

Торайғыров университетінің хабаршысы
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайғыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 4 (2024)

ПАВЛОДАР

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Энергетическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания

№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики,
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

<https://doi.org/10.48081/FYZZ1289>

Бас редакторы – главный редактор

Талипов О. М.

доктор PhD, ассоц. профессор (доцент)

Заместитель главного редактора

Калтаев А.Г., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Сағындық Ә.Б., *доктор PhD*

Редакция алкасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никифоров А. С.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожилов А. Н.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никитин К. И.,	<i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i>
Алиферов А. И.,	<i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i>
Кошеков К. Т.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Приходько Е. В.,	<i>к.т.н., профессор</i>
Кислов А. П.,	<i>к.т.н., доцент</i>
Нефтисов А. В.,	<i>доктор PhD</i>
Омарова А. Р.	<i>технический редактор</i>

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

<https://doi.org/10.48081/GOVU1901>

***Т. Қ. Қойшиев¹, А. М. Айтуғанова², А. Жансерікқызы³,
Д. А. Қасенов⁴**

^{1,2,3,4} Қорқыт Ата атындағы Қызылорда Университеті, Қазақстан Республикасы, Қызылорда қ.

¹ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5320-6243>

²ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8141-5157>

³ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6164-6775>

⁴ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-5517-6832>

*e-mail: temirkhan.koishiyev@gmail.com

КҮН ЭНЕРГИЯСЫН ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ СУТЕГІ АЛУ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ДАМУ

Жұмыста жаңғыртылатын энергия көздерін қолдана отырып сутегін өндіру әдістері және оны көлік, өнеркәсіп сияқты әртүрлі секторларда қолдану қарастырылады. Күн энергиясын пайдалану арқылы сутегі өндіру технологиясы - болашақта жасыл энергетиканы дамытудағы маңызды бағыттардың бірі. Бұл технология сутегіні алуда парниктік газдардың шығарылуын айтарлықтай азайтып, энергия ресурстарын тиімді пайдалану мүмкіндігін береді. Зиянды газдар шығарындыларын азайту тәсілі ретінде электролиз жүйесі арқылы сутегі өндіру үшін күн энергиясын пайдалану жолдарына сараптама жасалынған.

Күн энергиясының біз үшін ең қолжетімді болуы әлеуеті бар және күн энергиясынан сутегін өндіру тұрақты энергияның түпкілікті шешімі ретінде қарастырылады. Сондай-ақ, жұмыста сутекті өндіру үшін күн энергиясын пайдаланудың әртүрлі әдістері қарастырылады. Математикалық модельдеу әдісімен университет кешенінің негізінде орнатылған PV-күн фотоэлектрлік станциясының бетіне түсетін күн энергиясының жалпы мөлшері есептеледі

Күн сутегін өндірудің ең көп таралған әдісі болып табылады фотоэлектрлік күн станциялары судың электролизімен біріктірілген. Электролиздің негізгі артықшылықтары-оны кең ауқымда қолдануға болады. Жел және күн энергиясы сияқты жаңғыртылатын көздерді қамтитын қауіпсіз және икемді таратылған энергия

жүйелерін қамтамасыз етудің негізгі құрамдас бөлігі болып табылады[1,10-б.]. Бұл бағыттағы технологияларды дамыту әрі жетілдіру Қазақстанның энергетика саласында инновациялық қадам жасауына және экологиялық таза технологияларға қошуіне ықпал етеді.

Кілтті сөздер: электролиз жүйесі, жасыл сутегі, сутегі технологиясы, күн электр станциялары, су, көмірқышқыл газы.

Кіріспе

Бүгінде көптеген елдер қоршаған ортаға зиянды шығарындыларды, ең алдымен көмірқышқыл газы шығарындыларын азайту үшін жаңа мақсаттар қосу үшін өздерінің энергетикалық стратегияларын жаңартуда. Бұл үрдіс, ең алдымен, жаһандық климаттың өзгеруіне байланысты. Энергетика секторы парниктік газдар шығарындыларына ең көп үлес қосады, бұл жалпы шығарындылардың 42 % – дан астамын құрайды [2;3].

Энергетикалық секторда сутегі мен аммиакты пайдалану көбірек назар аударды; жарияланған жобалар 2030 жылға қарай шамамен 3.5 ГВт әлеуетті қуат жинайды [4,142-б.].

Судың мол қорын және жаңғыртылатын электр энергиясын пайдалана отырып, электрхимия арқылы жаңғыртылатын энергия көздерінен алынған электр энергиясын пайдаланатын сілтілі сутегі электролизі болашақта сутекті өндірудің негізгі әдістерінің бірі болып саналады [5;6].

Сутекті өндірудің, сақтаудың және тасымалдаудың әртүрлі әдістерінің көптігі өнеркәсіптік тұтынушыларға отын жеткізудің тиімді әдістерін анықтау үшін ең перспективалы «сутегі жеткізу тізбегін» таңдау тәсілдерін әзірлеу қажеттілігін талап етеді [7;8].

Жұмыста сутегі өндірісі үшін судың электролизін күн қондырғысымен бірге қалай қолдануға болатындығы қарастырылады.

Күн энергиясын сұраныс бойынша электр энергиясын өндіруге немесе жылу мен электр энергиясын бірлесіп өндіруге пайдалануға болады.

Материалдар мен әдістері

Зерттеудің теориялық маңыздылығы маңызды ғылыми нәтижелерді түсіну және сутегі өндірісінің принциптері.

Әдістемелік тұрғыдан алғанда, судың электролизінде болатын процестер туралы білім алу, оның қондырғының тиімділігіне әсер ететін негізгі факторларды анықтау [9;10].

Жаңғыртылатын энергия көздерін пайдалана отырып, жаңа технологияларды құру және қолданыстағы сутегі өндіру процестерін жақсарту үшін оның әлеуетіндегі практикалық маңыздылығы, бұл өз

кезегінде энергетика мен экологияға қатысты өзекті мәселелерді шешуге ықпал етеді.

Осыған сүйене отырып, сутекті өндірудің әртүрлі әдістерінің блок-схемасы жасалынды (1-сурет).



1 – сурет – Сутекті өндірудің әртүрлі әдістері.

Қазіргі уақытта сутектің көп бөлігі метанды бумен реформалау әдісімен өндіріледі, онда қатты қыздырылған будың көмегімен табиғи газ H_2 және CO_2 -ге айналады. Бұл жағдайда өндіріс процесі «сұр» сутекті тудырады, яғни атмосфераға көмірқышқыл газының бөлінуі.

Бұл мәселенің шешімі CO_2 ұстау және сақтау технологиясы болып табылады, дегенмен бұл алынған «көк» сутектің құнын арттырады «көгілдір» қазба отынынан сутекті өндірудің перспективалық әдісі-пиролиз, ол жоғары температурада ($500-800\text{ }^{\circ}C$) органикалық заттардың ыдырауы болып табылады [6,12-б.].

Салыстыру нәтижелеріне сүйене отырып, біз PV-күн станциясына негізделген сутекті өндіру үшін суды электролиздеу әдісін таңдалды, оның бірқатар артықшылықтары бар [11;12].

2-суретте көрсетілген PV- фотоэлектрлік күн станциясының жалпы технологиялық схемасы.



Сурет 2 – PV- фотоэлектрлік күн станциясының жалпы технологиялық схемасы

Нәтижелер және талқылау

Күн радиациясынан күн электр энергиясын алудың бірнеше әдістері бар, мысалы, фотоэлектрлік жүйелер, орталық жылу қабылдау жүйелері бар күн энергиясы жүйелері, параболалық және параболалық цилиндрлік күн концентраторлары [13;14].

Есептеу университет кешенінің базасында орнатылған PV-күн фотоэлектрлік станциясының бетіне түсетін күн энергиясының жалпы мөлшері:

- Қызылорда қ.;
- Географиялық координаттары;
- Ендік: 44.51 солтүстік ендік;
- Бойлық -65.31 шығыс бойлық.

Егер фотоэлектрлік күн батареялары көкжиекке белгілі бір бұрышпен орнатылса, онда көлбеу бетке түсетін күн энергиясының орташа айлық тәуліктік мөлшерін формула бойынша табуға болады:

$$E_n = R \cdot E \quad (1)$$

мұндағы E -көлденең бетке түсетін күн энергиясының орташа айлық тәуліктік жалпы мөлшері;

R -көлбеу және көлденең беттерге түсетін Күн радиациясының орташа айлық тәуліктік мөлшерінің қатынасы.

Көлденең жазықтықтан көлбеу жазықтыққа оңтүстік бағытта қайта есептеу коэффициенті тікелей, шашыраңқы және шағылысқан күн радиациясына сәйкес келетін үш компоненттің қосындысына тең:

$$R = (1 - \frac{E_p}{E}) \cdot R_n + \frac{E_p}{E} \cdot \frac{1 + \cos \beta}{2} + \rho \cdot \frac{1 - \cos \beta}{2}, \quad (2)$$

мұндағы E_p -көлденең бетке түсетін шашыраңқы күн сәулесінің орташа айлық тәуліктік мөлшері;

$\frac{E_p}{E}$ - шашыраңқы күн сәулесінің орташа айлық тәуліктік үлесі;

R_n - көлденең бетінен көлбеу бетке тікелей күн радиациясын есептеудің орташа айлық коэффициенті;

β -күн батареясының бетінің принтердің көкжиегіне көлбеу бұрышы рельефтің ендігі;

ρ -жер бетінің және оның айналасындағы денелердің шағылысу коэффициенті (альбедо), әдетте қыс үшін 0.7 және Жаз үшін 0.2.

Тікелей күн сәулесінің көлденең бетінен көлбеу бетке ауысуының орташа айлық коэффициенті:

$$R_n = \frac{\cos(\varphi - \beta) \cdot \cos \delta \cdot \sin \omega_m + \frac{\pi}{180} \cdot \omega_m \cdot \sin(\varphi - \beta) \cdot \sin \delta}{\cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \sin \omega_s + \frac{\pi}{180} \cdot \omega_s \cdot \sin \varphi \cdot \sin \delta}, \quad (3)$$

- жердің ендігі; град

- күн батареясының көкжиекке көлбеу бұрышы, град;

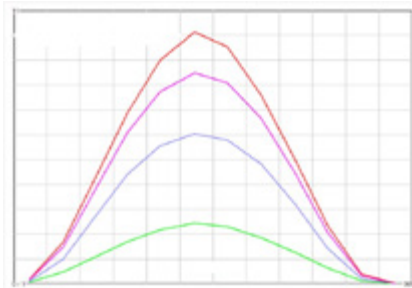
- айдың орташа күнінде күннің ауытқуы (Жер мен күннің орталықтарын байланыстыратын сызық пен оның экватор жазықтығына проекциясы арасындағы бұрыш), град;

τ - сағат бұрышы, $K=150/\text{сағ.}$;

$$\delta = 23,45 \cdot \sin(360 \cdot \frac{284 + n}{365}), \quad (4)$$

n – 1 қаңтардан бастап есептелген күннің реттік нөмірі (жылдың әр айы үшін орташа есеп айырысу күнінің нөмірі).

Қызылорда облысындағы стационарлық күн панельдерінің бетіндегі күн радиациясының келуін математикалық модельдеу Shadow Analyzer бағдарламасында есептелген (3-сурет).



Сурет 3 – Стационарлық күн панельдерінің бетіндегі күн радиациясының келуі (Қызылорда қ.)

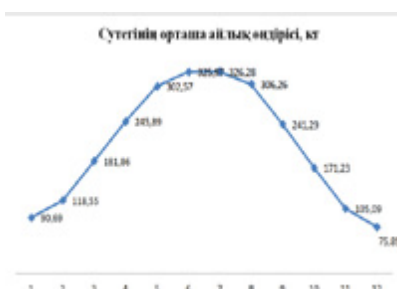
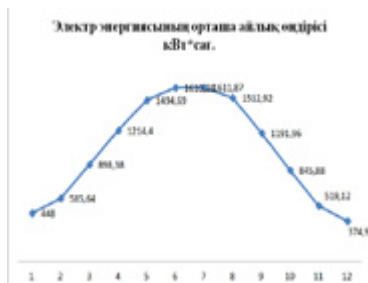
Мұнда:

- Қызыл қисық-қалыпты бетіндегі тікелей күн радиациясы, кВт/м²;
- Көк қисық-көлденең бетіндегі тікелей күн радиациясы, кВт/м²;
- Жасыл қисық-көлденең бетке толық диффузиялық күн радиациясы (оның ішінде жер мен аспан арасындағы шағылысу), кВт/м²;
- Күлгін қисық-көлденең бетіндегі жалпы Күн радиациясы, кВт/м².

5 - суретте автономды университеттің PV-күн станциясынан орташа айлық электр энергиясын өндіруді қамтамасыз етеді.

Өйткені ол болашақта тікелей сутегі мен оттегіні өндіру мақсатында су электролизерін қуаттандыру үшін пайдаланылатын болады.

Бұл жүйелер белгілі бір икемділікке ие, өйткені шығу фотоэлементтерден электр энергиясы да, электролизерден сутегі де болуы мүмкін.



Сурет 4 –Автономды PV-күн станциясынан электр энергиясын орташа айлық өндіру, кВт сағ/ай және сутегінің орташа айлық өндірісі, кг

Күн энергиясынан сутегі алу үшін электролиз кондырғысының өнімділігін техникалық бағалау.

Күн электролизері стандартты температура мен қысымда сағатына 170 литр сутегі мен 85 литр оттегін өндіруге қабілетті[3].

E_a анодының тепе-теңдік потенциалын келесідей көрсетуге болады:

$$E_a = E_{O_2}^0 + \frac{RT}{2F} \ln \frac{a_{O_2}^{0.5} a_{H_2O}}{a_{OH^-}^2} \quad (5)$$

E_c катодының тепе-теңдік потенциалын келесідей көрсетуге болады:

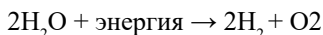
$$E_c = E_{H_2}^0 + \frac{RT}{2F} \ln \frac{a_{H_2O}^2}{a_{H_2O}^2 - a_{H_2}} \quad (6)$$

мұндағы a - белсенділік.

25 °С температурада және 1 атм қысымда суды ыдырату үшін қажетті минималды кернеу 1.229В құрайды. Бұл идеалды жағдай үшін H_2 жану жылуының 83,7 %-ы электр қуатын пайдалану керек, қалғаны сырттан жылумен қамтамасыз етіледі.

Изотермиялық жағдайларда 1.47В кернеуде (термотермиялық кернеу деп аталады) сутегі өндірісінде 100 % конверсия тиімділігіне қол жеткізуге болады [15;16].

Сутекті алу үшін қанша энергия қажет болатынын техникалық бағалау:



Су молекуласының массасы 18 грамм. Су молекуласындағы сутектің массасы $2 \times 100 / 18 = 11.11\%$, ал оттегі $16 \times 100 / 18 = 88.89\%$ құрайды. Бұл сутегі мен оттегінің қатынасы бір литр суда болады [8;17].

Бұл 1000 грамм суда 111.11 грамм сутегі және 888.89 грамм оттегі бар дегенді білдіреді. Бір литр сутектің салмағы 0,09 г, ал бір литр оттегінің салмағы 1,47 г.

Осыдан бір литр судан $111.11 / 0.09 = 1234.44$ литр сутегі және $888.89 / 1.47 = 604.69$ литр оттегі алуға болады. Осылайша, бір грамм суда 1.23 литр сутегі бар.

1000 литр сутекті өндіру үшін энергия тұтыну 4 кВт•сағ, ал бір литр үшін – 4 Вт•сағ.

Бір грамм Судан 1.234 литр сутегі алуға болатындықтан, бір грамм сутекті өндіру үшін $1.234 \times 4 = 4.94$ Вт•сағ қажет [6, 14-б.]. 1 кг сутегі алу үшін 4.94 кВт * сағ қажет болады.

Қорытынды

Зерттеудің практикалық маңыздылығы, алынған нәтижелер мен әзірленген технологиялар әр түрлі салаларда пайдалы болуы мүмкін, бұл тұрақты дамуға және экологиялық қауіпсіздікке ықпал етеді.

Сутектің таза энергия тасымалдаушысы ретіндегі артықшылықтары өте көп, өйткені ол энергияны тұтынудың барлық түрлерін байланыстыра алады, жалпы интеграцияны, икемділікті және тиімділікті қамтамасыз етеді.

Зерттеу барысында бірқатар маңызды нәтижелер мен шешімдер алынды:

- сутегі өндірісінің әртүрлі әдістерін және осы саладағы шетелдік ғалымдардың қол жеткізген жетістіктерін талдау және салыстыру жүргізілді;
- күн энергиясы арқылы сутекті алу үшін құрылымдық схема жасалды;
- электролиз қондырғысының көмегімен сутегін алу үшін PV-күн станциясының жұмыс тиімділігін бағалау жүргізілді;
- алынған электролиз технологиясынан сутекті алу үшін қанша энергия қажет.

PV-күн станциясындағы жұмыс тәжірибесі бізге Қызылорда облысының орташа статистикалық климаттық сипаттамалары бойынша күн электр станциясының ең ықтимал жұмыс режимдерін таңдауға мүмкіндік берді.

Нәтижелер болашақта Қазақстанда сутегі технологиясын құрудағы ғылыми-техникалық тұжырымдаманың негізін құра алады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **Қойшиев, Т. Қ.** «Жаңғыртылатын энергия көздері» – Алматы : Издательство стандартов, 2013 г. – 465 б.

2 National Energy Technology Laboratory // «Technologies for Hydrogen Production» – Текст: электронный // [сайт]. – URL:

3 «Развитие солнечной энергетики в России» [Электронный ресурс]: Энерг. центр – Москва : Мега Дом, 2011. – Режим доступа: <http://www.energycenter.ru/razdel/1/>

4 **Койшиев, Т. К., Бахтиярова, У. М.** «Оценка выработки электрической энергии солнечной станции 3 МВт на юге Казахстана с использованием базы данных по солнечной радиации NASA» // Сибирская академическая книга – 2017 – 141–147 с.

5 **Койшиев, Т. К., Жармагамбетова, М. С., Егзекова, А. Т., Калиев, Ж.Ж.** «Создание на базе казахской академии транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева солнечной электрической станции» Материалы XLII Международной научно-практической конференции в рамках реализации Послания Президента РК Н. Назарбаева «Новые

возможности развития в условиях четвертой промышленной революции». Том 3, 2018 г. – 169–174 с.

6 **Schultz, K., Herring, S., Levis, M., Summers, W.** «The hydrogen reaction» // Ibid, 2018 – 10–15 p.

7 **Канарев, Ф. М., Подобедов, В. В., Тлишев, А. И.** «Электролитическая ячейка низкоамперного электролизера для получения водорода и кислорода из воды» // Монография 9-е издание, Краснодарск, изд. Кубарный Гос. Аграрный Университет, 2021 г. – 41 с.

8 **Miller, A.I.** «Launching hydrogen» // Nuclear Engineering International. – 2015. – Vol. 50, №612. – 16–19 p.

9 **Жуков, В. В.** «Электрохимическое накопление энергии для возобновляемых источников и балансировки сети. Глава 9 – Масштабное хранилище энергии водорода» // Новосибирск: Изд-во НГТУ, – 129–142 с.

10 **Zimmerman, A. H.** (ed). «Nickel-Hydrogen Batteries Principles and Practice» // The Aerospace Press, El Segundo, California, 2022 –12–32 p.

11 **Удалов, С.Н.** «Производство водорода методом электролиза, Глава 7 – Варианты хранения водорода, включая ограничения и проблемы» // Москва, Изд. ГЭТМ, 2010. – 273–309 с.

12 **Goldstein, S., Vitart, X.** «General comments about the efficiency of the iodinesulphur cycle coupled to a high temperature gas cooled reactor» // ISJAE. –2014. – № 3. – 45–47 p.

13 **Жуков, В. В.** «Устойчивое производство водорода, Параграф 2.7 – Хранение и распределение водорода» // Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2015. – 84-88 с.

14 Водородная энергетика. [Электронный ресурс]. Режим доступа : <http://lepfed.narod.ru/>

15 **Устименко, А.** «Возобновляемая энергетика в Казахстане» // Изд. Kazenergy, 2011 г. – № 2– 58–9 с.

16 Қазақстанда баламалы және жаңғыртылатын энергетиканы дамыту жөніндегі 2013–2020 жылдарға арналған іс-шаралар жоспары Қазақстан Республикасының Үкіметінің 2013 жылғы 25 қаңтардағы № 43 Қаулысы. <http://adilet.zan.kz/>

17 **Жолдаякова, С., Абуов, Е., Жакупов, Д., Сулейменова, Б., Ким, А.** «Казахстан на пути к водородной экономике» // ADBI Working Papers. – 2023 г. – №1344. – 66–70 с.

REFERENCES

1 **Kojshiev, T. K.** «Zhangyrtylatyn jenergiya kozderi» [«Renewable energy sources»]– Almaty : Izdatel'stvo standartov, 2013 g.– 465 p.

2 National Energy Technology Laboratory. «Technologies for Hydrogen Production» – Tekst: jelektronnyj. [sajt]. – URL:

3 «Razvitie solnečnoj jenergetiki v Rossii»[«Development of solar energy in Russia»] [Electronic resource]. Jenerg. centr – Moskva: Mega Dom, 2011. – Rezhim dostupa: <http://www.energycenter.ru/razdel/1/>

4 **Kojshiev, T. K., Bahtijarova, U. M.** «Ocenka vyrabotki jelektricheskoy jenergii solnečnoj stancii 3 MVt na juge Kazahstana s ispol'zovaniem bazy dannyh po solnečnoj radiacii NASA»[«Assessment of the electric power generation of a 3 MW solar plant in the south of Kazakhstan using the NASA solar Radiation database»]. Sibirskaja akademicheskaja kniga – 2017 – 141–147 p.

5 **Kojshiev, T. K., Zharmagambetova, M. S., Egzekova, A. T., Kaliev, Zh. Zh.** «Sozdanie na baze kazahskoj akademii transporta i kommunikacij imeni M. Tynyshpaeva solnečnoj jelektricheskoy stancii» Materialy XLII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii v ramkah realizacii Poslanija Prezidenta RK N. Nazarbaeva «Novye vozmozhnosti razvitija v uslovijah chetvertoj promyshlennoj revoljucii»[«New development opportunities in the context of the Fourth Industrial Revolution»]. Tom 3. – 2018 P. – 169–174 p.

6 **Schultz, K., Herring, S., Levis, M., Summers, W.** «The hydrogen reaction». Ibid, 2018 – 10–15 p.

7 **Kanarev, F. M., Podobedov, V. V., Tlishev, A. I.** «Jelektroliticheskaja jachejka nizkoampernogo jelektrolizera dlja poluchenija vodoroda i kisloroda iz vody»[Electrolytic cell of a low-ampere electrolyzer for producing hydrogen and oxygen from water]. Monografija 9-e izdanie, Krasnodarsk, izd. Kubarnyj Gos. Agrarnyj Universitet, 2021 P. – 41 p.

8 **Miller, A. I.** «Launching hydrogen». Nuclear Engineering International. – 2015. – Vol. 50, № 612. – 16–19 p.

9 **Zhukov, V. V.** «Jelektrohimicheskoe nakoplenie jenergii dlja vozobnovljaemyh istochnikov i balansirovki seti. Glava 9 - Masshtabnoe hranilishhe jenergii vodoroda»[Electrochemical energy storage for renewable sources and network balancing. Chapter 9 – Large-scale storage of hydrogen energy]. Novosibirsk: Izd-vo NGTU, – 129–142 p.

10 **Zimmerman, A. H. (ed).** «Nickel-Hydrogen Batteries Principles and Practice». The Aerospace Press, El Segundo, California, 2022 –12–32 p.

11 **Udalov, S.N.** «Proizvodstvo vodoroda metodom jelektroliza, Glava 7 – Varianty hranenija vodoroda, vključaja ogranichenija i problemy»[Hydrogen Production by Electrolysis, Chapter 7 – Hydrogen storage options, including limitations and challenges]. Moskva, Izd. GJeTM, 2010. – 273–309 p.

12 **Goldstein, S., Vitart, X.** «General comments about the efficiency of the iodinesulphur cycle coupled to a high temperature gas cooled reactor». ISJAE. –2014. – № 3. – 45–47 p.

13 **Zhukov, V. V.** «Ustojchivoe proizvodstvo vodoroda, Paragraf 2.7 – Hranenie i raspredelenie vodoroda»[Sustainable hydrogen production, Paragraph 2.7 – Storage and distribution of hydrogen]. Novosibirsk: Izd-vo NGTU, 2015. – 84–88 p.

14 Vodorodnaja jenergetika [Hydrogen energy]. [Eelectronic resource]. Rezhim dostupa: <http://lepfed.narod.ru/>

15 Ustimenko, A. «Vozobnovljaemaja jenergetika v Kazahstane»[«Renewable energy in Kazakhstan»]. Izd. Kazenergy, 2011 P. – № 2– 58–59 p.

16 Қазақстанда баламалы және зһаңартылатын жәнергетиканы дамыту зһәндегі 2013–2020 зһылдарға арналған ис-шаралар зһоспары Қазақстан Республикасының Үкіметінің 2013 зһылғы 25 қаңтардәры № 43 Қаулысы[3.action plan for the development of alternative and renewable energy in Kazakhstan for 2013–2020 resolution of the Government of the Republic of Kazakhstan dated January 25, 2013 No. 43.]. [Eelectronic resource]. – <http://adilet.zan.kz/>

17 **Zholdajakova, S., Abuov, E., Zhakupov, D, Sulejmenova B., Kim, A.** «Kazakhstan na puti k vodorodnoj jekonomike»[«Kazakhstan on the way to a hydrogen economy»]. ADBI Working Papers.–2023 P. – №1344. – 66–70 p.

08.10.24 ж. баспаға түсті.

21.11.24 ж. түзетулерімен түсті.

04.12.24 ж. басып шығаруға қабылданды.

*Т. К. Койшиев¹, А. М. Айтуганова², А. Жансериккызы³, Д. А. Касенов⁴

^{1,2,3,4}Қызылординский университет имени Коркыт Ата,

Республика Казахстан, г. Кызылорда

Поступило в редакцию 08.10.24

Поступило с исправлениями 21.11.24

Принято в печать 04.12.24

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

В работе рассматриваются методы производства водорода с использованием возобновляемых источников энергии и его применение в различных секторах, таких как транспорт, промышленность. Технология производства водорода с использованием солнечной энергии-одно из важнейших направлений в развитии зеленой энергетики в будущем. Данная технология позволяет эффективно использовать энергоресурсы, значительно снижая выбросы парниковых газов при получении водорода. Были проанализированы способы использования

солнечной энергии для производства водорода с помощью системы электролиза как способа сокращения выбросов вредных газов.

Солнечная энергия имеет потенциал быть наиболее доступной для нас, и производство водорода из солнечной энергии рассматривается как окончательное решение для устойчивой энергии. В работе также рассматриваются различные методы использования солнечной энергии для производства водорода. Методом математического моделирования вычисляется общее количество солнечной энергии, поступающей на поверхность фотоэлектрической фотоэлектрической станции PV-солнечной, установленной на базе университетского комплекса

Солнечный водород является наиболее распространенным методом производства фотоэлектрический солнечные станции в сочетании с электролизом воды. Основные преимущества электролиза заключаются в том, что его можно использовать в больших масштабах. Является ключевым компонентом в обеспечении безопасных и гибких распределенных энергетических систем, которые включают возобновляемые источники энергии, такие как ветровая и солнечная энергия [1,10-б.]. Развитие и совершенствование технологий в этом направлении будет способствовать инновационному шагу Казахстана в энергетической отрасли и переходу на экологически чистые технологии.

Ключевые слова: система электролиза, зеленый водород, водородная технология, солнечные электростанции, вода, углекислый газ.

**T. K. Koishiev¹, A. M. Aituganova², A. Zhanserikkyzy³, D. A. Kassenov⁴*

^{1,2,3,4}Korkyt Ata Kyzylorda University, Republic of Kazakhstan, Kyzylorda

Received 08.10.24

Received in revised form 21.11.24

Accepted for publication 04.12.24

DEVELOPMENT OF HYDROGEN PRODUCTION TECHNOLOGY USING SOLAR ENERGY

The paper discusses methods of hydrogen production using renewable energy sources and its application in various sectors such as transport, industry. The technology of hydrogen production using solar energy is one of the most important directions in the development of green energy in the future. This technology allows efficient use of energy resources, significantly reducing greenhouse gas emissions during the production of hydrogen. The

methods of using solar energy to produce hydrogen using an electrolysis system as a way to reduce emissions of harmful gases were analyzed.

Solar energy has the potential to be the most affordable for us, and the production of hydrogen from solar energy is seen as the ultimate solution for sustainable energy. The paper also discusses various methods of using solar energy to produce hydrogen. The total amount of solar energy supplied to the surface of a PV-solar photovoltaic plant installed on the basis of the university complex is calculated using mathematical modeling

Solar hydrogen is the most common method of producing photovoltaic solar plants in combination with electrolysis of water. The main advantages of electrolysis are that it can be used on a large scale. It is a key component in ensuring safe and flexible distributed energy systems that include renewable energy sources such as wind and solar energy [1,10-6.].The development and improvement of technologies in this direction will contribute to the innovative step of Kazakhstan in the energy sector and the transition to environmentally friendly technologies.

Keywords: electrolysis system, green hydrogen, hydrogen technology, solar power plants, water, carbon dioxide.

Теруге 04.12.2024 ж. жіберілді. Басуға 30.12.2024 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

29.9 Mb RAM

Шартты баспа табағы 22,2. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Тапсырыс №4317

Сдано в набор 04.12.2024 г. Подписано в печать 30.12.2024 г.

Электронное издание

29.9 Mb RAM

Усл. печ. л. 22,2. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Заказ № 4317

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

E-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-energy.tou.edu.kz