pelnīja vērīgu ieklausīšanos un cieņas pilnu attieksmi.

Ja ņem vērā visas faktiskās izmaksas celtniecības darbu un ekoloģisko zaudējumu segšanai, iegūtais kapitālieguldījumu atmaksāšanās laiks ievērojami pārsniedz normatīvā noteikto un Daugavpils HES celtniecība no ekonomiskā viedokļa izrādās nelietderīga.

Vai ir alternatīvas Daugavpils HES celtniecībai? Jā, ir. Alternatīvos variantus var iedalīt 2 grupās: lokālie un globālie. Pie lokālajiem pieskaitāmi pasākumi, kas ļauj aiz-

stāt HES celtniecību ar ekvivalenta enerģētiskā efekta iegūšanu ar minimālām ekoloģiskajām, estētiskajām un sociālajām sekām pie globālajiem — pasākumi, kas vērsti uz jau saražotās enerģijas pilnīgu izmantošanu enerģijas zudumu samazināšanu, generējošo jaudu optimālu izmantošanu un modernizāciju. Šādi pasākumi nav saistīti ar konkrētu objektu analīzi, tie sekmē enerģētikas attīstību kopumā, nodrošina pāreju no ekstensīvas uz intensīvo enerģētikas attīstības ceļu. Pie tam akcents pārvietojas no līdzekļu ieguldīšanas generējošo jaudu attīstības forsēšanai, elektropārvades līniju un apakšstaciju pārrīnātai attīstībai, resursu ieguves paplašināšanai uz jau saražotās enerģijas ekonomisku sadali un patēriņu.

Šis otrais ceļš prasa daudz mazāk līdzekļu, to iespējams realizēt daudz īsākā laikā, un, pats gāļvenais, tas dod iespēju saglabāt valsts bagātību — resursus. Pie tiem jāpieskaita ne tikai enerģētiskie un izejvielu resursi, bet arī tādi dabas resursi kā ainava, tīras ūdenskrātuves, veselīga apkārtējā vide, tātad — arī darba resursi.

PSRS ekonomiskās un sociālās attīstības pamatvirzienos laika periodam līdz 2000. gadam paredzēts koncentrēt kapitālieguldījumus vispirmām kārtām ražošanas rekonstrukcijai, tehniskajai pārapbruņošanai, kas ļauj pārkārtot ekonomiku īsākā laikā un ar mazākām izmaksām.

Situācijā, kad ir visai saspringta darba resursu bilance un visai ierobežots kapitālieguldījumu apjoms ražošanas paplašināša-

nas vajadzībām, tehniskās pārābruņošanas un rekonstrukcijas priekšrocībām ir sevišķa nozīme. Daugavpils HES celtniecība, kam nepieciešami lieli kapitālieguldījumi, ilgs celtniecības laiks un kas izraisīs negatīvas ekoloģiskās sekas, ir pretrunā ar mūsdienu ekonomisko politiku.

Par vienu no Daugavpils HES celtniecības lokālajām alternatīvām var uzskatīt 6 gāzes turbīnu iekārtu ГТУ-150 uzstādīšanu Lukomļas siltumstacijā Baltkrievijas PSR. Uzstādīšanu var veikt bez esošo ražošanas platību palielināšanas, turpat ir arī ūdens, kas nepieciešams dzesēšanai, dzīvojamais ciemats apkalpojošajam personālam. Kā kurināmo var izmantot gāzi. 1 kW jaudas uzstādīšana tur izmaksātu 120 rubļus, saražotās enerģijas 1 kWh pašizmaksa būtu 1,9 kapeikas, manevrēšanas iespējas — 27%, palaišanas ilgums — 25—30 minūtes.

Sākot ar 1989. gadu, ieplānots uzsākt šādu gāzes turbīnu iekārtu ar jaudu 150 MW sērijveida ražošanu. Ekoloģiskā ietekme uz apkārtējo vidi irniecīga. Salīdzinot izmaksas Daugavpils HES celtniecībai un plānoto tās elektroenerģijas pašizmaksu ar izdevumiem, kas nepieciešami 2 gāzes turbīnu iekārtu uzstādīšanai, lai saražotu ekvivalentu enerģijas daudzumu, un šīs enerģijas pašizmaksu, iegūst Daugavpils HES atmaksāšanās laiku, vienādu ar 43,9 gadiem, kas vēlreiz apstiprina tās celtniecības nelietderīgumu. Pie tam šajos aprēķinos netika ņemti vērā ekoloģiskie, estētiskie un citi zaudējumi, kas rastos HES celtniecības rezultātā. Kurināmo, kas nepieciešams gāzes turbīnu darbināšanai

(125 tūkstoši tonnu nosacītā kurināmā gadā) var iegūt, modernizējot iekārtas TES.

1986. gadā elektroenerģijas izstrāde Ziemeļrietumu apvienotās enerģētiskās sistēmas TES sasniedza $91,2 \cdot 10^9$ kWh. Kurināmā patēriņš vidēji bija 0,313 kg nosacītā kurināmā uz 1 kWh, bet kopā tas sastādīja $28,6 \cdot 10^9$ kg. Apvienotās sistēmas noslodzes režīma papildu optimizācijas rezultātā var iekonomēt līdz 0,5% kurināmā, kas sastāda 143 tūkstošus tonnu nosacītā kurināmā. Tādējādi divu gāzes turbīnu darbināšanai nepieciešamo kurināmo var iegūt pat bez papildu kapitālieguldījumiem.

Jāatzīmē, ka Daugavpils HES arī salīdzinājumā ar citu, jau darbojošos HES parametriem izrādās neefektīva, jo tās elektroenerģijas pašizmaksa daudz neatpaliek no TES ražotās elektroenerģijas pašizmaksas. 1986. gadā vidējā elektroenerģijas pašizmaksa Pļaviņu, Ķeguma un Rīgas HES bija 0,195 kap./kWh, Daugavpils HES plānotā pašizmaksa — 0,81 kap./kWh. Republikas siltumstacijās elektroenerģijas vidējā pašizmaksa ir 0,83 kap./kWh.

Enerģētikas attīstībai vajadzētu noritēt, pamatojoties uz lielu, vidēju un mazu enerģētisko iekārtu optimālu savienošānu. Siltuma un hidroelektrostacijas ar nelielu jaudu ir ekonomiski lietderīgi izmantot vietējo patērētāju apgādei ar elektroenerģiju (nelielas apdzīvotas vietas, fermas u. c.). Elektroenerģijas un siltuma piegāde tādiem patērētājiem no lielām stacijām nav izdevīga, jo ir jābūvē elektroenerģijas un siltuma pārvades līnijas, kas izmaksā visai dārgi. Un, ja lielā stacijā

izraisās avārija, tad pilnībā tiek paralizēta ražošana veselā rajonā. Izmantojot decentralizētu elektroenerģijas piegādi no mazajām stacijām, no tā var izvairīties.

Norvēģijā, kur nav tādu lielu elektrostaģiju kā PSRS un ASV, uz vienu iedzīvotāju tiek saražots 4,2 reizes vairāk elektroenerģijas nekā PSRS. Pie tam staciju lietderības koeficients elektroenerģijas ražošanā ir 42%, ražojot kombinēti elektrisko un siltuma enerģiju — 86%, kas ievērojami pārsniedz vidējo pasaules līmeni. Bez tam lielām TES, AES un HES ir vajadzīgas lielas ūdenskrātuves, kas aizņem milzīgas auglīgu zemju platības.

Mūsdienās ir sevišķi svarīgi noteikt enerģētisko objektu izvietojanas lietderīgumu, ņemot vērā to iedarbības sekas uz apkārtējo vidi, taupīt dabas resursus.

Kas attiecas uz globālajām alternatīvām, tad viens no svarīgākajiem pasākumiem ražošanas procesu intensifikācijā ir pāreja uz 2 un 3 maiņu darbu. Tas ļauj labāk izmantot uzstādītās mūsdienīgās iekārtas, ātrāk tās atjaunot. Kā papildu ieguvumu var atzīmēt enerģētiskās sistēmas elektriskās slodzes grafika izlīdzināšanos, tā maksimumu samazināšanos.

Maiņu koeficientu pēc strādājošo skaita nosaka šādi:

$$K_m = \frac{S_1 + S_2 + S_3}{S_{\max}},$$

kur S_1, S_2, S_3 — strādājošo skaits attiecīgi 1., 2. un 3. maiņā;

S_{\max} — strādājošo skaits vislielākajā maiņā.

Vidējais maiņu koeficients valstī ir 1,39, bet republikā — 1,4. Sagaidāms, ka 1990.

gadā tas palielināsies līdz 1,7—1,8, bet iecirkņos ar elastīgajām automātiskajām sistēmām — līdz 2,0—2,5.

Par maiņu ar vislielāko strādājošo skaitu var pieņemt 1. maiņu, jo enerģētiskās sistēmas diennakts grafikā maksimums iestājas pulksten 9.00. Ņemot vērā to, ka darbojošos mašīnu skaits N ir proporcionāls strādājošo skaitam S , mašīnu skaitu pirmajā maiņā pie maiņu koeficienta, vienāda ar 1,8, var noteikt:

$$N_{\max}^{1,8} = \frac{1,4}{1,8} N_{\max}^{1,4} = 0,78 N_{\max}^{1,4}.$$

Tā kā elektroenerģijas patēriņa līmenis mainās proporcionāli mašīnu skaitam, tad maksimālo jaudu var noteikt:

$$P_{\max}^{1,8} = 0,78 P_{\max}^{1,4},$$

kur $P_{\max}^{1,4}$ — sistēmas maksimālā jauda pie maiņu koeficienta 1,4.

Mašīnbūve un metālapstrāde republikā patērē ap 23% no visas elektroenerģijas. Ja pieņem, ka šo nozaru patērētā jauda ir 23% no kopējās maksimālās jaudas, tad enerģētiskās sistēmas noslodzes maksimuma samazināšanos 1990. gadā var noteikt:

$$\Delta P_{\max} = P_{\max}^{1,4} \cdot 0,23(1 - 0,78) = 93 \text{ MW}.$$

Ņemot vērā to, ka Latvijas PSR tiek patērēti ap 12% Ziemeļrietumu apvienotās enerģētiskās sistēmas jaudas, iespējams aptuveni noteikt kopējo jaudas samazināšanos sistēmā:

$$\Delta P_{\max}^{\text{AS}} = \frac{\Delta P_{\max} \cdot 100}{12} = 775 \text{ MW}.$$

Tātad pāreja uz 2 un 3 maiņu darbu ļautu samazināt noslodzes maksimumu Ziemeļrietumu apvienotajā enerģētiskajā sistēmā par vairāk nekā 700 MW — tas atsver divu Daugavpils HES celtniecību.

Lai pārbaudītu maksimālās jaudas faktisko samazināšanos apvienotajā sistēmā, tika salīdzināti vidējie darba dienas grafiki novembra mēnesī 1984., 1985. un 1986. gadā (sk. 14. tabulu). Salīdzinājumā ar 1984. gadu 1985. gadā maksimālā jauda palielinājās par 1,65%, pieaugot patēriņam par 2,69%, bet 1986. gadā tā samazinājās par 7 MW jeb 0,42%, pieaugot patēriņam par 0,38%. Pie tam patēriņš pieauga uz grafika izlīdzināšanas rēķina — aizpildot nakts un dienas kritumus.

Dotajiem grafikiem vienmērības koeficientu var uzrakstīt šādā veidā:

$$\gamma = \frac{P_{\min}}{P_{\max}},$$

$$\gamma_{1984} = 0,555$$

$$\gamma_{1985} = 0,554$$

$$\gamma_{1986} = 0,568$$

Vislielākā vienmērīguma koeficienta vērtība bija 1986. gadā, tas nozīmē, ka patiešām notikusi maksimālās slodzes samazināšanās un grafika izlīdzināšanās.

Interesanti papētīt, kādām patērētāju grupām ir nevienmērīgākie noslodzes grafiki. Noslodzes mērījumi uz 6/0,4, 10/04 kV transformatoriem, no kuriem enerģiju saņem patērētāji, tiek veikti visai epizodiski.

«Latvenergo» patērētāju diennakts noslo-

dzes modelēšanai izmanto tipveida grafikus, kurus iegūst, veicot liela skaita patērētāju reālo grafiku statistisko apstrādi. Zinot transformatora nominālo jaudu S_n , vidējo tā noslodzes koeficientu K_s un tipveida grafika P^x vērtības (relatīvajās vienībās), var iegūt grafika vērtības naturālajās vienībās:

$$P = S_n \cdot K_s \cdot P^x,$$

Zemāk sniegts tipveida grafiku saraksts.

Tipveida grafiks

- № 1 — darbs vienā maiņā
- № 2 — darbs divās maiņās
- № 3 — darbs trijās maiņās
- № 4 — iestādes
- № 5 — komunālā saimniecība, sīkmotoru noslodze
- № 6 — sadzīves, komunālā noslodze
- № 7 — sadzīves, komunālā noslodze
- № 8 — tramvaji un trolejbusi
- № 9 — komunālā saimniecība, sīkmotoru noslodze
- № 10 — kinoteātri
- № 11 — teātri
- № 12 — ielu apgaismojums
- № 13 — sūkņu stacijas, kanalizācija
- № 14 — dzesēšanas iekārtas
- № 15 — elektriskās žāvētavas
- № 16 — 5—9 stāvu ēku dzīvojamais masīvs
- № 17 — dzīvojamais masīvs un iestādes

Pārējos grafikus var iegūt, koriģējot grafikus NN 1—17, ko veic ESM, summējot atsevišķu transformatoru diennakts grafikus un salīdzinot kopējo slodzi katrai stundai ar mērījumiem, kas veikti enerģijas padeves centrā.

Pētījumi tika veikti, aptverot informāciju par 1500 transformatoriem ar spriegumu

14. tabula

Enerģētiskās sistēmas noslodze novembra mēnesī, MW

Stundas	1984	1985	1986
1	941	957	984
2	922	934	950
3	915	920	938
4	912	933	947
5	950	980	994
6	1047	1095	1097
7	1320	1354	1353
8	1450	1599	1596
9	1633	1660	1653
10	1614	1654	1639
11	1531	1582	1574
12	1444	1476	1511
13	1442	1467	1472
14	1454	1487	1475
15	1412	1433	1453
16	1382	1406	1425
17	1385	1437	1427
18	1492	1552	1550
19	1519	1561	1548
20	1467	1530	1519
21	1426	1482	1469
22	1318	1376	1381
23	1149	1197	1227
24	1010	1014	1050

6/0, 4, 10/0,4 kW Rīgas pilsētas elektrotīklā. No tiem tika izvēlēti 1086, kam $K_m = \frac{P_{\max}}{P_{\text{vid}}} \geq 1,39$ (P_{\max} , P_{vid} — tipveida grafika maksimālā un vidējā vērtība). Pēc tam tika sasummētas visas to transformatoru jaudas, kam ir viens un tas pats tipveida grafika numurs, un tika noteikta P_{\max} vērtība dotajam grafikam. 15. tabulā ir dotas noteikta numura tipveida grafika atbilstošās P_{\max} un K_m vērtības.

15. tabula

P_{\max} un K_m vērtības

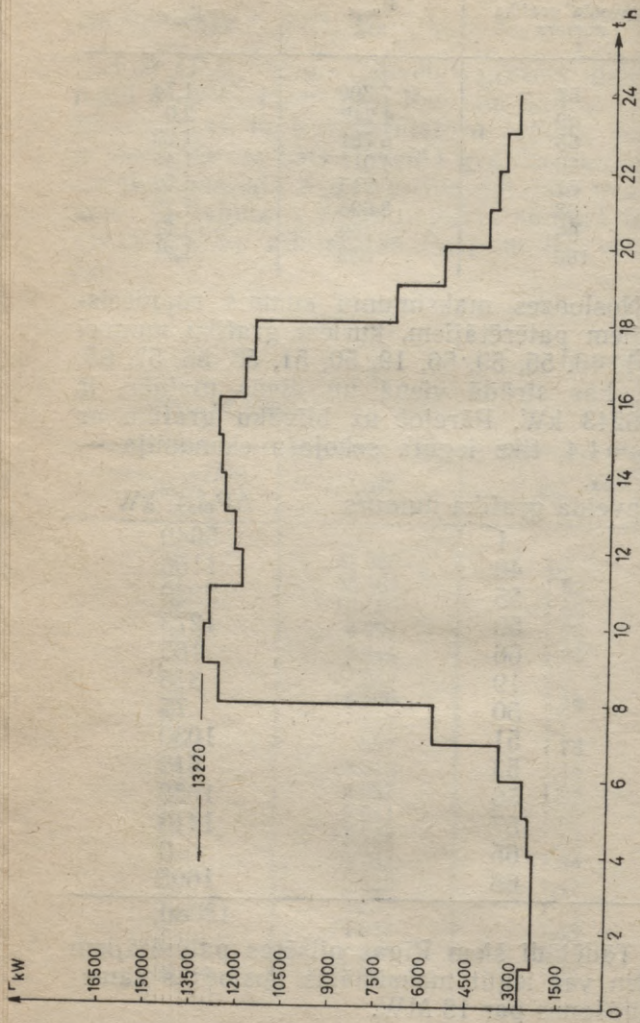
Tipveida grafika numurs	P_{\max} kW	K_m
1	31 960	1,7
2	68 161	1,52
4	13 150	1,82
5	4 991	1,73
7	3 615	1,65
8	27 544	2,2
9	6 500	2,15
10	117	1,7
12	557	1,78
19	14 313	1,44
25	2 037	1,82
46	5 011	1,82
47	11 558	1,52
48	2 763	1,34
50	2 230	1,45
51	8 238	1,36
53	14 838	1,45
55	7 464	2,0
56	3 823	1,93

Tipveida grafika numurs	P_{\max} kW	K_m
57	7 300	1,74
59	4 242	2,0
65	8 781	1,39
66	4 017	1,46
67	945	1,52
68	8 628	1,72
69	169	1,61
100	532	1,21

Noslodzes maksimumu summa rūpnieciskajiem patērētājiem, kuriem grafiku numuri ir 1, 46, 55, 59, 66, 19, 50, 51, 53, 56, 57, 65, 68, kas strādā vienā un divās maiņās, ir 186243 kW. Pārejot uz blīvāku grafiku ar $K_m=1,4$, tiks iegūta sekojoša ekonomija — ΔP_{\max} .

Tipveida grafika numurs	ΔP_{\max} , kW
1	5640
46	1156
55	2239
59	1273
66	165
19	315
50	77
51	1030
53	512
56	1050
57	1413
65	0
68	1605
18080	

Tādējādi šiem Rīgas pilsētas patērētājiem vien var iegūt maksimālās noslodzes samazināšanos par 18 MW.



1. zīmējumā ir attēlots darba grafiks iestādēm, kur $P_{\max} = 13\,220$ KW. Darba sākuma pārceļšana Rīgas pilsētas iestādēs par 1 stundu vēlāk (no pulksten 9.00) ļaus pazemināt maksimumu vēl par 7 MW, bez tam samazināsies arī transporta noslodze. Republikā, bet vēl jo vairāk Ziemeļrietumu apvienotās enerģētiskās sistēmas ietvaros var iegūt ievērojamu P_{\max} pazemināšanos.

Rīgas pilsētas elektrotīkla transformatoru punktu (ar spriegumu 10/0,4, 6/0,4 kW) apsekojuma rezultāti parādīja, ka transformatoru noslodze ir neliela — vidēji 23%. Tas izraisa lielus jaudas un enerģijas tukšgaitas zudumus. Patlaban republikā šo zudumu kopsumma sasniedz 172 000 MWh.

Raugoties no enerģijas zudumu minimizācijas aspekta, optimālā transformatoru noslodze būtu 41—51%, bet no kapitālieguldījumu efektivitātes viedokļa noslodzei vajadzētu sasniegt 70%. Lai samazinātu zudumus, kas rodas tukšgaitā, vajadzētu uzstādīt mazākas jaudas transformatorus.

Ievērojami enerģijas zudumi rodas rūpnieciskās ražošanas procesā. Reizēm tie sasniedz 50—100% lietderīgā patēriņa apjoma.

Elektriskās noslodzes grafika izlīdzināšanu sekmē arī daudzpakāpju tarifu ieviešana. Elektroenerģija ir fiziski viendabīgs produkts, taču dažādos diennakts periodos dažādu elektrostaciju ražotā enerģija neizmaksā vienādi. Tādēļ arī būtu nepieciešams diferencēt elektroenerģijas tarifus atkarībā no tās patērišanas laika. Ārzemēs šādi tarifi tiek plaši izmantoti. No 1984. gada tie ir ieviesti Ļeņin-

gradas enerģētiskajā sistēmā, bet šobrīd — jau vēl četrās valsts enerģētiskajās sistēmās. Analogu tarifu ieviešana arī mūsu republikā noteikti ļautu uzlabot saspringto situāciju kurināmā un enerģētisko resursu bilancē, izlīdzinot diennakts noslodzes grafiku.

Lielāko daļu kapitālieguldījumu, kas tiek piešķirti enerģētikai, mūsu valstī izlieto elektrostaciju ģenerējošo jaudu un kurināmā ieguves palielināšanai. Tiek it kā aizmirsts, ka enerģētikā nepieciešams visu laiku saglabāt līdzsvaru starp enerģijas ģenerēšanu un tās patēriņu. Pārāk maza loma ierādīta elektroenerģijas patēriņa struktūras pētījumiem, enerģijas ekonomijas pasākumiem. Par nepieciešamību ekonomēt elektroenerģiju atceramies visai epizodiski un arī tad visbiežāk ekstremālos apstākļos. Pie tam šie pasākumi parasti aprobežojas ar durvju polsterēšanu, logu aizlīmēšanu un uzņēmumu tehnoloģiskās iekārtas atslēgšanu maksimumu stundās. Lielākie cīnītāji par elektroenerģijas ekonomiju ir korespondenti no avīzēm un televīzijas, kas kopā ar «Energokontroles» inspektoriem veic nakts reidus uz uzņēmumiem.

Sociālistiskajās valstīs, kur nav pietiekamu enerģētisko resursu krājumu, aktīvi tiek realizēta enerģijas taupīšanas politika. VDR, kur ir tikai 3% nepieciešamo enerģētisko resursu, tuvākajos 10 gados netiek plānota ogļu, naftas un gāzes importa palielināšanās. Līdz 1990. gadam ieplānots par 30% samazināt siltuma patēriņu ēku apkurei. Tas tiks panākts, izmantojot sienu konstrukcijas un logus ar optimālu izolāciju, uzstādot automātiskos termoregulatorus. Tiek izmantotas

speciālas mašīnas zaru pārstrādāšanai skaidās, ko sadedzina katlumājās. Ar 2,9 tonnām skaidu var aizstāt 2 tonnas brūnogļu briķešu. Iekārtām, kas patērē daudz elektroenerģijas, izstrādāti vairāk nekā 550 enerģijas patēriņa normatīvi, kas atbilst pasaules līmenim. Reizi gadā šie normatīvi tiek pārskatīti. Enerģiju uzņēmumiem piegādā saskaņā ar limitiem. Limita pārsniegšanas gadījumā uzņēmumam jāmaksā sods desmitkārtīgā apjomā. Maksa par elektroenerģiju VDR ir divas reizes augstāka nekā PSRS.

Ungārijā no 1981. gada dzīvokļos uzstāda telpu temperatūras un karstā ūdens patēriņa kontroles ierīces.

Čehoslovākijā atkarībā no kurināmā un enerģijas ekonomijas vai pārtēriņa palielina vai samazina uzņēmuma darba algas fondu. Paredzēts uzstādīt pilsētās iekārtas dažādu atkritumu sadedzināšanai un šīs siltuma enerģijas izmantošanai.

No iepriekš minētā kļūst skaidrs, ka enerģētisko resursu ekonomēšanas pasākumos jāpiedalās dažādām ministrijām un resoriem, citām organizācijām. Pašreizējos tautas saimniecības būtiskas pārkārtošanas apstākļos nepieciešams pārvarēt starpresoru barjeras. Tādēļ būtu lietderīgi izveidot starpresoru enerģētisko komisiju, kas nodarbotos ar dažādu enerģijas taupīšanas aspektu koordināciju. Tādas komisijas pienākumos ietilptu progresīvu elektroenerģijas patēriņa normu izstrādāšana un periodiska pārskatīšana, zinātniski pamatotu rekomendāciju izstrādāšana ekonomisku tehnoloģisko procesu ieviešanai, patērētāju noslodzes grafiku pētīšana

un priekšlikumu izstrādāšana grafiku izlīdzināšanai u. c.

Aptuveni 11% tautas saimniecībā patērējamās enerģijas tiek zaudēts elektropārvades līnijās. Šos zaudējumus var samazināt, attīstot vietējos enerģijas avotus. 1952. gadā Padomju Savienībā bija ap 7 tūkstoši mazo hidroelektrostaciju. Apsekojot nelielu daļu kādreiz slēgto staciju, izrādījās, ka divas trešdaļas no tām ir iespējams atjaunot un palaist automatizētā režīmā bez operatīvā apkalpojošā personāla izmantošanas. Sizraņas rūpnīca «Turbomaš» apgūst turbīnu izlaidi mazajām stacijām. Kapitālieguldījumi uz vienu uzstādīto kilovatu nepārsniedz 140 rubļus. Mūsu republikā ir 22 mazās HES, kas patlaban nedarbojas.

Efektīvs ir arī tāds vietējais enerģijas avots kā biogeneratori. Patlaban šāda tipa iekārtas darbojas padomju saimniecībā «Ogre»-un Bauskas rajona kolhozā «Uzvara». Kā izejvielas tiek izmantoti kūtsmēsli un lauksaimniecības atkritumi.

Progress elektroenerģijas taupīgā izmantošanā iespējams, tikai pašos pamatos mainot investīciju politiku, ražošanas apgādes ar elektroenerģiju, elektroenerģijas izlietošanas sistēmu, ieviešot vispārējus progresīvus elektroenerģijas patēriņa normatīvus un tarifus. Lai paaugstinātu produkcijas konkurētspēju un vienlaikus rastu iespēju ekonomēt enerģētiskos resursus, būtu lietderīgi uzdot valsts pieņemšanas komisijas grupām atestēt produkciju pēc tās ražošanas un ekspluatācijas energoietilpības atbilstības pasaules standartu līmenim.

Vēl viens svarīgs enerģētisko resursu taupīšanas aspekts saistīts ar brāķa produkcijas ražošanas pārtraukšanu.

Vislabākā elektroenerģijas ekonomijas programma būs neefektīva, kamēr netiks rasta iespēja un līdzekļi (kaut vai no tiem, kas paredzēti Daugavpils HES celtniecībai), lai ražotu mūsu republikā dažādas elektroenerģijas (un ne tikai) uzskaites, kontroles, patēriņa regulēšanas ierīces individuālajām un ražošanas vajadzībām.

Izdevumi kurināmā un izejvielu taupīšanas pasākumiem ir 2—3 reizes, bet elektroenerģijas taupīšanas pasākumiem — 2 reizes mazāki nekā izmaksas šo resursu ieguvei un aizgādāšanai līdz patērēšanas vietai. Tādēļ nākotnē, pieaugot izmaksām kurināmā, enerģētikas un izejvielu resursu ieguvē, pasākumi to racionālas izmantošanas nodrošināšanai kļūs arvien izdevīgāki. Turklāt ietaupīto resursu vienība dod 3—4 reizes lielāku efektu nekā relatīvā resursu ekonomija darba ražīguma kāpināšanas rezultātā. Tātad kurināmā un enerģijas ekonomija ir viens no noteicošajiem priekšnoteikumiem ražošanas efektivitātes paaugstināšanā.

Enerģētisko resursu izmantošanas lietderības koeficients PSRS ir 43%. Tas nozīmē, ka 57% sastāda resursu zudumi ieguvē, transportēšanā, enerģijas patērēšanā. Savukārt 75% šo zudumu rodas enerģijas patērēšanas gaitā. Tādēļ vislielākā uzmanība jāpievērš tieši ekonomiska enerģijas patēriņa nodrošināšanai.

Svarīgākie enerģētisko resursu ekonomijas virzieni rūpniecībā ir sekojoši:

enerģiju taupošu tehnoloģiju izmantošana, ražošanas materiālietīpības samazināšana; enerģētisko iekārtu konstrukciju pilnveidošana, veco iekārtu demontāža un rekonstrukcija;

otrrreizējo enerģētisko resursu izmantošanas līmeņa paaugstināšana.

Mašīnbūve un metālapstrāde mūsu republikā patērē 22,8% elektroenerģijas. Dažkārt enerģijas zudumi neracionālu tehnoloģiju dēļ pārsniedz enerģijas lietderīgo patēriņu.

Kā liecina pētījumu rezultāti, kas iegūti Vissavienības gaismas tehnikas tehnoloģiskajā un projektēšanas zinātniski pētnieciskajā institūtā, gaismas plūsmas zudumus rūpniecībā izraisa šādi iemesli: netīru gaismas ķermeņu dēļ iet zudumā 16% gaismas plūsmas, netīru sienu un griestu dēļ — 19%, gaismas ķermeņu novecošanās dēļ — 13%. Atsevišķos gadījumos netīrās, pieputējušās telpās apgaismojums var samazināties pat 10 reizes.

Dzīvojamo, sabiedrisko un ražošanas ēku apkurei, ventilācijai un karstā ūdens nodrošināšanai PSRS tiek izlietots ap 40% kurināmā. Siltuma patēriņš uz 1 m² dzīvojamās un sabiedriskajās ēkās 1980. gadā, salīdzinot ar sešdesmitajiem gadiem, pieaudzis par 40—50%. Pie tam viena trešdaļa pieauguma sedz virsnormatīvos siltuma zudumus, kas rodas efektīvu siltuma izolācijas materiālu, siltuma patēriņa regulēšanas ierīču deficīta un normatīvo dokumentu nepilnību dēļ.

Vairāk nekā puse siltuma enerģijas tiek zaudēta caur ēku logiem. Ko varētu darīt

šajā gadījumā? Var veikt, piemēram, šādus pasākumus:

trīskāršo logu iestiklojumu, stiklu ar selektīvo segumu, speciālu aizkaru pielietošana; vairākkārtīgu ārējo paneļu izmantošana ēku celtniecībā, kas ļauj samazināt siltuma zudumus par 30%.

Vairāki pētījumi apliecina, ka normatīvi, kas patlaban pie mums tiek izmantoti, paredz gandrīz 2 reizes lielāku karstā ūdens patēriņu, nekā reāli būtu nepieciešams. Tas izraisa karstā ūdens nekontrolētu patēriņu. Vidējais siltuma patēriņš (apkurei un apgādei ar karsto ūdeni) uz 1 iedzīvotāju valstī sastāda 2,7 Gkal gadā. Siltuma zudumi karstā ūdens apgādes sistēmās sasniedz līdz 40% faktiskā siltuma patēriņa. Inženieriekārtu zinātniski pētnieciskais institūts iesaka šādus pasākumus enerģijas zudumu samazināšanai:

karstā ūdens patēriņa uzskaites organizēšana, pastāvīgas ūdens temperatūras uzturēšana;

ūdens spiediena stabilizatoru uzstādīšana dzīvokļos, nepieciešamās ūdens cirkulācijas nodrošināšana;

individuālo ūdens patēriņa mērīšanas ierīču uzstādīšana, kas uzskaitītu karstā ūdens patēriņu limita robežās un virs limita pēc diferencētiem tarifiem. Šo pasākumu veikšana nebūt neprasa lielus kapitālieguldījumus.

16. un 17. tabulā doti skaitļi par otrreizējo kurināmā resursu un siltuma izmantošanu valstī laika posmā no 1975. līdz 1985. gadam. Redzam, ka otrreizējo kurināmā resursu iz-

mantošanas līmenis ir diezgan augsts, taču otrreizējā siltuma izmantošana nepārsniedz 47%. Mašīnbūvē un metālapstrādē otrreizējie siltuma resursi tiek izmantoti tikai 14% apjomā.

Kā būtiskākie iemesli parādībai, ka netiek pietiekami izmantoti otrreizējie enerģētiskie resursi, jāmin

nepietiekama tehnoloģisko iekārtu apgādātība ar mūsdienīgām ierīcēm atkritumu utilizācijai;

patērētāju trūkums zema potenciāla otrreizējiem enerģētiskajiem resursiem.

Zema potenciāla (ar temperatūru, kas zemāka par 300 °C) otrreizējo enerģētisko resursu izmantošana var dot ievērojamu ekonomisko efektu. Pie šādiem otrreizējiem resursiem jāpieskaita vispirmām kārtām siltums, ko satur notekūdeņi un ventilācijas sistēmas. Šo siltumu varētu izmantot, lai sasildītu auksto gaisu, kas nonāk telpās. Kā liecina Enerģētiskās rūpniecības vissavienības zinātniski pētnieciskā institūta sniegtie dati, tad kopējais enerģijas patēriņš, ventilācijas sistēmās sastāda 400 miljonus GJ gadā.

Latvijas PSR katru gadu tiek izstrādāti ap 5 miljoniem m³ koksnes. Mežā paliek un neizvesti satrūd 300 tūkstoši m³. Somijā tiek ražotas nelielas mašīnas, kas sasmalcina citādi neizmantojamu koksni — zarus, tievus un likus kokus — šteldā, t. i., rupjās skaidās. Republikā jau tiek izmantotas vairākas šādas mašīnas.

Ļeņingradas Mežsaimniecības akadēmijā izveidots gāzu generators, kas no šteldas stundā saražo līdz 1400 m³ karstas gāzes.

Otrreizējo kurināmā resursu izmantošana (miljonos tonnu nosacītā kurināmā)

Rūpniecības nozare	1975. gads			1980. gads			1985. gads		
	resursu apjoms	izmantošana	izmantošana, %	resursu apjoms	izmantošana	izmantošana, %	resursu apjoms	izmantošana	izmantošana, %
Melnā metalurģija	28,2	25,7	91	30,5	27,7	91	32,6	27,4	84,7
Ķīmijas rūpniecība	2,26	0,76	34	2,8	1,27	45,5	3,39	2,1	61,9
Naiņas ķīmijas rūpniecība	4,38	3,12	71,3	6	5,33	89	8,36	7,5	89,8
Celulozes un papīra rūpniecība	2,97	2,24	75,4	3,61	2,98	82,5	4,37	3,78	86,5
Kopā	37,81	31,82	84,2	42,91	37,28	86,9	48,71	40,98	84,1

Agregāts spēj pārstrādāt koksnes atkritumus, zarus, mizu. Pie tam tos nav nepieciešams žāvēt.

Pareizi veicot meliorācijas darbus, gada laikā vien var papildus iegūt 500 tūkstošus m³ koksnes, kas patlaban gluži vienkārši satrūd.

Nemot vērā, ka 2 gāzes turbīnu darbināšanai (kas nomainītu Daugavpils HES) ir vajadzīgs ap 125 tūkstošiem tonnu nosacītā kurināmā un ka 3 m³ štelas pēc tās enerģētiskās vērtības ir ekvivalentas 1 tonnai naftas, izrādās, ka 800 tūkstoši m³ koksnes (300 + 500 tūkstoši m³) ir ekvivalenti 270 tūkstošiem tonnu nosacītā kurināmā, kas ļauj nodrošināt 4 gāzes turbīnu darbu, tātad nomainīt 2 Daugavpils HES.

Zemes garozas pētījumi liecina, ka mūsu republikā ir ģeotermālo (karsto) ūdeņu krājumi. Lielākajā teritorijas daļā to temperatūra nepārsniedz 37 °C. Latvijas PSR dienvidu daļā to temperatūra sasniedz pat 95 °C. Šī energoresursa atrašanās dziļums svārstās no 1,8 līdz 3 tūkstošiem metru. Kurināmā un enerģētisko resursu saspringtās bilances apstākļos šādu karsto ūdeņu izmantošana sadzīves vajadzībām ir svarīga rezerve. Zema potenciāla ģeotermālos ūdeņus var veiksmīgi izmantot zivsaimniecības attīstīšanai.

Rīgas Politehniskā institūta Elektroenerģētikas fakultātē tiek veikti oriģināli eksperimenti zemes enerģijas izmantošanai ar siltuma sūkņu palīdzību. Pirmo šāda tipa sūkni uzstādīja Bulduru sovhoztehnikuma dzīvojamā ēkā. Sūkņa ieejas jauda ir 4,2 kW, iz-

ejas — 10,5 kW, t. i., sākotnējā enerģija tiek palielināta 2,5 reizes. Siltuma sūknis sasilda ūdeni līdz 55 °C, kas ir pilnīgi pietiekami individuālo patērētāju apgādē.

Enerģētika aptver visas rūpniecības nozares, lauksaimniecību, nodrošina ar enerģiju visus tehnoloģisko procesu veidus, kā arī enerģijas patēriņu sadzīvē. Ražošanas apjomu palielināšana prasa arvien lielāku elektroenerģijas un siltuma patēriņu.

Līdz šim dominējošā ekstensīvā pieeja ekonomikas attīstībai bija saistīta ar aizvien jaunu un jaunu ģenerējošo jaudu būvniecību resursu ieguves paplašināšanai. Enerģijas patēriņu kopumā raksturo ārkārtīgi zems tās lietderīgās izmantošanas līmenis, kas, ņemot vērā arī zudumus kurināmā ieguvē, vidēji sastāda ne vairāk kā 15%. Ievērojami ir arī zudumi, patērējot kurināmo.

Ņemot vērā republikā arvien pieaugošo siltumenerģijas deficītu, ir īpaši svarīgi veikt pasākumus tā ekonomijai. Lai to izdarītu, republikāniskajā Enerģētiskajā programmā ir paredzēts attīstīt bioenerģētiskās iekārtas, kas uz 2000. gadu jau ļaus ietaupīt 16 tūkst. tonnu nosacītā kurināmā, paredzēts šiem mērķiem izmantot arī citus atkritumus. Bez tam programmā ir paredzēti pasākumi siltumenerģijas ekonomēšanai, automatizējot dzīvokļu siltumapgādi, uzlabojot ēku konstrukciju siltumizolāciju, slēdzot nerentablās katlumājas.

Lai varētu realizēt enerģētisko resursu taupīšanas pasākumus, vajadzīgi attiecīgi sagatavoti speciālisti. Patlaban tos sagatavo tikai

divos mūsu valsts institūtos un Latvijas PSR ar tiem netiek nodrošināta. Tādēļ būtu lietderīgi organizēt Rīgas Politehniskā institūta Inženierekonomikas fakultātē ekonomistu-enerģētiķu apmācīšanu ar specializāciju 2 virzienos:

rūpniecības uzņēmumu enerģētiskās saimniecības ekspluatācijas ekonomika un organizācija,

enerģētisko uzņēmumu un sistēmu ekspluatācijas ekonomika un organizācija.

Sādu speciālistu pienākumos ietilptu sekojošu jautājumu risināšana:

kurināmā un enerģijas ekonomija rūpniecības uzņēmumos;

enerģijas ekonomija, intensificējot tehnoloģiskos procesus un ieviešot progresīvas tehnoloģijas;

tiešo enerģijas un kurināmā zudumu samazināšana;

otrreizējo enerģētisko resursu izmantošana;

enerģijas patēriņa uzskaitē un normēšana;

enerģētisko bilanču sastādīšana;

rūpniecības uzņēmumu enerģētiskās saimniecības ekspluatācijas plānošana;

elektrostaciju noslodzes optimizācija;

elektroenerģijas un siltuma taupīšana, samazinot zudumus pārvadīšanas ierīcēs.

Ekonomistam-enerģētiķim jāstrādā katrā uzņēmumā, elektrostacijā, elektrisko un siltuma tīklu uzņēmumā, katrā katlumājā.

Vai ir bīstamas grandiozas būves — lieljaudas elektrostacijas?

Arvien lielākas jaudas hidroelektrostaciju celtniecība, kas prasa gigantiskus celtniecības darbu apjomus, nodara ievērojamus ekoloģiskos zaudējumus un bez tam pastāvīgi draud ar potenciālas katastrofas briesmām. Pašlaik pasaulē ir vairāk nekā 8000 ielejas aizsprostu. Anglijā pēdējos 150 gados sabrukuši 16 aizsprosti, 1959. gadā sabruka aizsprosts Spānijā, kur ūdenskrātuvē bija 8 miljoni m^3 ūdens. Milzīga katastrofa notika 1959. gadā Francijā, kad sabruka 60 m augsts un 223 m garš aizsprosts ūdenskrātuvē ar 30 miljoniem m^3 ūdens. Aizsprosta celtniecība bija izmaksājusi 270 miljonus franku, bojā gāja 381 cilvēks. 1963. gadā Itālijā nobruka ūdenskrātuves nogāze un 300 miljoni m^3 nogruvušās grunts izspieda no ūdenskrātuves 50 miljonus m^3 ūdens. Šo katastrofu izraisīja gruntsūdens režīma izmaiņas, kas bija radušās ūdenskrātuves ietekmē, kā arī meteoroloģiskie faktori. Bojā gāja 4 tūkstoši cilvēku. Speciālisti šo gadījumu vērtē kā «psiholoģisku» traģēdiju, ko izraisīja uzticēšanās celtnieku autoritātei, birokrātisku administratoru vienaldzība un neuzmanība, kā arī uzticēšanās pašai būvei kā unikālai celtnei (tas tolaik bija visaugstākais aizsprosts pasaulē — 262 metri). 1963. gadā dambja pārrāvuma rezultātā ASV, Kalifornijā, aizplūda 1 miljons m^3 ūdens, gāja bojā 5 cilvēki. Jāatzīmē, ka upuru skaits bija tik mazs, pateicoties labi noorganizētajam ekspluatācijas un infor-

mācības dienestam, kas 4 stundas iepriekš jau bija brīdinājis vietējos iedzīvotājus.

No iepriekš minētā izriet, ka hidrostatciju celtniecība un ekspluatācija prasa lielu vērtību un teicamu darbu organizāciju. Pretējā gadījumā sekas var būt neapreķināmas. Kāds ir stāvoklis ar hidroelektrostacijām mūsu republikā? (Izmantojam RPI docenta I. Uiskas materiālus.)

Ķeguma spēkstacijas galvenais būvuzņēmējs 1936.—1940. gadā bija zviedru firma, bet atsevišķus projektēšanas uzdevumus veica vietējie speciālisti. Ķeguma HES būvdarbu gaitā noskaidrojās, ka spēkstacijas pamati balstās uz plaisaina devona dolomīta. Steidzīgi tika izsaukts konsultants — profesors Tercagi no Vīnes. Rezultātā tika pieņemts lēmums nostiprināt pamatus ar cementa javas injekciju. Ķeguma HES celtniecība radīja ledus sastrēgumu veidošanos pie Jaunjelgavas, kas savukārt izraisīja sistemātisku pilsētas applūšanu. Pēc Pļaviņu HES izbūves šis apstāklis automātiski likvidējās, un šobrīd Jaunjelgava vairs neapplūst.

Ķeguma HES būvniecībā un ekspluatācijas gaitā gūtā pieredze vienā ziņā tika ņemta vērā: arī Pļaviņu HES pamatus pastiprināja ar cementa javas injekciju, taču ledus sastrēgumu iespējamību Pļaviņu HES ūdenskrātuvē atkal neņēma vērā. Tagad katru pavasari 25. kongresa padomju saimniecības teritorija tiek applūdināta. 1981. gada pavasarī tur noslīka ap 1000 liellopu, gāja bojā 3 cilvēki. Vai var rast izeju no šīs situācijas? Pirmkārt, varētu pārcelt fermu no Daugavas salas uz augstāku vietu. Otrkārt, līdzēt var

Jēkabpils HES izbūve — līdzīgi kā Pļaviņu HES šodien paglābj Jaunjelgavu. Jāpiebilst, ka Daugavpils HES celtniecība nepalīdzētu rast atrisinājumu.

1940. gadā inženieris-ģeodēzists, vēlākais Latvijas Lauksaimniecības akadēmijas profesors J. Biķis, publicēja savus pētījumus par zemes garozas svārstībām Baltijas jūras piekrastē. Viņš rakstīja, ka Rīga gadā nogrimst par 2,8 mm. Tādēļ nav jābrīnās, ka Doma baznīca 700 gadu laikā jau nogrimusi par 2 metriem. Šajā pašā gadā ceļu inženieris un hidrotehniķis A. Kūrsiņš izteica domu, ka vairāku spēkstaciju būve uz Daugavas ir nedroša.

Arheologi noskaidrojuši, ka Lubāna ezera un Aiviekstes krastos dzīvojuši mūsu tālie senči. Tas ļauj izdarīt pieņēmumu, ka Lubāna zemienei agrāk bijusi labāka ūdeņu notecē nekā mūsu ērā. Tātad Aiviekstes lejtecē pēdējos gadu tūkstošos ir pacēlies sliekšnis.

Nav zināms, cik strauji notiek Daugavas dolomītu celšanās, bet, ja šis process noris, tad arī Ķeguma un Pļaviņu aizsprostiem draud sabrukšana. Dolomītu plaisas ir nevēlamas ūdens zudumu ziņā. Pastāv viedoklis, ka Pļaviņu krāču posmā zināms ūdens daudzums zūd, taču sīkāku pētījumu šajā jomā nav. Tomēr pozitīvi jāuztver tāds apstāklis, ka filtrācijas rezultātā dolomītu statistiskā noturība un nestspēja īpaši nemainās.

Kas notiek Daugavas gultnē? Posmā no Ķeguma līdz Pļaviņām visa upes gultne un krasti sastāv no samērā nelieliem saplaisājuša dolomīta klučiem. Acīmredzot iezī dar-

bojas lieli tektoniskie spēki, kas šos akmeņus ir salauzījuši un saplēsuši.

Ģeologi Pļaviņu apkārtni sauc par Pļaviņu kupolu, tātad viņi pieļauj kaut kādas celšanās iespējamību. Vizuāla Daugavas garenprofila apskate ļauj domāt, ka šis Daugavas posms ceļas un upes straume nepārtraukti «zāgē» gultni, kura 10 tūkstošos gadu kļuvusi 20 m dziļa.

Cetrdesmito gadu beigās Latvijas PSR izprojektēja un uzbūvēja 4 kolhozu HES. Lielākā no tām bija Litenes HES uz Pededzes upes. Hidroloģiskie apstākļi bija ļoti nepateicīgi, jo būvgrunts sastāvēja no plūstošās smilts. Tālākajā stacijas ekspluatācijā tika pieļauta rupja kļūda, proti, plūdu laikā pār aizsprostu pludināja kokmateriālus, kuri tikām krita uz apakšējās būvplātnes, kamēr smilts izskalojās un spēkstacijas aizsprosts sagāzās.

Pēc docenta I. Uiskas domām, Daugavas HES kaskādei avārijas gadījumā piemīt ķēdes reakcija — augšējās HES hidrotehnisko būvju avārijas gadījumā var ciest visas lejpusē esošās HES un plaša apkārtnē.

Vēl nesen notika asas diskusijas par AES celtniecību Pāvilostā. Cik drošas ir AES? Vai mēs esam ko guvuši no Černobiļas mācības?

Tas notika Černobiļā 1986. gada 25. aprīlī. Pulksten vienos naktī sākās 4. reaktora jaudas samazināšana. Šim nolūkam reaktora aktīvajā zonā tika ievadīti grafiņa stieņi, kas uztver neitronus. Divos dienā, kad jauda sastādīja pusi no nominālās, saskaņā ar izmē-

ģinājumu programmu, taču pārkāpjot reglamentu, tika atslēgta reaktora dzēsēšanas avārijas sistēma.

Programmā bija paredzēts, ka izmēģinājumi tiks veikti pie 700—1000 MW lielas siltuma jaudas. Taču operatoriem neizdevās noturēties šajā līmenī un jauda samazinājās līdz 30—40 MW.

Šajā situācijā, vadoties pēc reglamenta, vajadzēja aptuveni uz diennakti apstādināt reaktoru un tikai pēc tam turpināt eksperimentu. Taču tad izmēģinājumu vajadzētu pārtraukt. Tādēļ AES personāls nevis apturēja reaktoru, bet gan nolēma palielināt jaudu līdz robežai, kas ļautu sākt izmēģinājumu. Tādēļ operatori sāka izvadīt stieņus no reaktora aktīvās zonas. Pie tam personāls pārkāpa vēl vienu aizliegumu: reaktors nekavējoties jāapstādina, ja tā aktīvajā zonā ir mazāk nekā 15 stieņu. Tajā reizē to palika ievērojami mazāk, bet reaktora jauda nepaaugstinājās vairāk kā līdz 200 MW. Nepietiekamās reaktora jaudas dēļ iestājās gandrīz visu reaktora parametru novirzes no normas. Personāls centās situāciju glābt, mēģinot uzturēt reaktora galvenos parametrus ar rokas vadības palīdzību. Taču šī darbība nedeva vēlamo rezultātu.

Lai nevajadzētu apturēt reaktoru pat šajos kritiskajos apstākļos, personāls nobloķēja avārijas aizsardzības sistēmas signālierīces, t. i., likvidēja vēl vienu drošības sistēmu. Pēc neilga laika reaktora jauda sāka pakāpeniski palielināties. Un tikai tad apkalpojošais personāls sāka celt trauksmi. Pulkstenis bija

viens un 23 minūtes 40 sekundes, kad maiņas priekšnieks deva komandu ievadīt reaktora aktīvajā zonā visus regulējošos stieņus un avārijas aizsardzības stieņus.

Reaktora jauda 1 sekundē palielinājās 13 reizes. Notika pirmā kontūra blīvuma zaudēšana. Tas noveda pie ūdens iztvaikošanas un milzīga tvaika daudzuma veidošanās. Viens pēc otra notika divi sprādzieni, kas satricināja reaktora augšējo daļu, caur kuru iet visi kanāli. Reaktora aktīvā zona tika sagrauta, un daļa radioaktīvā kurināmā tika izsviesta ārpusē.

Aculiecinieki, kas paši tobrīd neatradās 4. blokā, stāstīja, ka virs energobloka uzliedoja kaut kādas vielas gabali un dzirksteles. Daļa no tām nokrita uz mašīnu zāles jumta un izraisīja ugunsgrēku.

Kādi tad bija šī avarējušā kodolreaktora parametri? Līdzīgu urāna-grafīta kanālu reaktoru, kas tiek dzesēti ar parasto ūdeni, izmantošana mūsu valstī ir plaši izplatīta. Tā uzbūves konstruktīvie principi, kas izstrādāti vairāk nekā pirms 40 gadiem, tika saglabāti gan izmēģinājumu reaktoros, gan reaktoros, ko izgatavoja sērijveidā. Pirmais šīs sērijas reaktors (lieljaudas kanālu reaktors RBMK-1000) tika nodots ekspluatācijā 1973. gadā Ļeņingradas AES.

Reaktors tiek atdzesēts pēc tā saucamās vienkontūra shēmas. Ūdens cirkulē pa diviem paralēliem lokiem. Katrā no tiem ir pa diviem separatoriem, pa četriem cirkulācijas sūkņiem (trīs no tiem strādā, bet ceturtais atrodas rezervē). Piesātināts tvaiks pa astoņiem

tvaika vadiem plūst uz turbīnām. Tās ir divas, katras jauda ir 500 MW. Tvaikam, kas plūst uz turbīnām, ir šādi parametri: temperatūra 280 °C, spiediens 650 atmosfēras.

Kā kurināmo reaktorā izmanto urāna dioksīdu, kura 1 tonna satur aptuveni 20 kg kodoldegvielas. Parasti reaktorā iekrauj 180 tonnas urāna dioksīda.

Pats reaktors ir 7 metrus augsts cilindrs ar aptuveni 12 metru diametru. Reaktora aktīvo zonu veido grafiņa bloki, kuru izmēri ir aptuveni 600×200 mm, cauri tai virzienā no augšas uz leju iet kanāli. Kopskaitā to ir ap diviem tūkstošiem. Aptuveni pusotrs tūkstošis ir darba kanāli, pārējie — kontroles kanāli. Pavisam reaktorā ir ap 15 tūkstošiem kontroles punktu.

Svarīgākā īpatnība reaktora konstruktīvajā izveidē ir grafiņa palēninātājā vertikāli izvietotie kanāli ar kurināmo un siltuma nesēju. Pēc jaudas izmantošanas koeficienta šāda tipa reaktori ir pasaules labāko paraugu līmenī. Tajos iespējams iekraut kodoldegvielu, neapstādinot reaktora darbību. Cita tipa kodolenerģētiskajās ierīcēs šādu operāciju nevar veikt.

Tajā pašā laikā kodolreaktora izveidē ir vairāki trūkumi. Piemēram, samazinoties siltuma nesēja — ūdens blīvumam jeb, citiem vārdiem sakot, palielinoties tvaika saturam tajā, urāna dalīšanās ķēdes reakcija noris ar pieaugošu ātrumu. Reaktivitātes pozitīvā koeficienta ietekme uz jaudas palielināšanos pastiprinās, pieaugot urāna izdegšanas līmenim un reaktoram strādājot ar ļoti mazu jaudu.

kas sastāda pāris simtdaļu no nominālās jaudas. Ievadot avārijas aizsardzības stieņus aktīvajā zonā un nepārkāpjot reglamentu, šāds reaktivitātes pieaugums likvidējas un tiek bremsēta neitronu dališanās reaktorā.

Tātad, ja būtu ievēroti reaktora ekspluatācijas noteikumi, šī, kā arī citas nepilnības reaktora konstrukcijā avāriju neizraisītu. Par tiešo avārijas iemeslu kļuva eksperiments, kas tika veikts ceturtajā enerģētiskajā blokā. Atļauju eksperimenta veikšanai deva Černobiļas AES galvenais inženieris. Atļauja tika dota, neskatoties uz to, ka darbība nebija saskaņota ar konstruktoru un projektētāju organizācijām, kā to prasa instrukcija.

Kāda tad bija eksperimenta būtība? Kā ziņāms, jebkurā elektrostacijā daļa saražotās elektroenerģijas tiek patērēta pašu vajadzībām. Pie tam stacijās ir ierīces, kuru apgādi ar enerģiju nedrīkst pārtraukt pat uz sekundi. AES tās ir reaktora kontroles un vadīšanas pults barošanas sistēma. Ne mazāk svarīga ir galveno cirkulācijas sūkņu darbības nodrošināšana, kas apgādā ar ūdeni aktīvo zonu. Eksperimenta autori bija nolēmuši izmantot šo sūkņu darbināšanai tās turbīnas enerģiju, kas griežas pēc inerces.

Aprēķini rādīja, ka iespējams iegūt pietiekami daudz enerģijas, lai vairākus desmitus sekunžu uzturētu vajadzīgo spriegumu. Taču vispirms šos aprēķinus vajadzēja pārbaudīt eksperimentāli.

Līdzīgs eksperiments Černobiļas AES tika izdarīts jau 1982. gadā trešajā blokā. Tad izrādījās, ka turbīnas mehāniskās enerģijas

principā pietiek, taču spriegums krīt straujāk, nekā paredzēts. Lai novērstu šo trūkumu, eksperimentu atkārtojot 1984. gadā, trešā bloka turbīnā uzstādīja speciālu ierīci — ģeneratora magnētiskā lauka regulatoru. Taču arī šis pasākums vēlamo rezultātu nedeva. Ar vienu vārdu sakot, regulatoru vajadzēja pilnveidot. To, vai jaunais risinājums ir veiksmīgs vai ne, vajadzēja parādīt eksperimentam ceturtajā blokā.*

Pašā eksperimenta būtībā nekāda pārkaļķošana, protams, nebija. Vaina bija tā norises organizācijā. Eksperimenta tehnoloģiju saskaņā ar noslēgto līgumu izstrādāja «Dontehenergo». Taču tā norises kārtība nebija saskaņota ne ar zinātnisko vadību, ne ar galveno konstruktoru, pat ne ar AES projektēšanas organizāciju — «Hidroprojektu». Tiesa, «Dontehenergo» vadība aizsūtīja attiecīgu pieprasījumu «Hidroprojektam», taču sāka rīkoties, nesagaidījusi atbildi.

Vēl viens apstāklis. Katrā AES ir savs fizikālis. Tāds bija arī Černobiļas AES. Taču pat viņš nekā nezināja par eksperimenta norisi.

Tūlīt pēc avārijas daļu tāda tipa reaktoru apstādināja un veica profilaktisko apskati. Pieņēma lēmumu, ka nepieciešams izveidot principiāli jaunas galveno cauruļvadu darbības kontroles sistēmas. Tika izdarīts viss iespējamais, lai likvidētu reaktora jaudas krasu svārstību varbūtību. Stieņi tagad izvietoti racionālāk. Tiek izstrādāta arī jauna — ātrākas darbības avārijas aizsargierīce.

Jau kopš pirmās — Obņinskas AES palaišanas 1954. gadā AES darbības drošums

vienmēr ir bijis speciālistu uzmanības centrā. AES drošas darbības koncepcijas laika gaitā mainījušās, pilnveidojušās līdz ar jaunu staciju nodošanu ekspluatācijā. Analizētas iespējamās avārijas situācijas, kuru novēršanai tika veidotas kodolenerģētisko ierīču aizsardzības sistēmas. Attiecīgi arī mainījās un kļuva sarežģītākas personāla sagatavošanas programmas. Taču šis process stipri vien atpalika no straujajiem AES celtniecības tempiem.

Vēl viens svarīgs apstāklis. Tā iemesla dēļ, ka atsevišķi AES automatizētās vadības sistēmas elementi vai nu vispār nebija uzstādīti, vai arī to darbība nebija visai droša, ļoti liela nozīme tika piešķirta darbu veikšanas reglamenta ievērošanai, jo tieši no tā precīzas ievērošanas bija atkarīgs AES darbības drošums. Reglamenti bija ļoti sīki un pamatīgi izstrādāti, un, ievērojot visas prasības, operators pat vairāku gadu gaitā varēja veikt savu darbu, nesaskaroties ne ar kādām īpašām problēmām. Rezultātā pakāpeniski samazinājās un pēc tam pavisam izzuda jebkāda nedrošības sajūta.

Ņemot vērā šos apstākļus, jau ilgi pirms Černobiļas avārijas tika risināts jautājums par trenāžieru izveides nepieciešamību. Trenāžieri būtu tiešas AES vadības iekārtu kopijas, un tādā veidā būtu iespējams mācību auditorijās uz ESM displejiem izspēlēt dažādas avāriju situācijas un līdz ar to noslīpēt personāla iemaņas avārijas situāciju likvidēšanā vai to iespējamo seku samazināšanā. Tomēr trenāžieru izveidošana aizkavējās. Šobrīd trenāžieru izveidošanas programma ap-

stiprināta, un pēc kāda laika tie jau būs uzstādīti katrā mūsu valsts AES.

Mūsdienās attīstās un pilnveidojas pavisam cita pieeja kodolenerģētisko ierīču izveidošanā. Pamatideja ir šķietami ļoti vienkārša: procesa parametru izmaiņām vajag tā mainīt strādājošo sistēmu fiziskās īpašības, lai notiktu nevēlamo procesu «dzēšana». Taču šīs vienkāršās idejas realizācijai nepieciešams veidot sarežģītus matemātiskos modeļus. Līdzīgi pētījumi aizsākušies visā pasaulē, jautājumu risināšanā noteikti vajadzīga zinātnieku savstarpējā kooperēšanās.

Jau līdz avārijai bija ieplānots samazināt PBMK tipa reaktoru īpatsvaru mūsu valsts AES. Pēc avārijas veiktās ekspertīzes rezultāti parādīja, ka šāda tipa AES tālāka ekspluatācija ir lietderīga, taču noteikti nepieciešams veikt vairākus pasākumus, kas palielinātu AES ekspluatācijas drošumu. Visās mūsu AES, kur tiek izmantoti PBMK tipa reaktori, jau veikti nepieciešamie drošības pasākumi. Perspektīvā galvenokārt tiek plānots izmantot BBƏP-1000 tipa reaktorus ar jaudu 1 miljons kilovatu. Galvenā šo reaktoru priekšrocība ir to aizsardzība ar betona pārsegumiem, kurus būtu iespējams sagraut tikai kodolkara apstākļos. Kapitālistiskajās valstīs šādu betona konteineru izturība tika pārbaudīta eksperimentāli, proti, divas tonnas smags tērauda cilindrs, kas lidoja ar ātrumu 550 jūdzes stundā, atstāja uz tā tikai pavisam nelielu skrambu.

Patlaban valstī izveidota ievērojama bāze nepieciešamās tehnikas ražošanai — Volgondorskā uzbūvēta un paplašinās atomenerģē-

tiskās mašīnbūves rūpnīca «Atommaš», kuras projektētā jauda ir 8 reaktori ar jaudu 1 miljons kilovatu gadā.

Černobiļas avārija, neskatoties uz tās īpaši traģiskajām sekām, ir tikai viena no daudzajām rūpnieciskajām avārijām, kas pēdējā laikā itin bieži izraisās pasaulē. Visām šīm avārijām ir kāda kopīga iezīme. Lielākā daļa no tām notiek brīvdienās (sestdienā vai svētdienā), vēlu naktī vai agri no rīta. Acīmredzot tā nav nejauša sakritība. Tieši šajā laikā cilvēks ir fizioloģiski visvairāk noskaņots uz atpūtu, mazāk koncentrējies, reakcija ir nedaudz lēnāka un baiļu sajūta — mazāk izteikta kā parasti. Ja tam visam vēl pieskaita atkāpšanos no noteikumiem, instrukcijām un reglamenta, veidojas grūti vadāma situācija, kuru operators vairs nespēj pareizi novērtēt, un galarezultātā izraisās katastrofa. Černobiļas AES eksperimentu centās veikt par katru cenu, uzskatot, ka pie tik mazas reaktora jaudas nekādi īpaši sarežģījumi nevar rasties. Protams, nebūtu pareizi uzskatīt, ka kļūdas personāla darbā būtu vienīgais avārijas iemesls. Tās izraisīšanos sekmēja arī trūkumi vadīšanā, kā arī mūsu visai nepilnīgās zināšanas šajā sfērā.

Neskatoties uz rūpīgi veicamajiem izmēģinājumiem laboratorijā un izstrādātajiem matemātiskajiem modeļiem, jebkurš reāls process slēpj sevī daudz nejaušību. Neiespējami veikt izmēģinājumus reālajos mērogos un sekot sarežģīta tehnoloģiskā procesa norisei ekstremālos apstākļos noved pie tā, ka lēmumi jāpieņem uz nepilnīgas informācijas bāzes.

Kāda ietekme bija avārijai Černobiļā uz atomenerģētikas tālāko attīstību mūsu valstī? Pamatvilcienos tā paliek tāda pati. Tomēr Černobiļas traģēdija lika no jauna pārskatīt visu atomenerģētikas attīstības koncepciju, stingrāk veikt staciju un reaktoru kvalitātes analīzi, izvirzīt augstākas prasības celtniecības darbu veikšanā. Pēc Černobiļas avārijas nācies dzirdēt priekšlikumus par atomenerģētisko iekārtu uzstādīšanu zem zemes. Taču aprēķinos pierādīts, ka AES, kas paredzētas siltuma ražošanai, šāds izvietojanas variants ir uz ekonomiskā lietderīguma robežas. Bet būvēt zem zemes AES elektroenerģijas ražošanai jau iznāk pārāk dārgi. Bez tam izskan arī priekšlikumi, ka AES būtu lietderīgi izvietot valsts maz apdzīvotajos ziemeļu rajonos, pārvadot elektroenerģiju pa lieljaudas elektropārvades līnijām.

Droši vien paies vēl ilgs laiks, kamēr tiks izdarīti vajadzīgie secinājumi. Šodien, kad pagājuši vairāki gadi, varam izdarīt pamatotus secinājumus. Visas AES avārijas — gan mūsu valstī, gan citur — pierādījušas, ka saite cilvēks—mašīna pilnībā nav optimizēta nevienā valstī. Šajā jomā paveras ļoti plašas sadarbības iespējas. Pasaulē šodien tiek izstrādātas tehnoloģijas, kur vadāmā objekta energoapbruņotība un jauda pieaug, bet cilvēka un sarežģītās mašīnas savstarpējās iedarbības problēmas katrā valstī tiek risinātas citādāk un ne vienmēr optimālākajā veidā. Černobiļas avārijas seku likvidācijas gaitā kļuvis skaidri redzams, ka nepieciešama daudzu valstu zinātnieku sadarbība. Jebkura grandioza tehnoloģiska būve šodien skar

katra cilvēka profesionālās un tīri cilvēciskās intereses. Mūsdienu tehnoloģiskajai pasaulei būtu jākļūst drošākai un stabilākai.

Vai pastāv robežas enerģētikas attīstībā?

Vairāki zinātnieki uzskata, ka atteikšanās no tehniskā progresa, tajā skaitā enerģētikas tālākas attīstības novedīs pie cilvēces lielākās daļas bojāejas pārtikas produktu un citu iztikas līdzekļu nepietiekamības dēļ. Kā arguments tiek minēts tas, ka 300 gadu atpakaļ, kad uz Zemes bija 10 reizes mazāk cilvēku, varēja apstrādāt zemi un iegūt labas ražas bez papildu mēslošanas, bet šodien tas vairs nav iespējams. Arī bez apūdeņošanas sistēmām iztikt vairs nevaram.

Indijā zemnieki sausus govju mēslus izmanto kā kurināmo. Tas izjauc vielu apmaiņu dabā, un pie tāda primitīva zemes izmantošanas paņēmiena lielu zemes platību pārtapšana tuksnesī ir vienīgi laika jautājums.

Kādas ir enerģētikas attīstības robežas? Vai vispār eksistē tāda robeža, kuru nedrīkst pārkāpt? Pie negatīvām enerģētikas iedarbības sekām uz apkārtējo vidi, pirmkārt, var pieskaitīt gaisa baseina piesārņošanu. Atmosfērā katru gadu tiek ievadīti simtiem miljonu tonnu dažādu vielu: 130 miljonu tonnu cieta vielu, 180—200 miljonu tonnu sēra dioksīda, 350—400 miljonu tonnu ogļskābās gā-

zes, 60—65 miljoni tonnu slāpekļa oksīdu, 80—90 miljoni tonnu ogļūdeņražu. Iznāk, ka mūsu Zemi aptverošā atmosfēra ir aerosols, kas satur visdažādāko ķīmisko savienojumu sīkas daļiņas. Galvenie putekļu veidošanās avoti koncentrēti ap vietām, kur cilvēki dzīvo un atpūšas. Vienā kubikcentimetrā Parīzes gaisa ir vairāk nekā 100 tūkstoši puteklišu, bet virs Klusā okeāna — tikai 500.

Atmosfēras, kas aptver zemeslodi un kas pārsvarā sastāv no slāpekļa un skābekļa, svars ir 5 triljoni tonnu. Varētu domāt, ka, gada laikā ievadot atmosfērā dažus simtus miljonu tonnu dažādu piesārņojošo vielu, nevar būtiski ietekmēt atmosfēras sastāvu. Patiesībā atsevišķu kaitīgo komponentu koncentrācija atmosfērā jau ir tuvu cilvēkam pieļaujamai robežai. Piemēram, sēra dioksīda koncentrācija pilsētu gaisā sastāda 15—20 daļas uz vienu miljardu gaisa daļiņu, bet maksimāli pieļaujamā ir 30. Atsevišķās pilsētās, to skaitā arī Čikāgā, tā vairākkārt pārsniedz šo robežu.

Gaisa piesārņošana noved pie cilvēku veselības pasliktināšanās un bojāejas. 1952. gada 5. decembrī Londonas iedzīvotāji pārsteigti konstatēja, ka Saule ir pilnīgi pazudusi no debesīm. Iemesls tam bija sevišķi biezs smogs — dūmu, miglas un kaitīgo gāzu maisījums, kas virs Anglijas galvaspilsētas noturējās 3 dienas. Kā liecina oficiāli dati, tad pa šo laiku nomira vairāk nekā 4 tūkstoši cilvēku. Automobiļu izplūdes gāzes izraisa tā saucamā fotoķīmiskā smoga veidošanos. 1970. gada jūlijā Tokijā smogs izraisīja 8 tūkstošu cilvēku saindēšanos.

Sēra dioksīda koncentrācijas palielināšanās gaisā izraisa arī citas negatīvas parādības: pastiprināti notiek metālisko konstrukciju korozija, pastiprinās tā saucamie skābie lieti, kas kavē mežu un citu augu normālu attīstību. Pie mazāk nepatīkamām sekām angļu zinātnieki no Birmingemas universitātes atliecina dabisko blondiņu skaita samazināšanos.

Enerģētikas straujā attīstība izsauc arī apkārtējās vides temperatūras paaugstināšanos. Mākslīgi saražotās elektroenerģijas blīvums pašlaik nav īpaši liels — $0,02 \text{ W/m}^2$. Planētas atsevišķos rajonos, piemēram, Rūras rūpnieciskajā apgabalā VFR, tas ir 20 reizes lielāks. Tādi mākslīgi radīti enerģijas avoti var nopietni ietekmēt klimatu tuvākajos rajonos. Vislielākās briesmas rada jau pieminētais «siltumnīcas efekts», kad ogļskābā gāze darbojas kā siltumnīcas stikls, laižot cauri Saules starus un sasildot Zemes virsmu un neizlaižot atpakaļ atstaroto infrasarkanā siltuma starojumu, kam jau ir cits viļņa garums. Ogļskābās gāzes koncentrācija pieaug ļoti ātri — par $9 \cdot 10^{-5}$ procentiem gadā. Tādēļ pēc samērā neilga laika iespējama gaisa temperatūras paaugstināšanās ar tai sekojošu okeāna līmeņa celšanos.

Problēma ir ļoti sarežģīta. Aprēķini pierādījuši, ka ogļskābās gāzes koncentrācija gaisā var pieaugt 2 reizes jau pēc 50 gadiem. Tas savukārt var novest pie zemes virsmas temperatūras paaugstināšanās par 1—3 grādiem. No otras puses, lielā putekļu koncentrācija gaisā pazeminās tās temperatūru par 1—3 grādiem. Jāatzīmē, ka laika posmā

no 1940. gada līdz mūsdienām vidējā planētas temperatūra pazeminājusies par pusgrādu.

Akadēmiķis Fjodorovs uzskata, ka papildu antropogēnā siltuma nokļūšana atmosfērā nenovedīs pie vienmērīgas Zemes temperatūras paaugstināšanās. Šeit vajadzētu ņemt vērā arī citus globālus faktoros: gaisa cirkulācijas izmaiņas, mākoņu daudzumu, okeāna ūdeņu plūsmas.

Attīstot apūdeņošanas sistēmas, palielinās ūdens iztvaikošana un līdz ar to tiek izjaukta atmosfēras enerģētiskā bilance. Būtiska ietekme ir arī kultūraugu sēšanai lielos zemes apgabalos, kas izmaina zemes virsmas atstarošanas iespējas.

Pašlaik tiek veikta virkne eksperimentu, lai rastu iespēju plānveidīgi izmainīt klimatu. Zemo mākoņu izretināšanu un krusas novēršanu jau vairākus gadus izmanto mūsu valstī un citur. Amerikāņu zinātnieki specializējas jautājumos par viesuļvētru likvidēšanu. Šajās darbībās varbūt pat vairāk nekā jebkurā citā sfērā jāatceras pazīstamais izteiciens par to, ka daba kļūdas nepiedod.

Vai iespējams mūžīgais dzinējs?

Transports, sakari, ēdiena gatavošana, komfortablu sadzīves apstākļu radīšana — tam visam vajadzīga dažāda veida enerģija. Taču bieži vien mēs nevaram izmantot pirmatnējos enerģijas resursus, jo šim nolūkam

tie vispirms jāpārveido no vienas formas citā. Kādi likumi nosaka šādas enerģijas pārmaiņas?

Vairāk nekā pirms 100 gadiem tika noformulēts enerģijas saglabāšanās likums, saskaņā ar kuru enerģija nevar izzust un rasties ne no kā. Tā var vienīgi pāriet no viena veida otrā. A. Einšteins šo likumu attīstīja tālāk. Viņš atklāja enerģijas un masas savstarpējās pārvēršanās parādību. Saskaņā ar Einšteina teoriju jebkura ķermeņa enerģijas izmaiņas ΔE ir saistītas ar tā masas izmaiņām Δm . So savstarpējo sakarību nosaka vienādojums:

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2,$$

kur c — gaismas ātrums, $c = 3 \cdot 10^8$ m/s.

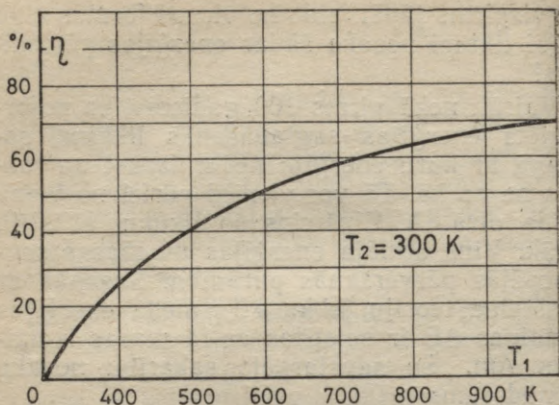
No vienādojuma izriet, ka, ja kāda procesa rezultātā ķermeņa masa samazināsies par 1 gramu, tad izdalīsies enerģija, kas ekvivalenta 3000 tonnām nosacītā kurināmā. Ipaša nozīme šai sakarībai ir kodolu dalīšanās procesos. Makroskopiskiem ķermeņiem sakarība izpaužas kā enerģijas saglabāšanās likums.

Ja kādā iekārtā tiek realizēts enerģijas pārveidošanas process, tad tā efektivitāti raksturo lietderības koeficients:

$$\eta = \frac{E_{\text{lietd.}}}{E_{\text{pļev.}}}$$

Pamatojoties uz enerģijas nezūdamības likumu, var uzrakstīt vienādojumu:

$$E_{\text{pilnā}} = E_{\text{pļev.}} + E_{\text{zud.}}$$



2. zīm.

Iegūstam:

$$\eta = 1 - \frac{E_{\text{zud.}}}{E_{\text{piev.}}}$$

Par mūžīgā dzinēja izveidošanu cilvēki sapņojuši jau no neatminamiem laikiem. Vienmēr eksistējusi vēlēšanās izveidot ierīci, kas veiktu darbu, nepatērējot nekādu enerģiju. Mūža darbs tika ziedots šīs idejas realizācijai, izveidotas vairākas oriģinālas, tehniski pilnīgas ierīces, bet neviena no tām nedarbojās. Tādas ierīces, kuru izveidē nav ievērotas enerģijas nezūdamības likuma prasības, šodien saucam par *pirmā veida* mūžīgajiem dzinējiem.

Tikai neliela daļa saražotās enerģijas kādu laiku var saglabāties kā ražoto izstrādājumu,

būvju potenciālā vai iekšējā enerģija. Pārējā — lielākā enerģijas daļa izdalās apkārtējā vidē kā siltums. Šādām enerģijas pārmaiņām it kā nevajadzētu mūs mulsināt. Saskaņā ar enerģijas saglabāšanās likumu vajadzētu prast izmantot šo siltuma veidā izstaroto enerģiju.

Taču otrais termodinamikas likums «aizliedz» šādu siltuma enerģijas izmantošanu: jebkurā reālā procesā jebkuri enerģijas veidi var patvaļīgi pāriet siltuma enerģijā, bet patvaļīga siltuma pārvēršanās citos enerģijas veidos nav iespējama.

Tātad, ja enerģijas saglabāšanās likums apstiprina iespēju vienam enerģijas veidam pāriet citā un to, ka visi enerģijas veidi ir ekvivalenti, tad otrais termodinamikas likums atsevišķi izdala siltuma enerģiju kā enerģijas veidu, kas pārveidošanās procesā nav līdzvērtīgs citiem enerģijas veidiem.

Termodinamikā ir pierādīts: lai siltuma enerģija veiktu darbu, nepieciešams darba ķermenis, kas secīgi veiktu sekojošas operācijas — saņemtu noteiktu siltuma daudzumu Q_1 ar pietiekami augstu temperatūru no enerģijas pirmavota un atdotu mazāku siltuma daudzumu Q_2 apkārtējai videi, bet siltuma daudzumu starpība pārvērstos darbā L :

$$L = Q_1 - Q_2.$$

Efektivitāti, ar kādu siltums pārveidojas citos enerģijas veidos, vispirmām kārtām nosaka temperatūra, ar kādu siltumu Q_1 var nodot darba ķermenim (piemēram, ūdens tvaikam). Temperatūru, ar kādu siltums Q_2

nonāk apkārtējā vidē, parasti nosaka vides temperatūra, atšķirības var būt visai minimālas.

Termisko lietderības koeficientu, kas raksturo siltuma pārveidošanās efektivitāti citos enerģijas veidos (elektriskajā, mehāniskajā), var noteikt sekojoši:

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1},$$

kur T_1 un T_2 — pievadītā un aizvadītā siltuma Q_1 un Q_2 temperatūras, °K.

Teorētiski šādu lietderības koeficientu var iegūt tā saucamajā Karno ciklā, kuru praktiski realizēt nav iespējams. 2. zīmējumā ir parādīta termiskā lietderības koeficienta atkarība no T_1 Karno ciklā pie $T_2 = 300$ °K, t. i., pie normālas temperatūras.

Grafikā parādīts, ka, palielinoties temperatūrai T_1 , aug iekārtas termiskais lietderības koeficients. Taču siltumam, kam ir apkārtējās vides temperatūra (300 °K), vispār nav nekādas enerģētiskās vērtības, jo tas nevar pārvērsties ne mehāniskajā, ne elektriskajā enerģijā.

Nevar izveidot tā saucamo *otrā veida* mūžīgo dzinēju — ierīci, kas nepārtraukti veiktu darbu, tikai saņemot siltumu no viena siltuma avota. Ja tas būtu iespējams, cilvēce iegūtu būtībā neizsmeļamu enerģijas avotu, izmantojot par siltuma avotu apkārtējo vidi, piemēram, gaisu.

Tātad jāizdara secinājums, ka nav iespējams izveidot tādu dzinēju, kas nepārtraukti strādātu, saņemdam siltumu no viena avota un neatdodams kādu tā daļu citam avotam.

Paņēmieni siltuma tiešai pārveidošanai elektroenerģijā

Ierīces, kas pārveido siltuma enerģiju mehāniskajā, izlaižot mehāniskās enerģijas stadiju, sauc par enerģijas tiešās pārveidošanas ierīcēm. Svarīgākā to priekšrocība ir tāda, ka tajās nav kustībā esošu daļu. Taču to lietderības koeficients ir daudz mazāks nekā siltuma iekārtām, un šī iemesla dēļ ieteicams tās izmantot gadījumos, kad galvenās prasības ir vienkāršība, izturība, iespējas strādāt autonomā režīmā bez jebkādas apkalpošanas.

Termoelektroģeneratora (TEĢ) darbība pamatojas uz Peltjē un Zibeka efektiem, kas tika atklāti jau pagājušajā gadsimtā. Saskaņā ar tiem ķēdē, kuru veido 2 dažādi vadītāji, kam savienojumu vietas atrodas dažādās temperatūrās — T_1 un T_2 , rodas elektrodzinējspēks, kas ir proporcionāls temperatūru starpībai:

$$E = \alpha (T_1 - T_2),$$

kur α — siltuma elektrodzinējspēka (EDS) koeficients.

Lai uzturētu nemainīgu temperatūru, karstajai savienojuma vietai jāpievada siltums, bet no aukstās tas jāaizvada.

Praksē TEĢ netiek plaši izmantoti, jo ir dārgi. To pielietojums parasti aprobežojas ar izmantošanu sīkos, autonomos enerģijas avotos. Lai uzturētu vajadzīgo lodējumu temperatūru, izmanto organisko kurināmo, Saules enerģiju, kodolenerģijas avotus.

PSRS izveidota termoelektriskā ierīce «По-машка», kuras jauda ir 500 W. Arī nākotnē ТЕГ acīmredzot tiks izmantoti galvenokārt autonomās nelielas jaudas ierīcēs.

Enerģijas termoemisijas pārveidotāju (TEP) darbība pamatojas uz termoelektronu emisijas parādības izmantošanu, kuras būtība ir šāda: sakarsēts metālisks ķermenis (katods), kas atrodas vakuumā, emitē elektronus, ko uztver anods. Palielinoties katoda temperatūrai, emitēto elektronu skaits palielinās, līdz ar to plūsma kļūst maksimāli piesātināta. Plūsmas blīvumu nosaka ar Ričardsona formulas palīdzību:

$$i = A \cdot T^2 \cdot e^{\frac{-\varphi}{KT}},$$

kur A — Ričardsona konstante, kas visiem metāliem ir vienāda;

φ — konstante, kas atkarīga no metāla elektriskajām īpašībām;

K — universālā Bolcmaņa konstante.

Šāda strāva tiek izmantota elektronu lampās, kas vēl pavisam nesen bija elektroniskās aparatūras galvenā sastāvdaļa.

Sākotnēji interesi par termoemisijas pārveidotājiem izraisīja perspektīva izmantot tos kodolenerģētiskajās iekārtās, kurās siltumu izdalošo elementu, kas satur kodolenerģētisko kurināmo, aptver ar katodu, kas, ja to silda, emitē elektronus, kurus uztver kolektors.

1970. gadā PSRS tika izveidots pirmais pasaulē TEP «Топāзs», kura jauda bija 10 kW. Neskatoties uz vienkāršo TEP uzbūvi, lielas grūtības vēl ir tādu materiālu un konstrukciju izvēlē, kas spētu darboties pie augstām temperatūrām, stiprām strāvām un neitronu plūsmas apstākļos. Pēdējā laikā

atrasts risinājums, kā izmantot TEP, uzstādot tos kā papildiekārtas parastajās TES. Tādā gadījumā siltums, kas iegūts, sadedzinot kurināmo, un kam ir augsta temperatūra, vispirms tiek pievadīts TEP katodam, pārveidots elektroenerģijā, bet siltumu, kas pēc tam tiek aizvadīts no kolektora, izmanto TES turbīnu griešanai.

Šobrīd grūti pateikt, kāda tad būs TEP loma «lielajā» enerģētikā, taču ir skaidrs, ka nedrīkst pamest novārtā šo problēmu un jāmeklē risinājumi, kā pilnveidot to konstrukciju un paplašināt izmantošanas iespējas.

Magnetohidrodinamiskie enerģijas pārveidotāji (MHDEP) sastāv no siltuma dzinēja, kas pārveido siltumu darba ķermeņa kinētiskajā enerģijā, un elektrodinamiskās mašīnas, kas šo kinētisko enerģiju pārvērš elektriskajā. MHDEP darbības principi ir tādi paši kā parastajam elektromehāniskajam generatoram, proti, EDS tiek generēts vadītājā, kas ar nelielu ātrumu šķērso magnētiskā lauka līnijas. Atšķirībā no elektromehāniskā generatora MHDEP par vadītāju izmanto šķidruma vai gāzes (plazmas) plūsmu, kas vada elektrisko strāvu. Ir divu tipu plazmas: ar atvērto un aizvērtu ciklu. Atvērtajā ciklā izmanto plazmu, kas iegūta, sadedzinot dabisko kurināmo, aizvērtajā inerto gāzu (hēlija, argona vai neona) plazmu. Lai gāzē sāktu vadīt elektrību, tā jāsakarsē. Dabiskā kurināmā degšanas procesā ir iespējams iegūt temperatūru, kas nepārsniedz 3600 °K. Taču pie šādas temperatūras un atmosfēras spiediena, kāds ir atvērtā cikla iekārtās, nav iespējams sasniegt pietiekamu gāzes jonizā-

cijas pakāpi un tātad palielināt tās elektrovadītspēju. Tādēļ degšanas produktiem MHD iekārtā pievieno piedevas, kas viegli jonizējas, piemēram, kāliju, cēziju vai to savienojumus.

Eksperimentāli rūpnieciskā MHD elektrostacija pirmo reizi pasaulē tika palaista PSRS 1971. gadā. Tā darbojas atvērta ciklā, tās jauda 20 MW.

Enerģijas akumulēšana un transports

Enerģijas akumulēšana cilvēkam nepieciešama vairāku iemeslu dēļ, pirmkārt, jau transporta līdzekļu darbināšanai. Vēl bez tam akumulatorus izmanto, uzkrājot tādu atjaunojošos avotu enerģiju kā ūdens, vēja, Saules, kam raksturīgs liels enerģijas ražošanas nevienmērīgums. Trešais iemesls, kādēļ ir nepieciešama enerģijas akumulēšana, ir ievērojamās izmaiņas enerģētiskās sistēmas noslodzē ar krasi izteiktu rīta un vakara maksimumu. Tāpēc arī brīžos, kad enerģijas patēriņš sistēmā ir neliels, tā tiek uzkrāta un izmantota vēlāk, maksimuma stundās.

Mehānisko enerģiju var uzkrāt potenciālās un kinētiskās enerģijas veidā. Potenciālā enerģija saistīta ar ķermeņu vertikālu pārvietošanos Zemes pievilksanas spēka iedarbībā un gāzes vai cieta ķermeņa elastīgo deformāciju. Kinētiskā enerģija vairumā gadījumu tiek iegūta kā rotējoša spararata enerģija.

Ķermeņa potenciālo enerģiju var aprēķināt:

$$P = g \cdot h,$$

kur g — brīvas krišanas paātrinājums, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$;
 h — ķermeņa atrašanās augstums, m.

Potenciālās enerģijas izmantošanas veiksmīgs risinājums praksē ir veikts hidroakumulējošās stacijās, kur krītošā ūdens enerģija ražo elektroenerģiju.

Transportēšanas iekārtās var izmantot saspīestas gāzes enerģiju. Maksimālo enerģiju, ko var iegūt no 1 kg saspīestas gāzes, var noteikt:

$$\varepsilon = \frac{R}{\mu} \cdot T,$$

kur R — universālā gāzu konstante;
 μ — gāzes relatīvā molekulmasa;
 T — gāzes temperatūra, °K.

Jo vieglāka ir gāze (mazāka tās molekulmasa μ), jo lielāku īpatnējo enerģiju var iegūt, ļaujot gāzei izplesties. Maksimālais darbs, ko var veikt 1 m³ gāzes, ir 25 000 kJ. Ja salīdzina to ar ķīmiskā kurināmā parametriem (sadegot 1 m³ benzīna, tiek izdalīts 37 miljonu kJ liels siltums, t. i., gandrīz 1,5 tūkstošus reižu lielāka enerģija), gāzes veiktais darbs nav liels.

Lielu interesi izraisa akumulatori, kuru darbība pamatojas uz rotējošu spārnatu kinētiskās enerģijas izmantošanu. Šāda rotējoša spārnatu enerģija ir proporcionāla tā griešanās biežuma kvadrātam. Tajā pašā laikā, palielinoties griešanās ātrumam, pieaug centrālās spēks, kas uz to iedarbojas.

Vislielākā īpatnējā enerģija ir spararatam, kas izgatavots no tērauda vai stiklaplasta. Īpatnējā enerģija, ko var uzkrāt tādos spararatos, ir aptuveni tāda pati kā ķīmiskā kurināmā enerģija. Pie tam enerģijas pārvēršanās lietderības koeficients ir ievērojami augstāks nekā ķīmiskajam kurināmajam un sasniedz 90%.

Spararatā enerģijas zudumi rodas gultņos berzes rezultātā un saskarē ar apkārtējo gaisu. Lai samazinātu šos zudumus, spararatu var ievietot vakuumā un gultņu vietā izmantot elektromagnētisko rotora piekāršanas ierīci.

Jau izveidoti eksperimentāli pilsētas autobusi, kurus darbina spararatā uzkrātā enerģija. Autobusa maršruta galapunktā spararats tiek uzvilīts ar stacionāra elektrodzinēja palīdzību. Autobuss brauc, izmantojot šādā veidā uzkrāto enerģiju. Ņemot vērā iespējamo spararata griešanās biežuma samazināšanos par 20%, 100 km nobraukšanai autobusam vajadzīgs ap 70 kg smags spararats.

Mūsu republikā ir uzsākta eksperimentālo elektromikroautobusu ražošana Jelgavas mikroautobusu rūpnīcā RAF.

Ķīmiskie enerģijas akumulatori uzkrāj un atdod enerģiju ķīmiskās reakcijas rezultātā. Līdzās dabiskajam organiskajam kurināmajam, kam ir tādas vērtīgas īpašības kā praktiski neierobežots uzglabāšanas laiks, liela siltumspēja, mazs toksiskums, nākotnē plaši tiks izmantots mākslīgais kurināmais. Kā viens no perspektīvākajiem mākslīgā kurināmā veidiem jāmin ūdeņradis, kam ir ļoti

liels sadegšanas siltums — ap 117 tūkstošiem kJ uz 1000 tonnām. Svarīga ūdeņraža priekšrocība ir tā, ka tam sadegot nerodas toksiski atkritumi. Kā trūkums jāpiemin grūtības, kādas rodas, kad nepieciešams saspiest ūdeņradi normālos apstākļos. Ūdeņraža sašķidrināšanai vajadzīga ļoti zema temperatūra (ap -252°C). Tas, protams, stipri sadārdzina ūdeņraža kā kurināmā izmantošanu.

Kā mākslīgo kurināmo vēl var izmantot arī amonjaku un metanolu, kurus iespējams sintezēt, izmantojot ūdeņradi. Šiem kurināmā veidiem ir tāda priekšrocība, ka tie ir šķidrumi. Pie to trūkumiem jāpieskaita slāpekļa un oglekļa oksīdu veidošanās sadedzināšanas rezultātā, kā arī to zemā siltumspēja.

Akumulatoros var izmantot arī metālus, kas dabā ir visai izplatīti, bet, pateicoties to lielajai ķīmiskajai aktivitātei, tīrā veidā praktiski nav sastopami. Lai tos varētu iegūt tīrā veidā, jāizlieto daudz enerģijas. Metālam reaģējot ar kādu citu vielu, var iegūt enerģiju siltuma veidā vai ūdeņradi. Enerģijas akumulēšanai varētu izmantot magniju, kalciju, alumīniju un silīciju.

Jebkurš siltuma akumulators glabā siltumu visā savā tilpumā, bet zaudē to caur virsmu. Tādēļ, jo lielāki ir akumulatora izmēri, jo mazāki ir tā tilpuma vienības siltuma zudumi. Piemēram, akumulators, kura tilpums ir 1 m^3 un kurā siltuma nesējs ir ūdens ar 80°C temperatūru, un kura siltuma izolācijas biezums ir 10 cm, diennaktī atdod 8% siltuma, pie tam ūdens temperatūra samazinās par 5°C . Ja akumulatora tilpumu palielinās līdz 1000 m^3 , tad ūdens temperatūra pazeminā-

sies tikai par 0,5%, tas atbilst 0,8% uzkrātā siltuma.

Bez tam ir siltuma akumulatori, kas satur cietu, granulētu materiālu, piemēram, granti, šķembas. Uzlādējot akumulatoru, karstais gaiss tiek padots caur akumulējošā materiāla kārtu un sasilda to. Izlādēšanas procesā gaiss tiek sūknēts pretējā virzienā, paņemot uzkrāto siltumu. Šādu akumulatoru priekšrocība ir to vienkāršā uzbūve un lētums.

Atšķirībā no tikko aprakstītajiem siltuma akumulatoriem, kas darbojas pie nemainīgas temperatūras, pastāv arī akumulatori, kas darbojas pie mainīgām temperatūrām. Tādā gadījumā, uzlādējot akumulatoru, enerģija tiek izmantota darba ķermeņa izkausēšanai. Izlādēšanas procesā savukārt ķermenis, izdalot siltumu, nonāk savā iepriekšējā stāvoklī. Pie vidējām temperatūrām ir ērti izmantot dažādus sāļus, piemēram, vārāmo sāli, kas kūst pie 800 °C temperatūras un var uzkrāt enerģiju, līdzvērtīgu 517 kJ uz 1000 tonnām. Siltuma akumulatori, kas darbojas pie pastāvīgas temperatūras, var uzkrāt lielāku siltumu nekā akumulatori, kas darbojas pie mainīgas temperatūras. Taču tiem piemīt arī trūkums: pie katras jaunas temperatūras jāizmanto jauna darba viela, jo katrai no tām ir sava nemainīga kušanas temperatūra.

Enerģijas transportēšanas problēmas

Visplašāk izplatītie enerģijas transportēšanas veidi ir

ķīmiskās enerģijas transportēšana (pa-

rasti — dabiskais organiskais kurināmais);
vielas plūsmā ieslēgta siltuma transportēšana, kura temperatūra ir augstāka par apkārtējās vides temperatūru;

elektroenerģijas transports pa elektriskajām pārvades līnijām.

Pagaidām praksē netiek izmantota, taču principā ir iespējama liela enerģijas daudzuma transportēšana spēcīga elektromagnētiskā izstarojuma veidā.

Vislētākais enerģijas transportēšanas veids mūsdienās ir šķidrā kurināmā (naftas un tās produktu) transports pa cauruļvadiem. Gandrīz tikpat lēti izmaksā naftas transportēšana supertankeros, kuru tilpums sasniedz vairākus simtus tūkstošu tonnu. Gāzes transportēšana pa cauruļvadiem izmaksā dārgāk. Tas saistīts ar lieliem izdevumiem kompresoru uzstādīšanā. Maģistrālajos gāzes vados optimālajam spiedienam jābūt ap 10^7 Pa. Berzes rezultātā spiediens cauruļvadā strauji krīt. Tādēļ ik pēc 100—150 km jābūvē kompresoru stacijas, kas paaugstina gāzes spiedienu līdz vajadzīgajam līmenim. Diametrs maģistrālajiem gāzes vadiem, kas piegādā gāzi no lielajām atradnēm, sasniedz 1,5 m. Ja gāzes vadā spiediens ir $75 \cdot 10^5$ Pa un gāzes pārvietošanās ātrums — 10 m/s, tad gada laikā pa šo gāzes vadu var padot ap 32 miljardiem m^3 gāzes. Ja sayukārt šo gāzi izmantotu elektroenerģijas ražošanai TĒS, tad varētu saražot 12 miljonus kilovatu enerģijas. Tātad varam uzskatīt, ka šāds cauruļvads ekvivalents elektroenerģijas pārvades līnijai, kuras jauda ir 12 miljoni kW.

Šāda iekārta gāzes transportēšanai 1000 km

attālumā izmaksā ap 100 miljonu rubļu, kas ir aptuveni 10% no izmaksām elektroenerģijas ražošanai, sadedzinot gāzi.

Salīdzinoši lēti izmaksā arī cietā kurināmā transportēšana pa dzelzceļu. Nemot vērā to, ka tādā veidā tiek pārvadāti milzīgi ogļu daudzumi, asi izvirzās jautājums par ogļu kvalitatīvu pārstrādi. Īpaši aktuāls šis jautājums ir attiecībā uz brūnoglēm, kurām ir zema siltumspēja. Tādēļ izvirzās nepieciešamība pārstrādāt brūnogles to ieguves vietā ar mērķi iegūt enerģiju daudz kompaktākā veidā, kuru būtu ērti transportēt tālāk. Var minēt tādu paņēmieni kā ogļu gazifikācija un šķidrā kurināmā iegūšana no tām. Atsevišķos gadījumos paralēli var iegūt arī cieto, kvalitatīvi uzlabotu kurināmo — koksu, kuru pārvadāt lielos attālumos jau ir ekonomiski lietderīgi.

Liela loma enerģijas transportēšanā ir augstsprieguma elektroenerģijas pārvades līnijām, kuru jauda sasniedz vairākus miljonus kilovatu. Elektropārvades līnijas nodrošina enerģijas vienvirziena transportēšanu, dod iespēju viegli mainīt enerģijas plūsmas virzienu, bez tam nodrošina enerģētiskās sistēmas funkcionēšanas drošumu un paaugstina tās efektivitāti, pateicoties enerģētiskajā sistēmā strādājošo elektrostaciju jaudu labākai izmantošanai.

Elektroenerģijas pārvades līnijas funkcionēšanu raksturo tāds rādītājs kā tās caurlaides spēja, t. i., maksimāli pieļaujamā jauda, ko pa līniju var pārvadīt. Trīsfāžu maiņstrāvas līnijai to var noteikt:

$$P = 3 \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi,$$

kur I — strāva vadā, A ;

U — fāzes spriegums, V ;

$\cos \varphi$ — lielums, kas nosaka fāžu nobīdi starp strāvu un spriegumu.

Kā izriet no vienādojuma, līnijas caurlaides spēju var palielināt, palielinot spriegumu tīklā. Turpretī strāvas stipruma palielināšana nav izdevīga, jo tā izraisa vadu pārkaršanu.

Katram elektropārvades līnijas standarta spriegumam atbilst sava optimālā caurlaides spēja, ko nosaka tehniski ekonomisko aprēķinu rezultātā. Piemēram, līnijai ar 750 kV spriegumu tā ir 2 miljoni kW, līnijai ar 500 kV spriegumu — 1 miljons kW, ar 330 kV — tikai 0,4 miljoni kW. Mēs redzam, ka svarīgs faktors pa līniju padotās jaudas palielināšanai ir tās nominālā sprieguma paaugstināšana. Mūsdienās aprobētas maiņstrāvas elektropārvades līnijas, kurās spriegums ir 750 kV, tiek veikti pēdējie darbi līniju izveidē, kurās spriegums būs 1150 kV. Taču līdz ar sprieguma palielināšanos kļūst sarežģītākas līniju izolācijas problēmas. Parastajā gaisa elektropārvades līnijā vadu, kurā ir augsts spriegums, no citiem vadiem, balstiem un zemes izolē gaiss. Ņemot vērā balstu izmērus, 330 kV elektropārvades līnijā gaiss starp vadiem vēl spēj izturēt šo spriegumu, taču, mainoties darba režīmam, var parādīties pārsprīdzes, kas izraisa gaisa slāņa caursiti. Īpaši augsti spriegumi negatīvi ietekmē dzīvos organismus, tādēļ jācenšas pēc iespējas ierobežot cilvēku atrašanos elektropārvades līniju elektromagnētiskā lauka zonā. Var secināt, ka sevišķi augsta sprie-

guma maiņstrāvas līniju ieviešana būs saistīta ar sarežģītām problēmām.

Jaunas iespējas lielu enerģijas daudzumu pārvadīšanai lielos attālumos paver augstsprieguma elektropārvades līnijas ar līdzstrāvu. Tajās enerģijas zudumi ir ievērojami mazāki nekā maiņstrāvas līnijās, pateicoties salīdzinoši nelielajai aktīvajai pretestībai. Šī iemesla dēļ tādu līniju caurlaides spēja ir aptuveni 2 reizes lielāka nekā maiņstrāvas līnijās. Bez tam starpsistēmu elektropārvades līnijās, no jauna pievienojot atvienotās līnijas, nav nepieciešams sinhronizēt un izlīdzināt strāvas frekvences.

Līnijas ar nemainīgu strāvu nebūt nav jaunums, tās tika izveidotas jau pagājušajā gadsimtā. Atšķirība ir vienīgi tā, ka šajās līnijās bija zems spriegums. Tikai pēdējā laikā, izmantojot spēcīgas pārveidojošās iekārtas, radusies iespēja veidot augstsprieguma iekārtas. Maiņstrāvas spriegums, ko ražo ģenerators, tiek paaugstināts līdz noteiktam līmenim, tālāk ar invertora palīdzību maiņstrāvu pārvērš līdzstrāvā un padod pa elektropārvades līniju. Otrā līnijas galā invertors no jauna pārveido līdzstrāvu maiņstrāvā, pēc tam transformatoros spriegums tiek pazemināts līdz vajadzīgajam līmenim.

Pirmās šādas līnijas sāka ekspluatēt piecdesmito gadu sākumā, šobrīd pasaulē veiksmīgi darbojas ap 10 līdzstrāvas līniju. Lielākā no tām ir Klusā okeāna līnija, kuras jauda ir 1440 MW, garums — 1330 km. PSRS uzsākta līdzstrāvas pārvades līnijas celtniecība, kuras spriegums sastādīs 1500 kV.

Nākotnē interesi var izraisīt elektroenerģijas transportēšanas iespējas pa liela diametra caurulēm, kas piepildītas ar speciālu gāzu maisījumu. Caurulēs, kuru diametrs ir 3 m, iespējams paaugstināt spriegumu līdz 3 MV, un tas nodrošina 100 miljonu kW lielas jaudas transportēšanu. Patlaban varbūt mums vēl nav nepieciešamas tik milzīgas caurlaides spējas, taču tuvākajā nākotnē šis jautājums var kļūt aktuāls sakarā ar enerģētisko kompleksu, tā saucamo «enerģētisko salu» veidošanu. Tiktāl par nākotni. Bet kādas idejas, kas saistītas ar elektroenerģijas transportēšanas pilnveidošanu, aktuālas šodien?

Vispirmām kārtām, lai samazinātu siltuma zudumus elektropārvades līnijās, var pazemināt vadītāja temperatūru. Pazeminoties metālisko vadītāju temperatūrai, to elektriskā pretestība strauji krīt. Piemēram, tīra vara pretestība pie temperatūras 77°K (šķidrā slāpekļa temperatūra) samazinās 8 reizes, samazinot tālāk temperatūru līdz $4,2^{\circ}\text{K}$ (šķidrā hēlija temperatūra) — vairāk nekā 1000 reizes.

Izmantojot šo vadītāju īpašību, izveidotas eksperimentālas supravadāmības elektroenerģijas pārvades līnijas. Šādu līniju veido pazemes kabelis, kurā atrodas atdzesēts vadītājs. Problēmas šeit rodas sakarā ar lielajām izmaksām saldēšanas iekārtu izveidē.

Supravadāmības parādības būtība ir tāda, ka atsevišķu metālu, kā arī to sakausējumu pretestība pie ļoti zemām temperatūrām strauji nokrīt līdz nullei. Dažādiem metāliem

šis process notiek pie attiecīgas temperatūras, ko sauc par kritisko temperatūru.

Supravadāmības līniju var iedomāties kā kabeli no supravadoša materiāla, kas ieslēgts caurulē, pa kuru tiek sūknēts hēlijs gāzveida stāvoklī; tā temperatūra ir 4—6 °K. Caurulei jābūt izolētai ar ekrāna-vakuuma izolāciju. Eksperimentālajās supravadāmības līnijās zudumi pie 10 MW jaudas pārvadīšanas sastāda vairākus simtus vatu uz 1 km (jāpiebilst, ka mūsdienu parastajās elektropārvades līnijās zudumi sastādītu 1 MW).

Supravadāmības līnijas jau mūsdienās izmaksā nedaudz lētāk nekā parastie pazemes augstsprieguma kabeļi. Salīdzinājumā ar gaisa elektropārvades līnijām tās pagaidām izmaksā ievērojami dārgāk, taču neaizņem lielas zemes platības.

Runājot par enerģijas pārvadīšanas metodēm nākotnē, jāpiemin īpaši augstas frekvences elektromagnētiskā izstarojuma pārvadīšana. Tādu izstarojumu var sakoncentrēt un pārvadīt tieva kūlīša veidā lielos attālumos.

Lieljaudas Saules un atomelektrostacijas nākotnē var tikt iznestas kosmiskajā telpā. Atrodoties sinhronā kustībā ar Zemi, stacija visu laiku «karāsies» virs viena un tā paša planētas punkta 30 tūkstošu km augstumā. Saražotā elektroenerģija pārveidosies elektromagnētiskajā izstarojumā un pēc sakoncentrēšanas tiks nodota uz Zemi. Lai pasargātu cilvēkus un visu dzīvo radību no starojuma iespējamām negatīvajām sekām, izstarojuma blīvums kūlī nedrīkst būt pārāk liels. Bez tam nepieciešamas uztverošās antenas ar pietiekami lielu laukumu — vairāku km² platībā.

Tikla veidā izveidota antena ļaus izmantot zem tās atrodošās zemes platības lauksaimniecības vajadzībām.

Ģeotermālā enerģija

No Zemes dziļēm uz virsmu nepārtraukti iet siltuma plūsma, kuras vidējais blīvums ir $0,06 \text{ W/m}^2$. Tā rezultātā pakāpeniski paaugstinās Zemes temperatūra.

Atkarībā no iežu tektoniskās aktivitātes, kā arī no to siltuma vadītspējas Zemes virsmas temperatūra ir visai nevienmērīga. Zemes siltuma avotu potenciālo iespēju noteikšanai izmanto tādu rādītāju kā ģeotermiskais gradients, ko nosaka kā temperatūras izmaiņu uz 1 km dziļuma. Izšķir hipertermiskos rajonus, kur gradients lielāks par $80 \text{ }^\circ\text{C/km}$, pustertermiskos rajonus, kur tā vērtība ir $40\text{—}80 \text{ }^\circ\text{C/km}$, un normālos rajonus, kur gradients mazāks par $40 \text{ }^\circ\text{C/km}$.

Ar ģeotermālā siltuma resursiem saprot visu to siltumu, kas ir iežos līdz noteiktam dziļumam. To nosaka kā siltuma daudzumu, ko var iegūt, atdzesējot iežus līdz gada vidējai Zemes virskārtas temperatūrai dotajā apgabalā. Patlaban siltums, ko var iegūt no Zemes garozas līdz 3 km dziļumā, ir novērtēts uz $8 \cdot 10^7 \text{ kJ}$. Palielinoties dziļumam līdz 4—5 km, šis skaitlis palielinās 4—5 reizes.

Jāpiebilst, ka ģeotermālais siltums ir zema potenciāla siltums. Tādēļ, ņemot vērā faktu, ka siltuma izmantošanas efektivitāte, pazeminoties tā temperatūrai, strauji krīt, 1 J

ģeotermālā siltuma ir ievērojami zemāka enerģētiskā vērtība nekā 1 J siltuma, kas iegūts, sadedzinot ķīmisko kurināmo.

Hidrotermālie un tvaika avoti ir karsta ūdens vai tvaika pazemes krājumi, kuru temperatūra svārstās no dažiem desmitiem grādu līdz 350 °C. Šādi avoti biežāk sastopami hipertermiskajos un daļēji arī pustermiskajos rajonos, kuru uz planētas nav pārāk daudz (Kamčatkā, Japāņu salās, Jaunzēlandē). Praktiski apgūti ir tieši šāda veida ģeotermālie enerģijas avoti.

Tikai ļoti retos gadījumos ģeotermālais siltums nonāk Zemes virsū kā geizeri vai karstie avoti. Vairumā gadījumu nepieciešams izdarīt urbumus, kuru dziļums ir 2 km un vairāk. Tāds urbums ir sarežģīta inženierbūve, kuras diametrs, palielinoties dziļumam, lēcienvēidīgi samazinās. Dziļumā līdz 100 m tas ir aptuveni 450 mm, līdz 1800 m — 250 mm utt. Stundas laikā no tāda urbuma vidēji izplūst 50 tonnas tvaika vai 1000 tonnas karsta ūdens, kas nodrošina līdz 7 MW lielu elektrisko jaudu. Siltuma nesējs zemes virsū parasti nonāk iežu spiediena rezultātā. Tālāk karstais ūdens vai tvaiks nokļūst vai nu uz tvaika turbīnas lāpstiņām, vai dzīvojamo ēku un siltumnīcu apkures sistēmās. Ja ir augsta minerālsāļu koncentrācija, izmanto pastarpinātu siltuma nesēju un karstais ūdens vai tvaiks atdod savu siltumu speciālos siltuma apmainītājos.

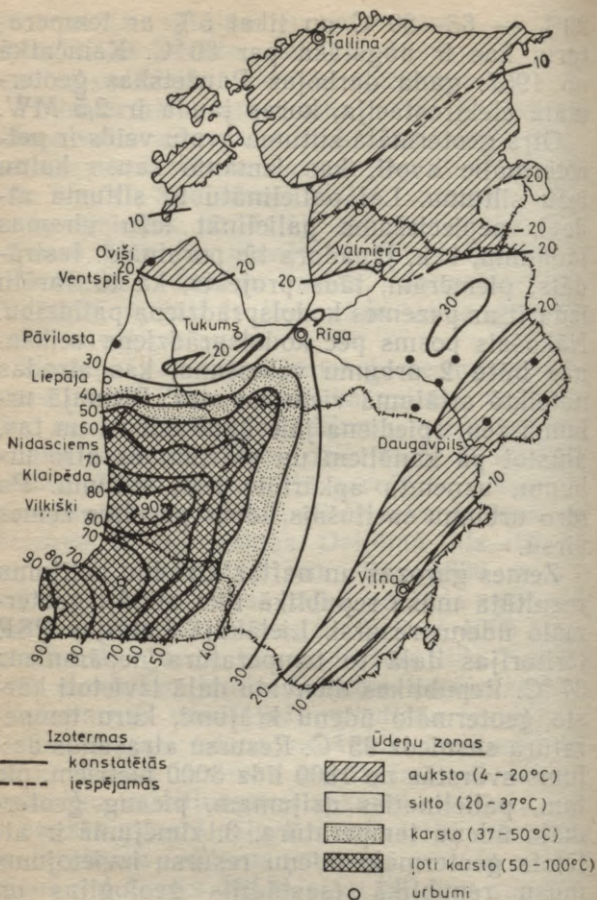
Ģeotermālās enerģijas krājumi termisko ūdeņu veidā PSRS sastopami salīdzinoši reti un sastāda ap 30 miljonu m³ diennaktī. Pie tam 75% ūdens ir ar temperatūru 40—60 °C,

20% — 68—80 °C un tikai 5% ar temperatūru, kas ir augstāka par 80 °C. Kamčatkā no 1967. gada darbojas Paužetskas ģeotermālā elektrostacija, kuras jauda ir 2,5 MW.

Otrs ģeotermālā siltuma avotu veids ir petrotermālie avoti, kas izmanto sauso kalnu iežu siltumu. Lai palielinātu to siltuma atdevi, nepieciešams palielināt iežu virsmas laukumu, t. i., jāpadara tie poraināki. Izstrādāts, piemēram, tāds projekts, ka to varētu izdarīt ar pazemes kodolsprādziena palīdzību. Nākošais posms pēc kodolsprādziena veikšanas būtu 2 urbumu veidošana, kas atrodas noteiktā attālumā viens no otra. Pirmajā urbumā zem spiediena jāiesūknē ūdens, un tas, plūstot pa kanāliem un plaisām uz otro urbumu, uzņemtu apkārtējo iežu siltumu. Pa otro urbumu sasilušais ūdens paceltos zemes virsū.

Zemes garozas un naftas atradņu pētījumu rezultātā mūsu republikā tika atklāti ģeotermālo ūdeņu resursi. Lielākajā Latvijas PSR teritorijas daļā to temperatūra nepārsniedz 37 °C. Republikas dienvidu daļā izvietoti karsto ģeotermālo ūdeņu krājumi, kuru temperatūra sasniedz 95 °C. Resursu atrašanās dziļums svārstās no 1800 līdz 3000 metriem, pie tam, palielinoties dziļumam, pieaug ģeotermālo ūdeņu temperatūra. 3. zīmējumā ir attēlots ģeotermālo ūdeņu resursu izvietojums mūsu republikā (sastādījis ģeoloģijas un mineraloģijas zinātņu kandidāts A. Freimanis).

Kurināmā un enerģētikas bilances saspringtības apstākļos ģeotermālo ūdeņu izmantošana iedzīvotāju sadzīves vajadzībām ir ļoti



3. zīm.

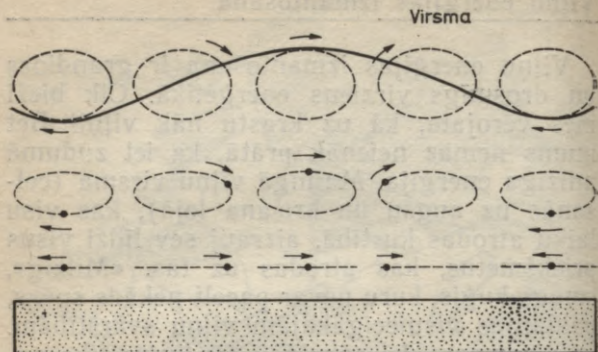
nozīmīga rezerve. Zemākas temperatūras geotermālos ūdeņus savukārt var izmantot zivsaimniecības attīstīšanai.

Viļņu enerģijas izmantošana

Viļņu enerģijas izmantošana ir grandiozs un drosmīgs virziens enerģētikā. Cik bieži mēs vērojam, kā uz krastu nāk viļņi! Bet mums nemaz neienāk prātā, ka iet zudumā milzīga enerģija. Mainīgā viļņu virsma (celšanās uz augšu un krišana lejā), kas visu laiku atrodas kustībā, aizrauj sev līdzīgi visus priekšmetus, kas atrodas uz tās. «Milzīgs, smags kuģis, kuru nevar pacelt nekāds spēks, pakļaujas visniecīgākajām viļņu svārstībām. Ja pieņemam, ka sākotnēji šis kuģis tika pacelts ar milzīgu sviru, varam iegūt aptuvenu priekšstatu par visjaudīgāko no visām līdz šim eksistējošām mašīnām.» Šos vārdus 1799. gada 17. jūlijā uzrakstīja tēvs un dēls Žerāri no Parīzes — pirmā viļņu enerģijas izmantošanas mehānisma izgudrotāji.

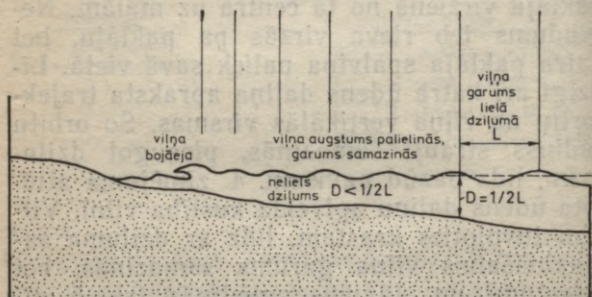
Pasaules okeānu viļņu jauda novērtēta uz 2,5 miljardiem kW, kas ir 30% no visas pasaulei nepieciešamās enerģijas.

Kā mehānisku viļņa kustības analogiju varam iedomāties negludumu izlīdzināšanu uz paklāja virzienā no tā centra uz malām. Negludums jeb rievā virzās pa paklāju, bet katra paklāja spalviņa paliek savā vietā. Līdzīgi arī katra ūdens daļiņa apraksta trajektoriju uz viļņa vertikālās virsmas. So orbītu rādiuss strauji samazinās, pieaugot dziļumam, līdz pazūd pavisam. 4. zīmējumā attēlota ūdens daļiņu aplveida kustība vilnī. Vilnim tuvojoties krastam, līdz ar dziļuma samazināšanos viļņa garums samazinās, bet augstums un stāvums palielinās (sk. 5. zīmējumu).



4. zīm.

Lai iegūtu datus par ūdens virsmas viļņošanās, izmanto speciālus viļņu registratorus. Vairāki horizontāli elektrodi tiek izvietoti pa vertikāli netālu cits no cita. Svārstoties jūras virsmai, kontakti savienojas un šī kustība tiek pierēģistrēta. Zemūdens reģistrēšanas ierīce izveidota kā metāliska kaste, ko no-



5. zīm.

vieto jūras dibenā. Laikā, kad tai pāri iet vilnis, pieaug ūdens kārtas biezums virs tā, attiecīgi palielinās spiediens uz ierīci un tā fiksē šīs izmaiņas magnētiskajā lentē vai padod pa sakaru līnijām elektrisko impulsu veidā. Lai vispusīgi izpētītu viļņu struktūru, pētījumos var izmantot baseinu ar visās tā malās izvietotām viļņus radošām ierīcēm, kuras vada ar speciālas pults palīdzību. Pēc operatora komandas izvirzās lāpstiņas, kas rada ūdens viļņošanu. Operators ar noteikta šablona palīdzību var piespiest daļu pogu, lai imitētu noteiktas struktūras viļņus. Baseinā vilnis, sasniedzis pretējo sienu, atstarojas un iet atpakaļ. Viļņi dabā izzūd, saskaroties ar krastu un atdodot tam savu enerģiju. Viļņa enerģija ir atkarīga no tā augstuma. Enerģija eksistē divās formās: kā potenciālā jeb miera stāvokļa enerģija un kinētiskā jeb kustības enerģija. Otra svarīgākā viļņus raksturojoša pazīme ir to svārstību frekvence. Šajā ziņā okeāna viļņi atšķiras no radioviļņiem, kas pārvietojas ar pastāvīgu ātrumu. Jo lielāks ir viļņu periods, jo lielāks ir to ātrums. Ja, piemēram, ir pietiekami liels attālums no viesuļvētras epicentra, var novērot, ka pirmie atnāk viļņi ar 20 sekunžu periodu, kas apsteidz viļņus ar 19 sekunžu periodu, un tie savukārt apsteidz viļņus ar 18 sekunžu periodu. Atsevišķu viļņu augstums vienā un tajā pašā vietā var atšķirties vairāk nekā 10 reizes. Tas izskaidrojams ar to, ka viļņi «nedzīvo» ilgāk par 2 minūtēm.

Vilnim, kura augstums ir 1,5 m, garums — 15 m, piemīt 4,33 kW liela jauda. Tikpat garš, bet 2 reizes augstāks vilnis nes sevī 17,9 kW

lielu enerģiju, 1,5 m augstam un 30 m garam vilnim ir 8,9 kW liela enerģija.

Tātad no enerģijas iegūšanas viedokļa augsti viļņi liekas vispievilcīgākie, bet tieši ar tiem saistās galvenās inženieru problēmas. Skotijā izveidoto 14 tūkstošus tonnu smago viļņu lauzēju ūdens spēks iznīcināja. Kas tad būtu izdevīgāk — būvēt objektu, kas darbotos atklātā jūrā, izmantojot lielo viļņu milzīgo enerģiju, vai veidot mazāk jaudīgas iekārtas, kurām būtu simtprocentīga izdzīvošanas varbūtība? Īpaši svarīga šī problēma kļūst tad, ja ūdens īpatnējā enerģija ir lielāka par 50 kW/m. Atklātā jūrā iespējamās situācijas, kad ierīces vidējā diennakts jauda ir 1000 kW, bet minūtes vidējā jauda sasniedz 10 000 kW.

Sers Kristofers Kokkerels 1978. gadā izveidoja un uzstādīja plostu modeli — ierīci, kas atgādina kuģi ar salauztu pakalģalu. Modelis tika izveidots mērogā 1 : 10 un līdz pat šodienai ražo elektroenerģiju ar jaudu 1 kW, kā enerģijas avotu izmantojot viļņus, kuru garums aptuveni 10 reizes mazāks nekā viļņu garums atklātā jūrā. Pilna izmēra ģeneratora garumam vajadzētu būt 100 m, un tā jauda būtu 2 MW, bet plosti, kas būtu savienoti virknē cits aiz cita un stieptos 15 jūdžu garumā, ražotu tikpat daudz elektroenerģijas kā elektrostacija ar jaudu 500 MW.

Plosts sastāv no 2 vai 3 pontoniem. Tas svārstās reizē ar ūdens virsmu. Priekšējais pontons brīvi pārvietojas no augšas uz leju, pakļaujoties ūdens virsmas svārstībām. Otrā pontona kustību amplitūda ir jau vairāk ierobežota, jo ūdens virsma zem tā pēc tam, kad lielāko enerģijas daļu uzņēmis pirmais pon-

tons, kļuvusi līdzienāka. Trešais pontons virknē ir 2 reizes garāks par pirmajiem diviem un attiecīgi arī stabilāks. Katrs šarnīrveida nostiprinājums ar 2 garu klaņu un speciālu sviru palīdzību savienots ar virzuļiem hidrauliskā cilindra iekšpusē. Plosta kustēšanās liek virzuļiem, pārvietojoties uz priekšu un atpakaļ, pārsūknēt šķidrums noslēgtā, izolētā sistēmā. Plūstot pa cauruli, šķidrums iedarbina hidraulisko motoru, un tas savukārt padod enerģiju elektriskās enerģijas generatoram.

Būtiskākā problēma, kas jāatrisina, izveidojot šādu plostu, ir tā noenkurošana. Kokkerela modelis nostiprināts ar elastīgu saišu palīdzību. 50 metru garas troses ir nostiprinātas ar 136 kg smaga bloka palīdzību, kas šūpojas uz ūdens virsmas. Bez tam pats bloks tiek nostiprināts pie enkura ar 10 m garu ķēdi. Enkurs sver 180 tonnu. Šāda sistēma notur plostu uz vietas. Atsevišķu plostu daļu svārstību amplitūdas atšķirību rezultātā izstrādājas elektroenerģija.

Plostus lietderīgi uzstādīt lielā attālumā no krasta, kur ūdens virsmas svārstības ir vispiemērotākās šādas konstrukcijas izmantošanai. Plosts visefektīvākais ir tad, kad tā garums ir tuvs viļņu garumam, pie tam, ja viļņa garums mērāms simtos metru, augstums ir 10—12 m un viļņa periods — 8 sekundes. Kā būtiska plostu priekšrocība jāmin tā izturība, jo lieli viļņi plostam veļas pāri.

Citas ierīces, kas pārveido viļņu enerģiju elektriskajā, autors ir Stefans Solters — mākslas zinātņu maģistrs, kas nepieciešamās tehniskās zināšanas ieguvis praktiskā ceļā. S. Solters, sapulcinājis ap sevi gados jaunus

entuziastus, izveidoja baseinu viļņu eksperimentāliem pētījumiem. Šajā baseinā viņš uzstādīja tā saucamās «pīles» modeli, kas bija izveidots mērogā 1 : 150. Ar šī modeļa palīdzību bija ieplānots iegūt lielāku enerģiju, nekā izmantojot plostu. Soltera grupa iecerējusi uzstādīt uz vienas kopīgas vārpstas, kas sastāv no daudziem posmiem, 20 līdz 30 «pīles». Vienas šādas enerģētiskās ierīces garums pārsniedz 1200 m. Atbalsta vārpstas, kuras diametrs ir 15 m, iekšienē izvietoti centrālās sūkņi. Lietderīgā enerģija tiek iegūta, pagriežoties konstrukcijas zemūdens daļai — «pīles knābim» attiecībā pret atbalsta vārpstu. Tādas «pīļu» virknes jauda ir 30—50 MW. Jo izteiktāka ir atbalsta vārpstas pagriešanās līdz ar «pīles» griešanos, jo mazāka būs lietderīgi izmantojamās enerģijas daļa. Savukārt, ja vārpsta vispār nepagriezīsies, tā var salūzt. Viens no konstruktīvajiem risinājumiem šajā gadījumā varētu būt šarnīrveida atbalsta vārpsta. Katra «pīle», griežoties ap atbalsta vārpstu, iedarbina sūkņi vārpstas iekšienē. Sūknis liek cirkulēt šķidrumam, kas tālāk iedarbina turbīnu.

Japāņi realizējuši Masundas ideju navigācijas boju nodrošināšanai ar enerģiju, kuras jauda 60 W. Patlaban viņi strādā pie 500 tonnu smaga «kuģa» izveidošanas, kura ražotās enerģijas jauda būs 1,3 līdz 2,5 MW. «Kuģa» garums būs 80 m, platums — 12 m. Tā korpusā būs 22 caurumi, kur izvietosies kameras ar gaisa turbīnām.

Šādu un līdzīgu ierīču izveidošana būtu lietderīga arī mūsu republikā. Vairāku simtu šādu «kuģu», «pīļu», plostu u. c. konstrukciju

uzstādīšana jūrā vairāku kilometru attālumā no krasta ļautu atrisināt mūsu republikā pastāvošo problēmu nodrošinātībā ar elektroenerģiju. Pie tam — un tas ir ļoti svarīgi — šādas konstrukcijas ražos elektroenerģiju, neizraisot negatīvas ekoloģiskās, estētiskās un sociālās sekas.

Vēja enerģijas izmantošana

Svarīgākie faktori, kas nosaka vēja enerģijas izmantošanas iespējas, ir sekojoši:
meteoroloģiskie apstākļi dotajā rajonā;
vēja enerģētisko staciju (VES) optimāls izvietojums;

VES izmantošanas iespējas apvienotās enerģētiskās sistēmas ietvaros;

VES ekspluatācijas ekonomiskā efektivitāte.

Atšķirības starp Saules enerģijas izstarojumu, kas krīt uz milzīgām teritorijām dažādos ģeogrāfiskā platuma grādos, no vienas puses, un Zemes un okeāna enerģiju, no otras puses, ir gaisa spiediena lielo svārstību cēlonis. Šīs svārstības izraisa gaisa masu pārvietošanos, ko sauc par vēju.

Vējam piemīt ātrums un virziens. Brīvajā atmosfērā, t. i., augstāk par 500—1000 m, gaisa masu berzi pret Zemi var neņemt vērā. Gaisa masas, kas pārvietojas, aizskar tās, kas atrodas relatīvā miera stāvoklī, un veidojas virpuļviesulis. No vēja enerģijas izmantošanas viedokļa šai parādībai piemīt tāda negatīva īpašība kā neviendabīga struktūra gan laikā, gan telpā dažādā augstumā virs Zemes.

Vidējais vēja ātrums pieaug līdz ar augstuma palielināšanos. Mainoties augstumam, mainās arī vēja virziens. Vēja virzienu lielā mērā ietekmē arī reljefs. Iespējami divi krasi atšķirīgi varianti. Kalnu rajonos ar visai nelīdzenu reljefu vēja ātrums mainās atkarībā no augstuma. Turpretī jūras krastā vēja ātruma un virziena izmaiņas izskaidrojamas ar divu vēju eksistēšanu — krasta un jūras vēja. Ūdens virsma jūrā ir tuvu horizontālai, tāpēc arī vēja ātrums tur lielāks kā virs sauszemes. Tur tad arī ir visizdevīgāk būvēt VES.

Lai varētu efektīvi izmantot vēja enerģiju, nepieciešams izvēlēties vietas ar sekojošiem meteoroloģiskajiem parametriem:

lieli gada vidējie vēja ātrumi, kas ir viens no svarīgākajiem faktoriem, kas nosaka enerģijas gada izstrādi vienai VES;

nenozīmīgas vidējā gada vēja ātruma un virziena izmaiņas;

ir dominējošais vēja virziens, kas ļauj samazināt daudzagregātu VES izvietojamam nepieciešamo platību.

Var minēt arī citus faktoros, kas zināmā mērā ietekmē VES vietas galīgo izvēli: elektrisko tīklu esamība un iespēja pieslēgties kopējai enerģētiskajai sistēmai, ekonomiskie faktori (piemēram, zemes cena), ekoloģiskie faktori (troksnis, dabas ainavas izkropļojums).

Vēja enerģijas resursi pasaulē pašlaik sastāda 1,5—2,5% Saules enerģijas, kas nonāk uz Zemes un nepārtraukti pārveidojas gaisa plūsmas kinētiskajā enerģijā.

Gaisa plūsmas kinētiskās enerģijas blīvums nepārtraukti mainās. Jūras piekrastē, kur

mēdz plosīties spēcīgas vētras, tas svārstās robežās no 0,4 līdz 0,5 kW/m². Lielajās sil-
tumstacijās tā lielums sastāda 10³—10⁶ kW/m².
Tādēļ VES jāveic sekojošas funkcijas:

jākoncentrē kinētiskā enerģija;
enerģija jāpārveido, lai to varētu tieši iz-
mantot;

jāizlīdzina jaudas svārstības laikā.

Tuvākajā nākotnē kļūs iespējams izmantot
vēja enerģiju ar lielu vēja ratu palīdzību,
kas nostiprināti uz torņiem. Lai varētu iz-
mantot maza blīvuma vēja enerģiju, vēja ra-
tam savā kustībā jāaptver lielas platības ar
nolūku koncentrēt enerģijas plūsmu, kas iet
cauri rata virsmai. Ņemot vērā zināmus
svara ierobežojumus, vēja ratu izveidošanā
var izmantot tikai nedaudzas šauras lāpstiņ-
ņas. Pēdējos VES «Growian» projektos VFR
izmanto vēja ratus ar divām lāpstiņām, kur
rata diametrs ir līdz 100 m.

«Growian» tipa VES raksturojošie rādītāji:

Generators uzstādītā jauda	3 MW
Vēja rata diametrs	100 m
Griešanās nominālais ātrums	18 min ⁻¹
Generators īpatnējā jauda	382 W/m ²
Vēja minimālais ātrums V_{\min}	4,5 m/s
Vēja maksimālais ātrums V_{\max}	24 m/s
Lāpstiņu skaits	2
Vēja dzinēja torņa augstums	100 m
Kopējais svars (bez torņa svara)	ap 200 t

Jebkura VES sāk darboties tikai pie no-
teikta minimālā vēja ātruma (3—6 m/s) un
pārtrauc darboties, ņemot vērā drošības teh-
nikas prasības, ja vēja ātrums sasniedz mak-
simāli pieļaujamo robežu (20—30 m/s).

VES darbību tiešā saistībā ar enerģētisko sistēmu aprūtinā vairākas problēmas, ko galvenokārt izraisa vēja enerģijas straujās izmaiņas laikā un nepietiekamās iespējas šīs izmaiņas prognozēt. Tādēļ arī katru VES visērtāk aplūkot kā stohastisku enerģijas avotu.

Lai varētu novērtēt vēja enerģētisko potenciālu un izvēlēties VES uzstādīšanas vietu, vispirms rūpīgi jāizanalizē reģiona vēju stāvoklis. VFR meteoroloģiskie dienesti ir veikuši 16 meteoroloģisko staciju iegūto datu analīzi par vēja ātruma un virziena izmaiņām ik stundu laika posmā no 1969. līdz 1972. gadam visās tajās vietās, kur bija paredzēts uzstādīt VES ar jaudu 3 MW. Meteoroloģisko staciju izvēle notika pēc noteikta principa. Vispirms tika ņemts vērā staciju ģeogrāfiskais izvietojums, jo bija izvirzīts mērķis aptvert kā piekrastes rajonus, tā līdzenumus un kalnu rajonus.

Lai varētu tālāk izmantot iegūtos datus, mērījumi jāveic 50—250 m augstumā. Tieši tādā augstumā arī jāizvieto lielas VES. VFR veiktajos pētījumos lielākā daļa datu tika iegūti 10—45 m augstumā un vēja parametru noteikšanai vajadzīgajā augstumā tika izmantota ekstrapolācijas metode.

Saskaņā ar Helmaņa likumu vēja vidējo ātrumu uzdotajā augstumā h_2 var noteikt:

$$\bar{v}(h_2) = \bar{v}(h_1) \left(\frac{h_2}{h_1} \right)^\alpha,$$

kur h_1 — augstums, kādā veikti mērījumi;

h_2 — uzdotais augstums;

$v(h_1)$ — vēja vidējais ātrums augstumā h_1 ;

$v(h_2)$ — vēja vidējais ātrums augstumā h_2 ;

α — rādītājs, kas ir atkarīgs no zemes virsmas reljefa (piekrastes rajoniem $\alpha = 0,143$, mežu un kalnu rajoniem $\alpha = 0,2-0,3$).

Visspēcīgākie vēji tika novēroti ziemā (decembrī), visvājākie — jūlijā.

Potenciālo vēja enerģiju nosaka kā enerģiju, kas gada laikā nonāk uz virsmas virsmas, kas ir perpendikulāra vēja virzienam. Tas atbilst ideālas VES enerģijai, kuras rata lāpstiņas skar 1 m^2 virsmas laukumu un kuras enerģijas pārveidošanas koeficients ir 1.

Kustībā esošas masas kinētiskā enerģija pieaug tieši proporcionāli tās ātruma kvadrātam:

$$E = \frac{1}{2} m v^2 \quad [\text{N} \cdot \text{m}],$$

kur m — kustībā esošā masa, kg;
 v — kustības ātrums, m/s.

Ja kustībā atrodas gaisa tilpums V ar blīvumu ρ un masu $\rho \cdot V$, tad tā kinētiskā enerģija būs vienāda ar

$$E = \frac{1}{2} \rho \cdot V \cdot v^2 \quad [\text{N} \cdot \text{m}].$$

Pie normāla atmosfēras spiediena un temperatūras 20°C gaisa blīvums $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$.

Ja gaisa plūsmai perpendikulārais laukums ir A , tad vienā sekundē caur šo laukumu iet gaisa plūsma $A \cdot v$. Vēja plūsmas jaudu var noteikt:

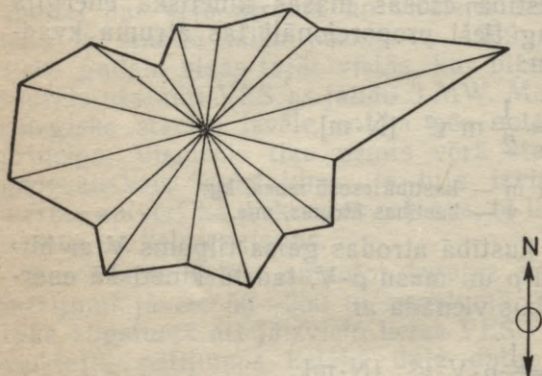
$$N = \frac{1}{2} \rho \cdot v^3 \cdot A \quad [\text{W}].$$

Vēja rata vārpstas jaudu var noteikt:

$$N_{v.r.} = \eta \cdot \frac{1}{2} \rho \cdot v^3 \cdot A \quad [\text{W}],$$

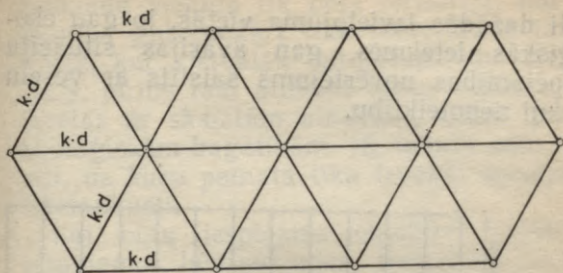
kur η — lietderības koeficients, $\eta = 0,593 - 0,687$.

Veicot VES uzstādīšanu, bez vēja ātruma lieluma un struktūras svarīga loma ir arī tā virzienam. 6. zīmējumā attēlota raksturīgā vēju roze.



6. zīm.

Bez tam jāņem vērā arī blakus esošo VES savstarpējā iedarbība. Lai samazinātu šo savstarpējo iedarbību un palielinātu VES sistēmas lietderības koeficientu, attālumam starp VES ir jābūt vismaz 6—18 reizes lielākam nekā to diametrs. Pastāvot noteiktam valdošo vēju virzienam, VES iespējams izvietot



7. zīm.

citū aiz citas (sk. 7. zīm.). 18 VES ar kopējo jaudu 54 MW izvietojums gadījumā, kad nepastāv noteikts valdošo vēju virziens, parādīts 8. zīmējumā.

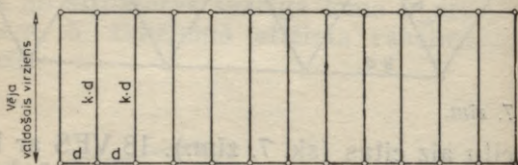
Mūsu republikā par perspektīvu varētu uzskatīt vairāku šādu VES izvietošānu Baltijas jūras piekrastē.

Energētisko objektu izvietošānas problēmas

Lai atrisinātu vairākas enerģētikas problēmas, tuvākajā nākotnē neapšaubāmi būs jāceļ jauni, lieli enerģētikas objekti. Tas laiks, kad šādus objektus varēja izvietot, pamatojoties vienīgi uz inženiertehniskajiem vai ekonomiskajiem apsvērumiem, ir pagājis. Nosakot enerģētisko objektu izvietošānas galīgo variantu, jāņem vērā arī tādi faktori kā to ietekme uz apkārtējo vidi un iedzīvotāju veselību, drošību, kā arī sabiedrības viedoklis šajos jautājumos.

Nav iespējams uzreiz paredzēt projektējamā objekta iedarbības sekas uz apkārtējo

vidi dažādās izvietojuma vietās, jo gan ekoloģiskās ietekmes, gan avārijas situāciju iespējamības novērtējums saistīts ar veselu virkni nenoteiktību.



8. zīm.

Kādi cēloņi nosaka informācijas nenoteiktību? Svarīgākie no tiem ir

dabas parādības, piemēram, zemestrīces, plūdi;

neiespējamība iegūt datus par atsevišķu objektu iedarbības sekām vai arī šādu pētījumu pārāk dārgās izmaksas;

neiespējamība ar pilnīgu precizitāti paredzēt nākotni.

Interesantu piemēru, kā izvēlēties AES būvniecībai piemērotu vietu, apraksta jau minētais R. Kinī.

Enerģētiskās apgādes sistēma WPPSS, kuras sastāvā ietilpst 21 firma, noslēdza kontraktu ar firmu Woodward—Clyde Consultants (WCC) pētījuma veikšanai, lai atrastu vietu AES izvietošanai, kuras jauda būtu 300 MW.

Teritorijas, kuras robežās bija iecerēts izvietot AES, laukums bija 450 tūkstoši km².

Tā kā nebūtu lietderīgi novērtēt katru sīkako laukuma vienību tik lielā teritorijā, tad uzmanība galvenokārt tika pievērsta 9 laukumiem, kur visreālāk būtu iespējams izvietot AES, pirms tam atmetot tādus rajonus, kas izcēlās ar skaistām ainavām, citām īpašām ekoloģiskām bagātībām. 18. tabulā doti kritēriji, uz kuru pamata tika izvēlēti iespējamie būvlaukumi.

Lai būtu iespējams objektīvi salīdzināt iespējamos būvlaukumus, izstrādāja sīku to aprakstu. Savāktajā informācijā bija ziņas par laukumu izvietojumu, ūdens kvalitāti un ūdensapgādes iespējām, ģeoloģiskajām un topogrāfiskajām apkārtnes īpatnībām, plūdu, zemestrīču iespējām, ziņas par apkārtnes apdzīvotajām vietām, floru un faunu. Rezultātā tika noformulēti ap 30 potenciālu mērķu, to kritēriji un ierobežojumi laukumu novērtēšanai. Pie tam izslēdza daļu maznozīmīgu un mazticamu celtniecības seku un to kritēriju.

Katram no palikušajiem 6 kritērijiem izveidoja skalu un iespējamo izmaiņu diapazonu (sk. 19. tabulu).

Kritērijs X_1 raksturo rajona apdzīvotību 80 km rādiusā no apbūves laukuma un tiek aprēķināts sekojoši:

$$X_1 = \frac{\sum_{r=1}^{80} P(r) \cdot r^{-1,5}}{\sum_{r=1}^{80} Q(r) \cdot r^{-1,5}},$$

kur r — attālums no apbūves laukuma, km;

P — cilvēku skaits, kas dzīvo attālumā no $r-1$ līdz r km no apbūves laukuma;

$Q(r)$ — cilvēku skaits, kas dzīvotu attālumā no $r-1$ līdz r km, ja šajā zonā būtu viennērīgs iedzīvotāju izvietojuma blīvums — 390 cilv./km².

Iespējamo būvlaukumu atlasē kritēriji

Faktori, kas tika ņemti vērā (faktoru grupa)	Analizējamais faktors	Kritērijs	Atlasē kritērija, ierobežojuma vai nosacījuma vērtība
Ietekme uz cilvēku ve- selību un drošību	Radioaktīvais izstaro- jums	Attālums līdz apdzīvo- tai vietai	Vairāk nekā 5 km līdz apdzīvotai vietai ar iedzīvotāju skaitu virs 2500 cilvēkiem.
Applūšana	Augstums	virs tuvā- kās ūdenskrātuves līmeņa	Vairāk nekā 1,5 km līdz apdzīvotai vietai ar iedzīvotāju skaitu ma- zāk nekā 2500 cilvēkiem.
Plaisas	Zemes garozā	Attālums līdz plaisām	Laukumam jāatrodas aug- stāk nekā iespējamās applūšanas zona
Ietekme uz apkārtējo vidi	Ūdenskrātuvju siltum- piesārņošana	Minimālā ūdens patē- riņa vidējā vērtība	Attālums lielāks nekā 8 km līdz iespējamām plaisām, kuru garums ir lielāks par 20 km
			Ūpes, no kurām 7 dien- nakšu laikā pats mazā- kais ūdens patēriņš sa-

<p>stāda vairāk nekā 15 m³/s (pēdējo 10 gadu laikā)</p> <p>Laukuma atrašanās ārpus teritorijām, kam noteikta speciāla aizsardzība</p> <p>Laukuma atrašanās ārpus atpūtas zonām un rajoniem ar īpašu estētisko vērtību</p>	<p>Apkārējās vides jutīgums</p> <p>Tūrisms un citi atpūtas veidi</p>	<p>Nolikums par teritorijām, kam noteikta aizsardzība</p> <p>Nolikums par teritorijām, kas pieskaitāmas pie atpūtas zonām un rajoniem, kam ir īpaša estētiskā vērtība</p>	<p>stāda vairāk nekā 15 m³/s (pēdējo 10 gadu laikā)</p> <p>Laukuma atrašanās ārpus teritorijām, kam noteikta speciāla aizsardzība</p> <p>Laukuma atrašanās ārpus atpūtas zonām un rajoniem ar īpašu estētisko vērtību</p>
<p>Sociāli ekonomiskās sekas</p>	<p>Iespējas apgādei ar ūdeni normālos un ārkārtējos apstākļos, ūdens avotu raksturojums</p>	<p>Izdevumi dzesēšanai</p> <p>Izdevumi ūdens aizvāšanai no tā avota līdz objektam</p>	<p>Upes vai ūdenskrātuves, kam 10 gadu laikā 7 diennakšu vidējais zemākais ūdens patēriņš ir vairāk nekā 15 m³/s</p> <p>Attālumā, kas nepārsniedz 16 km no ūdens avota un atrodas ne vairāk kā 250 m virs ūdens avota līmeņa</p> <p>Ne lielākā attālumā kā 40 km no navigācijas ceļiem</p>
<p>Ekonomiskās sekas</p>	<p>Iekārtas lielgabarīta sastāvdaļu piegāde</p>	<p>Lielgabarīta sastāvdaļu piegādes izmaksas</p>	<p>Upes vai ūdenskrātuves, kam 10 gadu laikā 7 diennakšu vidējais zemākais ūdens patēriņš ir vairāk nekā 15 m³/s</p> <p>Attālumā, kas nepārsniedz 16 km no ūdens avota un atrodas ne vairāk kā 250 m virs ūdens avota līmeņa</p> <p>Ne lielākā attālumā kā 40 km no navigācijas ceļiem</p>

Iespējamo būvlaukumu novērtēšanā izmantotie kritēriji un to vērtību (līmeņu) diapazons

Vērā ņemamo svarīgāko faktoru grupa	Kritērijs	Kritērija vērtības	
		visslik- tākās	vis- la- bā- kās
Ietekme uz cilvēku veselību un drošību	X_1 = Apdzīvotība būvlaukuma rajonā	0,2	0
Ietekme uz apkār- tējo vidi	X_2 = Lašveidīgo zivju zaudējumi	—	—
	Y = Lašveidīgo zivju daudzums upē, tūkst. gab.	100	0
	Z = Zudumu pro- cents	100	0
	X_3 = Objekta biolo- ģiskā ietekme	Sk. 18. tab.	0
Sociāli ekonomiskie faktori	X_4 = 500 kV elek- tropārvades lī- nijas garums, kas iet caur ra- joniem, kuri at- rodas speciālā aizsardzībā, km	80	0
	X_5 = Iedarbības so- ciāli ekonomis- kās sekas	Sk. 21. tab.	
Ekonomiskie faktori	X_6 = Ikgadējās pie- vestās diferen- cētās izmaksas attiecīgajam laukumam (ja stacijas darbī- bas laiks ir 30 gadi), dolā- ros	$40 \cdot 10^6$	0

Pie tam kritērijiem X_3 un X_5 tika izstrādātas māk-
slīgas skalas.

**Bioloģiskās iedarbības seku novērtējuma
mākslīgā skala**

Vērtība pēc skalas	Iedarbības raksturs vai mērogi
1	2
0	Lauksaimniecībā izmantojamas vai apbūvētas teritorijas zaudējums 2,5 km ² teritorijā; nav apdraudēta izmirstošu bioloģisko indivīdu eksistence
1	75% apmērā lauksaimniecībā izmantojamas un 25% apmērā ar mežu apaugušas platības zaudējumi 2,5 km ² lielā teritorijā; nav ievērojamu mitru platību vai izmirstošu bioloģisko indivīdu apdzīvoto platību zaudējumi
2	50% apmērā lauksaimniecībā izmantojamas un 50% apmērā citādiem mērķiem izmantotas platības zaudējumi 2,5 km ² teritorijā; nav ievērojamu mitru platību vai izmirstošu bioloģisko indivīdu apdzīvoto platību zaudējumi
3	Nesen apstrādātas (piemēram, izcirstas vai tikko uzartas) platības zaudējumi 2,5 km ² lielā teritorijā, ietekme uz apkārtējām zemes platībām robežās līdz 1,6 km no laukuma vai 15% mitru zemju zaudējums, izmirstošu bioloģisko indivīdu apdzīvoto platību zaudējumi
4	50% lauksaimniecībā izmantojamo (vai kā citādi izmantojamo) un 50% ar lielu koku mežu aizaugušu platību zaudējums 2,5 km ² teritorijā; 15% mitru zemju zaudējums, izmirstošu bioloģisko indivīdu apdzīvoto platību zaudējumi
5	2,5 km ² zemes platības zaudējumi, no kuras 75% ir cilvēka neskarta un ir tuksnešaina, vai 15% mitras zemes platības zaudējums, izmirstošu bioloģisko indivīdu apdzīvoto platību zaudējumi

20. tabulas turpinājums

1	2
6	2,5 km ² lielu koku meža zaudējumi vai 50% lielo zvēru un kalnu putnu zaudējumi, vai 50% mitro zemju zaudējumi, izmirstošu bioloģisko indivīdu apdzīvoto platību zaudējumi
7	2,5 km ² teritorijas ar izveidojušos noteiktu bioloģisko struktūru zaudējumi vai 90% mitro platību zaudējumi, vai izmirstošu bioloģisko indivīdu apdzīvoto platību zaudējumi
8	2,5 km ² meža zaudēšana vai mitru, produktīvu platību, izmirstošu bioloģisko indivīdu apdzīvoto platību zaudējumi

21. tabula

Enerģētiskā objekta sociāli ekonomiskās iedarbības
seku novērtējuma mākslīgā skala

Vērtība pēc skalas	Apdzīvotās vietas tips, tās izvietojums attiecībā pret būvlaukumu, iedarbības raksturs un mērogi
1	2
0	Stata galvaspilsētas apkārtnē, iedzīvotāju skaits ap 100 tūkst. cilvēku. Nekādas vērtības nemērojamas ietekmes nav
1	Ciematā, kas atrodas vidēji attālu, iedzīvotāju skaits ap 250 cilvēku. Šeit tad arī enerģētiskā kompānija ceļ savu ciematu, bet puse AES celtniecībā nodarbināto turpina braukt uz darbu no citurienes. Daļa personāla, kas apkalpo staciju, turpina braukt uz darbu no citurienes. Kultūras iestādes ir pārpildītas. Notikušas nelielas izmaiņas vietējās sabiedrības sociālajā struktūrā. Iedzīvotāju parādu nomaksa valstij notiek 6 mēnešus ilgāk nekā iepriekš

1	2
2	Attāls ciemats ar iedzīvotāju skaitu ap 250 cilv. Šeit pat enerģētiskā kompānija ceļ savu ciematu, uz kuru pārceļas lielākā daļa celtnieku. Lielākā daļa staciju apkalpojošā personāla kļūst par vietējiem iedzīvotājiem. Vērojama ievērojama ietekme uz ciemata kultūras dzīvi. Notiek ievērojamas izmaiņas vietējās sabiedrības sociālajā struktūrā. Palielinās iespēja iegūt lielākus nodokļus, pateicoties apkalpojošajam personālam, kas kļuvuši par vietējiem iedzīvotājiem. Parādu atdošana valstij notiek par 0,5—1 gadu ilgākā laikā nekā līdz objekta celtniecībai
3	Pilsēta, kas atrodas vidēji attālu, kuras iedzīvotāju skaits ir ap 25 tūkst. cilv. Aptuveni puse stacijas celtnieku pārvietojas uz dzīvi pilsētā. Lielākā daļa pārbraucēju dzīvo saliekamajās mājīnās. Visi pilsētas dienesti tiek uzturēti uz līdz maksimumam palielināto nodokļu rēķina. Ir vajadzīga palīdzība no ārpusē ar finansu resursiem. Vērojama ievērojama ietekme uz pilsētas kultūras dzīvi. Notiek nelielas izmaiņas sociālajā struktūrā. Apkalpojošais personāls saplūst ar vietējiem iedzīvotājiem. Iespējas ievākt nodokļus stipri vien pieaug, bet aplikšana ar nodokļiem aizkavējas. Celtniecībā stāvoklis plānošanā un iespējas būvēties rada iespējas pilsētai strauji augt. Parādu atdošana valstij notiek par 1—2 gadiem ilgāk nekā līdz objekta celtniecībai
4	Attāla pilsēta ar iedzīvotāju skaitu ap 25 tūkst. cilv. Lielākā daļa celtnieku dzīvo pilsētā. Vērojama zināma ietekme uz visiem pilsētas dienestiem. Uz ilgu laiku izmainīta iepriekšējā sistēma zemes laucīņu izmantošanā. Iedzīvotāju skaita pieaugums pārsniedz plānoto un neatbilst

1	2
5	<p>pastāvošās administratīvās pārvaldes iespējām. Aplikšana ar nodokļiem aizkavējas. Vairāk nekā par 2 gadiem aizkavējas parādu atmaksāšana valstij</p> <p>Attāls ciemats ar iedzīvotāju skaitu ap 1,5 tūkst. cilv. Daudzi strādnieki — objekta celtnieki — brauc uz darbu no citiem rajoniem. Objektu apkalpojošais personāls un citi strādnieki meklē dzīvokli pilsētā. Atbraucēji dzīvo galvenokārt saliekamajās mājiņās, viņiem tiek būvētas mājas. Tiek celti objekti apkalpojošajā sfērā un paplašinās rūpnieciskās darbības mērogi. Pilsētas mērogā tiek plānotas iedzīvotāju vajadzības, tiek veidota organizācija ar likumdošanas tiesībām zemes lauciņu izmantošanā, bet šis darbs neaptver iedzīvotāju pieaugošo vajadzību apmierināšanu pilnā apjomā. Iedzīvotāju parādu dzēšana valstij aizkavējas par vairāk nekā 2 gadiem. Vērojama ietekme uz sabiedriskajām iestādēm. Uz ilgu laiku izjaukta pastāvošā zemes lauciņu izmantošanas sistēma. Kultūras iestādes stipri pārslogotas, mainījusies iedzīvotāju sociālā struktūra. Iedzīvotāju skaita pieaugums notiek galvenokārt aiz pilsētas robežas, kur pilsētas varas iestādes neievāc nodokļus</p>
6	<p>Attāls ciemats ar iedzīvotāju skaitu 1,5 tūkst. cilv. Lielākā daļa iedzīvotāju cenšas apmesties pilsētā vai tās tuvumā. Rajona iedzīvotāju skaita pieaugums notiek galvenokārt aiz pilsētas robežas. Vērojama ietekme uz pilsētas dienestu darbu. Nepietiekamā administratīvā vadīšana aiz pilsētas robežām ietekmē zemes lauciņu izmantošanu. Tas savukārt spēcīgi ietekmē pilsētas iedzīvotāju kultūras dzīvi un sociālo struktūru. Nav iespēju</p>

1	2
7	<p>realizēt nodokļu aplikšanas politiku saskaņā ar nepieciešamajām lielajām pārmaiņām</p> <p>Attāla pilsēta ar iedzīvotāju skaitu ap 10 tūkst. cilvēku. Vērojama spēcīga ietekme uz pilsētas dzīvi, ko izraisījis lielais stacijas celtnieku skaita pieplūdums. Svarīgākie pilsētas dienesti, pastāvošie plānošanas un nodokļu aplikšanas orgāni spējīgi izstrādāt pasākumu sistēmu, lai risinātu ar iedzīvotāju skaita pieaugumu saistītās problēmas, taču nepietiek iespēju problēmu atrisināšanai. Iedzīvotāju parādu nomaksāšana valstij aizkavējas par vairākiem gadiem. Pilsētas apmēri un pastāvošā kredītu saņemšanas sistēma var traucēt nepieciešamās finansu palīdzības saņemšanu. Tādēļ neizbēgami pilsētas attīstības gaitā iestāsies «bankrota» situācija</p>

Ar izteiksmi $r^{-1,5}$ tiek ņemta vērā starojuma iedarbības samazināšanās, palielinoties attālumam.

Autors izmantojis 2 rādītājus, lai raksturotu AES ietekmi uz lašveidīgajām zivīm (X_2). Zivju daudzumu ūdenskrātuvē novērtē ar kritērija Y palīdzību, bet zivju zaudējumu procentu — ar kritērija Z palīdzību.

Kritērijiem X_3 un X_5 pieredzējuši ekologi un sociologi izstrādājuši mākslīgas skalas, kuru skaitliskās vērtības mainās no 0 līdz 8.

Vērtējot no informācijas precizitātes viedokļa, kritērijs X_1 — apdzīvotība apbūves

AES iespējamo iedarbības seku novērtējums dažādiem laukumiem

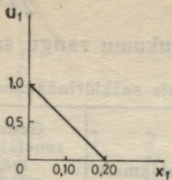
Laukuma №	Kritērijs*										
	X ₁	X _b			X ₄ , km	X ₆ **		X ₃		X ₅	
		Y, tūkst. gab.	Z, %	δz, %		vērtība, milj. dolāru	δx ₆ , milj. dolāru	vērtība pēc skalas	varbūtība	vērtība pēc skalas	varbūtība
1	0,057	75	8	4	1,6	2,035	0,51	1-2 2-3	0,9 0,1	1-2 2-3 3-4	0,2 0,65 0,15
2	0,040	75	8	4	1,6	0 (4,929)	0 (1,23)	1-2 2-3	0,9 0,1	1-2 2-3 3-4	0,25 0,55 0,1
3	0,025	75	8	4	11	1,535 (15,343)	0,38 (3,84)	1-2 2-3	0,8 0,2	1-2 2-3 3-4 4-5	0,1 0,1 0,3 0,45 0,15
4	0,048	5,5	15	7,5	10	1,933 (7,613)	0,48 (1,90)	2-3 3-4	0,2 0,8	2-3 3-4 4-5	0,1 0,2 0,5 0,3

5	0,044	17	15	7,5	19	12,347	3,09	3-4 4-5 5-6	0,2 0,5 0,3	1-2 2-3 3-4 4-5	0,2 0,45 0,2 0,15
6	0,023	5	15	7,5	1,6	17,713	4,43	3-4 4-5 5-6	0,2 0,5 0,3	2-3 3-4 4-5	0,1 0,55 0,3 0,05
7	0,052	3	15	7,5	0	4,834	1,21	1-2 2-3 3-4	0,3 0,6 0,1	2-3 3-4 4-5 5-6	0,2 0,5 0,2 0,1
8	0,011	430	1	0,5	0	10,936	2,73	0-1 1-2 2-3	0,1 0,5 0,4	2-3 3-4 4-5 5-6	0,1 0,1 0,4 0,4 0,1
9	0,013	365	1	0,5	0	11,423	2,86	0-1 1-2	0,7 0,3	1-2 2-3 3-4 4-5	0,05 0,6 0,2 0,15

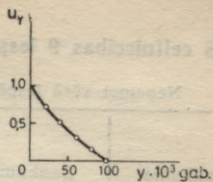
- * — Kritēriju X_1 un X_4 vērtības noteica determinēti, X_2 un X_6 vērtību noteikšanai tika izmantoti vērtību intervāli, X_3 un X_5 noteikšanai — varbūtību normālais sadalījums.
- ** — Skaitļi iekavās ietver papildu izmaksas, kas saistītas ar zemesrīces gadījumā iespējamās grunts izmīkšķēšanās seku novēršanu zem celtnes pamatiem.

laukuma rajonā — un kritērijs X_4 — elektropārvades līniju garums — ir determinēti, t. i., precīzi, kritēriji. Kritērijiem X_3 un X_5 , pielietojot mākslīgās skalas, novērtēja varbūtību, ka attiecīgās iedarbības novērtējums atradīsies pieļaujamo vērtību rajonā. Kritērijiem X_2 un X_6 tika uzdoti vidējie vērtību novērtējumi un standarta novirzes no varbūtību normālā sadalījuma. Kritēriju vērtības visiem 9 iespējamajiem AES celtniecības rajoniem dotas 22. tabulā.

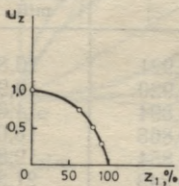
Lai būtu iespēja salīdzināt visu iespējamo būvlaukumu priekšrocības, vadoties pēc 6 kritērijiem, tika uzzīmētas tā saucamās lietderīguma funkcijas. Piemēram, kritērijam X_6 vissliktākās vērtības lietderīgumu — 40 milj. dolāru — pieņem vienādu ar 0, bet vislabākās vērtības — 0 — lietderīgumu — vienādu ar 1. Ar šīs lietderīguma funkcijas palīdzību attēlo personas, kas pieņem lēmumu, attieksmi pret risku. Nenosliece uz risku (vienaldzīga attieksme pret to, nosliece uz risku) nosaka to, ka lietderīguma funkcija būs ieliekta (lineāra, izliekta). Lietderīguma funkcija attēlota 9. zīmējumā. Tieši tādas pašas funkcijas tika iegūtas parastas lozēšanas 50—50 rezultātā. Piemēram, salīdzinot lozēšanas rezultātus kritērijam X_6 (ar izejas izmaksu lielumiem 0 un 40 miljonu dolāru apmērā) ar tā determinēto ekvivalentu, kas vienāds ar 22 miljoniem dolāru, iegūst lietderīgumu, kas vienāds ar 0,5, t. i., abi varianti izrādās līdzvērtīgi. 10. zīmējumā attēlotas lietderīguma funkcijas katram no kritērijiem.



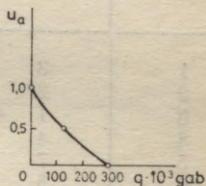
a



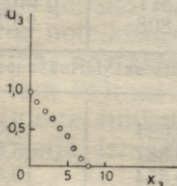
b



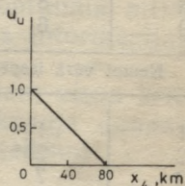
c



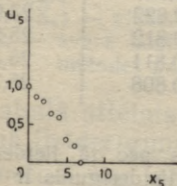
d



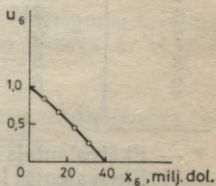
e



f



g



h

9. zīm.

Rīgas Politehniskajā institūtā ir vairākas dialogu sistēmas optimālu lēmumu pieņem-

AES celtniecības 9 iespējamo laukumu rangs saraksts

Ņemot vērā iespējamo grunts sašķidrināšanos

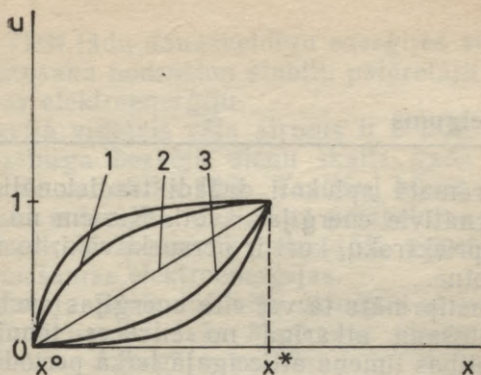
Laukuma rangs	Laukums №	Gaidāmais lietderīgums	Gada diferenciālās izmaksas «ekvivalentam»* laukumam, milj. dolāru
1	3	0,921	10,85
2	2*	0,920	10,98
3	1	0,894	14,60
4	4	0,868	18,06
5	7	0,854	19,89
6	5	0,843	21,30
7	9	0,812	25,22
8	8	0,811	25,34
9	6	0,808	25,71

Ņemot vērā iespējamo grunts sašķidrināšanos

1	1	0,894	14,60
2	2**	0,887	15,53
3	7	0,854	19,89
4	5	0,843	21,30
5	4**	0,827	23,35
6	3**	0,822	23,98
7	9	0,812	25,22
8	8	0,811	25,34
9	6	0,808	25,71

* — Ekvivalentais laukums pēc tā lietderīguma. Ekvivalentā laukuma lietderīgums ir vienāds ar tāda laukuma lietderīgumu, kam visi kritēriji, izņemot ikgadējās diferenciālās izmaksas, atrodas labākā līmenī.

** — Analizējot šos laukumus, ņem vērā papildu izmaksas iespējamās grunts sašķidrināšanās novēršanai.



10. zīm.

šanai, ar kuru palīdzību var pieņemt lēmumus enerģētisko sistēmu optimālā attīstības varianta noteikšanai izejas informācijas neteiktības apstākļos.

Pēc tam katram laukumam viena kritērija lietderīguma funkcijas apkopojā daudzkritēriju funkcijā, izmantojot izteiksmi

$$U(X) = \sum_{i=1}^6 k_i \cdot U_i(X_i),$$

kur $U_i(X_i)$ — viena kritērija lietderīguma funkcijas;
 k_i — svara koeficients, ko nosaka ar ekspertu metodes palīdzību.

23. tabulā attēlots laukumu sadalījums pēc gaidāmā lietderīguma kritērija.

Šo metodi var praktiski izmantot, izvēloties enerģētisko objektu celtniecības vietu. Pirmām kārtām to varētu darīt, nosakot AES celtniecības vietu, kura pagaidām ieplānota pie Pāvilstas.

Nobeigums

Grāmatā aplūkoti dažādi tradicionālie un alternatīvie enerģijas avoti. Kuriem no tiem dot priekšroku, kuri ir perspektīvāki, to rādīs nākotne.

Pastiprināta tā vai cita enerģijas avota izmantošana atkarīga no cilvēces tehniskās attīstības līmeņa attiecīgajā laika periodā, no pastāvošās ekoloģiskās situācijas un daļēji — no enerģijas patēriņa struktūras. Mūsdienās tādu tradicionālu enerģijas avotu kā ogles un nafta izmantošana saistīta ar ievērojamiem ekoloģiskiem zaudējumiem. Tajā pašā laikā jāatzīst, ka sabiedrībā vērojama tendence uz saudzīgu upju «bezmaksas» hidroresursu izmantošanu. Piemēram, tika anulēts «gadsimta projekts», kas paredzēja Sibīrijas upju pagriešanu. Mēs esam kļuvuši par lieciniekiem Daugavpils HES celtniecības aizliegšanai.

Grāmatā aplūkotajiem dažādajiem enerģijas avotiem, enerģijas transportēšanas un uzkrāšanas veidiem zināmā mērā vajadzētu radīt lasītājos interesi par netradicionālajiem enerģijas avotiem, kam, pavirši raugoties, it kā nepiemīt ievērojams potenciāls. Kā lielākā priekšrocība jāatzīmē to ekoloģiskā tīrība, iespējamība cilvēkam piemēroties, nevis uzkundzēties apkārtējai videi. Šādus enerģijas avotus var izmantot kompleksi. Piemēram, vēja un viļņu enerģiju, kas papildina viena

otru. Tieši tādu daudzveidīgu enerģijas avotu izmantošana nodrošina stabilu patērētāju apgādi ar elektroenerģiju.

Latvijā vidējais vēja ātrums ir 6 m/s. Pie tam pilnīga bezvēja dienu skaits gadā sastāda ne vairāk kā 10%. Tas ļauj būvēt ekonomiski izdevīgas VES, kas perspektīvā varētu nodrošināt vairāk nekā 15% republikā nepieciešamās elektroenerģijas.

Padomju Savienībā vēja dzinējus ar jaudu 4 kW sērijveidā ražo Maskavas uzņēmums «Vetroen». Agregātu ražošana ir materiālietilpīga, dārga (kopā ar uzstādīšanu tie izmaksā vairāk nekā 7000 rubļu) un ir domāti spēcīgākiem vējiem. Nominālo jaudu šie vēja dzinēji sasniedz pie vēja ātruma 9 m/s. Tādēļ arī šādu vēja dzinēju izmantošana mūsu republikas klimatiskajos apstākļos nav efektīva.

Ar vēja dzinēju izgatavošanu sākušas aktīvi nodarboties mūsu kaimiņu republikas. Arī Latvijā šajā sakarā var pieminēt ģeneratorus, kas izveidoti Latvijas lauksaimniecības akadēmijā, Rīgas politehniskajā institūtā, akciju sabiedrībā «Elektro».

A/S «Elektro» nodibinājušas trīs organizācijas: Rīgas pilsētas Dzīvokļu un sociālās attīstības banka, Mācību — ražošanas kombināts un firma «Kultūra» ar kopējo kapitālu 350 tūkstoši rubļu. A/S dibināta ar mērķi noorganizēt efektīvu vēja dzinēju ražošanu mūsu republikā. Patlaban jau izgatavoti un uzstādīti paraugi ar jaudu 1 kW, notiek projektēšanas darbi iekārtai ar 8 kW jaudu. Vēja dzinēju sērijveida ražošanu plānots uzsākt 1990. gadā.

Par «Elektro» akcionāru var kļūt jebkurš Latvijas iedzīvotājs vai uzņēmums, pārskaitot līdzekļus Dzīvokļu un sociālās attīstības bankas Leņina rajona nodaļai, firmai «Kultūra», rēķina Nr. 000461635. Privātpersonām dalības maksa ir no 1 līdz 10 tūkstošiem rubļu, uzņēmumiem un organizācijām — no 10 līdz 50 tūkstošiem rubļu. Gada beigās akcionāri saņems dividendes, bez tam varēs ārpus kārtas iegādāties deficītos vēja dzinējus. Iestājoties a/s «Elektro», jūs nostiprināsit Latvijas ekonomisko neatkarību.

Kā otrs perspektīvs enerģētikas attīstības virziens republikā, mūsaprāt, ir jāmin iekārtu izveidošana viļņu enerģijas izmantošanai. Iekārtas tiktu izvietotas vairāku kilometru attālumā no krasta gar visu jūras piekrasti. Arī šis paņēmieni ļauj bez ekoloģiskajām sekām nodrošināt rajona vajadzības pēc elektroenerģijas. Vienmēr ir jāatceras tādi svarīgi uzdevumi kā elektroenerģijas ekonomēšana, elektroenerģijas patēriņa optimizēšana ražošanā un sadzīvē, enerģijas patēriņa vadīšanas ekonomiskā mehānisma kardināla pārkārtošana.

Literatūras saraksts

1. Веников В. А. и др. Энергетика в современном мире. — Москва, 1986. 192 с.
2. Жимерин Д. Г. Настоящее и будущее. — Москва, 1978. 189 с.
3. Ион Д. Мировые энергетические ресурсы. — Москва, 1984. 368 с.
4. Кини Р. Размещение энергетических объектов. Выбор решений. — Москва, 1983. 320 с.
5. Мелентьев П. А. и др. Энергетический комплекс СССР. — Москва, 1983. 280 с.
6. Проценко А. Н. Энергия будущего. — Москва, 1985. 222 с.
7. Росс Д. Энергия волн. — Ленинград, 1981. 112 с.
8. Более, чем достаточно? Оптимистический взгляд на будущее энергетики мира. — Москва, 1984. 213 с.
9. Алексеева Л. Я., Осипов Б. В. Применение теории полезности для выбора оптимального варианта развития электрической сети. // Релейная защита и автоматика в электрических системах. — Рига, изд-во РПИ, 1987.
10. Лемешев М. Эколого-экономическая оценка научно-технического прогресса // Вопросы экономики. — 1987. — № 3. — С. 31—39.
11. Осипов Б. В., Логин Я. Н., Мозалевский В. А. Диалоговая система выбора проектных и хозяйственных решений «Электра». — Лат НИИНТИ, 1986. 3 с.
12. Blumberga A., Veinberga I. Zemes siltums ienāk mājā. — Zinātne un Tehnika, 1986, Nr. 2.
13. Eniņš G. Bagātības, kas jāpaņem. — Padomju Jauņatne, 1987, 14. janv.
14. Freimanis A. Baltijas termālie ūdeņi. — Zinātne un Tehnika, 1986, Nr. 10.

Saturs

Vai gaidāms mazozojs?	3
Kur un kādus resursus mēs izmantojam	10
Tradicionālie kurināmā un enerģētiskie resursi	18
Enerģētikas attīstības mūsdienu problēmas	25
Alternatīvas Daugavpils HES celtniecībai	38
Vai ir bīstamas grandiozas būves — lieljaudas elektrostacijas?	70
Vai pastāv robežas enerģētikas attīstībā?	83
Vai iespējams mūžīgais dzinējs?	86
Paņēmieni siltuma tiešai pārveidošanai elektroenerģijā	91
Enerģijas akumulēšana un transports	94
Enerģijas transportēšanas problēmas	98
Ģeotermālā enerģija	105
Viļņu enerģijas izmantošana	109
Vēja enerģijas izmantošana	115
Enerģētisko objektu izvietojanas problēmas	121
Nobeigums	138

Борис Владимирович Осипов
Бирута Гунаровна Ауниня

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

Рига «Авотс» 1990

Оформление И. Кинс

Рецензент В. Мозалевский

Boriss Osipovs, Biruta Auniņa

ALTERNATIVIE ENERĢIJAS AVOTI

Redaktore I. Eglīte

Mākslinieciskais redaktors E. Zariņš

Tehniskā redaktore V. Brālēna

Korektore M. Starka

ИБ № 2197

Nodota salikšanai 23.06.88. Parakstīta iespiešanai 25.01.90. JT 01228. Formāts 70×90/32. Tipogrāfijas papīrs № 2. Literatūras garnitūra. Augstspiedums. 5,41 uzsk. iespiedl.; 5,63 uzsk. kr. nov.; 5,38 izdevn. 1. Metiens 2500 eks. Pasūt. № 751-4. Cena 25 kap. Izdevniecība «Avots», 226047 Rīgā, Aspazijas bulv. 24. Izdevn. № 125/Rz-51. Iespiesta Latvijas Republikāniskās izdevniecību, poligrāfijas un grāmatu tirdzniecības ražošanas apvienības «Litta» «Cīņa», 226011 Rīgā, Blaumaņa ielā 38/40.

Osipovs B., Auniņa B.

Os 396 Alternatīvie enerģijas avoti. —
R.: Avots, 1990.—142 lpp.

Grāmatā autori risinājuši problēmas, kas saistītas ar alternatīvo enerģijas avotu — vēja, saules, ģeotermālās enerģijas izmantošanu. Vai cilvēcei draud enerģētikas bads? Kā mūsdienu enerģētika iedarbojas uz apkārtējo vidi? Kādas ir enerģijas ražošanas un pārvades perspektīvās metodes? Tā ir tikai daļa jautājumu, uz kuriem autori sniedz atbildes. Paredzēta plašam lasītāju lokam.

A $\frac{2201010000-125}{M803(11)-90}$ 77.89

31.15

LATVIJAS NACIONĀLA BIBLIOTEKA



0305079598

25 kap.

B. Osipovs B. Auniņa

Alternatīvie enerģijas avoti

Enerģētisko resursu patēriņš visā pasaulē strauji pieaug. Pēdējo 25 gadu laikā cilvēce izlietojusi aptuveni pusi no tās enerģijas, kas jau izlietota visā civilizācijas vēsturē.

Šajā grāmatā risināti jautājumi, kas saistīti ar mūsdienas enerģētikas resursiem — enerģijas akumulēšanu un transportēšanu, ekoloģiskajām problēmām, lieljaudas elektrostaciju būvi. Autori iesaka līdzās tradicionālajiem kurināmā un enerģētikas resursiem izmantot neparastus enerģijas avotus — ģeotermālo, viļņu un vēja enerģiju. Atsevišķi aplūkotas enerģētisko objektu izvietošanas problēmas, jo šobrīd, nosakot to atrašanās vietu, jāņem vērā nevien inženiertehniskie un ekonomiskie apsvērumi, bet arī tādi faktori kā enerģētisko objektu ietekme uz apkārtējo vidi, iedzīvotāju veselību, sabiedrības viedoklis šajos jautājumos.
