



*ISSN (print) 2091-5985*  
*ISSN (online) 2181-1946*

**ЭНЕРГИЯ ВА РЕСУРС  
ТЕЖАШ МУАММОЛАРИ**

**ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГО- И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ**

**PROBLEMS OF ENERGY  
AND SOURCES SAVING**

**№ 2**

**2023**

*Энергия ресурсларидан фойдаланиш самарадорлигини ошириш учун мамлакатимиз энергетика тизимини ислоҳ қилишимиз, бу борада аниқ стратегия ишлаб чиқишимиз лозим.*

**Ш.М.Мирзиёев**

*Для повышения эффективности использования энергоресурсов нам необходимо реформировать энергетическую отрасль страны, разработать в этом направлении конкретную стратегию.*

**Ш.М.Мирзиёев**

*In order to increase the efficiency of energy resources, we need to reform the energy system of our country and develop a clear strategy in this regard.*

**Sh.Mirziyoyev**



ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ЭНЕРГЕТИКА ВАЗИРЛИГИ  
ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ТАЪЛИМ, ФАН ВА  
ИННОВАЦИЯЛАР ВАЗИРЛИГИ  
ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ  
ЭНЕРГИЯ ВА РЕСУРСЛАР ТЕЖАШ  
ИЛМИЙ-АМАЛИЙ ВА ЎҚУВ МАРКАЗИ  
«ЭНЕРГИЯ ТЕЖАМКОРЛИГИ ВА ҚАЙТА ТИКЛАНУВЧАН ЭНЕРГИЯ  
МАНБАЛАРИ» ИЛМИЙ - ТАДҚИҚОТ ЛАБОРАТОРИЯСИ  
«МУҚОБИЛ ЁҚИЛҒИ ВА ЭНЕРГИЯ КОРХОНАЛАРИ»  
АССОЦИАЦИЯСИ

*ISSN (print) 2091-5985*  
*ISSN (online) 2181-1946*

# ЭНЕРГИЯ ВА РЕСУРС ТЕЖАШ МУАММОЛАРИ

Журнал 2002 йилда  
ташkil қилинган

Йилига 4 марта  
чоп этилади

2023 й.

№2

ТОШКЕНТ - 2023

## ТАҲРИР КЕНГАШИ АЪЗОЛАРИ

Акад. А.У.Салимов (раис), акад. Р.А.Захидов (раис ўринбосари), акад. Т.Х.Насиров,  
акад. Н.Р.Юсупбеков, т.ф.д., проф. С.М.Турабджанов,  
т.ф.д., проф. Ж.Б.Тошов

## ТАҲРИР ҲАЙЪАТИ

**Бош муҳаррир:** акад. Аллаев К.Р.  
**Бош муҳаррир ўринбосари:** проф. Ситдиқов Р.А.  
**Илмий котиб:** доц. Раҳмонов И.У.

## ТАҲРИР ҲАЙЪАТИ АЪЗОЛАРИ:

### *ЭЛЕКТР ЭНЕРГЕТИКАСИ*

т.ф.д., проф. Т.Ш. Гайибов т.ф.д., проф. А.Н. Назарычев (Россия)  
т.ф.д., проф. А.Д. Таслимов т.ф.д., проф. М.Ш. Мисриханов (Россия)  
т.ф.д., проф. М.К. Бобожанов т.ф.д., проф. М. Колцун (Словакия)  
т.ф.д., проф. М.И. Ибадуллаев проф. Christian Kreischer (Германия)

### *ИССИҚЛИК ВА АТОМ ЭНЕРГЕТИКАСИ*

т.ф.д., проф. Р.П. Бабаходжаев ҚР МФА акад. Б.К. Алияров (Қозоғистон)  
т.ф.д., проф. Ё.С. Аббосов ҚР МФА акад. С.А. Кешуов (Қозоғистон)  
т.ф.д., проф. И.И. Садыков т.ф.д., проф. Ж.С. Абдимуратов (Қозоғистон)  
PhD, доц. Ш.Ш. Абдумаликов БелР МФА акад. А.А. Михалевич (Белорусия)

### *ЭНЕРГИЯ САМАРАДОРЛИГИ ВА ЭНЕРГИЯНИ ТЕЖАШ*

т.ф.д., проф. Ф.А. Хошимов т.ф.д., проф. Н.Ш. Чемборисова (Россия)  
т.ф.д., проф. О.Х. Ишназаров т.ф.д., проф. Н.Л. Новиков (Россия)  
т.ф.д., проф. Н.Б. Пирматов проф. Ekkehard Bolte (Германия)  
т.ф.д., проф. Х.М. Муратов проф. Wilfrid Hofmann (Германия)

### *МУҚОБИЛ ВА ҚАЙТА ТИКЛАНУВЧИ ЭНЕРГИЯ МАНБАЛАРИ*

т.ф.д., проф. Г.Н. Узакон PhD, проф. Kyubock Lee (Жанубий Корея)  
т.ф.д., проф. Н.Р. Авезова т.ф.д., проф. Ж.О. Титова (Россия)  
т.ф.д., проф. А.М. Мирзабаев PhD, проф. Rhee Young Woo (Жанубий Корея)  
т.ф.д., доц. И.А. Юлдошев проф. Peter Schegner (Германия)

### *НЕФТЬ ВА ГАЗ. ЁҚИЛҒИ РЕСУРСЛАРИ*

т.ф.д., проф. Н.С. Махмудов т.ф.д., проф. А.Ф. Максименко (Россия)  
т.ф.д., проф. У.С. Назаров т.ф.д., проф. Ф.Г. Жағфаров (Россия)  
т.ф.д., проф. Ф.Я. Умаров т.ф.д., проф. И.Г. Кантаржи (Россия)  
к.т.н., доц. И.Х. Халисмаев PhD, доц. А.С. Кулиев (Россия)

### *ЭКОЛОГИЯ ВА СУВ ЭНЕРГЕТИКАСИ МУАММОЛАРИ*

т.ф.д., проф. М.М. Мухаммадиев PhD, проф. Lee Young-Seak (Жанубий Корея)  
т.ф.д., проф. Б.М. Турсунов т.ф.д., проф. Д.С. Ахметбаев (Қозоғистон)  
т.ф.д., проф. О.Я. Гловацкий т.ф.д., проф. В.А. Хохлов (Россия)  
т.ф.д., проф. Б.У. Уришев PhD, проф. Namgee Jung (Жанубий Корея)

**Техник муҳаррир:** доц. Ниёзов Н.Н.

**Таҳририят манзили:** 100095, Тошкент ш., Университет кўчаси, 2, ТошДТУ, ЭФ биноси, 220-хона. Тел. +99871-246-08-04; E-mail: [tstu\\_energy@list.ru](mailto:tstu_energy@list.ru)

Журнал Тошкент шаҳар Матбуот ва ахборот бошқармаси рўйхатиغا олинган  
2007 йил 12 январ, 02-0044 гувоҳнома, ISSN 2091-5985 (print) ISSN (online) 2181-1946.

## МУНДАРИЖА

### ЭЛЕКТР ЭНЕРГЕТИКАСИ

<b>К.Р. Аллаев.</b> Симбиоз келажак энергетикаси - бу қайта тикланувчи ва атом энергия ресурсларини бирга ишлатилиши. ....	15
<b>О.В. Радионова, Р.А. Ситдиков.</b> Тақсимланган генерацияли энергетика тизимлардаги релели химоясининг хусусиятлари. ....	28
<b>И.У. Рахмонов, Б.Б. Холихматов.</b> Электр қурилмаларини ишлатиш ишончилигининг асосий параметрларини тадқиқ қилиш. ....	37
<b>А.Д. Таслимов, М.В. Мелиқўзиев.</b> Электр таъминоти тизимида комплекс трансформатор подстанция трансформаторларнинг сони ва қувватини аниқлаш усулини тадқиқ қилиш. ....	43
<b>О.З. Тоиров, С.С. Халиков.</b> Машинали сўғориш насос станцияларидаги қурилмаларининг ишончилиқ кўрсаткичларини экспериментал аниқлаш. ....	54
<b>А.С. Бердишев, Н.М. Маркаев.</b> Электрофизик таъсирлар билан узум қаламчасини электр авжлантиришни назарий тадқиқ қилиш. ....	60
<b>Т.Ф. Махмудов.</b> Электр энергетика тизимларида тебранишларни демпферлаш учун TCSC ростлагичларини қўллаш. ....	72

### ИССИҚЛИК ВА АТОМ ЭНЕРГЕТИКАСИ

<b>Х.С. Исаходжаев, З.Ё. Хасанов, Ю.У. Абдуллабеков.</b> Козон агрегатларида конденсацияланувчи иссиқлик алмашинувчининг иссиқлик алмашинуви юзасининг оптимал параметрларини ҳисоблаш. ....	81
<b>Л.М. Эшқуватов, Р.П. Бабаходжаев, Н.Т. Ташбаев.</b> Такимллаштирилган қовурға сиртли вертикал қувурда буг конденсацияланиш жараёнининг физик ва математик модели. ....	88
<b>Х.С. Исаходжаев, З.Ё. Хасанов, С.К. Ярашов.</b> ИЭС лар айланма совитиш тизимини математик моделини ишлаб чиқиш. ....	95

### ЭНЕРГИЯ САМАРАДОРЛИГИ ВА ЭНЕРГИЯНИ ТЕЖАШ

<b>Ф.А. Хошимов, К.Ш. Кадиров, Ш.С.Самиев.</b> Очиқ конларда 6-10 кВ тармок резисторли ёки комбинацияланган нейтрал ерга улаш техникасини ишлаб чиқиш. ....	108
<b>Ш.Б. Умаров.</b> Вентилли ўзгартиргичларни ривожланиш босқичлари таҳлили ва қўлланилиш истиқболлари. ....	120
<b>А.Д. Таслимов, А.А. Юлдашев, М.О. Узбеков.</b> Қишлоқ хўжалиги истеъмолчилари электр таъминоти тизими параметрларининг рационал параметрларини аниқлаш. ....	127
<b>М.К. Бобожанов, С.Д. Тўраев.</b> Сув таъминоти тизими учун моторнинг қутблар сони ўзгарувчан чулғам схемасини тадқиқ қилиш. ....	135
<b>И.А. Абдуллабеков, М.М. Мирсаидов.</b> Частота ўзгартиргич – асинхрон двигател – насос – босимли қувур тизими иш режимларини оптималлаштириш. ....	141
<b>П.М. Матякубова, Б.А. Назарбаева, Ф.Ж. Назарбаева.</b> Энергияни бошқариш тизимини жорий қилиш – инновацион ечим. ....	149

### МУҚОБИЛ ВА ҚАЙТА ТИКЛАНУВЧИ ЭНЕРГИЯ МАНБАЛАРИ

<b>О.Х. Полвонов, Р.А. Ситдиков.</b> Қуёш ҳаракатини кузатиш асосида қуёш панелларини самарали ишлашини назорат қилиш. ....	155
<b>Г.Т. Дадаев, Ш.А. Султанова, Ж.Э. Сафаров.</b> Энергия тежамкор гелиовибрацион қуришти қурилмасида хурмо мевасини қуришти жараёнларини моделлаштириш ва оптималлаштириш. ....	160

УДК 536.423.4

**ТАКОМИЛЛАШТИРИЛГАН ҚОВУРҒА СИРТЛИ ВЕРТИКАЛ ҚУВУРДА БУҒ  
КОНДЕНСАЦИЯЛАНИШ ЖАРАЁНИНИНГ ФИЗИК ВА МАТЕМАТИК  
МОДЕЛИ****Л.М. Эшқуватов, Р.П. Бабаходжаев, Н.Т. Ташбаев**

*Мазкур мақолада такомиллаштирилган қовурға сиртли вертикал қувурда сув бугнинг конденсацияланишида сиртда ҳосил бўлган конденсат плёнка қалинлигини трубка узунлиги бўйича ўзгаришини, совуқ ҳолдаги иссиқлик ташувчининг ҳароратини ҳамда иссиқлик алмашинув юзаларининг ҳароратлар ўзгаришини, бугнинг юза бўйлаб конденсацияланишини миқдорий тадқиқ қилиш учун физик ва математик модели ишлаб чиқилган. Бугни конденсацияланиш жараёнида содир бўладиган иссиқлик алмашини қурилмаларини тўғри танлаш учун ҳароратнинг маҳаллий қийматларини, оқимдаги буг концентрациясини ва иссиқлик алмашинув юзаси бўйлаб иссиқлик оқимини ҳисоблашга имкон берадиган ҳисоблаш усуллари зарурдир. Иссиқлик энергетик қурилмаларни лойиҳалаш ва ҳисоблаш вақтида бугнинг вертикал сирт бўйлаб конденсацияланишида плёнка қалинлигини ҳисобга олиш зарур. Суюқликнинг молекуляр деворолди қатламларининг термик қаршилигини пасайтиришдан иборат бўлган қиздирувчи буг томонидан бугнинг конденсацияланиши содир бўладиган иссиқлик алмашини сиртларини геометрик шаклини такомиллаштириш орқали иссиқлик алмашини жараёнини жадаллаштириш усуллари келтирилган. Бу усул иссиқлик алмашини юзасини ошириш ҳисобига бугдан девор сиртига иссиқлик бериш коэффициентининг оширилишига имкон беради.*

**Калит сўзлар:** *такомиллаштирилган қовурғали сирт, вертикал, иссиқлик бериш, конденсация, жадаллаштириш, буг, плёнка, томчи, иссиқлик.*

*В настоящей статье приведены физическая и математическая модели, описывающие изменение толщины плёнки по длине трубки, изменение температуры холодного теплоносителя и изменение температуры теплообменной поверхности и количественный анализ конденсации водяного пара по поверхности вертикальной трубки с ребрами. Для правильного выбора теплообменных аппаратов необходимы методы расчета, позволяющие рассчитать местные значения температуры, концентрацию пара в потоке и поток тепла по теплообменной поверхности. При проектировании и расчете теплоэнергетических установок необходимо учитывать толщину пленки при конденсации на вертикальной поверхности. Снижение термического сопротивления пристенных молекулярных слоев жидкости за счет совершенствования теплообменной поверхности позволит интенсифицировать процесс теплообмена. Этот метод позволяет повысить коэффициент теплоотдачи от пара за счет увеличения теплообменной поверхности стенки.*

**Ключевые слова:** ребро с усовершенствованной поверхностью, вертикаль, теплоотдача, конденсация, интенсификация, пар, плёнка, капля, тепло.

*This article presents physical and mathematical models describing the change in the thickness of the film along the length of the tube, the change in the temperature of the cold coolant and the change in the temperature of the heat exchange porosity and quantitative analysis of condensation on the surface during condensation of water vapor on a vertical tube with fins with an improved surface. For the correct choice of heat exchangers, calculation methods are needed that allow calculating local temperature values, the concentration of steam in the flow and the heat flow over the heat exchange surface. When designing and calculating thermal power plants, it is necessary to take into account the thickness of the film during condensation on a vertical surface. Reducing the thermal resistance of the wall-mounted molecular layers of the liquid due to the improvement of the heat exchange surface will intensify the heat exchange process. This method allows to increase the coefficient of heat transfer from steam to the wall surface by increasing the heat exchange surface.*

**Key words:** fin with improved surface, vertical, heat transfer, condensation, intensification, steam, film, drop, heat.

**Кириш.** Иссиқлик алмашиниш қурилмаларидан энергетика, кимё, озик-овқат, нефтни қайта ишлаш ва бошқа саноат соҳаларида кенг фойдаланилади. Саноат корхоналари ва аҳолини иссиқлик энергияси билан таъминлаш марказларида вертикал қувурли иссиқлик алмашиниш қурилмалари ишлатилади. Бу жараёнда таъминот суви буғ билан қиздирилади ва конденсат ҳосил бўлиши билан кечади. Вертикал қувурли иссиқлик алмашиниш қурилмаларида буғнинг конденсацияланиши натижасида ҳосил бўлган конденсат плёнкасининг қалинлиги қувур узунлиги бўйлаб ортиб боради, унинг термик қаршилиги катталашади ва буғ билан совитувчи сирт ўртасидаги иссиқлик алмашиниш жараёни сустлашади, натижада иссиқлик бериш коэффициенти тушиб кетади.

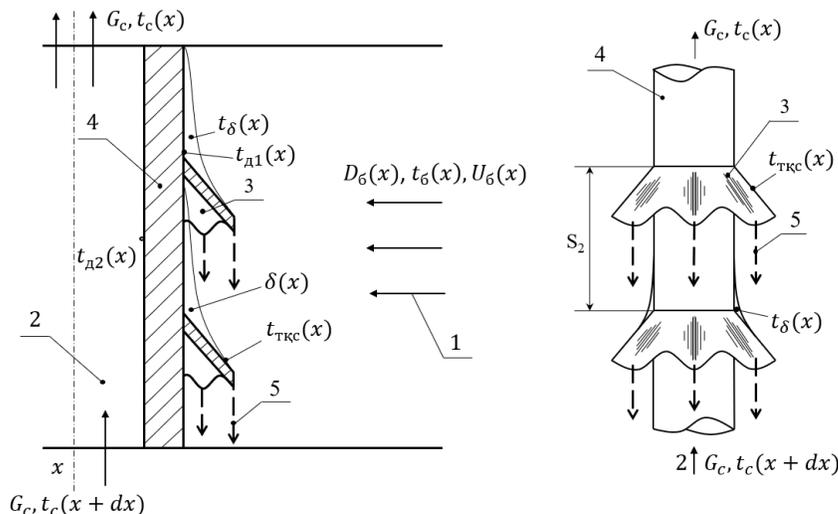
**Асосий қисм.** Сув буғининг конденсацияланиш жараёнида иссиқлик беришни жадаллаштиришнинг мавжуд усуллари таҳлил қилинганда такомиллаштирилган қувурғали сиртларда конденсация жараёни самарали кечади деган хулосага келинди [1 - 4].

Иссиқлик энергетика қурилмаларини лойиҳалаш ва ҳисоблашда буғнинг вертикал сирт бўйлаб конденсацияланиш жараёнида плёнка қалинлиги ва унинг термик қаршилигини эътиборга оладиган иссиқлик алмашинувини ҳисоблайдиган усулларни аниқлаш долзарб масала ҳисобланади [5 - 8].

Иссиқлик алмашиниш жараёнини жадаллаштиришнинг физик ва математик моделлари бўйича тадқиқотлар олиб борилган [9 – 14].

Буғни вертикал силлиқ сирт бўйлаб конденсациялашнинг плёнкали модели қабул қилинади. Томчи ёки сизимча конденсацияланишни юзага келиши биринчи навбатда юзанинг тузилишига ва девор материалига боғлиқдир. Томчи ёки сизимча кўринишидаги конденсациялаш жараёнини бориши учун қулай шарт-шароитларни

яратиш бўйича кўплаб ўринишлар бўлишига карамай, ҳанузгача плёнкали конденсациялашдан фойдаланилмоқда [15].



1 - расм. Такимилаштирилган қовурға сиртли вертикал қувурда буғ конденсацияланиш жараёнининг физик модели: 1-буғ; 2-сув; 3-конденсат плёнкаси; 4-девор; 5-томчи (сизимча);  $S_2$ -қовурғалар орасидаги масофа; м.

1 – расмда қарама-қарши оқимли иссиқлик алмашинув қурилмасида буғ ва иситилувчи сув ўртасида иссиқлик алмашинуви оқимларини ажратиб турувчи девор орқали амалга оширилади. Масса сарфи  $G_6$  бўлган буғ совуқ сирт бўйлаб маълум  $U_6$  тезликда ҳаракатланади ва конденсацияланади. Натижада совуқ сиртнинг юзасида қалинлиги ўсиб боровчи конденсат плёнкаси ҳосил бўлади ва иссиқлик алмашиниш жараёнининг секинлашишига олиб келади. Ҳосил бўлган конденсат плёнка таъсирини бартараф этиш учун такомиллаштирилган қовурғали сиртлар (ТҚС) ўзаро оралиқ ( $S_2$ ) бўйича ўрнатилади. ТҚС конденсат плёнкасини совуқ сиртдан ажратади ва қовурға сирти бўйлаб ҳосил қилинган бир нечта чуқурсимон йўлақлар бўйлаб йириклаштирилган чизимчалар шаклида пастга тушириб юборилади. Ушбу ечим, яъни, конденсат оқимининг бир нечта чуқурсимон йўлақлар бўйлаб йириклаштирилган чизимчалар шаклида пастга тушириб юборилиши, қўшимча тарзда, буғ оқимининг конденсатдан ҳоли бўлган совуқ юза томон ҳаракатини жадаллаштиради. Натижа иссиқлик бериш коэффиценти қийматининг ошишига олиб келади.

Конденсат плёнкаси орқали ўтадиган иссиқлик оқими қуйидаги кўринишда ифодаланади:

$$q = \alpha_{пл} \cdot (t_{\delta} - t_{д}); \quad (1)$$

бу ерда  $\alpha_{пл}$  – конденсат плёнканинг иссиқлик бериш коэффиценти, Вт/(м<sup>2</sup> · °С);  $t_{\delta}$  – конденсат плёнканинг ҳарорати, °С.

Плѐнка ўсиши жараёнини моделлаштириш учун Нуссельтнинг модификацияланган яқинлашувидан фойдаланиш мумкин. Конденсат плѐнкаси учун плѐнка ва буғ аралашма чегараларида ишқаланишни ҳисобга олган ҳолда ҳаракат тенгламасини интеграллаш йўли орқали плѐнка ўсишининг дифференциал тенгламасини келтириб чиқарамиз.

Агар конденсат плѐнкаси билан буғ уринса, унинг ҳарорати  $t_n$  га тенг бўлади, у ҳолда иссиқлик оқими  $q$  қуйидаги ифода билан аниқланади:

$$q = \frac{\lambda}{\delta} (t_\delta - t_d); \quad (2)$$

бу ерда  $\delta$  - плѐнка қалинлиги, мм;  $\lambda$  - иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти, Вт/(м · °С);  $t_d$  - девор сиртининг ҳарорати, °С.

Иккинчи томондан, Ньютон-Рихман қонунига асосан конденсат плѐнкаси орқали ўтадиган иссиқлик оқими қуйидаги кўринишда ифодланади:

$$q = \alpha (t_\delta - t_d). \quad (3)$$

(2) ва (3) – ифодаларни тенглаштирак, қуйидаги ифодани ҳосил қиламиз:

$$\alpha = \frac{\lambda}{\delta}. \quad (4)$$

Шундай қилиб, иссиқлик бериш коэффициентини аниқлаш масаласи конденсат плѐнкаси қалинлигини аниқлаш масаласига келтирилади, яъни конденсатнинг плѐнка ҳосил қилиб ҳаракатланишини анализ қилиш орқали аниқланади.

Плѐнка ўсиши жараёнини моделлаштириш учун Нуссельтнинг модификацияланган яқинлашувидан фойдаланиш мумкин. Конденсат плѐнкаси учун плѐнка ва буғ чегараларида ишқаланишни ҳисобга олган ҳолда кўриб чиқамиз. Бирлик ҳажмда ҳосил қилинган плѐнка учун конденсатнинг ҳаракат тенгламасини қуйидаги кўринишда оламиз:

$$g\rho_k + \mu_k \frac{d^2\omega_x}{dy^2} = 0. \quad (5)$$

(5) – тенглама конденсатнинг ҳаракат тенгламаси бўлиб, уни икки мартаба интеграллаш йўли орқали конденсат тезлигининг ўзгаришини характерловчи қуйидаги тенгламани оламиз:

$$\omega_x = -\frac{g\rho_k}{2\mu_k} y^2 + C_1 y + C_2. \quad (6)$$

Интеграллаш ўзгармасларини топиш учун чегаравий шартлардан фойдаланамиз.

Чегаравий шартлар:

$$\begin{aligned} y = 0 \text{ да } \omega_x &= \omega_x(y = 0) = 0; \\ y = \delta \text{ да } \mu_k \frac{\partial \omega_x(y=\delta)}{\partial y} &= \mu_n \frac{\partial U}{\partial y}. \end{aligned} \quad (7)$$

Тезликнинг тарқалиши чизиқли равишда масофага боғлиқ, яъни:

$$\omega_x = U \frac{y}{h}. \quad (8)$$

Конденсат плѐнкаси тезлигининг ўзгариш қонунини топамиз:

$$\omega_x = -\frac{g\rho}{2\mu} y^2 + \left( \frac{g\rho}{\mu_k} \delta + \frac{\mu_n U}{\mu_k h} \right) y. \quad (9)$$

Конденсат плёнка учун (9) - ҳаракат тенгласини бутун қалинлик бўйича интеграллаш орқали конденсат плёнкасининг ўртача тезлигини топиш мумкин:

$$\bar{\omega}_x = \frac{1}{\delta} \int_0^{\delta} \omega_x dy = \bar{\omega}_x = \frac{g\rho}{3\mu} \delta^2 + \frac{\mu n U}{2\mu_k h} \delta. \quad (10)$$

Бир бирлик кенгликка тўғри келадиган плёнканинг кўндаланг кесими орқали бир бирлик вақт ичида оқиб ўтадиган конденсат миқдорини қуйидаги ифода орқали аниқлаймиз:

$$G = \rho_k \cdot \bar{\omega}_x \cdot \delta \cdot 1. \quad (11)$$

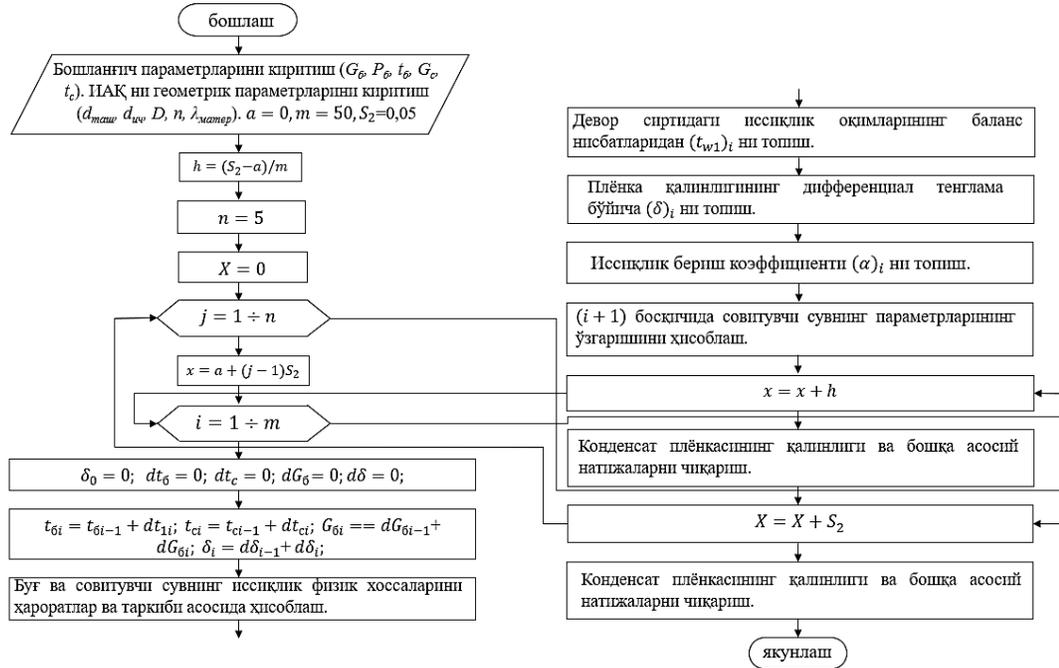
Шундай қилиб, бирлик вақт ичида бирлик юзадаги конденсат миқдори:

$$G = \frac{g\rho k \rho}{3\mu_k} \delta^3 + \frac{\mu n \rho U}{2\mu_k h} \delta^2. \quad (12)$$

Плёнканинг кўндаланг кесими  $dx$  масофада, унга мос оқим қиймати  $dG$  бўлади. Плёнка қалинлигининг бундай ўсиши, конденсация миқдорига боғлиқ бўлади. Бу ҳолда қуйидаги тенглама тўғри бўлади:

$$d(\rho_k \cdot \bar{\omega}_x \delta) = j dx, \quad (13)$$

$\bar{\omega}_x$  – плёнка кесими бўйича конденсатнинг ўртача тезлиги; м/с.



2 – расм. Такмиллаштирилган қовурға сиртли вертикал қувурли иссиқлик алмашиниш қурилмаларида бугнинг конденсацияланишида плёнка қалинлигини ҳисоблаш алгоритми

Конденсатнинг ўртача тезлиги учун (12) – тенгламани (13) – ифодага қўйиб ва кавсларни очиб юбориб, ТҚСли вертикал қувурда конденсат плёнкаси ўсишининг дифференциал тенгласини оламиз:

$$\frac{d\delta}{dx} = \frac{jh\mu_n}{\rho_k \rho g h \delta^2 + 2\mu_k \rho_k U \delta} \quad x = (i-1) \cdot S_2 : \delta = 0; \quad (14)$$

бу ерда тенгламанинг ўнг томони:  $\mu_k, \rho_k$  – конденсатнинг динамик қовушқоқлик коэффициентлари, Па·с ва зичлиги, кг/м<sup>3</sup>;  $\rho$  – буғнинг зичлиги, кг/м<sup>3</sup>;  $H$  – қувур узунлиги, м;  $g$  – эркин тушиш тезланиши, м/с<sup>2</sup>;  $i = 1 \div n$ .

(14) – тенгламалар системасини ечиш учун 4-даражали аниқликка эга бўлган Рунге-Кутг усулидан фойдаланилди ҳамда ҳисоблаш алгоритмининг блок-схемаси яратилди (2 - расм).

**Хулоса.** Ушбу математик модель ёрдамида такомиллаштирилган қовурга сиртли вертикал қувурларда буғ конденсацияланишида аниқланадиган ҳисоб-китоблар  $x$  координатаси бўйича иссиқлик элтувчиларнинг ҳарорати, сарфи, конденсат плёнқасининг қалинлиги ва иссиқлик бериш коэффициентлари ва бошқа параметрларини аниқлаш имконини беради.

### Адабиёт

1. Эшқуватов Л.М., Ташбаев Н.Т. Вертикал қувурларда буғнинг ламинар конденсациялаш жараёнини ҳисоблашнинг айрим усуллари таҳлили натижалари // Илм-фан, таълим ва ишлаб чиқаришнинг инновацион ривожлантиришдаги замонавий муаммолар мавзусида халқаро илмий-амалий конференция. Андижон, 2020. 181-187 б.

2. Эшқуватов Л.М., Бабаходжаев Р.П., Исмаилов Б.Р., Ташбаев Н.Т., Исмаилов Х.Б., Мирзаев Ж.А., Кучинов Х.А., Курбанбаева М. Қовурғаланган қувур // ЎзРес. Интеллектуал мулк агентлиги. Фойдали модел учун патент FAP 02024, 27.06.2022.

3. Lutfulla Eshkuvatov, Rakhimjan Babakhodjaev and Nazim Tashbaev Experimental study of the influence of the geometric structure of ribbing on a vertical tube on the heat transfer coefficient / Rudenko International Conference “Methodological Problems in Reliability Study of Large Energy Systems” (RSES 2021) AIR Conf. Proc. 2552, 030021-1-030021-6 (2023); <http://doi.org/10.1063/5.0111439>.

4. Эшқуватов Л.М. Конденсация паров воды на оребренных вертикальных трубах / Universum: технические науки: научный журнал. -№ 4(97). Част 11. М., Изд. «МЦНО», 2022. – С. 32-36. <http://doi - 10.32743/UniTech.2022.97.4.13444>.

5. Lutfulla Eshkuvatov, Mirjalol Ruzinazarov Methodology for conduction and calculation of the results of an experimental study for condensation of vapors on vertical tubes with specially profiled ribs // International Journal of Advanced Research in Science Engineering and Technology ISSN: 2350-0328 Vol. 9, Issue 11, November 2022 Pages: 20032-20037.

6. Эшқуватов Л.М., Н.Т. Ташбаев, Р.П. Бабаходжаев Анализ современного состояния эффективности конденсации водяного пара на поверхностях вертикальной трубки и разработка экспериментального стенда. // Проблемы энерго- и ресурсосбережения. Ташкент, 2021. №2, -С. 94-101.

7. Эшқуватов Л.М. Экспериментальное исследование конденсации пара на вертикальных оребренных трубах. // Проблемы энерго- и ресурсосбережения.

Ташкент, 2021. №4, -С. 148-153.

8. Eshkuvatov L.M., Babakhodjayev R.P., Tashbayev N.T. Study of steam condensation on vertical tubes of a heat exchanger and processing of the results. // Technical science and innovation: TSTU. Tashkent, 2021.

9. Manglik R.M. Heat Transfer Enhancement // Heat transfer handbook. Editors by Bejan A. and Kraus A.D. Chap.14. John Wiley & Sons, Inc. 2003. 1480 p.

10. Thome J.R. Boiling // Heat transfer handbook. Editors by Bejan A. and Kraus A.D. Chap.9.13. John Wiley & Sons, Inc. 2003. 1480 p.

11. Kedzierski M.A., Chato J.C., Rabas T.J. Condensation // Heat transfer handbook. Editors by Bejan A. and Kraus A.D. Chap.10.7. John Wiley & Sons, Inc. 2003. 1480 p.

12. Pan Y. Condensation characteristics inside a vertical tube considering the presence of mass transfer, vapor velocity and interfacial shear // Int. Int. J. Heat Mass Transfer, - 2001, –Vol. 44.

13. Иодис В.А., Пашкевич Р.И. Математические модели процесса ламинарной конденсации пара в вертикальных трубах. НИГТЦ ДВО РАН. 2014.

14. Kim D.E., Yang K.H., Hwang K.W. et al. Simple heat transfer model for laminar film condensation in a vertical tube // Nuclear Engineering and Design. - 2011. - Vol. 241. - p. 2544– 2548.

15. Исаченко В.П. Теплообмен при конденсации. – М.: Энергия, 1977. -240 с.

*Тошкент давлат техника университети  
томонидан тақдим этилган*