

УДК 621.311
МРНТИ:44.29.29

Ш.Р.КУРБАНБЕКОВ¹, Ф.Ә.ҚҰЛЫШОВА²

¹PhD докторы, Физика кафедрасының доценты

e-mail: sherzod.kurbanbekov@ayu.edu.kz

²Магистрант, e-mail: fariza2896@mail.ru

Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті

ОРТАЛЫҚТАНДЫРЫЛҒАН ӨНДІРІС ЖАҒДАЙЫНДА СУТЕГІ ОТЫНЫНЫҢ ШЫҒЫНДАРЫН МОДЕЛЬДЕУ

Аңдатпа.Мақалада сутекті өндіру мен тасымалдаудың ең перспективалы технологиялары қарастырылған. Ғылыми зерттеу жүргізу кезінде сутектің құнын оның әртүрлі әдістермен орталықтандырылған өндірісі және тұтынушыға газ немесе сұйылтылған күйінде жеткізу тұрғысынан бағаланған.

Ғылыми зерттеу жұмысында экономикалық модельдеу, технологиялық модельдеу, экономикалық математикалық әдістер қолданылды. Арнайы әзірленген экономикалық және технологиялық модельдер негізінде орталықтандырылған өндіріс және көлік жүйелерінде сутектің болжамды құнын болжаушы ресурстық әдістер арқылы сметалар құрылды. Есептеулер сутегі алу мен тасымалдаудың әр түрлі әдістерінің экономикалық және технологиялық модельдері негізінде жүзеге асырылды.

Ғылыми зерттеу нәтижесінде эксперименттік параметрлерді бағалау ұсыныстары, сутегі жүйелерінің жұмысын модельдеу және бағалаудың кешенді әдістемесі жасалынды. Сутегі жүйелерінің жұмысының моделіне қолдануға ыңғайлылық, бейімделгіштік, басым дәлдік пен динамиканың сенімділік параметрлері алынды, бұл параметрлер негізінде сутегі отынын орталықтандырылған өндіріс жағдайындағы жүйелерге орнатқанға дейін және орнатқаннан кейінгі шығындарын бағалауға мүмкіндік берді. Бағалаулар бастапқы параметрлердің әртүрлі мәндердегі ауытқуларын, технологиялық және нарықтық жағдайлардың белгісіздігін көрсетті. Талдау нәтижесінде сутекті орталықтандырылған өндірудің ең перспективалы технологиялары анықталды, олардың алдағы 15-20 жыл ішінде бүкіл әлемдік энергетика нарығына шығу болжамы жасалынды.

Зерттеу нәтижелері ядролық физика және энергетика саласының мамандарына, энергия көзін үнемдеуде, сутегі отынының шығындарын модельдеуде қолданылуы мүмкін.

Кілттік сөздер: сутегі отыны, отын-энергетика кешені, ресурстық әдістер, сутегі отынының шығындары, энергетикалық стратегия, шығындарды модельдеу

Ш.Р. КУРБАНБЕКОВ¹, Ф.Ә. ҚҰЛЫШЕВА²

¹PhD доктор, доцент кафедры Физики,
E-mail: sherzod.kurbanbekov@ayu.edu.kz

²Магистрант, E-mail: fariza2896@mail.ru
Университет Ахмеда Ясауи

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСХОДА ТОПЛИВА ВОДОРОДА В ЦЕНТРАЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Аннотация. В статье рассматриваются наиболее перспективные технологии производства и транспортировки водорода. В ходе научных исследований стоимость водорода оценивалась с точки зрения его централизованного производства различными методами и доставки потребителю в газовом или сжиженном виде.

В исследовательской работе использованы методы экономического моделирования, технологического моделирования, экономико-математические методы. На основе специально разработанных экономических и технологических моделей производятся оценки ресурсными методами, прогнозирующими сметную стоимость водорода в централизованных производственных и транспортных системах. Расчеты проводились на основе экономических и технологических моделей различных способов получения и транспортировки водорода.

В результате научных исследований были разработаны рекомендации по оценке экспериментальных параметров, комплексная методология моделирования и оценки работы водородных систем. В модели функционирования водородных систем получены параметры работоспособности, технологичности, преобладающей точности и надежности динамики, что позволило оценить затраты на водородное топливо до и после установки в системах в условиях централизованного производства на основе параметров. Оценки показали отклонения исходных параметров от различных значений, неопределенность технологических и рыночных условий.

В результате анализа определены наиболее перспективные технологии централизованного производства водорода и сделан прогноз их выхода на мировой энергетический рынок на ближайшие 15-20 лет.

Ключевые слова: водородное топливо, топливно-энергетический комплекс, ресурсные методы, затраты на водородное топливо, энергетическая стратегия, моделирование затрат.

SH.R. KURBANBEKOV¹, F.A.KULYSHOVA²

¹PhD, Associate Professor of Physics,

E-mail: sherzod.kurbanbekov@ayu.edu.kz

²Master's student, E-mail:

fariza2896@mail.ru

Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University

SIMULATION OF HYDROGEN FUEL CONSUMPTION IN CENTRAL PRODUCTION CONDITIONS

Abstract. The article discusses the most promising technologies for the production and transportation of hydrogen. During the scientific research, the cost of hydrogen was estimated from the point of view of its centralized production by various methods and delivery to the consumer in gas or liquefied form.

Methods of economic modeling, technological modeling, economic mathematical methods were used in the research work. On the basis of specially developed economic and technological models, estimates are made using resource methods that predict the estimated cost of hydrogen in centralized production and transport systems. Calculations were carried out on the basis of economic and technological models of various methods of obtaining and transporting hydrogen.

As a result of scientific research, recommendations for the evaluation of experimental parameters, a comprehensive methodology for modeling and evaluating the operation of hydrogen systems have been developed. In the model of functioning of hydrogen systems, the parameters of usability, adaptability, prevailing accuracy and reliability of dynamics were obtained, which made it possible to estimate the costs of hydrogen fuel before and after installation in systems in conditions of centralized production based on the parameters. The estimates showed deviations of the initial parameters from various values, uncertainty of technological and market conditions. As a result of the analysis, the most promising technologies of centralized hydrogen production have been identified, and a forecast of their entry into the world energy market over the next 15-20 years has been made.

The results of the study can be used for specialists in the field of nuclear physics and energy, energy conservation, modeling of hydrogen fuel losses.

Key words: hydrogen fuel, fuel and energy complex, resource methods, hydrogen fuel costs, energy strategy, cost modeling.

КІРІСПЕ

Энергетика әлеуметтік-экономикалық прогрестің маңызды факторы болып қала береді. Қазіргі өркениет көбінесе материалдық әл-ауқатты арттыру қағидасына негізделген. Материалдық өндірісті және онымен байланысты қызмет көрсету саласын дамыту үшін энергия шығындары қажет, олардың көзі табиғи қалпына келмейтіндер (қазба отындары, ядролық отындар) және жаңартылатын (күн, жел, геотермалдық, гидравликалық және т.б.) энергия ресурстары болып табылады. Тұтынушылардың кең ауқымы жағдайында бұл энергетикалық ресурстар бір-бірін алмастырады, дегенмен энергетикалық ресурстардың әр түрлі формалары мен таңдаудың артықшылығы арасындағы тәуелділік олардың нарықтық қасиеттерінің әсерінен өзгереді (тұтынушылық күн, әлеует, өндіруге (өндіруге) шығындар), тасымалдау және пайдалану, қоршаған ортаға және адамдардың денсаулығына зиян келтіру және т.б.). Өткен ғасырдың аяғында энергия ресурстарын өндіру мен пайдаланудың қоршаған ортаға және халықтың денсаулығына әсерінің көрсеткіштері (мысалы, [1-2] қараңыз) энергия тасымалдаушыларының қалауын

анықтайтын факторлар қатарына қосылды, бұл рационалды энергия тасымалдаушыларын таңдау негізділігін арттыруға мүмкіндік берді.

Адамзат өркениетінің бүкіл тарихында энергиямен жабдықтау жүйесі дәуірлік бірқатар өзгерістерге ұшырады. Қазіргі уақытта біз әлемдік энергетикалық сектордың дамуындағы тағы бір парадигманың өзгеруіне куә болып отырмыз. Оның контурын анықтайтын негізгі факторларды қарастыруға болады: энергетикалық технологиялардың қоршаған ортаға және климатқа әсерін ескеру; арзан энергия көздерінің сарқылуы және дәстүрлі қуат көздерінің бағаларының сөзсіз өсуі; энергия қауіпсіздігі және энергия ресурстарының тұтынушылары үшін де, оларды өндірушілер үшін де энергиямен жабдықтау сенімділігі; дәстүрлі энергия тасымалдаушыларды өндіру, тасымалдау және пайдалану технологияларын жетілдірудегі және әлеуметтік-экономикалық субъектілердің талаптарын толық ескеретін жаңа технологияларды жасаудағы техникалық прогресс [4-5].

Энергиямен жабдықтаудағы күтілетін өзгерістерге байланысты баламалы отын табуға және оларды өндіру мен пайдаланудың ең перспективалы бағыттарын таңдауға бағытталған зерттеулер өте маңызды рөл атқарады. Көптеген сарапшылардың пікірінше, болашақ үшін отын ретінде сутегі үшін қолайлы перспектива ашылады, [1,6,7]. Сутегі энергия тасымалдаушысы ретінде екі онжылдықта болашақ энергиямен жабдықтаудың негізгі мәселелерін шешуге ықпал ете алады: ішкі энергетикалық нарықтардың импортқа тәуелділігін төмендету және мұнай мен газ импорттаушы елдердің энергетикалық қауіпсіздігін арттыру; қоршаған ортаға зиянды компоненттердің, әсіресе «парниктік» газдардың шығарындыларын едәуір азайтуға; материалтану, физика-химиялық процестер, электротехника және т.с.с. саласындағы ең озық шешімдерді қолдану арқылы әлеуметтік- экономикалық жүйелерді дамытудың инновациялық фонын едәуір күшейту. Өзінің ерекше қасиеттеріне байланысты сутекті пайдаланудың негізгі бағыттары: көлік жүйелері және энергетика болуы мүмкін.

Сутегі энергиясына өту жолында тұрған басты проблема - сутекті өндіруге, тұтынушыға жеткізуге және сақтауға дәстүрлі энергия тасымалдаушылар шығындарымен салыстырғанда шығындардың көптігі. Алайда сутектің салыстырмалы жоғары ағымдағы құны да қоршаған ортаға ластануды азайту және ғаламдық жылынудың алдын алу сияқты сутекке көшуге байланысты сыртқы әсерлерді ескере отырып қолайлы болуы мүмкін.

Болашақта дәстүрлі энергетикалық ресурстарға шығындардың сөзсіз өсуімен және сутегі технологияларын жетілдіруге бағытталған мақсатты күштердің әсерінен сутекті пайдалану тиімділігінің артуын күтуге болады. Бұл бізді жаңа технологиялардың белгілі бір нарықтарда бәсекеге қабілетті болуы үшін мақсатты шешімдерді қажет ететін негізгі «түйіндік» ұғымдарды түсіну үшін сутекті қолданудың ең перспективалық өрістерін іздеуді бастауға мәжбүр етеді. Сонымен бірге, сутектің болашағы көбінесе жекелеген елдер мен әлемнің аймақтарын электрмен жабдықтаудың жергілікті жағдайларына байланысты болады [9]. Сутегін өндіруді және пайдалануды ұйымдастырудың екі принципті әр түрлі тұжырымдамалары бар: орталықтандырылмаған жүйелер, сутегі өндірісі тұтынылатын жерге жақын болғанда, бұл сутекті тұтынушыға тасымалдауды жоққа шығарады және орталықтандырылған өндірісте қарастырылады.

Осы схемалардың әрқайсысының белгілі бір артықшылықтары мен кемшіліктері бар. Сонымен, сутектің орталықтандырылған өндірісі кезінде табиғи энергия ресурстарын масштабтың әсерінен сутекке айналдырудың тиімділігі жоғары болады, өндірістің қауіпсіздігін қамтамасыз ету оңай, зиянды шығарындыларды ұстап қалудың нақты мүмкіндігі бар.

Сонымен бірге сутекті өндіруге кететін шығындар айтарлықтай төмендейді, дегенмен сутекті газ немесе сұйылтылған күйінде тікелей тұтыну нүктелеріне қымбат тасымалдау қажеттілігі туындайды, бұл тұтынушының сутегі құнын жоғарылатады [10]. Орталықтандырылған схемалар сутегі өндірісі үшін энергия ресурстарының кең спектрін пайдалануға мүмкіндік береді: қатты және газ тәрізді отындар, энергия жүйесінен алынатын электр энергиясы немесе жаңартылатын энергия көздері (ЖЭК), атом электр станциялары арқылы немесе жоғары температуралы жылу түріндегі атом энергиясы.

Сутекті тасымалдау мәселесі орталықтандырылмаған өндіріспен шешіледі, онда сутегі тұтынушының тікелей маңында өндіріледі. Бұл дәстүрлі энергетикалық ресурстарды (газ, электр энергиясы) сутегі өндірілетін жерлерге тасымалдау үшін қолданыстағы жүйелерді пайдалануға мүмкіндік береді. Орталықтандырылмаған схемалардың басты артықшылығы - олардың икемділігі, қуаттылықтың біртіндеп ұлғаю мүмкіндігі және қауіпті сутегі тасымалын болдырмау. Рас, мұндай жүйелерде сутегі алу үшін шикізат базасының мүмкіндіктері шектеулі. Шамасы, мұндай жүйелерде тек желілік газ бен электр энергиясын және кейбір жаңартылатын энергия көздерін пайдалануға болады [11]. Әрине, өнімділіктің төмендеуіне байланысты мұндай жүйелердегі өнімнің бірлігіне шығындар орталықтандырылған жүйелерге қарағанда жоғары болады.

Ғылыми зерттеудің өзектілігі: Органикалық қазбалы отынның жетіспеушілігі жаһандық экологиялық проблемалармен бірге зерттеушілердің жаңартылатын энергия көздерін пайдалануға деген үлкен қызығушылығын тудырды. Қазақстанда сутегі энергетикасы әлі де өзінің даму жолының басында тұр, өйткені сутегі энергиясының бағасы арзан және экологиялық таза өнім болып табылады, ал оны сақтайтын станцияларын салу қомақты қаржыны талап етеді. Сутегіні алу және сақтаудың перспективті жолдарын анықтайтын болсақ, энергия ресурстары және экономикалық жағынан үнемдеуге болады. Сондықтан да қазіргі таңда сутегі энергиясын зерттеудің маңыздылығы өте зор болып табылады.

Мақсаты: Сутегі отынының орталықтандырылған өндіріс жағдайындағы шығындарының болжамды моделін құру болып табылады.

Мақсаттың орындалуында келесі міндеттер орындалды:

- Өндіріс жағдайында сутегі отынын алу жолдарына талдау жасалынды;
- Орталықтандырылған сутегі өндірісінің шығын көрсеткіштерін модельденді;
- Сутегі отынының өндірудегі күтілетін шығындар шамасына есептеулер жүргізілді және ол бағаланды.

ӘДІСТЕМЕЛІК БӨЛІМ

Ғылыми зерттеу жұмысында экономикалық модельдеу, технологиялық модельдеу, экономикалық математикалық әдістер қолданылды. Ғылыми зерттеу жүргізу кезінде сутектің құнын оның әртүрлі әдістермен орталықтандырылған өндірісі және тұтынушыға газ немесе сұйылтылған күйінде жеткізу тұрғысынан бағаланады. Есептеулер сутегі алу мен тасымалдаудың әр түрлі әдістерінің экономикалық және технологиялық модельдері негізінде жүзеге асырылады.

Модельдеу арқылы экономика саласындағы тәжірибелерді алмастыра алады. Бұл экономикада модельдеуді кеңінен қолдану арқылы, оны басқару тиімділігін арттырудың негізгі бағыттарының біріне айналдыру болып табылады. Модельдеуді қолданудың тиімділігі, шығындарды 5-15% төмендету, өнімділікті арттыру немесе басқа техникалық-экономикалық көрсеткіштерді жақсарту болып табылады.

Модельдеу әдісі көптеген басқа шешілмеген мәселелерді шешуге мүмкіндік береді, экономикалық есептеулерді математикаландырады.

Экономикалық математикалық әдістер арқылы экономика салаларын дамытуда ең тиімді жолдарды іздестіруге болады. Олардың ішінде берілген экономикалық процесті оптималдыққа зерттеудің маңызы зор. Экономикада математикалық модельдеуді қолдану арқылы, сандық экономикалық анализді тереңдетуге, экономикалық ақпарат аумағын кеңейтуге және экономикалық есептеулерді теңестіруге жағдай жасайды. Экономикалық модельдер объектінің қызметінің ерекшелігін көрсетуге мүмкіндік етеді және кейбір параметрлердің өзгеруі нәтижесінде зерттелген нысанның болашақтағы әрекетін болжауға болады.

НӘТИЖЕЛЕР, ТАЛДАУ ЖӘНЕ ТАЛҚЫЛАУ

Сутегі өндірісінің бірнеше әдісі бар:

- табиғи органикалық отын: табиғи газ, көмір, ағаш және т.б. Бұл көздер газдану процесінде су буымен және (немесе) ауамен (оттегімен) өзара әрекеттеседі, негізінен CO және H_2 қоспасынан тұратын синтез газын құрайды. Осы қоспадан сутегі келесі сатыларда дамиды;

- газдану немесе пиролиз процесінде сутегі өндірісінің бастапқы компоненті болып табылатын синтездік газға айналатын ауылшаруашылық, өнеркәсіп және коммуналдық қызметтердің органикалық қалдықтары;

- электролиз немесе термохимиялық ыдырау арқылы молекуласын H_2 және O_2 -ге ыдырату арқылы судан сутек алу;

- көк сәулелі балдырлардың қалдық өнімі ретінде күн сәулесінің энергиясын пайдаланып, судың қоректік заттармен қоспасынан молекулалық H_2 алудың биологиялық әдісі.

Қазіргі кезеңде ең көп зерттелген және игерілген әдістер қызығушылық тудырады. Олардың кейбіреулері қазірдің өзінде химия және мұнай өңдеу өнеркәсібінде сутегі алу үшін қолданылады. Оларға мыналар жатады: метанды будың қайта түзуі, көмірдің немесе мұнайдың қалдықтарын газдандыру, судың электролизі.

Көмірсутектерді буға айналдыру. Бу каталитикалық түрлендіру процестерінде 95 - 99% метаннан тұратын табиғи газды, мұнай өңдеудің құрғақ газдарын, бензин мен буды шикізат ретінде пайдалануға болады. Толық конверсия екі кезеңде жүреді: біріншісі (ішінара конверсия) - метан гомологтарын реакция аймағының бастапқы бөлімінде негізінен метанға айналдыру, ал екіншісі - метанды сутегі мен көміртегі оксидтерін өндіруге айналдыру [12]. Сонымен қатар, қысқа мерзімде (10-15 жыл) табиғи газ ең жақсы және төменде көрсетілгендей, сутегі энергиясына көшудің ең арзан шешімі болып табылады, бірақ ұзақ мерзімді перспективада сутегі өндіру стратегиясы жаңартылатын энергия көздеріне бағытталуы керек немесе шығындарды үнемдеу және CO_2 шығарындылары тұрғысынан айтарлықтай перспективалы перспективалары бар атом энергиясы.

Қатты отынды газдандыру. Газдандыру процесінде сутекті отынның көп мөлшерінен алуға болады: көмір, тақтатас, шымтезек, қатты органикалық қалдықтар. Сутегі энергетикасы үшін табиғи қоры орасан зор және басқа органикалық отындардан едәуір асып түсетін көмірлер ерекше қызығушылық тудырады.

Көмірді газдандыру процесі бірнеше кезеңде жүзеге асырылады [9]. Көмірді газдандыру процесінің соңғы реакциясы эндотермиялық болып табылады және оны нақты жүзеге асыру үшін жүйеге жылу беру керек (900-1200⁰С). Бұл жылуды, сайып келгенде, көмірдің қосымша жануы арқылы алуға болады (автотермиялық процесс). Көміртектің тотығу реакцияларына жылу беру реактор қабырғасы арқылы немесе реакция көлеміне оттегі мен су буын тікелей қосу арқылы ұйымдастырылуы мүмкін (аллотермиялық процесс).

Жоғары температуралық ядролық реактордың (ЖТЯР) энергиясын пайдаланып, судың термохимиялық ыдырауы. Көптеген сутегі өндіріс процестері қосымша жылу беруді қажет ететіндіктен, жоғары температуралы газбен салқындатылатын реакторлар (ЖТЯР) осындай сыртқы көзі бола алады. Сутегін кең көлемде өндіру үшін жоғары температуралы ядролық реакторларды қолданудың нақты мүмкіндіктері бар. Сонымен қатар, оларды пайдалану қазіргі уақытта сутегі өндіру процестерін энергиямен қамтамасыз етудің ең перспективалы әдістерінің бірі болып саналады [13]. Бұл, біріншіден, сутегі өндірісінің энергетикалық-технологиялық процестерінде жоғары әлеуетті жылуды беру мүмкіндігімен, екіншіден, бастапқы көздің энергиясын пайдаланудың жоғары жалпы термодинамикалық тиімділігін қамтамасыз ету мүмкіндігімен, бұл жағдайда ядролық отынмен байланысты, үшіншіден, атмосфераға СО₂ шығарындыларын толығымен жою.

Су электролизі. Сутекті электр энергиясына негізделген суды электролиздеу арқылы өндіруге болады. Бұл әдістің ұзақ тарихы болғанымен, қазіргі кезде суды электролиздеу арқылы сутектің әлемдік өндірісі аз (2-3% -дан аспайды), мұның себебі процестің салыстырмалы түрде төмен жалпы тиімділігінде. метанды және көмірді газдандыруды бумен реформалау. Электролиздің маңызды әлеуетті артықшылығы - оны тұтынушыларға жақындата отырып, оны кішігірім өндірісте ұйымдастыру өте оңай. Бұл қымбат тұратын сутегі тарату жүйелерін құру қажеттілігін жояды. Электролизерлер ультра таза сутектің өндірілуін қамтамасыз етеді. Электролиздің кемшіліктеріне процестің жалпы энергия тиімділігінің төмендігі және салыстырмалы түрде жоғары шығындар жатады. Қазіргі уақытта электролиз процесінің тиімділігі мен коммерциялық тартымдылығын арттыруға мүмкіндік беретін электролизерлердің жаңа түрлері қолданылуда және жасалуда (қатты полимерлі электролизерлер, жоғары температуралы және т.б. [9]. Ең көп қолданылатын электролиз технологиясы сілтілі электролиттерді қолдануға негізделген. Жақсартылған сілтілі электролизерлерді электр энергиясының 35- 40% деңгейіндегі тиімділігін ескере отырып, 28-36% -ке тең бастапқы энергияны конверсиялаудың салыстырмалы жоғары жалпы тиімділігі бар сутекті кең көлемде өндіру үшін пайдалануға болады. [9].

Сонымен бірге электролиздің болашағы сутектің жоғары шығын қамтамасыз ететін платина катализаторлары бар қатты полимерлі электролизерлерді (ҚПЭ) қолданумен байланысты. Жақында құрамында құрамында бағалы металдары жоқ ҚПЭ бар электролизерлерді әзірлеу жүріп жатыр, дегенмен, қызмет ету мерзімі аз арнайы электролизерлер үшін бұл мәселені шешуде біраз жетістіктерге қарамастан, өндірістік электролизерлер үшін қолайлы шешім әлі табылған жоқ. ТРЕ электролизерлері сілтіліге қарағанда едәуір жоғары меншікті капитал шығындарымен сипатталады, бірақ бұл өндіріс көлемінің жоғарылауына байланысты бұл шығындар азаяды.

Орталықтандырылған сутегі өндірісінің шығын көрсеткіштерін модельдеу

Тауарлық сутегі күйінің екі нұсқасы бойынша есептеулер жүргізілді: а) газ тәрізді, құбыр жүйесі арқылы қысыммен тасымалданатын және б) сұйылтылған күйдегі, әрі қарай криогендік цистерналардағы жүк көліктерімен тұтынушыларға жеткізілетін.

Есептеулердің нұсқалық негіздері 1-кестеде келтірілген

1) 2020-2030 жылдарға дейінгі кезеңге сутегі өндірісі үшін энергия ресурстарының шығындарының болжамды бағалары.

1-кесте 2020-2030 жылдарға дейінгі кезеңге сутегі өндірісі үшін энергия ресурстарының шығындарының болжамды бағалары.

Бағалаудың болжамды нұсқалары:	I	II	III
	Оңтайлы	Орташа	Пессимистік
Энергия бағасы:			
табиғи газ, теңге/мың м ³	64 500	129 000	193 500
Көмір, теңге/т.э.	21 500	32 250	43 000
Электр энергия, теңге/кВт*сағ	21,5	43	64,5
мұнай, теңге/баррель	34 400	43 000	55 900
Жаңа технологияларға нақты инвестиция:			
Орташа жылдық қолданубелгіленген қуат ЖЭК, %:	45	30	15

2) Сутегі өндіру технологиясының элементтеріне нақты инвестиция:

- Электролизер – 318 200 тг кВт [11]
- метанды қайта құруға арналған қондырғы – 10 750 -12 900 тг/кг H₂ [8]
- Сутегі компрессоры – 860 000 тг/кВт [8]
- H₂-ді сығылған күйінде сақтау – 34 400 – 43 000 тг/кг H₂ [15]
- H₂ сұйылтуға арналған қондырғы - тәулігіне 473 000 тг/кг H₂. [8]
- Сұйық сутекті сақтау – 6450 -8600 тг/кг H₂ [8]
- Сұйық сутегі төгетін құрылғы – 43 000 000 теңге [8].

3) 100 км-ге H₂ көлік құны:

- қысылған түрдегі құбыр көлігі – 38,7 тг/ кг /100 км [12]
- криогенді цистерналарда сұйытылған түрде автомобильмен тасымалдау – 17,2 тг / кг / 100 км [13].

4) меншікті CO₂ шығарындылары реакция теңдеулері арқылы есептеледі. Энергетикалық жүйеден электр энергиясын қолдану кезінде олар электр энергетикасында [7] келтірілген есептеулерге сәйкес күтілетін шығарындылар шамасына сәйкес алынады. 2020-2030 жылдар аралығында. олар орташа алғанда 0,75 кг CO₂/кВт*сағ құрайды. Көмірді газдандырудан шығатын шығарындылар

шамамен 22 кг CO₂/кг H₂ жетеді, ал метанды будың қайта құруы кезінде 10 кг-нан аз CO₂ / кг H₂ құрайды.

Жоғарыда айтылғандай, сутектің өзіндік құны өндіріс ауқымына өте тәуелді. Бұл факторды бағалау үшін модельге масштабты фактор енгізілді, бұл қондырғылардың өнімділігінің мүмкін болатын ауытқуларын технологияның шығындық көрсеткіштері үшін ескеруге мүмкіндік береді. Бірінші жуықтаудағы масштаб коэффициенті келесі өрнек бойынша есептелді:

$$C_n = C_0 * (V_n / V_0)^{-a}$$

мұндағы V₀ - өндірілген бірліктің шығындарының құны белгілі болатын өндірістің негізгі көлемі; V_n - модельде зерттелген өндіріс көлемі; C₀ - өндірістің базалық көлеміндегі өндірілген бірлік шығындарының белгілі мәні; C_n - өндірістің зерттелетін көлемінде өндірілген бірлік шығындарының қажетті мәні; a - шығындардың шығарылымға қатысты икемділігі (0,75-ке тең қабылданады).

Сутегі машинасының тиімділігін ішкі жану қозғалтқышы арқылы жұмыс жасайтын машиналармен салыстырғанда 2,5 есе жоғары, біз дәстүрлі мотор отынының күтілетін бағасындағы сутектің шекті бағасы 6 - 9 доллардан/ кг H₂ аспауы керек деп аламыз. Бұл бағалау шығындардың энергетикалық компонентін ғана ескереді. Шын мәнінде, сутектің шекті бағасы төмен болады, өйткені көптеген сарапшылардың пікірінше, инфрақұрылымды ескере отырып, сутегі көлігінің құны дәстүрлі автомобильге қарағанда жоғары болады. Қазіргі кезде сутегі машинасы дәстүрліден қаншалықты қымбат болатынын айту қиын. Сутегі автомобилін жаппай шығару кезінде оның құнын әртүрлі бағалауға болады: автомобиль класына байланысты бағаның өсуі 10-15% - дан 50% - ға дейін болуы мүмкін.

ҚОРЫТЫНДЫ

Алынған нәтижелер көрсеткендей, сутегі энергия тасымалдаушысы ретінде дәстүрлі көмірсутегі отынымен салыстырғанда 15-20 жыл ішінде бәсекеге қабілетті бола алады. Бұл әлемнің және жекелеген елдердің энергетикалық балансының күтілетін өзгерістері мен талаптарын ескере отырып, сутекті өндіру және пайдалану технологияларын неғұрлым мұқият талдауды және таңдауды талап етеді.

Арнайы әзірленген техникалық және экономикалық модельдер арқылы орталықтандырылған өндіріс және көлік жүйелерінде сутектің болжалды бағасын болжаушы ресурстық әдістер арқылы сметалар құрылды.

Ғылымы зерттеу жүргізу кезінде орталықтандырылған өндіріс жағдайында сутегі отынының шығындары, қазба отынының қолданыстағы технологиялармен бәсекеге қабілетті болатындығын көрсетеді. Сутегі өндірісі сутекті кең көлемде CO₂ шығындыларынсыз өндіруге мүмкіндік береді, бұл өндіріс экономикалық және экологиялық жағынан тиімді болады.

Ғылыми зерттеу жұмысында келтірілген сутегі бағасының болжамды бағалары зерттеу бағдарламалары мен энергетикалық стратегияларды қалыптастыру үшін пайдалы болуы мүмкін. Жоғарыда айтылғандардың бәрін ескере отырып, сутегі энергетикасын дамыту және кеңінен енгізу адамзатты жақын болашақта оған қауіп төндіретін жаһандық энергетикалық және экологиялық дағдарыстардан шынымен қорғай алады деген қорытындыға келуге болады

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Bilenko V.A., Manevskaya O.A., Melamed A.D. Results of tests of automatic control of frequency and power of the CCGT-450 power unit of the Kaliningradskaya CHPP // *Teploenergetika*. - 2008. - No. 10. - S. 52-60.
2. Davydov N.I., Zorchenko N.V., Davydov A.V. Automatic control system for a combined cycle plant with action on the regulating bodies of a gas turbine plant and a steam turbine // *Inventions*. - 2007. - No. 6.
3. Shapiro V.I., Malyshenko S.P. Thermal steam-turbine power plant with a steam-generating hydrogen-oxygen plant (options) // *Inventions*. - 2010. - No. 21.
4. Shapiro V.I., Malyshenko S.P., Reutov B.F. Increasing the maneuverability of the CCGT unit when using hydrogen-oxygen steam generators // *Teploenergetika*. - 2011. - No. 9. - S. 35-40.
5. Kozlov S.I., Fateyev V.N. Hydrogen energy: current state, problems, prospects // *Gazprom BNIIGAZ*. - 2009. - P. 518.
6. Tarasov B.P., Lototsky M.V., Yartys V.A. The problem of hydrogen storage and the prospects for the use of hydrides for the accumulation of hydrogen // *Ros. chem. zhurn.* - 2006. - No. 6 - S. 34-48.
7. Prevot M. S., Sivula K. Photoelectrochemical Tandem Cells for Solar Water Splitting // *Journal of Physical Chemistry*. - 2013. - V. 117, No. 35. - P. 17879-17893.
8. Liao C. H., Huang C. W. Hydrogen Production from Semiconductor-based Photocatalysis via Water Splitting // *Catalysts*. - 2012. - V. 2, No. 4. - P. 490-516.
9. Tarasov B.P., Burnasheva V.V., Lototsky M.V. Hydrogen storage methods and the possibility of using metal hydrides // *Alternative energy and ecology*. - 2005. - No. 12. - S. 14-37.
10. S.P. Malyshenko, V.I. Borzenko, D.O. Dunikov. Metal-hydride technologies of hydrogen energy storage for autonomous power supply systems based on renewable energy sources // *Teploenergetika*. - 2012. - No. 6. - S. 50-60.
11. Egorov A.N. Assessment of the thermodynamic efficiency of hydrogen cycles at wet-steam nuclear power plants // *Teploenergetika*. - 2013. - No. 7. - S. 27-33.
12. Levin D.V. Biohydrogen production: prospects and limitations to practical application // *International Journal of Hydrogen Energy*. - 2004. - V. 29, - P. 173-185.
13. Petrov R.L. Environmental rating of cars // *Automotive Industry*. - 2001. - No. 7. - S. 35-39.