

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ
КӨЛІК – ЭНЕРГЕТИКА ФАКУЛЬТЕТІ



***«КӨЛІК ЖӘНЕ ЭНЕРГЕТИКАНЫҢ ӨЗЕКТІ МӘСЕЛЕЛЕРІ:
ИННОВАЦИЯЛЫҚ ШЕШУ ТӘСІЛДЕРІ» XI ХАЛЫҚАРАЛЫҚ
ҒЫЛЫМИ-ТӘЖІРИБЕЛІК КОНФЕРЕНЦИЯСЫНЫҢ БАЯНДАМАЛАР
ЖИНАҒЫ***

***СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
XI МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО – ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ: «АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТА И
ЭНЕРГЕТИКИ: ПУТИ ИХ ИННОВАЦИОННОГО РЕШЕНИЯ»***

***PROCEEDINGS OF THE XI INTERNATIONAL SCIENTIFIC-PRACTICE
CONFERENCE «ACTUAL PROBLEMS OF TRANSPORT AND ENERGY:
THE WAYS OF ITS INNOVATIVE SOLUTIONS»***

Астана, 2023

УДК 656+620.9
ББК 39+31
А43

Редакционная коллегия:

Председатель – Курмангалиева Ж.Д. Член Правления – Проректор по науке, коммерциализации и интернационализации; Заместитель председателя – Кокаев У.Ш. декан транспортно-энергетического факультета, к.т.н., доцент; Султанов Т.Т. – заместитель декана по научной работе, к.т.н., доцент; Арпабеков М.И. – заведующий кафедрой «Организация перевозок, движения и эксплуатация транспорта», д.т.н., профессор; Тогизбаева Б.Б. – заведующий кафедрой «Транспорт, транспортная техника и технологии», д.т.н., профессор; Байхожаева Б.У. – заведующий кафедрой «Стандартизация, сертификация и метрология», д.т.н., профессор; Сакипов К.Е.– заведующий кафедрой «Теплоэнергетика», к.т.н., доцент; Жакишев Б.А.– заведующий кафедрой «Электроэнергетика», к.т.н., доцент.

А43 Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения: XI Международная научно – практическая конференция, г. Астана, 16 марта 2023/Подгот. Ж.Д. Курмангалиева, У.Ш. Кокаев, Т.Т. Султанов – Астана, 2023. – 709с.

ISBN 978-601-337-844-2

В сборник включены материалы XI Международной научно – практической конференции на тему: «Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения», проходившей в г. Астана 16 марта 2023 года.

Тематика статей и докладов участников конференции посвящена актуальным вопросам организации перевозок, движения и эксплуатации транспорта, стандартизации, метрологии и сертификации, транспорту, транспортной техники и технологии, теплоэнергетики и электроэнергетики.

Материалы конференции дают отражение научной деятельности ведущих ученых дальнего и ближнего зарубежья, Республики Казахстан и могут быть полезными для докторантов, магистрантов и студентов.



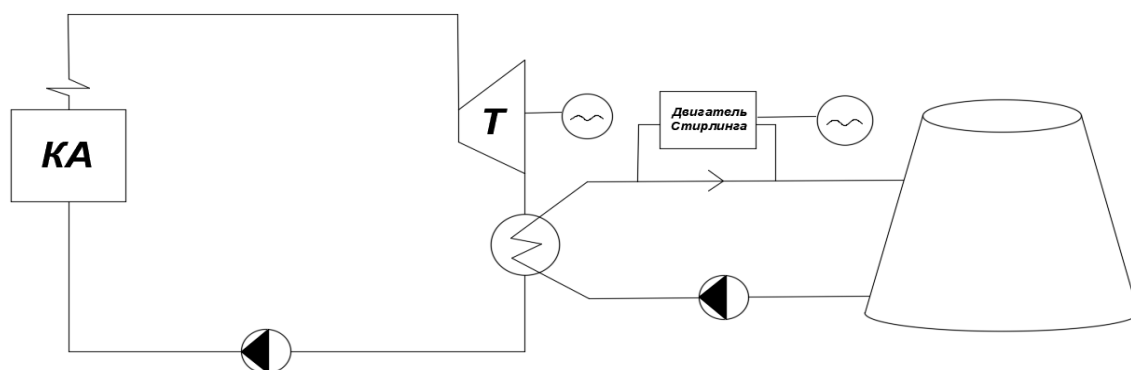


Рисунок 4 - Принципиальная схема установки двигателя Стирлинга совместно с конденсатором

$T_1=373^{\circ}\text{K}$ (температура перед конденсатором)

$T_2=313^{\circ}\text{K}$ (температура после конденсатора)

Коэффициент полезного действия двигателя Стирлинга составит 0,16.

Таким образом, теоретически показана возможность получения дополнительной электроэнергии из теплоты продуктов сгорания, что приводит к повышению коэффициента полезного использования топлива. Потери на собственные нужды сократятся за счет выработки электроэнергии в двигателе Стирлинга.

Список использованных источников

1. Уокер Г. Двигатели Стирлинга Пер. с англ. М.: Машиностроение, 1985. 408 с.
2. Ридер Г., Хупер Ч. Двигатели Стирлинга / Пер. с англ. М.: Мир, 1986. 464 с.
3. Круглов М. Двигатели Стирлинга. М.: Машиностроение, 1977. 150 с
4. Распутин А. Л., Степанов О. А., Применение двигателя Стирлинга для выработки энергии на вторичных тепловых энергоресурсах. Тюмень, 2016.

ӘОЖ 536.25

БЕЛСЕНДІ ТОТЫҚТЫРҒЫШЫ БАР АУА АҒЫНЫНДАҒЫ РЕАКТИВТІЛІГІ ТӨМЕН КӨМІРДІҢ ТҰТАНУЫ МЕН ЖАНУ ПРОЦЕСТЕРІН МОДЕЛЬДЕУ

Нұрғалиева Аяжан Ғалымжанқызы

nurgalieva_ayazhan@mail.ru

Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ

М098 Жылу энергетика-(7М07717) ББТ магистранты, Астана, Қазақстан

Сабденов Каныш Орақбаевич

sabdenovko@yandex.kz

ф.-м.ғ.д., «Жылу энергетикасы» кафедрасының профессор м.а.

Реактивтілігі төмен қатты отынның тұтану және жану процестеріндегі құбылыстардың табиғаты өте күрделі және аз зерттелген. Осыған байланысты көрсетілген процестерді математикалық модельдеу әдістері ерекше мәнге ие болады [1, 2].

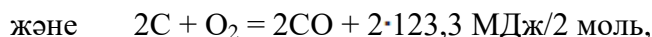
Бұл жұмыста көміртек реакциясының күрделі химиялық механизмін, ұшқыш заттардың бөліну және жану кинетикасын, жанып тұрған бөлшектердің жылу және масса алмасу ерекшеліктерін және т.б. ескеретін математикалық модельді белсендірілген тотықтырғыштың әсерін ескере отырып қарастырамыз. Тотықтырғыштың белсенділігі төмен калориялы қатты отындардың тұтану және жану процестерін қарқындыру факторларының бірі болып

табылады. O_2 молекуласының қозуы және негізгі күйден жоғары энергетикалық күйге өтуі кезінде синглетті O_2 түзіледі. Синглетті оттегі фотохимиялық жолмен, қозғалған фотосенсибилизатордан энергияның берілуі нәтижесінде түзілуі мүмкін. Бұл жағдайда жаңа гомологиялық қатардың наноструктурасы - фуллереналар мен фуллероидтар процестің катализаторлары бола алады, олар кинетикалық тиімділігі едәуір көп, олармен жанасатын ауаның молекулалық оттегінің синглеттік-қозған күйінің пайда болуының фотофизикалық реакцияларына ықпал етеді.

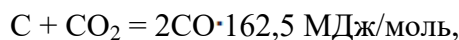
Көмір шаңының жануын есептеу зерттеулері көбінесе көміртегінің кейінгі жануын есепке алмай CO_2 -ге, кейде CO -ға тікелей жанады деген болжамға негізделген [3, 4]. Бұл есептеу әдістемесін айтарлықтай жеңілдетеді. Дегенмен, қазіргі уақытта есептеу әдістерінің дамуы күрделірек мәселені шешуге және математикалық модельді қатты отынды жағу процесінің нақты шарттарына жақындатуға мүмкіндік береді. Бөлшектің қатты массасы газ фазасының оттегімен әрекеттесіп, CO және CO_2 түзеді. Өз кезегінде көміртек оксиді (II) газ фазасында оттегімен химиялық қосылысқа түседі.

Модельді құрастыру және отынның тұтану және жану процестерін талдау кезінде бөлшектің бетінде болатын гетерогенді реакциялар және бөлшекті қоршап тұрған көлемде болатын біртекті реакциялар мынадай қорытынды реакциялар бойынша алынады:

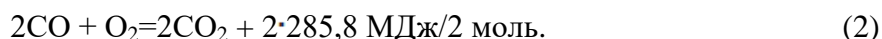
- көміртегі тотығы (II) және көміртек тотығы (IV) бір мезгілде түзілуімен байланысты көміртегінің оттегімен реакциясы, оны екі соңғы реакция теңдеуімен жазуға болады:



– көміртек оксидінің (IV) көміртегімен әрекеттесуі:



– оттегінің көміртегі тотығымен (II) реакциясы:



Алғашқы екі процесс гетерогенді болып табылады. Олар үшін газ тәріздес реагенттердің реакцияға түсетін көміртегі бетіне диффузиялық берілуі ерекше маңызға ие. Үшінші процесс гомогендік процесс болып табылады. Көміртекті активтендірілген оттегімен біріктірудің химиялық процесі көміртектің жануындағы негізгі болып табылады, сондықтан оны біріншілік реакция деп атайды, ал көміртегі оксидінің жануы (II) және көміртегі оксидінің (IV) тотықсыздануы екінші реттік реакциялар болып табылады.

Процестің мынадай логикалық моделін қабылдайық:

1) реакция сфералық отын бөлшектерінің бетінде жүреді; газ тәріздес ортадағы бөлшек тыныштықта немесе онымен бірдей жылдамдықпен қозғалады;

2) бөлінетін ұшқыш заттардың жануы және толық емес жану өнімдерінің жануы газ ортасының көлемінде болады;

3) жүйеден жылудың конвективті берілуі болмайды, ал радиациялық жылу алмасу реакцияға түсетін қоспаның сәулелендіргішпен әрекеттесуі арқылы модельденеді, оның температурасы тұрақты деп есептеледі; газ тәріздес ортамен әрекеттесетін бөлшектердің жылу алмасуы конвекциялық және диффузиялық жылу өткізгіштікпен жүреді.

Бөлшектің бетінде өтетін химиялық әсер ету жылуы конвекциямен және қоршаған газ ортасына диффузиялық жылу өткізгіштігімен, радиациямен сәулелендіргішке беріледі және бөлшектің өзін одан әрі қыздыруға ішінара жұмсалады. Нәтижесінде бөлшектің температурасы жоғарылайды және бұл жоғарылау неғұрлым қарқынды болса, химиялық реакция соғұрлым

қарқынды болады және газ ортасына жылу азаяды. Реакция барысында бөлшек диаметрі азаяды, бөлшектің температурасы, газ ортасының температурасы мен құрамы өзгереді.

Ұсынылған жану процесінің логикалық моделі және қабылданған болжамдар келесі дифференциалдық теңдеулер жүйесі түріндегі математикалық модельге сәйкес келеді.

1. Бөлшектен ұшқыш заттардың бөліну кинетикасының теңдеуі

$$\frac{dV_E^r}{d\tau} = (V^r - V_E^r)k_{O_2}\alpha_{\pi}$$

Мұндағы V^r , V_E^r және $(V^r - V_E^r)$ - бастапқыда жанғыш массаның құрамында болатын, одан белгілі бір уақыт ішінде бөлінетін τ және ағымдағы сәтте бөлшектердің құрамында болатын ұшқыш заттардың мөлшері, кг/кг; k_{O_2} - тотықтырғышты белсендіру есебінен ұшқыш заттардың бөліну жылдамдығының жоғарылауын ескеретін коэффициент; α_{π} - ұшпа жану жылдамдығының тұрақтысы, 1/с; T - бөлшектің ағымдағы температурасы, К; τ - уақыт, с.

2. Газ тәріздес ортада ұшпа заттардың жануының кинетикалық теңдеуі

$$\frac{dV_C^r}{d\tau} = (V_E^r - V_C^r)k_{O_2}\alpha_{c\pi}$$

Бұл теңдеуде V_C^r және $(V_E^r - V_C^r)$ - τ уақыт ішінде реакцияға түскен (жанып кеткен) ұшпа заттардың мөлшері, кг/кг отын және қазіргі кездегі газ ортасының құрамындағы ұшпа заттардың мөлшері, кг/кг; $\alpha_{c\pi} = k_o e^{-E_o/RT_r}$ - ұшпа жану жылдамдығының тұрақтысы, 1/с.

3. Бөлшектердің жануы үшін жылу балансының теңдеуі

$$\begin{aligned} & [(Q'_1\alpha_1 + Q'_2\alpha_2)C_R - Q'_{21}\alpha_{21}C_{2R}] \times k_{O_2} \frac{273}{T_r} - k_{O_2} \left[\alpha C_R + \frac{44}{32} \alpha_{21} C_{2R} \right] \times \\ & \times \frac{273}{T_r} c_r \frac{1}{\rho_r} (T - T_r) - Nu \frac{\lambda}{\delta} (T - T_r) - \sigma_0 a \varphi (T^4 - T_{об}^4) - \frac{1}{6} \delta \rho_k c_k \frac{dT}{d\tau} = 0. \end{aligned}$$

Мұндағы: Q'_1 , Q'_2 және Q'_{21} - CO және CO₂ түзілу реакцияларының жылу эффектілері, сонымен қатар 1 кг оттегіге қатысты CO₂ қалпына келтіру, кДж/кг O₂; α_1 , α_2 және α_{21} - CO, CO₂ түзілу және CO₂ тотықсыздану реакцияларының жылдамдық константалары, м/с;

$\alpha = \varepsilon\alpha_1 + \alpha_2$ - жану реакциялары бойынша оттегінің жалпы тұтыну жылдамдығының тұрақтысы (1), 1/с; $\varepsilon = 1 + C_0 + C_2^0$ - реакция кезінде моль санының өсуін ескеретін коэффициент (1); C_0 және C_2^0 - әрекеттесетін қоспадағы оттегі мен көміртегі оксидінің (IV) бастапқы концентрациясы, кг O₂/м³; C_R және C_{2R} - оттегінің құрамы арқылы көрінетін бөлшек бетіндегі оттегі мен көміртек оксидінің (IV) концентрациясы, кг O₂/м³; δ, ρ_k - бөлшектің ағымдағы диаметрі мен тығыздығы, м және кг/м³; c_k және c_r - бөлшектің жылу сыйымдылығы, кДж/(кг*К) және газ ортасы 0 °С және 0,1013 МПа, кДж/(м³*К); ρ_r - газ тығыздығы 0 °С және 0,1013 МПа, кг/м³; Nu - термиялық Нусельт критерийі; λ - газ ортасының жылу өткізгіштік коэффициенті, кВт/(м*К); σ_0 - кара дененің сәуле шығару қабілеті, кВт/(м²*К⁴); a, φ - сәулелену және сәуле шығару коэффициенті; T және T_r - бөлшектің және газ ортасының ағымдағы температуралары, К; $T_{об}$ - сәулелендіргіштің температурасы.

4. Кокс бөлшектерінің жану теңдеуі

$$\frac{d\delta}{d\tau} = - \frac{273}{\rho_k T_r} \frac{24}{32} k_{O_2} [(2\varepsilon\alpha_1 + \alpha_2)C_R + \alpha_{21}C_{2R}].$$

5. Газ тәріздес орта үшін жылу балансының теңдеуі

$$(V_E^r - V_C^r)\alpha_{c\pi}Q_{\pi}(1 - W^r - A^r)\frac{1}{V_{cm}} + \chi'_{12}C_1Q'_{12} + \left[\left(\frac{56}{32}\varepsilon\alpha_1 + \frac{44}{32}\alpha_2 \right)C_R + \frac{56}{32}\alpha_{21}C_{2R} \right] \frac{273}{T_r} \times$$

$$\times \frac{6\delta^2(1-W^r-A^r)}{\delta_0^3 \rho_k V_{cm}} \frac{c_r}{\rho_r} (T-T_r) + \frac{6Nu\lambda\delta}{\delta_0^3 \rho_k V_{cm}} (1-W^r-A^r)(T-T_r) -$$

$$-\sigma_0 a_\phi (S/V)_\phi (T^4 - T_{об}^4) \frac{T_r}{273} = c_r \frac{dT_r}{dt}.$$

Мұндағы $Q_{\pi} = \frac{Q_H^r - Q_k(1-W^r-A^r)(1-V^r)}{(1-W^r-A^r)V^r}$ - ұшқыш заттардың жылулық құндылығы, кДж/кг;

Q_H^r - отынның төменгі жану жылуы, кДж/кг; W^r және A^r - бірлік үлесте отынның ылғалдылығы мен күлділігі, кг/кг; Q'_{12} - 1 кг O_2 , келтірілген CO жану реакциясының жылу әсері, кДж/кг O_2 ; χ'_{12} - реакция жылдамдығының тұрақтысы (3), 1/с; C_1 - көлемдегі CO концентрациясы, кг O_2/m^3 -де көрсетілген; a_ϕ - газ ортасының қаралық дәрежесі; $(S/V)_\phi$ - газ ортасының беті мен көлемі арасындағы қатынас, 1/м.

6. Оттегі концентрациясының теңдеуі

Теңдеу бөлшектердің бетінде CO және CO_2 түзілу реакцияларында белсендірілген оттегінің шығынын және көлемдегі CO мен ұшпа заттардың тотығуын ескереді.

$$\frac{dC}{dt} = - \left[k_{O_2} (\varepsilon\alpha_1 + \alpha_2) C_R \frac{273}{T_r} (1-W^r-A^r) \frac{6\delta^2}{\delta_0^3 \rho_k V_{cm}} \frac{1}{V_{cm}} + (V_B^r - V_C^r) k_{O_2} \alpha_{cn} V_{\pi}^0 (1-W^r - A^r) \frac{C_B^0}{V_{cm}} + \chi'_{12} C_1 \right].$$

Мұндағы V_{π}^0 - ұшқыш заттарды жағу үшін ауаның теориялық қажетті мөлшері, m^3/kg ;

7. Көміртек оксидінің концентрациясын өзгерту теңдеуі (IV)

Теңдеуде көміртегінің бөлшек бетіндегі тотығуы, CO және көлемдегі ұшқыш заттардың тотығуы есебінен көміртек оксиді (IV) концентрациясының жоғарылауы ескерілген:

$$\frac{dC_2}{dt} = (\alpha_2 C_R - \alpha_{21} C_{2R} k_{O_2} \frac{273}{T_r} \frac{6\delta^2}{\delta_0^3 \rho_k} (1-W^r-A^r) \frac{1}{V_{cm}} + \chi'_{12} C_1 +$$

$$+(V_B^r - V_C^r) k_{O_2} \alpha_{cn} V_{\pi}^0 (1-W^r-A^r) \frac{C_B^0}{V_{cm}}.$$

Ұсынылған теңдеулерге енгізілген бөлшектер бетіндегі оттегі C_R және көміртегі тотығы (IV) C_{2R} концентрациялары айнымалы мәндер екенін атап өткен жөн, ағымдағы мәндері газ ортасының көлеміндегі сәйкес концентрациялардың бастапқы мәндерімен анықталады және функционалдық реакция процесінің өзіне тәуелді. Теңдеудің барлық мүшелерінің өлшемі $kg/(cm^3 \cdot K)$ болады.

Осы функционалдық тәуелділіктің нақты болуы шекті жағдайлар жүйесімен бірге оттегінің, көміртек оксидінің (II) және жанатын бөлшекті қоршаған кеңістікте көміртек оксидінің (IV) концентрациялық өрістерін сипаттайтын сызықтық емес дифференциалдық теңдеулер жүйесін шешуді талап ететін күрделі міндет болып табылады.

Бұл модельді компьютерде енгізу көміртегі бөлшектерінің белсендірілген тотықтырғышпен және газ фазасының өнімдерімен әрекеттесу табиғатын зерттеуге, сондай-ақ активтендірілген синглетті ауа оттегінің реакция кинетикасына әсерін зерттеуге мүмкіндік береді.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. Основы практической теории горения / под ред. В.В. Померанцева. Л., 1986. 312 с.
2. Горение углерода / под ред. А.С. Предводителя. М., СССР, 1949. 407 с.
3. Лавров Н.В. Физико-химические основы процесса горения топлива М., 1971. 275 с.

4. Виленский Т.В., Хзмалян Д.М. Динамика горения пылевидного топлива М., 1978. 248с.
5. Liu G.E., Law C.K. Combustion of coal-water slurry droplets // Fuel. – 1986. – V. 65. – P. 171–176.
6. Ahn K.Y., Baek S.W., Choi C.E. Investigation of a coal-water slurry droplet exposed to hot gas stream // Combust. Sci. and Tech. – 1994. – V. 97. – P. 429–447.
7. Льюис Б., Эльбе Г. Горение, пламя и взрывы в газах. Пер. с англ. – М.: Мир, 1968. – 592 с.
8. Зельдович Я. Б., Баренблатт Г. И., Либрович В. Б., Махвиладзе Г. М. Математическая теория горения и взрыва. – М.: Наука, 1980. – 480 с.

УДК 567.941

ПАВЛОДАР ОБЛЫСЫНЫҢ ӘЛЕУМЕТТІК НЫСАНДАРЫН ЖЫЛУМЕН ЖАБДЫҚТАУДА ЖЫЛУ СОРҒЫЛАРЫН ПАЙДАЛАНУ ПЕРСПЕКТИВАЛАРЫ МЕН МҮМКІНДІКТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Оқасова Анар Ержігітқызы

anaraokasova5@mail.ru

Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің «Жылуэнергетика» кафедрасының
магистранты, Астана, Қазақстан

Энергия тасымалдаушыларының бағасының өсуі және қоршаған ортаның ластануының артуы дәстүрлі энергия ресурстарын пайдалануға деген көзқарасты қайта қарауға және баламалы энергия көздеріне, техникалық перспективаларға және осы мәселені шешу мүмкіндіктеріне назар аударуға мәжбүр етеді.

Жылу сорғыларына соңғы жылдары пайда болған практикалық қызығушылық төмен потенциалды энергия ресурстарын кәдеге жарату және дәстүрлі емес жаңартылатын энергия көздерін пайдалану мүмкіндігімен байланысты. Бұл ретте энергия ресурстарын кәдеге жарату міндетімен біруақытта жылу сорғыларын қолдану белгілі бір өндірісті энергиямен жабдықтаудың (мысалы, ыстық сумен жабдықтау және жылыту) өзекті міндеттерін шешеді, сондай-ақ үлкен энергияға тәуелсіздік пен елеулі экономикалық пайданы қамтамасыз етеді, қоршаған ортаны қорғауға мүмкіндік береді (өйткені жылу сорғылары отынды пайдаланбайды және атмосфераға көмірқышқыл газының зиянды шығарындыларын шығармайды).

Қазіргі уақытта жылу сорғыларын пайдаланудың келесі нұсқалары жүзеге асырылуда:

- атмосфералық ауаның жылуын пайдалану (сыртқы және алынатын желдету ауасы);
- топырақ пен тау жыныстарының жылуын пайдалану;
- суқоймалардың жылуын пайдалану(теңіз, көл және өзен суы);
- шахта суларының жылуын пайдалану;
- жаңартылатын биологиялық ресурстарды (биомасса, мал шаруашылығы қалдықтары және т. б.) пайдалану;
- қайталама энергия ресурстарын пайдалану.

Жылу сорғыларының энергетикалық және экономикалық көрсеткіштері жылу пайдаланылатын көздердің сипаттамаларымен тығыз байланысты. Идеалды жылу генераторы тұрақты жоғары температураны қамтамасыз етуі керек, коррозияға ұшырамайды, атмосфераны ластанмайды, қажетті жылу-физикалық сипаттамаларға ие, айтарлықтай инвестициялар мен техникалық қызмет көрсету шығындарын қажет етпейді. Көп жағдайда жылу көзі жылу сорғысының пайдалану сипаттамаларын анықтайтын негізгі фактор болып табылады. [1].

Әлемнің көптеген елдерінде жылу сорғыларынан жылу суларына негізделген жаңа жылумен жабдықтау жүйелері әзірленді және белсенді қолданылады. Термалды суларды