УДК:62-783.6:697.329

Сатыбалдыев Абдимиталип Баатырбекович,
т.и.к., доцент, orcid.org/0009-0006-2226-069X,
Мавлянова Жанара Акмырзаевна, преподаватель,
https://orcid.org/ 0009-0003-7513-1064,
Аттокуров Анарбек Кудаярович, преподаватель,
https://orcid.org/0009-0009-0012-2271
М. М. Адышев атындагы Ош технологиялык университети, Ош ш., Кыргыз Республикасы
E-mail: Baatyrbekovich@gmail.com

KYH МЕНЕН СУУ ЖЫЛЫТУУЧУ КОЛЛЕКТОРДУК СИСТЕМАЛАРДЫН ГИДРОДИНАМИКАЛЫК ПАРАМЕТРЛЕРИН ТАЛДОО

Бул иште kyh менен суу жылытуу коллектордук системалардын натыйжалуулугу у 4Yh MaaHrnyY болуп саналган гидродинамикалык параметрлери талданган. Изилдвв гравитация жана суюктуктун тыгыздыгынын температурадан взгврYШY сыяктуу физикалык процесстерге квз каранды болгон табигый айлануу

системаларына багытталган. Системанын иштешин оптималдаштыруу үчүн негизги гидродинамикалык параметрлер: агымдын ылдамдыгы жана напордун төмөндөшү изилденген. Изилдөөдө бул параметрлерди эсептөө жана алардын жалпы системанын натыйжалуулугуна тийгизген таасирин баалоо үчүн сандык моделдөө колдонду.

Натыйжалар агымдын ылдамдыгынын өсүшү менен напордун жоготуусу көбөйөрүн жана бул байланыш кичине диаметрдеги түтүктөрдө айкыныраак болоорун көрсөттү. Ошол эле агымдын шарттарында чоң диаметреги түтүктөргө салыштырмалуу кичине диаметрдеги түтүктөр напордун чоң жоготуусуна алып келери аныкталды. Талдоо ошондой эле эффективдүү күн менен суу жылыткыч системаларын долбоорлоодо түтүктүн диаметрин кылдат тандоо зарылдыгын баса белгилеп, напордун жоголушу менен агымдын ылдамдыгынын ортосундагы квадраттык байланышты ачып берди. Алынган маалыматтардын негизинде, минималдык экономикалык чыгымдар менен минималдуу напор жоготуулардын камсыз кылган, оптималдуу 20 мм түтүк диаметри сунушталган.

Изилдөө күн менен суу жылытуу системаларын долбоорлоо жана оптималдаштыруу үчүн маанилүү, өзгөчө насосторду колдонбостон натыйжалуу иштешин камсыз кылуу, ошону менен туруктуу жана үнөмдүү кайра жаралуучу энергия чечимдерин иштеп чыгууга көрсөтмөлөрдү берет.

Негизги сөздөр: Гидродинамикалык параметрлер, табигый циркуляция, напордун төмөндөшү, агымдын ылдамдыгы, сүрүлүү коэффициенти, энергия эффективдүүлүгү, түтүктүн диаметри.

Сатыбалдыев Абдимиталип Баатырбекович, к.т.н., доцент,
Мавлянова Жанара Акмырзаевна, преподаватель,
Аттокуров Анарбек Кудаярович, преподаватель,
Ошский технологический университет им. М. М. Адышева,
г. Ош, Кыргызская Республика

АНАЛИЗ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В СИСТЕМАХ СОЛНЕЧНОГО ВОДОНАГРЕВАТЕЛЬНОГО КОЛЛЕКТОРА

В данной работе проведен анализ гидродинамических параметров, критически важных для эффективности систем солнечного водонагревательного коллектора. Исследование сосредоточено на системах с естественной циркуляцией, которые зависят от физических процессов, таких как гравитация и температурные изменения плотности жидкости. Были изучены ключевые гидродинамические параметры, включая скорость потока и потеря напора, с целью оптимизации работы системы. В исследовании использовалось численное моделирование для расчета этих параметров и оценки их влияния на общую эффективность системы.

Результаты показали, что потеря напора увеличиваются с ростом скорости потока, и эта зависимость становится более заметной в трубах меньшего диаметра. Выяснено, что трубы с меньшим диаметром приводят к значительно большим потерям напора по сравнению с трубами большего диаметра при тех же условиях потока. Анализ также выявил квадратичную зависимость потери напора от скорости потока, что подчеркивает необходимость тщательного выбора диаметра трубопровода при проектировании эффективных систем солнечных водонагревателей. На основе полученных данных был рекомендован оптимальный диаметр трубы в 20 мм, обеспечивающий минимальные потери напора при разумных экономических затратах.

Данное исследование предоставляет важные рекомендации для проектирования и оптимизации систем солнечного водонагрева, особенно для обеспечения их эффективной работы без использования насосов, что способствует развитию более устойчивых и экономически эффективных решений в области возобновляемых источников энергии.

Ключевые слова: Гидродинамические параметры, естественная циркуляция, потеря напора, скорость потока, коэффициент трения, энергоэффективность, диаметр трубопровода.

Abdimitalip Baatyrbekovich Satybaldyev,
Candidate of technical sciences, associate professor,
Mavlyanova Zhanara Akmyrzaevna, lecturer,
Attokurov Anarbek Kudeyarovich, lecturer,
Osh Technological University named after M. M. Adyshev, Osh city, Kyrgyz Republic

ANALYSIS OF HYDRODYNAMIC PARAMETERS IN SOLAR WATER HEATING COLLECTOR SYSTEMS

This paper presents an analysis of hydrodynamic parameters critical to the efficiency of solar water heating collector systems. The study focuses on systems with natural circulation, which rely on physical processes such as gravity and temperature-induced density changes in the fluid. Key hydrodynamic parameters, including flow velocity and head loss, were examined with the aim of optimizing system performance. Numerical modeling was employed to calculate these parameters and assess their impact on overall system efficiency.

The results indicated that head loss increases with rising flow velocity, and this relationship becomes more pronounced in pipes of smaller diameter. It was found that pipes with smaller diameters lead to significantly higher head losses compared to larger diameter pipes under the same flow conditions. The analysis also revealed a quadratic dependence of head loss on flow velocity, emphasizing the need for careful selection of pipe diameter when designing efficient solar water heating systems. Based on the findings, an optimal pipe diameter of 20 mm was recommended, which minimizes head loss while maintaining reasonable economic costs.

This study provides valuable recommendations for the design and optimization of solar water heating systems, particularly for ensuring efficient operation without the use of pumps. This contributes to the development of more sustainable and economically viable solutions in the field of renewable energy.

Key words: Hydrodynamic parameters, natural circulation, head loss, flow velocity, friction coefficient, energy efficiency, pipe diameter.

Киришүү. Күн менен суу жылытуучу коллектордук системалары кайра жаралуучу энергия тармагында маанилүү компонент болуп саналат, анткени алар сууну жылытуу үчүн күндүн энергиясын эффективдүү пайдаланат [1-4]. Мындай системалардын иштөөсүн оптималдаштыруу жылуулук берүүнүн эффективдүүлүгүн жана системанын туруктуулугун аныктоочу гидродинамикалык параметрлерди так талдоодон көз каранды. Мажбурланган айлануу системаларынан айырмаланып, табигый айлануу системалары температуранын өзгөрүшүнө байланыштуу суюктуктун тыгыздыгынын айырмачылыктары жана гравитация сыяктуу физикалык процесстерге

таянат. Бул өзгөчөлүктөр системанын туруктуу иштешин камсыз кылуучу параметрлерди эсептөөлөргө жана талдоолорго кылдат мамилени талап кылат.

Бул изилдөөнүн гипотезасы болуп агымдын ылдамдыгы, напордун төмөндөшү, жылуулуктун жоготуулары сыяктуу гидродинамикалык параметрлерди туура эсептөө жана оптималдаштыруу күн менен суу жылытуучу коллекторлордун эффективдүүлүгүн бир топ жогорулата алаары эсептелет. Бул өзгөчө табигый циркуляциясы бар системаларга тиешелүү, мындай параметрлер системанын ишинин ишенимдүүлүгүн жана экономикалык натыйжалуулугун камсыз кылууда негизги ролду ойнойт.

Изилдөөнүн максаты күн менен суу жылытуу коллектор системаларынын гидродинамикалык параметрлерин талдоо, алардын натыйжалуулугун жогорулатуу болуп саналат.

Бул максатка жетүү үчүн төмөнкү милдеттер коюлган:

1. Күн менен суу жылытуучу коллекторлордун иштешине таасир этүүчү негизги гидродинамикалык параметрлерди аныктоо.
2. Системанын ар кандай иштөө шарттары үчүн агымдын ылдамдыгына, напордун төмөндөшүнө жана жылуулук жоготууларына эсептөөлөрдү жүргүзүү.
3. Түтүктүн диаметринин системанын гидродинамикалык мүнөздөмөсүнө тийгизген таасирин талдоо жана аны оптималдуу тандоо боюнча сунуштарды иштеп чыгуу.

Күн менен суу жылытуучу коллекторлордун иштешинде жана натыйжалуулугунда гидродинамикалык параметрлер негизги ролду ойнойт. Заманбап изилдөөлөрдө жана практикалык колдонмолордо экологиялык жактан таза жана кайра жаралуучу энергия булактарына өтүү зарылдыгынан улам мындай системаларга кызыгуу күчөп жатат. Негизги милдеттердин бири – жылуулук ташыгычтын табигый айлануусунун негизинде коллекторлордун туруктуу жана эффективдүү иштешин камсыз кылуу. Мына ошондуктан гидродинамикалык параметрлерди талдоо темасы мындай системаларды иштеп чыгуу жана оптималдаштыруу менен алектенген изилдөөчүлөрдү жана инженерлерди өзгөчө кызыктырат.

Күн менен суу жылытуу системаларын изилдөөнүн учурдагы тенденциялары алардын энергетикалык эффективдүүлүгүн жогорулатууга, жылуулуктун жоготууларын кыскартууга жана ар кандай климаттык шарттарда туруктуу иштешин камсыз кылууга багытталган. Агымдын ылдамдыгын, напордун төмөндөшүн жана жылуулукту жоготууну туура эсептөө менен байланышкан көйгөйлөр актуалдуу бойдон калууда, анткени алар күн коллекторлорунун иштешине жана туруктуулугуна түздөн-түз таасирин тийгизет.

Негизги бөлүгү. Гидродинамикалык параметрлерди талдоодо, илимий адабиятта талкууланган бир нече негизги аспектилерди аныктоого болот. Атап айтканда, жылуулук ташыгычтын агымынын ылдамдыгын аныктоо, Рейнольдс саны жана сүрүлүү коэффициенти системанын оптималдуу иштешин камсыз кылуу үчүн негизги милдеттер болуп саналат. [5] сыяктуу илимий эмгектер, бул багыттагы мындан аркы изилдөөлөр үчүн негиз болуп калды.

Системанын натыйжалуулугуна таасир этүүчү маанилүү көрсөткүчтөрдүн бири жылуулук ташыгычтын агымынын ылдамдыгы болуп саналат. [6] изилдөөсүндө белгиленгендей, агымдын ылдамдыгы жылуулук алмашуунун оптималдуу шарттарын аныктоого жана напордун жоготууларын минималдаштырууга мүмкүндүк берүүчү жылуулук ташыгычтын көлөмдүк агымынын теңдемесин колдонуу менен эсептелет.

Рейнольдс саны (Re) коллектордун түтүктөрүндөгү жылуулук ташыгычтын агымынын режимин (ламинардуу же турбуленттүү) аныктоого мүмкүндүк берген критикалык параметр. Андан ары эсептөөлөрдү тандоо, атап айтканда, сүрүлүү коэффициенти жана напордун жоготуусу, бул көрсөткүчкө жараша болот. Ламинардык агымда сүрүлүү коэффициенти $f = \frac{64}{\mathrm{Re}}$ формуласы менен эсептелет, Бул [7] эмгекте

белигиленгендей жылуулук жоготууларын алдын ала айтууга жана системанын конструкциясын оптималдаштырууга мүмкүндүк берет.

Күн коллекторунун түтүктөрүндөгү напордун начарлашы агымдын ылдамдыгына жана түтүктүн диаметрине түздөн-түз көз каранды. [8] изилдөөдө түтүк диаметри өскөн сайын напор азайарын көрсөткөн. Бул чоң диаметрдеги түтүктөрдүн агымынын каршылыгынын төмөндөшү менен түшүндүрүлөт. Ошондуктан, түтүктүн диаметрин туура тандоо жылуулук жоготууларды азайтуу жана жалпы системанын натыйжалуулугун жогорулатуу үчүн негизги фактор болуп саналат.

Корутунду

Күн менен суу жылытуучу коллекторлорунун гидродинамикалык параметрлерин талдоо темасы боюнча адабияттарды карап чыгуу азыркы изилдөөлөр бул системаларды алардын энергетикалык натыйжалуулугун жогорулатуу жана эксплуатациялык чыгымдарды азайтуу үчүн оптималдаштырууга багытталгандыгын көрсөттү. Көптөгөн окумуштуулардын эмгектери, агымдын ылдамдыгын, басымдын төмөндөшүн жана напордун жоготууларын туура эсептөөнүн, ошондой эле жылуулук жоготууларын минималдаштыруу үчүн түтүктүн оптималдуу диаметрин тандоонун маанилүүлүгүн баса белгилешет.

Бирок, бул тармактагы жетишкендиктерге карабастан, изилдөөнүн методологиясында климаттык шарттардын өзгөрүшүнө жана гидродинамикалык параметрлерге ар кандай жылуулук ташыгычтардын таасирине жетиштүү көңүл бурулбагандыгы сыяктуу айрым кемчиликтер сакталып турат. Келечектеги изилдөөлөр ар кандай факторлордун таасирин, анын ичинде аба ырайынын динамикалык өзгөрүшүн жана альтернативдүү түтүк материалдарын колдонууну, күн менен сууну жылытуу коллекторлорунун иштешин жакшыртууну изилдеши мүмкүн.

Изилдөө материалдары жана методдору. Изилдөөнүн объектиси болуп сууну жылытуу максатында күн энергиясын жылуулук энергиясына айландыруу үчүн колдонулган жакшыртылган жылуулук алмашуу системасы бар күн менен сууну жылытуучу коллектор саналат. Гидродинамикалык процесстерди талдоо жана моделдөө үчүн сандык моделдөө ыкмалары, анын ичинде чектүү элементтер ыкмасы (МКЭ) эсептөөлөрү колдонулган. Эсептөөлөрдө агымдын ылдамдыгы, температура жана системанын эффективдүүлүгү сыяктуу параметрлер эске алынды.

Жыйынтыктар. Күн менен суу жылытуучу коллектордун гидродинамикалык параметрлери системанын натыйжалуулугунда негизги ролду ойнойт. Күндүн суу жылытуу системасында жылуулук ташыгычтын табигый айлануусу, мажбурлап айлантуудан айырмаланып, толугу менен гравитация жана температуранын өзгөрүшүнө байланыштуу суюктуктун тыгыздыгынын айырмачылыгы сыяктуу табигый физикалык процесстерге көз каранды. Бул параметрлерди түшүнүү жана туура эсептөө жылуулук алмашуу үчүн оптималдуу шарттарды камсыз кылууга мүмкүндүк берет, бул өз кезегинде бүт системанын натыйжалуулугун жогорулатууга алып келет.

Гидродинамикалык параметрлерди аныктоонун негизги максаты суунун агымынын ылдамдыгын, напордун төмөндөшүн, жылуулуктун жоготууларын жана коллектордун натыйжалуулугуна таасир этүүчү башка маанилүү факторлорду талдоо жана эсептөө болуп саналат. Бул параметрлер насосторду жана башка айланууну мажбурлоочу каражаттарды колдонбостон, табигый айлануу шарттарында системанын туруктуу иштешин камсыз кылуу үчүн зарыл.

Агымдын ылдамдыгын эсептөө

$$\vartheta = \frac{G}{A}(1)$$

Мында G-жылуулук ташыгычтын көлөмдүк чыгашасы, $A = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 (2)$

Рейнольдс саны (Re):

$$R = \frac{\vartheta d}{\nu}(3)$$

Мында $\nu = \frac{\mu}{\rho}$- жылуулук ташыгычтын кинематикалык илешкектүүлүгү.

Агым режими:

• Re мааниси менен аныкталат: ламинардуу (Re < 2300) же турбуленттүү (Re > 4000).

Сүрүлүү коэффициенти (f) :

• Ламинардык режим үчүн:$f = \frac{64}{\text{Re}}$ (4)

Напордун жоготуусу (Δh):

• Дарси- Вейсбах формуласы менен эсептелген :

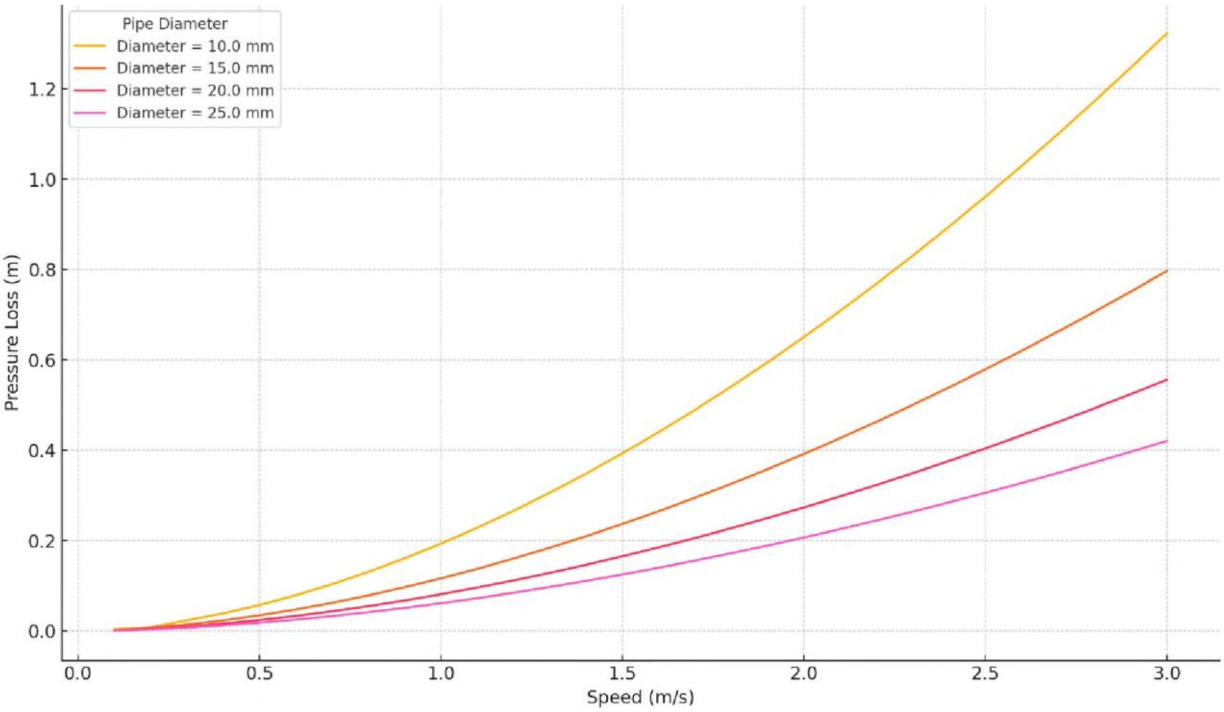
$$\Delta h = f \cdot \frac{\text{L}}{\text{d}} \cdot \frac{\vartheta}{2\text{g}} (5)$$

Мында g – эркин түшүү ылдамдануусу.

(1-5) -теңдемелерди чечүү менен напордун жоготуусун аныктайбыз:

$$\Delta h = f \cdot \frac{\text{L}}{\text{d}} \cdot \frac{\left(\frac{G}{\pi\left(\frac{\text{d}}{2}\right)^2}\right)^2}{2\text{g}} (6)$$

(6)-теңдемени чечүү күн менен суу жылытуу коллектордо напордун жоготуусунун агымдын ылдамдыгына жана түтүк диаметрине көз карандылыгын аныктоого мүмкүндүк берет. Алынган натыйжалар 1-сүрөттө берилген.



1-сүрөт. Күн менен суу жылытуучу коллектордо напордун жоготуусунун агымдын ылдамдыгынан жана түтүктүн диаметринен көз карандылыгы.

График түтүктүн ар кандай диаметрлери үчүн агымдын ылдамдыгынан түтүктөгү напрордун жоготууларынын көз карандылыгын көрсөтөт.

Негизги тыянактарды карап көрөлү:

1. *Напордун жоготуусунун ылдамдыктан көз карандылыгы*: напордун жоготуусу бардык түтүк диаметрлери үчүн агымынын ылдамдыгынын жогорулашы менен көбөйөт. Себеби ылдамдыкты жогорулатуу сүрүлүүнү, демек, напордун жоголушун жогорулатат.

2. *Түтүк диаметринин таасири:* Кичинерээк түтүк диаметрлери үчүн (мисалы, 10,0 мм) напордун жоготуусу чоңураак диаметрлерге (мисалы, 25,0 мм) караганда бирдей ылдамдыкта кыйла жогору. Бул түтүктүн диаметри кичине болгондо, агымдын каршылыгы жогору болуп, напордун азайышына алып келет.

3. *Ийри сызыктарды салыштыруу:* Графиктеги ар бир ийри сызык белгилүү бир түтүк диаметри үчүн напордун жоготуусун билдирет. Түтүктүн диаметри өскөн сайын ийри сызыктар ылдыйга жылып жатканын көрүүгө болот, бул берилген ылдамдыкта напордун жоготуусунун азайгандыгын көрсөтөт.

4. *Квадраттык көз карандылык:* Бардык ийри сызыктар сызыктуу эмес (болжол менен квадраттык) байланышты көрсөтүп, напордун жоготуусу сызыктуу түрдө көбөйбөйт, бирок агымдын ылдамдыгы жогорулаганда тездейт.

Ошондуктан, коллектордун түтүктөрүн тандоодо, түтүктүн диаметрин эске алуу маанилүү, анткени ал берилген агымдын ылдамдыгында напордун жоголушуна олуттуу таасир этет. Кичине диаметрдеги түтүк, өзгөчө жогорку ылдамдыкта напордун жоготууларына алып келет.

Биздин коллектор үчүн оптималдуу түтүк диаметри, аз экономикалык чыгым менен минималдуу напор жоготууну камсыз кылуу 20,0 мм өлчөмдө болот.

Изилдөөлөрдүн натыйжалары жана талкуулар. Изилдөө күн менен суу жылытуу коллекторлорунун натыйжалуулугуна таасир тийгизген гидродинамикалык параметрлерин карайт. Жылуулук ташыгычтын табигый айлануу шарттарында негизги фактор агымдын ылдамдыгы, напордун төмөндөшү, жылуулук жоготуу жана сүрүлүү коэффициенти сыяктуу параметрлерди түшүнүү жана эсептөө болуп саналат. Бул параметрлер насосторду жана башка мажбурлап айлантуу каражаттарын колдонбостон системанын туруктуу жана натыйжалуу иштешин камсыз кылуу үчүн өтө маанилүү.

Изилдөөнүн жүрүшүндө алынган натыйжалар агымдын ылдамдыгына жана түтүк диаметрине гидродинамикалык параметрлердин күтүлгөн көз карандылыгын ырастады.

Негизги жыйынтыктар төмөнкү байкоолорду камтыйт:

1. *Напордун жоготуусунун ылдамдыктан көз карандылыгы*: напордун жоготуусу бардык изилденген түтүк диаметрлери үчүн агымдын ылдамдыгынын өсүшү менен көбөйөт. Бул сүрүлүүнүн жогорулашынын теориялык концепцияларына жана ошого жараша жылуулук ташыгычтын кыймылынын ылдамдыгынын өсүшү менен напордун жоголушуна ылайык келет.
2. *Түтүк диаметринин таасири*: Кичинерээк түтүк диаметрлери чоңураак диаметрдеги түтүктөргө салыштырмалуу бирдей агымдын ылдамдыгында напордун көбүрөөк жоготууларын көрсөтөт. Кичине диаметрдеги түтүктө агымдын каршылыгы жогорулайт, бул өз кезегинде напордун көбүрөөк төмөндөшүнө алып келет.
3. *Квадраттык көз карандылык*: Напордун жоготуусу сызыктуу өспөйт, бирок агымдын ылдамдыгы менен квадраттык байланышты көрсөтөт, бул системаны долбоорлоодо аталган факторду эске алуу керек экенин көрсөтүп турат.

Башка изилдөөлөр менен салыштыруу. Изилдөөнүн натыйжалары күн менен суу жылытуу системаларынын гидродинамикасы жана термодинамикасы жаатындагы мурда жарыяланган иштерге дал келет. Бирок, буга карабастан, андан ары изилдөөнү талап кылган кээ бир аспектилери бар. Мисалы, кээ бир изилдөөлөрдө турбуленттиктин жылуулук өткөрүүгө тийгизген таасирин деталдуу талдоо зарылчылыгы белгиленет, ал бул эмгекте кеңири талкууланган эмес. Мындан тышкары, өзгөрүп жаткан климаттык шарттарда системанын узак мөөнөттүү туруктуулугуна байланыштуу маселелер дагы изилдөөнү жана башка изилдөөлөр менен салыштырууну талап кылат.

Көйгөйлүү аймактар жана жетишпеген жактар. Көйгөйлүү багыттардын бири - айлана-чөйрөнүн температурасынын өзгөрүшү жана анын жылуулук ташыгычтын айлануусуна таасири сыяктуу тышкы факторлордун таасирине жетиштүү көңүл бурулбагандыгы. Ошондой эле тутумдун узак мөөнөттүү эффективдүүлүгүнө олуттуу таасирин тийгизе турган гидродинамикалык параметрлерге түтүк материалынын тийгизген таасирин жетиштүү деңгээлде терең талдоо жүргүзүлгөн эмес .

Корутунду. Илимий жумушта күн менен суу жылыткыч коллекторлорунун эффективдүүлүгүнө таасир этүүчү гидродинамикалык параметрлерге кеңири анализ жасалган. Негизги көңүл жылуулук ташыгычтын агымынын ылдамдыгын, напордун төмөндөшүн изилдөөгө бурулду, алар табигый айлануу учурунда системанын туруктуу иштешин камсыз кылууда негизги ролду ойнойт.

а) *Проблеманын берилүүсү жана автордун натыйжалары*: Изилдөө гидродинамикалык параметрлер күндүн суу жылытуу системасында жылуулук берүүнүн эффективдүүлүгүнө олуттуу таасир этээрин көрсөттү. Агым ылдамдыгын, Рейнольдс санын, сүрүлүү коэффициентин жана напор жоготууларды туура аныктоо системанын конструкциясын оптималдаштырууга жана напордун жоготууларын минималдаштыруучу түтүктөрдүн параметрлерин тандоого мүмкүндүк берет, айрыкча мажбурланган насосторду колдонуу мүмкүн болбогон табигый циркуляция шарттарында.

б) Жалпыланган жыйынтыктар:

1. *Напор жоготуусунун агымдын ылдамдыгына көз карандылыгы:* агымдын ылдамдыгы жогорулаган сайын напордун жоготуусу көбөйөрү аныкталды, бул түтүктүн ичиндеги сүрүлүүнүн көбөйүшү менен байланыштуу. Ошентип системанын натыйжалуулугун жогорулатуу үчүн агымдын ылдамдыгын оптималдаштыруунун маанилүүлүгүн көрсөтөт.
2. *Түтүк диаметринин напордун жоготуусуна тийгизген таасири:* Натыйжалар диаметри кичинерээк түтүктөр чоңураак диаметрдеги түтүктөргө салыштырмалуу бирдей агымдын ылдамдыгында напордун азайуусуна алып келерин көрсөттү. Бул гидравликалык жоготууларды азайтуу үчүн түтүк диаметрин кылдат тандоо зарылдыгын көрсөтүп турат.
3. *Түтүк өткөргүчтүн диаметрин оптималдуу тандоо:* Эсептөөлөрдүн жана алынган маалыматтардын негизинде аз экономикалык чыгымдарда напордун жоготууларын азайтуу көз карашынан алганда оптималдуу катары диаметри 20 мм болгон түтүктөрдү колдонуу сунушталды.

Адабияттар:

1. Alabas Hasan Direct absorption solar collectors: Fundamentals, modeling approaches, design and operating parameters, advances, knowledge gaps, and future prospects, Progress in Energy and Combustion Science [Text] / Anas Alazzam, Eiyad Abu-Nada // Volume 103, 2024, 101160, ISSN 0360-1285,https://doi.org/10.1016/j.pecs.2024.101160. (https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360128524000182)
2. K. Anirudh Performance improvement of a flat-plate solar collector by inserting intermittent porous blocks, [Text] / S. Dhinakaran // Renewable Energy, Volume 145, 2020, Pages 428-441, ISSN 0960-1481, https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.06.015. (https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148119308286)
3. Хамраев С. И. Перспективы использования солнечной энергии в ГВС на примере непосредственный Республики Узбекистан [Текст] / С. И. Хамраев. // Молодой ученый. — 2017. — № 24 (158). — С. 213-215. — URL: https://moluch.ru/archive/158/44700/ (дата обращения: 10.08.2024).
4. Elumalai Vengadesan, A review on recent development of thermal performance enhancement methods of flat plate solar water heater, Solar Energy, Ramalingam Senthil, Volume 206, 2020, Pages 935-961, ISSN 0038-

092X,https://doi.org/10.1016/j.solener.2020.06.059. (https://www. sciencedirect.com/science/article/pii/S0038092X20306733)

5. Jaisankar S. T.K. Radhakrishnan, K.N. Sheeba, Studies on heat transfer and friction factor characteristics of thermosyphon solar water heating system with helical twisted tapes, Energy, Volume 34, Issue 9, 2009, Pages 1054-1064, ISSN 0360-5442, https://doi.org/10.1016/j.energy.2009.03.015.
6. (https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544209001017) https://eco-energy.kz/a33348-effektivno st- solnechnogo-kollektora. html
7. Volker Weitbrecht, David Lehmann, Andreas Richter, Flow distribution in solar collectors with laminar flow conditions, Solar Energy, Volume 73, Issue 6, 2002, Pages 433-441, ISSN 0038-092X, https://doi.org/10.1016/S0038-092X(03)00006-9. (https://www. sciencedirect.com/science/article/pii/S0038092X03000069)
8. Сатыбалдиев А.Б., Матисаков Т.К. Определение режима естественной циркуляции воды в СВУ на основе математического моделирования. Известия ОшТУ. Выпуск №1, г. Ош, 2009. - 180 с., С. 160-162.