

МЕХАΝІЗАЦЫЯ, ЭНЕРГЕТЫКА, АУТАМАТЫЗАЦЫЯ

УДК 620.9(476)

Д. С. СТРАБКОУ, М. М. СЕВЯРНЕУ

АБ РАЗВІЦЦІ СОНЕЧНАЙ ЭНЕРГЕТЫКІ У РЭСПУБЛІЦЫ БЕЛАРУСЬ

Прынцыпы развіцця і функцыяніравання сучаснай энергетыкі былі распрацаваны ў сярэдзіне XX стагоддзя, калі асноўнай задачай было павелічэнне вытворчасці энергіі і спажывання карыснага паліва. Гэтыя ўстарэўшыя прынцыпы сёння з'яўляюцца асноўнай прычынай існавання палітычных, эканамічных і арганізацыйных бар'ераў на шляху выкарыстання новых энергетычных тэхналогій.

Пададзім даныя аб росце цен на энерганосьбіты ў Расіі і іх суадносіны з сусветнымі цэнамі.

Рост цен на энерганосьбіты ў Расіі
(жнівень 1993 г., % да 1991 г.)

Бензін — 32000
Газ — 10100
Вугаль — 16350
Электраэнергія — 16650

Цэны ў Расіі сусветныя цэны, %

Метал — 50—70
Прадукцыя машынабудавання — 80—115
Нафта — 24
Газ — 13
Вугаль — 21
Электраэнергія — 25

Апошнім годам эпохі таннай энергіі на аснове карыснага паліва быў 1991 г. Танная энергія дазваляла падтрымліваць высокія тэмпы развіцця эканомікі. Па сярэднегадавых тэмпах прыросту спажывання электраэнергіі ў 1980—1990 г. Беларусь займала трэцяе месца сярод рэспублік былога СССР.

У 1990 г. Беларусь спажывала 49 млрд кВт·гадз электраэнергіі пры выпрацоўцы 39,5 млрд кВт·гадз. Дэфіцыт 9,5 млрд кВт·гадз пакрываўся за кошт паставак электраэнергіі з Літвы і Расіі. Максімум нагрузкі складае 10 900 МВт з рэзервам магутнасці пры працы ў складзе АЭС 770 МВт.

Спажыванне кацельна-пячнага паліва ў Беларусі ў 1990 г. склала 42 млн тон умоўнага паліва (туп) пры ўласнай здабычы 31 млн туп. Дэфіцыт паліва павялічыцца з 11 млн туп у 1990 г. да 22 млн туп у 2000 г., што выкліча рост паставак нафты і газа з Расіі і вугалю, магчыма, з Польшчы [1]. Па патэнцыялу гідраэнергетычных рэсурсаў Беларусь займае перадапошняе месца сярод краін СНД (перад Малдовай). Рэспубліка мае значныя запасы торфу і біямасы, якія з тэхналогіяй газіфікацыі могуць быць выкарыстаны ў энергетычных мэтах.

Канец эры таннай энергіі блізкі, і мы павінны змяніць прынцыпы і накірункі развіцця энергетыкі да канца гэтага стагоддзя, каб забяспечыць устойлівае будучае развіццё. Энергазбераганне можа панізіць патрэбнасці ў энергіі, але не вырашыць доўгачасовае глабальнае праблему. Існуюць толькі дзве крыніцы энергіі для будучага — гэта ядзерная і сонечная энергія.

У сувязі з крайне напружаным балансам магутнасці электраэнергіі і паліва паступаюць прапановы па будаўніцтву ў рэспубліцы атамнай электрастанцыі. Існуюць сур'ёзныя прэччэнні супроць будаўніцтва АЭС, якія заключаюцца ў наступным:

1. Не вырашаны пытанні бяспекі АЭС і ядзерных тэхналогій па атрыманні паліва і захавання адходаў.

2. Не распрацаваны прынцыпы абыходжання з абсталяваннем, будовамі і збудаваннямі АЭС, выводзімымі з эксплуатацыі.

3. Грамадская думка і рэгіянальныя структуры не згодныя з выкарыстаннем ядзернай энергіі.

4. Існуе вялікая няўпэўненасць у вызначэнні рэальнай вартасці электраэнергіі, атрымліваемай ад атамных электрастанцый. Можна сцвярджаць, што рэальныя цэны ў атамнай энергетыцы будуць вызначаны пасля вырашэння праблем па пунктах 1 і 2 і гэтыя цэны будуць вышэй існуючых.

Існуе шырока распаўсюджаная думка наконт таго, што сонечная энергія з'яўляецца экзатычнай і яе практычнае выкарыстанне — справа аддаленага будучага (пасля 2020 г.).

У данай працы мы пакажам, што гэта не так і што сонечная энергетыка з'яўляецца сур'ёзнай альтэрнатывай традыцыйнай энергетыцы ўжо ў наш час [2]. Перш чым параўноўваць розныя энергетычныя тэхналогіі па эканамічных і іншых параметрах, неабходна вызначыць іх сапраўдную вартасць, паколькі існуючыя цэны не адлюстроўваюць рэальных сукупных выдаткаў грамадства. Толькі пры нармальным цэнаўтварэнні будуць дзейнічаць эканамічныя стымулы, накіраваныя на энергазбераганне і стварэнне новых тэхналогій у энергетыцы.

У гэтай працы мы будзем абапірацца на сусветныя цэны, хаця да гэтага часу ні ў адной краіне свету істотная частка вартасці вытворчасці энергіі не адлюстроўваецца ў тарыфах на энергію, а размяркоўваецца на выдаткі ўсяго грамадства.

Нашы і замежныя ацэнкі прамых сацыяльных выдаткаў, звязаных са шкодным уздзеяннем электрастанцый, уключаючы хваробы і паніжэнне працягласці жыцця людзей, аплату медыцынскага абслугоўвання, страты на вытворчасці, паніжэнне ўраджаю, аднаўленне лясоў і рамонт будынкаў у выніку забруджвання паветра, вады і глебы, даюць велічыню каля 75% сусветных цэн на паліва і энергію. Па сутнасці, гэта выдаткі ўсяго грамадства — экалагічны падатак, які плоціць грамадзяне за недасканаласць энергетычных устаноў, і гэты падатак трэба каб быў уключаны ў вартасць энергіі для фарміравання дзяржаўнага фонду энергазберагання і стварэння новых экалагічна чыстых тэхналогій у энергетыцы.

Калі ўлічыць утоення зараз выдаткі ў тарыфах на энергію, то большасць новых тэхналогій аднаўляемай энергетыкі становіцца канкурэнтаздольнай з існуючымі тэхналогіямі. Адначасова паявіцца крыніца фінансавання новых праектаў па экалагічна чыстай энергетыцы.

У табл. 1 паказаны ўдзельныя месячныя і гадавыя сумы сонечнай радыяцыі на гарызантальную, нахіленую пад 45° да гарызонта паверхні сонечнай электрастанцыі (СЭС), якія сочаць па дзвюх восях за Сонцам.

Тэхнічны патэнцыял сонечнай энергетыкі Рэспублікі Беларусь для стацыянарнай паверхні геліяпрывёмніка з вуглом нахілу 45° да гарызонту і эфектыўнасцю электрастанцыі 15,75% складае 50 000 млрд кВт гадз, што ў 1000 разоў перавышае існуючае электраспажыванне Беларусі. Такім чынам, для забеспячэння выпрацоўкі электраэнергіі на сучасным узроўні ў рэспубліцы неабходна пабудаваць сонечную электрастанцыю плошчай 200 км², што складае 0,1% плошчы рэспублікі.

Эканамічны патэнцыял сонечнай энергетыкі ўлічвае суадносіны цэн на электраэнергію і цэплату ад розных тыпаў электрастанцый і магчымасць працы СЭС з энергасістэмай і акумулятарамі энергіі.

Пры сучасным узроўні тэхналогій сонечных элементаў і акумулята-

Табліца 1. Удзельныя месячныя сумы апраменасці паверхняў на тэрыторыі Рэспублікі Беларусь, кВт·гадз м²

Райн	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Мінск													
Гарызантальная паверхня	18,6	38,3	85,8	112,5	160,1	176,3	168,2	127,6	87	45,2	18,6	11,6	1049,8
45°, стацыянарная	47,8	82,0	133,7	142,2	169,8	185,1	169,6	144,3	124,0	74,8	37,6	27,6	1338,5
Сачэнне па 2-х восях	61,9	107,2	176,0	194,0	245,4	276,4	247,1	196,7	163,1	94,9	48,1	34,3	1845,0
Пінск (Брэсцкая вобл.)													
Гарызантальная паверхня	23,2	39,4	91,6	126,4	164,7	176,3	172,8	143,8	97,4	53,4	19,7	15,1	1123,8
45°, стацыянарная	56,0	77,4	138,5	158,5	171,2	181,2	170,8	161,0	137,5	87,2	36,8	35,6	1411,8
Сачэнне па 2-х восях	71,7	98,8	181,2	218,1	247,6	272,3	249,6	222,9	180,4	110,4	46,4	45,2	1944,6
Васілевічы (Гомельская вобл.)													
Гарызантальная паверхня	22	36	80	113,7	157,8	168,2	163,6	132,2	89,3	48,7	18,6	13,9	1044
45°, стацыянарная	52,7	68,8	117,2	141,1	165,0	174,3	162,8	147,8	124,4	78,1	34,6	32,1	1298,9
Сачэнне па 2-х восях	67,7	87,6	151,4	191,0	236,1	258,6	234,7	202,3	162,5	98,8	43,8	40,7	1775,2

За ўвага. Тэхнічны патэнцыял Рэспублікі Беларусь (вугал нахілу стацыянарнай панелі—45°, к. к. д. пераўтварэння—30%, каэфіцыент запаўнення геліятэхнічных панелюў—70%, страты ад зацянення—15%: з аднаго квадратнага кіламетра тэрыторыі можна атрымаць на працягу года 240 млн кВт·гадз энергіі; Агульны тэхнічны патэнцыял Рэспублікі Беларусь $240 \cdot 10^6 \cdot 207,6 \cdot 10^3 = 50\,000$ млрд кВт·гадз.

раў энергіі ацэнкі, зробленыя для Фінляндыі, Германіі і Расіі, даюць велічыню сумарнай магутнасці сонечных электрастанцый 10—15% ад магутнасці энергасістэмы, што адпавядае магчымасці будаўніцтва ў Беларусі сонечных электрастанцый сумарнай магутнасцю 1 млн кВт.

Паказаны ў табл. 1 разлік выпрацоўкі электраэнергіі СЭС рэалізаваны на мове FORTRAN у выглядзе праграмы SVET. У склад апошняй уваходзяць падпраграма CIS, якая дазваляе разлічыць гістаграмы гадзінных значэнняў інсалацыі, і падпраграма TILT для разліку апраменьвання розных арыентаваных нахільных паверхняў, у тым ліку і ў сонечных сістэмах. Выкарыстоўваецца анізатропная мадэль рассеянай сонечнай радыяцыі.

Для кожнага часу эксплуатацыі вызначалася шчыльнасць размеркавання верагоднасці для магутнасці сонечнага апраменьвання, якое прыходзіцца на паверхню СЭС. Для сярэдніх шматгадовых месячных сум сумарнай радыяцыі памылка пры давернай імавернасці 0,9 і за перыяд асярэднення 30 гадоў не перавышае 8%. Для метэастанцый з меншым перыядам асярэднення яна можа ўзрасці ў 1,5—2 разы. Хібнасць ацэнкі гадзінных сум сумарнай радыяцыі, якая прыходзіцца на гарызантальную паверхню, складае 5—7%. Па нашай ацэнцы, атрыманай прамым параўнаннем эксперыментальных даных па паступленні сонечнай радыяцыі на нахіленыя паверхні і разліковых вынікаў для гэтых жа паверхняў (праграма SVET), хібнасць у практычна важных выпадках не перавышае 18%. Пры гэтым у большасці выпадкаў хібнасць разліку складае ад 1 да 8% [4]. Пры выбары месца размяшчэння СЭС на тэрыторыі Беларусі выкарыстаны даныя метэастанцый Мінск, Пінск, Васілевічы.

Максімальныя значэнні выпрацоўкі электраэнергіі за год для геліяпрыёмнікаў плошчай 1 км² пры к. к. д. 12% атрыманы пры ўсходняй арыентацыі з вуглом нахілу да гарызонта 45° для Мінска 160,62, для Пінска — 169,32, для Васілевічаў — 155,76 млн кВт·гадз, а пры сачэнні па дзвюх восях — адпаведна 221,4, 233,35 і 213 млн кВт·гадз.

Паколькі вартасць сонечнай электраэнергіі не залежыць ад яе памераў і магутнасці, у радзе выпадкаў мэтазгодна модульнае размяшчэнне СЭС на даху сельскага дома, катэджа, фермы. Уласнік СЭС будзе прадаваць электраэнергію энергасістэме ў дзённы час і купляць яе ў энергетычнай кампаніі па другім лічыльніку ў начны час. Перавагай такога выкарыстання, акрамя заахвочвання палітыкі падтрымкі малых і незалежных вытворцаў энергіі, з'яўляецца эканомія на апорных канструкцыях і плошчы зямлі, а таксама сумяшчэнне функцыі даху і крыніцы энергіі. Пры модульным размяшчэнні СЭС у 1 млн кВт здольная забяспечыць электраэнергіяй 500 000 сельскіх дамоў і катэджаў.

З улікам экалагічнай бяспекі, гіганцкага патэнцыялу, наяўнасці неабмежаваных рэсурсаў сыравіны — крэмнію, развітой фотаэлектрычнай тэхналогіі становіцца ўсё больш відавочным, што сонечныя фотаэлектрычныя станцыі будуць адыгрываць стратэгічную ролю ў будучай вытворчасці энергіі ў сувецце.

Існуюць значныя адрозненні фотаэлектрычных станцый ад традыцыйных, якія павінны ўлічвацца праектнымі і эксплуатацыйнымі энергетычнымі кампаніямі:

1. Практычна поўная заводская зборка дазваляе панізіць будаўнічыя і мантажныя работы да ўзроўню, які характэрны для будаўніцтва размеркаваных электрычных падстанцый.

2. Незалежнасць к. к. д. ад генеруемай магутнасці дазваляе ажыццявіць блочна-модульнае выкананне і ўвод асобных блокаў мегаватнага ўзроўню ў эксплуатацыю на працягу 3—6 мес з даты вырабу на заводзе.

3. Высокая ступень аўтаматызацыі кіравання дасць магчымасць паменшыць дзяжурны персанал да ўзроўню, характэрнага для электрычных падстанцый або выключаць яго поўнасцю.

4. Дэцэнтралізаваны характар вытворчасці электраэнергіі прыны-

пова мяняе падыходы да выбару магутнасці адзіных энергаблокаў і па-трабаванні да іх размяшчэння. На практыцы гэта азначае, што электрычная магутнасць фотаэлектрычнай станцыі павінна адпавядаць магутнасці нагрукі і яна павінна размяшчацца ў непасрэднай блізкасці ад спажываюча энергіі. У сельскіх дамах і гарадскіх будынках сонечныя модулі трэба размяшчаць на дахах і фасадах дамоў з сумяшчэннем функцый даху і абліцоўкі фасада.

5. Графікі паступлення сонечнага выпраменьвання і генерыруемай магутнасці сонечнай электрастанцыі практычна супадаюць з графікам дзённага максімуму нагрукі энергасістэмы. Для аўтаномнай сонечнай электрастанцыі таксама не патрэбны электрычныя акумулятары, калі толькі яна выкарыстоўваецца для пад'ёму, апрашнення і ачысткі вады, ірыгацыі, сушкі, аэрацыі сажалак, зарадкі акумулятараў холаду і цеплаты.

У 1993 г. на сусветным рынку продаж сонечных модуляў склаў 60 МВт па сярэдняй цане 5,9 дол/Вт (табл. 2).

У 1995 г. аб'ём продажу сістэм павялічыцца да 150 МВт пры цане 4 дол/Вт і ў 2000 г.— да 350 МВт пры цане 2,5—3,6 дол/Вт. Пры цане 2,0 дол/Вт попыт перавысіць 1000 МВт/год. Асноўным стрымліваючым фактарам развіцця сусветнага рынку з'яўляецца абмежаванасць паставак крэмнію сонечнай якасці, аб'ём вытворчасці якога складае прыкладна 600 т (10 т на 1 МВт). Мяркуюцца, што ў 1994—1995 гг. аб'ём вытворчасці сонечнага крэмнію ўзрасце нязначна, а павелічэнне аб'ёму вытворчасці фотаэлектрычных модуляў будзе дасягнута за кошт паніжэння ў два разы таўшчыні сонечнага элемента пры выкарыстанні провалачнай рэзкі зліткаў крэмнію замест выкарыстоўваемых зараз алмазных кругоў з унутранай рэжучай кромкай.

Эканамічныя паказчыкі фотаэлектрычных станцый параўноўваюцца з паказчыкамі электрастанцый на карысным паліве ў перыяд з 2000 па 2005 г., у гэтым выпадку рынак СНД можа ўзрасці з 5—10, а ў свеце — да 100—200 МВт/год.

У структуры сусветнага фотаэлектрычнага рынку аб'ём продажу модуляў у сельскагаспадарчым сектары складае больш 50% ад агульнага аб'ёму.

Табліца 2. Сусветны фотаэлектрычны рынак у 1990—2000 гг., МВт

Галіна выкарыстання	Прадукцыя	1990 г.	1995 г.	2000 г.
Спажывецкія тавары 0,1—50 Вт	Калькулятары, гадзіннікі, фотаапараты, цацкі, вулічнае асвятленне, зарадныя ўстройства, аўтамабільная тэхніка	12	30	46
Сельская гаспадарка, аддаленыя раёны 0,01—10 кВт	Насосы, асвятленне, ірыгацыя, энергазабеспячэнне дамоў, халадзільнікі і вентылятары, апрашненне і ачыстка вады, аэрацыя сажалак, перасовачныя даільныя устаноўкі, мабільныя агрэгаты для пчальнікоў	20	80	200
Прамысловасць у аддаленых раёнах 0,01—10 кВт	Тэлекамунікацыі, сігналізацыя	14	30	60
Сонечныя дамы, спалучаныя з энергасістэмай 1—20 кВт	Сонечныя модулі на даху і на фасадзе будынкаў	2	5	30
Цэнтральныя сонечныя станцыі 50—5000 кВт	Энергазабеспячэнне пасёлкаў і гарадоў	2	5	15
Усяго		50	150	350

Пры сучаснай вартасці 1 км лініі электраперадач ад 4000 да 25 000 дол. (у Расіі 8 млн руб. км) вартасць адзінкавай магутнасці сонечнай фотаэлектрычнай станцыі, устаноўленай на даху кожнага сельскага дома, складае 30% ад вартасці цэнтральнай фотаэлектрычнай станцыі з размеркаванай сеткай для ўсёй вёскі і 60% ад вартасці цэнтральнай дызельнай электрастанцыі з размеркаванай сеткай, уключаючы вартасць абслугоўвання і рамонт. Ніжэй прыводзіцца вартасць электраэнергіі для аддаленых спажыўцоў.

Будаўніцтва ЛЭП да энергасістэмы (1990 г.)	
Вартасць абсталявання і будаўніцтва ЛЭП	— 25000 дол/км
Тэрмін службы абсталявання	— 20 гадоў
Даўжыня ЛЭП	— 50 км
Вартасць электраэнергіі пры	
нагрузцы 50 МВт гадз/год	— 4,8 дол кВт·гадз
нагрузцы 300 МВт гадз/год	— 0,6 дол кВт·гадз
Электрагенератары на вадкім паліве (1990 г.)	
Капітальныя выдаткі	— 920 дол КВА
Вартасць дызельнага паліва	— 0,43 дол кВт·гадз
Вартасць транспарціроўкі паліва	— 510 ⁻⁵ дол км кВт·гадз
Зарплата і абслугоўванне	— 0,25 дол кВт·гадз
Тэрмін службы дызеля	— 100000 гадз
Вартасць электраэнергіі	
пры аб'ёме вытворчасці 50 МВт гадз/год	
і пры траспарціроўцы паліва на 500 км	— 4 дол кВт·гадз
пры аб'ёме вытворчасці 300 МВт гадз/год	— 0,6 дол кВт·гадз
Сонечныя фотаэлектрычныя энергаўстаноўкі (1991 г.)	
Вартасць электраэнергіі	— 0,56 дол кВт·гадз

Улічваючы, што 70% насельніцтва Зямлі не мае электрычнай энергіі ад энергасістэмы, электрыфікацыя сельскіх раёнаў у краінах, якія развіваюцца, будзе праводзіцца ў асноўным за кошт выкарыстання ўзнаўляемых энергарэсурсаў, і ў першую чаргу фотаэлектрычных станцый.

Вялікі патэнцыял і высокая гатоўнасць фотаэлектрычнай тэхналогіі выкарыстання сонечнай энергіі апраўдвае апырэджаныя ў параўнанні з іншымі энергетычнымі тэхналогіямі аб'ёмы фінансавання навукова-даследчых прац, дэманстрацыйных праектаў і развіцця вытворчых магутнасцей.

У 1992 г. на двух заводах аб'яднання «Інтэграл» у Мінску пры садейнічанні і фінансавай падтрымцы кансорцыума «Аум» асвоена масавая вытворчасць сонечных элементаў па тэхналогіі, распрацаванай у адпаведнасці з праграмай «Экалагічна чыстая энергетыка» ва Усерасійскім навукова-даследчым інстытуце электрыфікацыі сельскай гаспадаркі Рассельгасакадэміі. Вытворчыя магутнасці гэтых заводаў дазваляюць выпускаць штогод 1—2 МВт сонечных элементаў і модуляў без перабудовы асноўнай вытворчасці. У выпадку спецыялізацыі некалькіх заводаў па выпуску сонечных элементаў аб'ём вытворчасці да 2000 г. можа перавысіць 200 МВт у год, а к 2010 г.— 2000 МВт у год. Аднак для гэтага неабходна дзяржаўная інвестыцыйная падтрымка новых энергетычных тэхналогій, у першую чаргу тэхналогіі вытворчасці сонечнага крэмнію. 1 кг крэмнію ў сонечнай электрастанцыі за 30 гадоў выпрацоўвае электрычную энергію, для вырабу якой на цеплавой электрастанцыі патрабуецца 75 т нафты. Пагэтану крэмній называюць нафтай XXI ст., і інвестыцыі ў распрацоўку і вытворчасць крэмнію таксама выгадныя, як і ў распрацоўку нафтавых месцанараджэнняў.

У табл. 3 пададзены параўнальныя даныя аб асноўных генерыруючых матэрыялах для атамнай і сонечнай электрастанцый. З табліцы відаць, што ўранавае паліва і сонечны крэмній маюць аднолькавую вартасць, хоць колькасць крэмнію ў зямной кары перавышае колькасць урану ў 100 000 разоў. Гэта лёгка растлумачыць, калі ўспомніць, што ў

ядзерныя праграмы ўкладзены сотні мільярдаў долараў, а сонечная энергетыка заўсёды была «золушкай» і энергетыкаў і ўрада.

Другі важны вывад заключаецца ў тым, што дастаткова невялікіх інвестыцый (0,1—1 млрд дол.), каб зрабіць сонечны крэмній ў 10 разоў танней, і гэта будзе азначаць рэвалюцыю ў энергетыцы. Сітуацыя з сонечным крэмніем нагадвае сітуацыю з алюмініем у XVIII ст., калі ён каштаваў, як срэбра, і выкарыстоўваўся для ўпрыгожанняў, аднак пасля распрацоўкі новай тэхналогіі атрымання стаў танным і даступ-

Табліца 3. Параўнальныя характарыстыкі энергетычных матэрыялаў для атамнай і сонечнай электрастанцый

Параметр	Уран	Крэмній
Колькасць у зямной кары на масе, %	$3 \cdot 10^{-4}$	29,5
Сусветныя верагодныя запасы, тыс. т	2763	больш за $25 \cdot 10^6$
Гадавы аб'ём вытворчасці, тыс. т	45	Металургічны — 1000 Сонечны — 7
Вартасць, дол/гк	40—60	Металургічны — 2 Сонечны — 40—60
Энергетычны эквівалент за 30 гадоў, МВт гадз/кг	—	Аморфны плёначны — 3000 Крышталічны сонечны — 300
Рэсурсы у электрастанцыі, гадоў	30	50—100

ным матэрыялам. З сонечным крэмніем адбудзецца тое ж, і ён стане даступным матэрыялам ужо ў гэтым стагоддзі.

Пры сучаснай прадажнай цане 5,9 дол/Вт сабекошт вырабу сонечнага модуля складае 2,4 дол/Вт. Структура сабекошту ў разліку на 1 Вт наступная: выраб пласціны крэмнію — 1 дол., выраб сонечнага элемента — 0,4, зборка модуля — 1 дол.

Асноўны рэзерв паніжэння вартасці складаецца з паніжэння выдаткаў на выраб пласціны крэмнію ў 3—4 разы — да 0,25—0,3 дол/Вт.

Асноўныя накірункі паніжэння вартасці крэмнію:

1. Паніжэнне вартасці крэмнію-сырцу з 40 да 10 дол/кг за кошт новай тэхналогіі атрымання, выключаючай хлор-сіланавы цыкл.

2. Паніжэнне таўшчыні пласціны з 450 да 250 мкм за кошт выкарыстання тэхналогіі рэзкі провалакай замест алмазных кругоў.

3. Выкарыстанне тэхналогіі лентачнага крэмнію або крэмнію ў выглядзе малых сфер.

Паяўленне новай тэхналогіі вытворчасці крэмнію-сырцу прынцыпова важна, таму што вырашае праблему сыравіннай базы фотаэлектрычнай энергетыкі, устойлівага і дынамічнага яе развіцця. У выніку развіцця тэхналогіі сонечнага крэмнію, элементаў і модуляў к 2000 г. чакаецца наступная структура сабекошту модуля ў разліку на 1 Вт пікавай магутнасці (дол.):

Пласціна крэмнію — 0,25—0,3; выраб сонечнага элемента — 0,25—0,3; зборка модуля — 0,3—0,4; усяго — 0,8—1. Такая цана 1 дол/Вт да 2000 г. будзе ў 4—5 разоў ніжэй, чым вартасць 1 Вт для атамных станцый.

Развіццё фотаэлектрычнай галіны прамысловасці патрабуе акрамя сонечнага крэмнію стварэння вытворчасці спецыяльнага загартаванага шкла з нізкай колькасцю жалеза, алюмініевага пракату, электронных рэгулюючых устройстваў. У Беларусі адпаведныя вытворчыя магутнасці ёсць.

У сувязі з высокай надзейнасцю тэрмін службы СЭС па асноўнай кампаненце — крэмнію і сонечных элементах можа быць павялічаны да 50—100 гадоў. Для гэтага патрабуецца выключыць з тэхналогіі герметызацыі палімерныя матэрыялы. Адзіным абмежаваннем можа быць

неабходнасць іх замены на больш эфектыўныя. К. к. д. 25—30% будзе дасягнута ў вытворчасці ў бліжэйшыя 10—20 гадоў. У выпадку замены сонечных элементаў крэмній можа быць выкарыстаны паўторна і колькасць цыклаў яго выкарыстання не мае абмежаванняў у часе.

Шырокае выкарыстанне павінны атрымаць фотаэлектрычныя пераўтваральнікі ў геліяпадагравацелях для павышэння іх к. к. д. Справа ў тым, што большасць з існуючых геліяводанагравальнікаў заснаваныя на прынцыпе натуральнай (тэрмасіфоннай) цыркуляцыі цепланасіцеля і, хаця простыя і надзейныя ў працы, к. к. д. іх не перавышае 0,45 [5]. Праблема заключаецца ў тым, каб павысіць эфектыўнасць геліясістэм, захоўваючы пры гэтым іх аўтаномнасць.

У ходзе даследаванняў, праведзеных у НВА «Белсельгасмеханізацыя», выяўлена, што выкарыстанне фотаэлектрычных пераўтваральнікаў у якасці крыніцы нізкапатэнцыяльнай энергіі ў геліяводанагравальніках і ажыццяўленне прымусовай цыркуляцыі дазваляюць павялічыць цеплавытворчасць на 20—25% і дамагчыся эканоміі электраэнергіі ў 2,5—3,0 кВт/гадз з 1 м плошчы геліяпрыёмніка.

Сістэма геліякалектар—ФЭП з'яўляецца самарэгулюючай: пры павышэнні інтэнсіўнасці сонечнай радыяцыі павышаецца нагрэў цепланасіцеля ў калектары і адначасова павялічваецца яго выдатак з павелічэннем току і напружання ў ланцугу ФЭП і электрарухавіка.

Стварэнне камбінаваных аўтаномных геліясістэм аснована на эканамічнай і энергетычнай абгрунтаванасці выкарыстання ФЭП. Так, пры выкарыстанні фотаэлементаў з сярэднім к. к. д. 9—12% дадатковы эфект геліянагрэву складае 0,5—0,7 кВт·гадз з 1 м² актыўнай паверхні ФЭП. Акрамя таго, выкарыстанне геліяпрыёмнікаў з палімерных матэрыялаў дазваляе значна панізіць энергазатраты на выраб і тым самым паменшыць агульную вартасць геліяпрыёмніка.

Summary

Because of energy resources deficiency an acute necessity to involve the renewed energy resources in energy hudget of the Republic of Belarus arises.

Considering environmental limits and technological agency the comparative assessment of different energetic technologies has showed that solar energetics as compared to another technology is competitive.

Silicon photoelectric converters of module type are to get a wide application of solar energetics as in other helioenergetic systems as on creation of solar energetics.

Літаратура

1. Энергетика СССР в 1986—1990 годах / Под ред. А. А. Тронцкого. М., 1987.
2. Стребков Д. С. // Тр. междунар. симпоз. «Автономная энергетика сегодня и завтра». Санкт-Петербург, 1993. С. 36—49.
3. Энергетика Мира, уроки будущего / Под ред. И. А. Белиманова. М., 1992.
4. Иродионов А. Е., Найденов А. В., Потапов В. Н., Стребков Д. С. // Гелиотехника. 1987. № 4. С. 52—56.
5. Севернев М. М. Энергосберегающие технологии в сельскохозяйственном производстве. М., 1992.