

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС  
ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**

**БУХОРО МУҲАНДИСЛИК-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ**

Қўлёзма ҳуқуқида  
УДК 665. 276

**Худойбердиев Мирқосим Рашиджон ўғли**

**“Керосин фраксияларни сув билан совитиш учун  
самарали аппарат ишлаб чиқиш”**

Мутахассислик: 5А320309 – Нефть-газ саноати машиналари ва жиҳозлари

**Магистр академик даражасини олиш учун**

**ДИССЕРТАЦИЯ**

**Илмий раҳбар: к.ф.д., проф. Дўстов Ҳ.Б.**

Бухоро – 2018 йил

## **АННОТАЦИЯ**

Мазкур диссертация ишида углеводород буғларининг иссиқлик-физикавий хоссалари, нефт фракцияларининг дистиллятлари ва иссиқлик ташувчининг, шунингдек буғлар намлик даражасининг сув билан совутгич иссиқлик беришининг самарадорлигига таъсири ўрганилди. Ҳарорат, босим, буғ фаза сарфи ва намлиги, шунингдек совутувчи агент тезлиги ва температурасининг қувурсимон аппаратдаги углеводород буғлари совуш жараёнининг самарадорлигига таъсири аниқланди. Углеводород буғлари ва дистиллят фракцияларини сув оқими билан совутишда режим факторларининг иссиқлик алмашинувини жадаллаштириш даражасига таъсири таҳлил қилинди. Углеводород буғлари ва нефт дистиллятларини сув билан совутувчи қувурсимон аппаратлар конструктив-технологик параметрларининг рационал қийматлари аниқланган.

## **АННОТАЦИЯ**

В данной диссертационной работе изучены влияния теплофизических свойств углеводородных паров, дистиллятов нефтяных фракций и хладоносителя, а также степени влажности паров на эффективность теплоотдачи в водяном охладителе. Установлены влияния температуры, давления, расхода и влажности паровой фазы, а также скорости и температуры охлаждающего агента на эффективность процесса охлаждения углеводородных паров трубчатом аппарате. Установлено влияние режимных факторов на степень интенсификации теплоотдачи при охлаждении углеводородных паров и дистиллятных фракций водяными потоками. Определены рациональные значения конструктивно-технологических параметров трубчатых аппаратов водяного охлаждения для углеводородных паров и нефтяных дистиллятов.

## **ANNOTATION**

In this dissertation work, the influence of the thermophysical properties of hydrocarbon vapors, distillates of oil fractions and coolant, and the degree of vapor moisture on the efficiency of heat transfer in a water cooler have been studied. The effects of temperature, pressure, flow and humidity of the vapor phase, as well as the speed and temperature of the cooling agent on the efficiency of the process of cooling hydrocarbon vapors by a tubular apparatus are established. The influence of regime factors on the degree of intensification of heat transfer during the cooling of hydrocarbon vapors and distillate fractions by water flows is established. Rational values of structural and technological parameters of tubular water cooling apparatus for hydrocarbon vapors and petroleum distillates are determined.

<b>МУНДАРИЖА</b>		<b>бет</b>
	<b>КИРИШ</b> .....	5
<b>I</b>	<b>НЕФТ ДИСТИЛЛЯТ ФРАКЦИЯЛАРИНИ СОВУТИШ</b>	13
<b>БОБ</b>	<b>ЖАРАЁНИ НАЗАРИЯСИ ВА АМАЛИЁТИНИНГ ҲОЗИРГИ ҲОЛАТИ (Адабиётлар шархи)</b> .....	
1.1.	Нефтни бирламчи ҳайдаш қурилмасида нефт дистиллятларини сув билан совутиш жараёнларининг назарий асослари. ....	13
1.2.	Нефтни қайта ишлаш корхоналаридаги нефт дистиллятларини совутишга мўлжалланган қурилмаларнинг асосий турлари .....	26
1.3.	Нефтни қайта ишлаш заводларида ишлатиладиган сув билан совутувчи қурилмалар самарадорлигининг қиёсий таҳлили .....	37
1.4.	Ишнинг мақсадини шакллантириш ва тадқиқот вазифасини асослаш. ....	42
	Биринчи боб бўйича хулосалар .....	43
<b>II</b>	<b>КЕРОСИН ФРАКЦИЯСИ ДИСТИЛЛЯТИ ВА ИССИҚЛИК</b>	45
<b>БОБ</b>	<b>ТАШУВЧИНИНГ АСОСИЙ ХОССАЛАРИНИ АНИҚЛАШ</b> .	
2.1	Бензин фракцияси дистилляти ва совуқлик ташувчи асосий хоссаларини ҳисоб-тажриба йўли билан аниқлаш .....	45
2.1.1.	Зичликни ҳисоблаш. ....	46
2.1.2.	Қовушқоқликни ҳисоблаш. ....	50
2.1.3.	Иссиқлик сиғимини ҳисоблаш. ....	53
2.1.4.	Энтальпияни ҳисоблаш. ....	57
2.1.5.	Иссиқлик ўтказувчанликни ҳисоблаш. ....	59
	Иккинчи боб бўйича хулосалар. ....	61
<b>III</b>	<b>СУВ БИЛАН СОВУТИШ УСУЛИДА КЕРОСИН ФРАК-</b>	62
<b>БОБ</b>	<b>ЦИЯСИ ДИСТИЛЛЯТИНИНГ СОВУТИШ ЖАРАЁНИНИ ҲАМДА</b>	
	<b>ЎРГАНИШ</b> .....	
3.1.	Экспериментал қурилманинг тавсифи ва эксперимент ўтказиш методикаси. ....	62
3.2.	Қуруқ ва нам керосин фракцияси дистиллятларини тажриба-вий сувли совитгичда совутиш жараёнларини тадқиқот қилиш .....	65
3.3.	Тажрибавий иссиқлик алмаштиргичида углеводород буғлари босимининг керосин дистиллятини совутиш температурасига таъсирини ўрганиш. ....	69
3.4.	Қиздириладиган хомашё ҳаракат тарзининг керосин фракциясининг дистиллятини совутиш самарадорлигига таъсирини ўрганиш. ....	71

	Учинчи боб бўйича хулосалар. . . . .	78
<b>IV</b>	<b>КЕРОСИН ФРАКЦИЯСИ ДИСТИЛЛЯТИНИ СУВ БИЛАН</b>	<b>80</b>
<b>боб</b>	<b>СОВИТУВЧИ САНОАТ ҚУРИЛМАСИНИ ВА УНИНГ ТЕХ-</b>	
	<b>НИК-ИҚТИСОДИЙ КЎРСАКИЧЛАРИНИ ҲИСОБЛАШ . . . .</b>	
4.1.	Керосин фракцияси дистиллятини сув билан совитиш жараёни қурилмасининг тавсифи ва уни расмийлаштириш. . . . .	80
4.2.	Керосин фракцияси дистиллятини сув билан совитиш жараёнининг материал-иссиқлик баланси. . . . .	81
4.3.	Керосин фракцияси дистиллятини совитиш учун мўлжалланган саноат кожухқувурли иссиқлик алмаштиргичнинг назорат иссиқлик ҳисоблашлари. . . . .	85
4.4.	Нефтни қайти ишлаш заводи шароитида керосин фракциясининг дистиллятини совитиш бўйича тавсия этилаётган усулни қўллаш туфайли кутиладиган иқтисодий самарани ҳисоблаш . . . . .	86
	Тўртинчи боб бўйича хулосалар. . . . .	92
	Умумий хулосалар. . . . .	94
	<b>Фойдаланилган адабиётлар рўйхати . . . . .</b>	<b>95</b>

## КИРИШ.

Бугунги кунда Ўзбекистон нефть-газ саноати нафақат ер ости бойликларини қазиб олиш, балки хомашёни қайта ишлаш ва маҳсулот ишлаб чиқарувчи мажмуалар тизимига айланди. Бу тармоқ юксак ривожланган саноат ички ва ташқи бозорларда талаб юқори бўлган маҳсулотлар ишлаб чиқариш ва сотиш бўйича қатор йирик корхоналарни бирлаштирди.

Ҳозирги босқичда тармоқнинг асосий иқтисодий йўналишларидан бири углеводород хомашёсини чуқур қайта ишлаш ва ундан кўшимча қийматга эга маҳсулотлар ишлаб чиқариш, хорижий инвестицияларни жалб этиш ҳамда экспорт географиясини кенгайтириш ҳисобланади. Бу борадаги лойиҳаларни амалга ошириш учун мамлакатимизга нефть ва газни қазиб чиқаришда етакчи қатор йирик чет эл компаниялари жалб этилмоқда.

Давлатимиз раҳбари Ҳаракатлар стратегиясига мувофиқ амалга оширилаётган ишлар саноатнинг етакчи йўналишларини изчил ривожлантиришга хизмат қилаётганини таъкидлади. Шунингдек, 2016 йил 28 сентябрдаги «2016 – 2020 йилларда углеводород хом ашёсини чуқур қайта ишлаш негизида экспортга йўналтирилган тайёр маҳсулотлар ишлаб чиқаришни кўпайтириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги қарори асосида бу борадаги ишлар изчил ривожлантирилади.

Ўзбекистон узоқ муддатли лойиҳаларни амалга ошириш имконини берадиган муҳим углеводородли салоҳиятга эга. Ҳисоб-китобларга кўра, Марказий Осиёдаги барча минерал захираларнинг учдан бир қисми Ўзбекистонда жойлашган. Мамлакатимиз газни қазиб чиқариш бўйича дунёнинг илғор йигирматалигига киради.

«Ўзбекнефтгаз» АЖнинг халқаро ҳамкорлиги

Қулай инвестицион муҳит халқаро ҳамкорларга кенг имкониятларни тақдим этмоқда. Мослашувчан солиқ сиёсати, лойиҳаларнинг салоҳиятли йўналишларини танлаш имкони, истиқболли минтақаларни ўрганиш ва тадқиқ этишда кўрсатилаётган ёрдам самарали ҳамкорлик қилиш ва энергетика соҳасидаги кооперацияни ривожлантириш учун замин яратмоқда.

Хорижий шериклар билан фаол ҳамкорлик юритиш йилларида мамлакатимизга тўғридан-тўғри хорижий инвестициялар оқими анча кенгайди. Тармоқ объектларининг техник жиҳозланганлик даражаси ҳам сезиларли ортди. Уларнинг аксариятида жиддий модернизация ва кенг кўламли реконструкция жараёнлари амалга оширилди. Конларда босимни янада кучайтирувчи замонавий компрессор станциялари, ерости газ омборлари барпо этилди. «Ўзбекнефтгаз» АЖнинг ишончли ҳамкорлари каторида Хитой, Малайзия, Корея Республикаси, Россия ва бошқа мамлакатларнинг энг йирик компаниялари мавжуд.

Мустақиллик йилларида Ўзбекистон энг устувор йўналишлар сифатида иқтисодиётни диверсификация қилиш ва модернизациялаш, импорт ўрнини босувчи товарлар ва юқори технологик, рақобатбардош маҳсулотлар ишлаб чиқаришни йўлга қўйиш ва кенгайтиришга асосий эътибор қаратмоқда.

Нефт-газ тармоғида нафақат хом ашёни қазиб чиқариш ва экспорт қилиш ҳажмларини ошириш, балки қайта ишланган маҳсулот улушини сезиларли кўпайтиришга эришилди. Углеводород хом ашёсини чуқур қайта ишлашга мўлжалланган мажмуаларни қуришга йўналган стратегия натижасида Ўзбекистонда илғор технологияларга асосланган нефт ва газкимё индустрияси шаклланди ва изчил ривож топмоқда.

Нефт мустақиллигига эришишга қаратилган давлат сиёсати туфайли мамлакатимиз нафақат табиий газ қазиб чиқариш бўйича дунёда саккизинчи ўринга чиқишга, балки газни қайта ишлаш масалаларида энг муҳим шериклардан бирига айланишга муваффақ бўлди. Бу эса инвестицион ҳамкорлик ва, демакки, мамлакат иқтисодиётининг жаҳон бозоридаги истиқболлари тубдан янги поғонага кўтарилганидан далолатдир.

**Ишнинг долзарблиги.** Корхоналарнинг техник ва технологик қайта жиҳозланиши, технологик углеводород хом-ашёсини қайта ишлаш жараёнлари интенсификацияси, ишлаб чиқариш мавжуд технологияларининг такомиллаштирилиши ва янги энергия ва манба тежовчи технологияларни жорий қилиш Республика иқтисодиётининг нефтни қайта ишлаш соҳасини

янада жадалроқ ривожлантиришнинг устивор йўналишлари бўлиб ҳисобланади.

Йирик тоннажли технологик объектларга мансуб бўлган бирламчи ҳайдаш қурилмалари катта миқдорда иссиқлик ва электр энергияси сарф этади. Шунинг учун энергия ташувчиларига қўйиладиган тарифларнинг доимий ўсиб бориши шароитларида бу қурилмалар иссиқлик энергиясини қўллаш самарадорлиги бўйича замонавий критерийларга доимо ҳам жавоб бера олмайди. Бу ҳолат энергетик харажатларни қисқартириш, иккиламчи энергия манбаларини қўллаш улушини ошириш, иссиқлик рекуперациясидан максимал фойдаланиш ва иссиқлик алмашиниш қурилмалари технологик режимини оптималлашириш ҳисобидан нефтни ҳайдаш қурилмалари самарадорлигини ошириш йўллари излашни тақозо қилади.

Маълумки, нефтни бирламчи ҳайдаш қурилмаси ўз таркибида буғлатгич, ҳайдаш секцияли ректификацион колонналар ва иситиш жиҳозлари системаси – хом-ашёни иситиш учун қувурли иссиқлик алмашиниш жиҳозлари, нефтни иситиш учун печь, ҳаволи ва сувли совитиш аппаратлари турли конструкциялари, вакуум ҳосил қилиш системаси, насослар ва бошқ. эга. Таъкидлаб ўтиш лозимки, нефтни бирламчи ҳайдаш қурилмаси совитиш аппаратураси иссиқлик узатилиши коэффициенти кичик қийматлари, ката габарит ўлчамлар ва масса билан характерланиб, эксплуатацияда ва таъмирлашда мураккаб бўлади.

Углеводород хом-ашёсини қуруқ ҳайдаш янги технологиясининг моҳияти альтернатив (сув буғи ўрнига) иссиқлик ташувчиси – юқори ҳароратларда ректификацион колоннадан чиқувчи нефть фракциялари буғларини ишлатишдан иборат. Углеводород иссиқлик ташувчиси асосий афзаллиги бўлиб уларнинг паст конденсация иссиқлиги (250÷350 кДж/кг) ҳисобланиб, бу сув буғи конденсацияси иссиқлиги (2260 кДж/кг) кўрсаткичидан 7÷8 марта кичик.

Нефт ва газни қайта ишлаш корхоналарининг қурилмалари таркибига кирувчи совитувчи ва қиздирувчи иссиқлик алмаштигич аппаратларининг

кўпчилиги унча катта бўлмаган иссиқлик узатиш коэффиценти, оғир массаси, катта ўлчамлари, шунингдек ишлатиш ва таъмирлашга мураккаблиги билан характерланади.

Нефт ва газни қайта ишлаш корхоналарининг қурилмалари таркибига кирувчи совитувчи ва қиздирувчи иссиқлик алмаштигич аппаратларининг кўпчилиги унча катта бўлмаган иссиқлик узатиш коэффиценти, оғир массаси, катта ўлчамлари, шунингдек ишлатиш ва таъмирлашга мураккаблиги билан характерланади.

Нефтни бирламчи қайта ишлаш, нефтни ҳайдаш қурилмалар таркибига кирувчи ректификацион колоннанинг юқори қисмига кирувчи совиткич совутиш вазифасини ўтайди. Углеводород буғларидан конденсат олиш мақсадида жараёнларни тадқиқот қилиш, коррозиябардош совиткич қурилмаларини лойиҳалаш, қувурсимон аппаратларда иссиқлик узатилишини интенсификациялаш, иссиқлик ташувчиларга сарфланадиган маблағларни камайтириш, саноат миқёсидаги сув билан совитиш қурилмаларининг самарадорлиги ошириш **долзарб масала ҳисобланади.**

#### **Ишнинг асосий мақсади.**

Нефтни бирламчи ҳайдаш қурилмалари таркибига кирувчи, углеводород буғларини ва нефт дистиллятларини қувурсимон аппаратларда сув билан совитишда иссиқлик узатиш жараёнларини интенсификациялаш, саноат миқёсидаги совитиш аппаратларининг энергетик самарадорлигини ошириш бўйича тавсиялар ишлаб чиқиш, иссиқлик узатиш коэффицентини яхшилаш учун янги конструкцион материалларни танлаш диссертация ишининг асосий мақсади ҳисобланади.

Диссертация иши тадқиқотларининг кўрсатиб ўтилган мақсадлари нефтни қайта ишлаш соҳаси истиқболли йўналишларига мос келади, уларни амалга ошириш нефтни қайта ишлаш заводларини техник ва технологик жиҳатдан янгиланишига олиб келади, ишлаб чиқаришда энергия тежамкорлигини амалга ошириш имконини беради.



**Тадқиқот объектлари бўлиб қуйидагилар ҳисобланади:** углеводород буғлари, турли намлик даражасига эга бўлган керосин фракцияларининг дистиллятлари, атмосфера ҳавоси ва совутувчи сувлар.

**Тадқиқот предмети:** нефтни қайта ишлаш заводларининг қувурсимон сув билан совутиш аппаратлари.

**Асосий илмий ва амалий натижалар:**

- углеводород буғлари иссиқлик-физикавий хоссалари, нефт фракцияларининг дистиллятлари ва иссиқлик ташувчи (сув) нинг, шунингдек буғлар намлик даражасининг сув билан совутгич иссиқлик беришининг самарадорлигига таъсири аниқланди;
- ҳарорат, босим, буғ фаза сарфи ва намлиги, шунингдек совутувчи агент тезлиги ва температурасининг қувурсимон аппаратдаги углеводород буғлари совуш жараёнининг самарадорлигига таъсири аниқланди;
- иссиқлик узатиш ва иссиқлик бериш коэффицентлари, юритувчи куч ва бошқалар ҳисоблаб топилди;
- углеводород буғлари ва дистиллят фракцияларини сув оқими билан совутишда режим факторларининг иссиқлик алмашинувини жадаллаштириш даражасига таъсири аниқланди;
- углеводород буғлари ва нефт дистиллятларини сув билан совутувчи қувурсимон аппаратлар конструктив-технологик параметрларининг рационал қийматлари аниқланди;

**Олиб борилаётган тадқиқотларнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

1. Экспериментал тадқиқотлар натижасида қувурсимон аппаратларда керосин фракцияларининг буғлари ва дистиллятларини совутиш жараёнида иссиқлик узатилишини жадаллаштиришнинг конструктив-технологик аспектлари назарий жиҳатдан мустаҳкамланди.
2. Керосин фракцияларининг буғлари ва дистиллятларини совутадиған қувурсимон аппаратларда иссиқлик бериш коэффицентини аниқ ҳисоблаш методикаси ишлаб чиқилди.

3. Совутувчи агентлар сарфини камайтириш ҳамда иссиқлик узатиш коэффициентини ошириш ҳисобига лойиҳалаш пайтида аппаратларнинг совутишда иштирок этадиган зарурий сиртини камайтириш ва уларнинг габарит ўлчамлари ҳамда металл сарфини камайтиришга эришиш мумкинлиги кўрсатилди.

**Мавзу бўйича қуйидаги асосий ишлар амалга оширилди:**

- нефтни қайта ишлаш заводларидаги нефтни бирламчи ҳайдаш қурилмалари ректификацион колоннасининг юқори қисмидан чиқувчи углеводород буғларини совутишда юз берадиган иссиқлик алмашиниш жараёнларининг назарияси ва амалдаги ҳолати таҳлил қилиб чиқилди;
- нефтни қайта ишловчи корхоналардаги қувурсимон иссиқлик алмаштиргич аппаратларида иссиқлик алмашинувини жадаллаштиришнинг замонавий методлари батафсил ўрганиб чиқилди;
- нефтни қайта ишлаш саноатида углеводород буғлари ва нефт дистиллят фракцияларини сув билан совутувчи қувурсимон аппаратлар асосий турларининг конструктив-технологик ўзига хослиги таҳлил қилиб чиқилди;
- нефтни қайта ишловчи корхоналардаги сув билан совутувчи саноат қурилмалари ишининг самарадорлиги юзасидан қиёсий таҳлил ўтказилди;
- ҳисоблаш-экспериментал усулда керосин фракциялари буғлари ва дистиллятларининг асосий иссиқлик-физикавий хоссалари аниқланди;
- қувурсимон аппаратлар орқали совутишда керосин фракцияларининг углеводород буғлари ва дистиллятлари намлиги ва иссиқлик-физикавий хоссаларининг иссиқлик узатиш жараёнига таъсири экспериментал усулда ўрганиб чиқилди;
- керосин фракциялари буғлари ва дистиллятлари билан совутиш жараёни режим параметрларининг (температура, босим, сарф ва намлик)

тажрибавий аппарат иссиқлик бериш самарадорлигига таъсири экспериментал йўл билан тадқиқ қилинди;

- температура ва ҳаво сарфини сув билан совитиш аппаратининг иссиқлик бериш самарадорлигига таъсири аниқланди;
- иссиқлик бериш, иссиқлик узатиш, юритувчи куч ва б. коэффициентлар ҳисоблаб топилди;
- керасин фракциялари буғлари ва дистиллятлари билан совутиш жараёнининг материал-иссиқлик баланси ҳисобланди;
- тавсия этилаётган керасин фракциялари буғлари ва дистиллятлари билан совитувчи қувурли аппаратда иссиқлик беришни интенсификациялаш усулининг техник-иқтисодий самарадорлиги баҳоланди;
- керасин фракциялари буғлари ва дистиллятлари билан совитувчи қувурли аппаратнинг ҳисоблашлари амалга оширилди;

**Тадқиқот усуллари.** Диссертация ишини бажаришда қуйидаги усуллардан фойдаланилди:

- суyoқликлар ва буғларнинг физик-кимёвий ва иссиқлик-физик хоссаларини аниқлашнинг стандарт усуллари;
- экспериментларни режалаштиришнинг усуллари;
- эксперимент натижаларига ишлов беришнинг статистик усуллари;
- ўлчашнинг нуқтавий усуллари ва замонавий назорат-ўлчов воситаларидан фойдаланиб тажриба ўтказишнинг синалган ва умумқабул қилинган методикалари;

**Ишнинг амалий аҳамияти.** Тадқиқотлар натижасида олинган натижалар керосинли фракцияларнинг углеводород буғларини ва нефт дистиллятларини сув билан совутовчи қувурсимон аппаратлар конструктив-технологик параметрларининг рационал қийматларини ҳисоблаш имкониятини беради.

Диссертация ишининг асосий натижалари Бухоро НҚИЗ билан ҳамкорликда шу соҳада олиб борилаётган ИТИ да, янги технологик жараёнларни амалга оширишда ва энергия тежамкор конструктив

материалларни яратишда қўлланилиши мумкин. Шунингдек, диссертациянинг асосий илмий-амалий натижаларидан 5522500 - «Нефт ва газни қайта ишлаш технологияси» бакалаврият йўналиши, 5А522508 - «Нефт ва газни қайта ишлаш жараёнлари ва жиҳозлари», «5А320309 – Нефть-газ саноати машиналари ва жиҳозлари» магистратура мутахассисликлари талабаларининг ўқув жараёнида фойдаланиш мумкин.

#### **Чоп этилган ишлар.**

1. Дўстов Х.Б, Худойбердиев М.Р. Иссиқлик алмашинувчи қурилмалар. / “Фан ва таълим ютуқлари инсон манфаатлари йўлида”. Илмий-амалий анжуман материаллари. Бухоро, 26-29 апрел 2017 йил. 105-107 б.
2. Дўстов Х.Б, Худойбердиев М.Р. Иссиқлик алмаштиргич аппаратларини ҳисоблаш. / “Фан ва таълим ютуқлари инсон манфаатлари йўлида”. Илмий-амалий анжуман материаллари. Бухоро, 26-29 апрел 2017 йил. 107-109 б.
3. Дўстов Х.Б, Худойбердиев М.Р. Эффективность процесса теплопередачи в тепловых аппаратах. / Материалы международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития инновационного сотрудничества в научных исследованиях и подготовки кадров». Бухара, 24-25 ноябрь 2017 г., С 211-212.
4. Дўстов Х.Б, Худойбердиев М.Р. Қувурли иссиқлик алмаштиргич қурилмаларида иссиқлик алмашинувчи жараёнларининг интенсификацияси. // “Фан ва технологиялар тараққиёти” журнали, 2017, №4, 85-90 б.

**Ишнинг ҳажми.** Ушбу магистрлик диссертацияси кириш қисми, тўртта асосий бўлим, хулоса ва фойдаланилган адабиётлар рўйхатидан иборат бўлиб, шу жумладан матн 98 саҳифадан, 28 та чизмадан ва 4 та жадвалдан ташкил топган.

## I боб.

# НЕФТ ДИСТИЛЛЯТ ФРАКЦИЯЛАРИНИ СОВУТИШ ЖАРАЁНИ НАЗАРИЯСИ ВА АМАЛИЁТИНИНГ ҲОЗИРГИ ҲОЛАТИ (Адабиётлар шарҳи)

### 1.1. Нефтни бирламчи ҳайдаш қурилмасида нефт дистиллятларини сув билан совутиш жараёнларининг назарий асослари.

Турлича ҳароратли ишчи муҳитлар орасида бўладиган иссиқлик кўринишидаги энергиянинг ўтиш жараёни иссиқлик алмашинуви дейилади. Иссиқлик алмашинуви жараёнларининг юритувчи кучи бўлиб, муҳитлар орасидаги ҳароратнинг фарқи хизмат қилади. Термодинамиканинг II қонунига кўра бу куч туфайли иссиқлик температураси катта бўлган муҳитдан температураси кичик бўлган муҳит томон ҳаракатланади [1]. Иссиқлик жараёнлари иккитадан кам бўлмаган муҳитлар ўртасидагина ўзаро таъсир туфайли берилган йўналишда амалга ошади. Иссиқлик алмашинуви жараёнида иштирок этадиган суюқ ёки газ ҳолидаги ишчи муҳитлар *иссиқлик ташувчилар* дейилади.

Иссиқлик узатилишининг уч хил кўриниши мавжуд: иссиқлик ўтказувчанлик, конвекция ва иссиқлик нурланиши [2, 8-10, 16-18].

*Иссиқлик ўтказувчанлик* – бир-бирига бевосита тегиб турган муҳит микроразрчаларининг иссиқлик ҳаракати туфайли иссиқликнинг узатилиш жараёнидир. Том маънода олганда иссиқлик ўтказувчанлик фақат қаттиқ жисмларга хосдир. Газсимон ва суюқ муҳитларда иссиқлик ўтказувчанлик конвекция туфайли амалга ошади [8, 17, 18].

*Конвекция* – макроскопик ҳажмдаги газ ёки суюқ муҳитларнинг ҳаракати ва қўшилиши туфайли иссиқликнинг узатилиш жараёнидир. Бундай қўшилишни вужудга келтирувчи сабабларга кўра эркин ва мажбурий конвекция турлари мавжуд [8, 16, 17, 18].

*Иссиқлик нурланиши* – нурланаётган жисм атомлари ёки молекулаларининг иссиқлик ҳаракати туфайли спектрнинг инфрақизил

соҳасига тегишли электромагнит тўлқинлар ёрдамида иссиқликнинг тарқалиш жараёнидир [8, 11-13, 20, 21].

Реал шароитларда одатда иссиқлик комбинацияли йшл билан узатилади. Масалан, иссиқлик берувчи қизиган девор билан ҳаракатланувчи иссиқлик ташувчи муҳит орасида иссиқлик бир вақтнинг ўзида конвекция, иссиқлик ўтказувчанлик ва иссиқлик нурланишлари орқали алмашинади. Девордан газсимон (ёки суюқ) муҳитга иссиқликнинг ўтиши *иссиқлик берилиши* дейилади [8, 22, 28].

*Иссиқлик ўтказувчанлик орқали иссиқликнинг олиб ўтилиши жараёни* Фурье қонуни бўйича амалга ошади [8-10, 29-31, 20, 22, 23]. Унга кўра, иссиқлик оқимиға перпендикуляр жойлаштирилган  $dF$  элементар юза орқали  $d\tau$  вақт ичида иссиқлик ўтказувчанлик орқали узатилаётган  $dQ$  иссиқлик миқдори температура градиенти  $\partial t/\partial n$  га, сирт юзаси  $dF$  ва  $d\tau$  вақтга тўғри пропорционалдир:

$$dQ' = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n} dF d\tau \quad (1.1)$$

Ёки бирлик  $F$  юза орқали  $\tau$  бирлик вақт ичида узатилаётган иссиқлик миқдори

$$q = \frac{Q}{F\tau} = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n}, \quad (1.2)$$

$Q$  – иссиқлик оқимининг зичлиги ёки солиштирма иссиқлик оқими ( $\text{Вт}/\text{м}^2$ );  $\lambda$  – иссиқлик ўтказувчанлик коэффиценти,  $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{град})$ ;  $F$  – иссиқлик узатилаётган юза,  $\text{м}^2$ ;  $\partial t/\partial n$  – температура градиенти,  $\text{К}/\text{м}$ . (1.1) ва (1.2) ифодалардаги « $\leftarrow$ » ишора иссиқлик ҳамиша температураси юқори бўлган нуқтадан температураси паст бўлган нуқтага ўз-ўзидан ўтишини билдиради.  $\lambda$  – иссиқлик ўтказувчанлик коэффиценти иссиқлик алмашиналаётган бирлик  $F$  юза орқали  $\tau$  бирлик вақт ичида изотермик сиртга ўтказилган нормалнинг узунлик бирлигидаги температура пасайиши 1 град бўлганда иссиқлик ўтказувчанлик орқали қанча иссиқлик миқдори узатилаётганлигини билдиради.

$\lambda$  – иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти иссиқлик ўтаётган материалнинг физик-кимёвий хоссаларига, ҳарорат ва босимга боғлиқ бўлади.  $\lambda$  –коэффициентнинг сон қиймати кўпгина материаллар учун махсус маълумотномаларда берилади [10, 19].

Иссиқлик алмашинувчи қурилмаларни лойиҳалашда кўпинча ясси ва цилиндрик сиртларнинг иссиқлик ўтказувчанлик учун ҳисоблашлари учрайди [8,10]: ясси девор учун  $Q = \frac{\lambda}{\delta} (t_1 - t_2)F$ , (1.3)

Бу ерда  $\delta$  – девор қалинлиги, м;  $t_1$  ва  $t_2$  – мос равишда иссиқлик алмашинаётган деворнинг ташқи ва ички сиртларидаги температура, °С. Цилиндрсимон қувур сиртлари учун

$$Q = 2\pi l(t_1 - t_2) / [(1/\lambda) \ln(r_{\text{таш}}/r_{\text{ич}})], \quad (1.4)$$

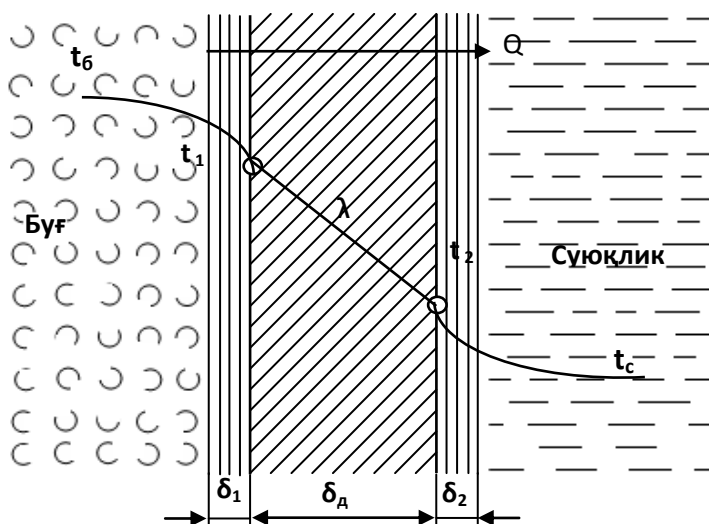
Бу ерда  $r_{\text{таш}}$  и  $r_{\text{ич}}$  – мос равишда қувурнинг ташқи ва ички радиуслари, м;  $l$  – қувурнинг узунлиги, м.

Муҳандислик амалиётида иссиқлик ташувчилари ўртасида иссиқлик алмашинуви кўпинча уларни ажратиб турувчи деворлар (қувур деворлари) орқали амалга ошади. Бу жараён *иссиқлик узатилиши* дейилади.

1.2-расмда иссиқликнинг конвектив узатилиш механизми моҳиятини очиқ берувчи схема келтирилган. Бу схемага кўра, деворнинг бир томонидан оқим ядросидаги ҳарорат  $t_6$  бўлган иссиқлик ташувчи (буғ), иккинчи томондан температураси  $t_c$  бўлган иссиқлик ташувчи (суюқлик) оқади. Иссиқлик узатилиш жараёни иссиқликни буғ оқими ядросидан деворга (иссиқлик берилиш), девор орқали (иссиқлик ўтказувчанлик) ва девордан суюқлик оқими ядроси томон (иссиқлик бериш) узатилиш жараёнларидан иборат [8, 17, 20, 22-24].

Иссиқликнинг конвектив кўчиши оқувчи муҳитнинг ўзини кўчиши билан амалга ошиб, иссиқлик ўтказувчанлик билан боради, чунки суюқлик ёки газнинг ҳаракатланиши пайтида албатта турли ҳароратдаги заррачаларнинг ўзаро бир-бирига тегиши юз беради. Агарда қиздирилаётган

суёқлик турбулентлик даражаси ортувчи тарзда оқаетган бўлса, конвекция орқали иссиқликнинг кўчиши жадаллашади, яъни жараён суёқлик заррачаларининг янада интенсив аралашуви билан кечади. Шундай қилиб, иссиқлик ташувчиларнинг конвекцияси иссиқликнинг механик кўчиши билан амалга ошган ҳолда уларнинг гидродинамик оқиш шароитига боғлиқ бўлади.



**1.2-расм. Иссиқликнинг конвектив кўчиш механизмини тушунтирувчи схема**

$Q$  – олиб ўтиладиган иссиқлик миқдори;  $t_6$  – буғ температураси;  $t_1$  – ташқи деворнинг температураси (иссиқлик ташувчи томондан);  $\delta_d$  – девор қалинлиги;  $\delta_1$  ва  $\delta_2$  – девор яқинидаги чегаравий қатламлар қалинликлари;  $\lambda$  – девор материалининг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти;  $t_2$  – ички девор температураси (иситилаётган суёқлик томонидан);  $t_c$  – суёқлик температураси

Оқим ядросида иссиқлик узатилиши бир вақтнинг ўзида иссиқлик ўтказувчанлик ва конвекция (конвектив иссиқлик алмашинуви, конвектив иссиқлик бериш) орқали боради. Муҳитнинг турбулент ҳаракатида оқим ядросида иссиқликнинг ўтиш механизми турбулент пулсациялар ҳисобига интенсив аралашуш билан характерланади. Муҳит пулсацияси оқим ядросидаги ҳароратнинг ўртача  $t_c$  қийматгача тенглашишига олиб келади. Шунингдек, оқим ядросида иссиқликнинг узатилиши энг аввало иссиқлик ташувчининг ҳаракат характери билан аниқланиб, унинг иссиқлик-физик хоссаларига боғлиқ. Деворга томон яқинлашган сайин иссиқлик узатилиш



интенсивлиги камаяди. Бу ҳолат девор яқинида қалинлиги билан фарқланувчи гидродинамик чегаравий қатлам сингари, иссиқликнинг чегаравий қатлами ҳосил бўлиши билан тушунтирилади.

Иссиқликнинг чегаравий қатлампдан ташқарида юз берадиган иссиқлик алмашинувига асосан турбулентлик сабаб бўлиб, деворга яқинлашган сайин бу жараёнда иссиқлик ўтказувчанлик муҳим рол ўйнайди. Деворга жуда яқин жойларда, жуда юпқа иссиқлик қатламчасида девор бўйлаб иссиқлик узатиши фақат иссиқлик ўтказувчанлик орқали амалга ошади. Маълумки, суюқлик қовушқоқлигининг ортиши билан гидродинамик чегаравий қатламнинг қалинлиги ортиб боради. Шунга ўхшаш, иссиқлик ўтказувчанликнинг ортиши ҳам иссиқлик чегаравий қатламининг ортишига олиб келади. Бу қатламда иссиқлик узатилиши температура ўтказувчанлик коэффициентини  $a$  билан аниқланади ( $\text{м}^2/\text{сек}$ ).

Иссиқлик оқими зичлигининг тенгламаси каби у ўқи йўналишида турбулент иссиқлик алмашинуви зичлиги  $q_T$  қуйидаги тенглама билан аниқланади:

$$q_T = - \lambda_T dt/dy \quad (1.5)$$

Бу тенгламадаги  $\lambda_T$  катталиқ турбулент иссиқлик ўтказувчанлик дейилади. Турбулент иссиқлик ўтказувчанлик  $\lambda_T$  температура майдонининг конфигурацияси, ўлчамлари, турбулент оқим тезлигининг ўртача катталиқлари ва бошқа ташқи факторларга боғлиқ.  $\lambda_T$  нинг қиймати  $\lambda$  нинг қийматидан кўп марта катта, чунки оқим ядросида турбулент пулсациялар туфайли узатиладиган иссиқлик миқдори, иссиқлик ўтказувчанлик орқали узатиладиган иссиқлик миқдоридан жуда каттадир.

Оқим ядросида  $\lambda_T$  ҳисобига узатилаётган иссиқлик интенсивлиги турбулент температура ўтказувчанлик коэффициентини  $a_T$  орқали аниқланади:

$$a_T = \lambda_T / (c\rho). \quad (1.6)$$

$a_T$  катталиқ деворга яқинлашган сайин камайиб боради ва девор сиртида нолга айланади. Конвектив иссиқлик алмашинуви жадаллашиши учун чегаравий иссиқлик қатлами имкони борича юпқа бўлиши керак. Оқим

турбулентлиги ривожланиши билан чегаравий иссиқлик қатлами шу даражада юққалашадики, бунда конвекция иссиқлик алмашинувига таъсир этувчи асосий ролни бажаради.

Муҳандислик амалиётида иссиқлик беришни ҳисоблаш учун иссиқлик бериш қонуни ёки Ньютоннинг совутиш қонуни деб ном олган тенглама орқали аниқланади [2, 8-10, 17, 20, 24, 25]:

$$dQ = \alpha dF (t_d - t_c) d\tau \quad (1.7)$$

Яъни бу қонунга кўра, температураси  $t_d$  бўлган деворнинг  $dF$  сирти орқали  $d\tau$  вақт ичида температураси  $t_c$  бўлган суюқликка бериладиган  $dQ$  иссиқлик миқдори  $dF$  га ва  $(t_d - t_c)$  температуралар фаркига тўғри пропорционалдир:

Бирлик вақт ичида бир иссиқлик ташувчидан иккинчисига узатилаётган иссиқлик миқдори димий қолиши ёки вақт ўтиши билан ўзгариши мумкин. Бундан ташқари иссиқлик алмашилиш жараёни тоза эритмаларда ва турли хил аралашмаларда, агрегат ҳолатининг ўзгариши билан ёки доимийлиги ва ҳ. к. билан бориши мумкин. Шунинг учун иссиқлик алмашилиш жараёни турлича ҳолларда турлича кечади ва ўз навбатида ҳар хил кўринишдаги тенгламалар билан ифодаланиши мумкин [2, 8-10, 20-24].

Барқарор жараёнлар учун (1.7) тенглама қуйидаги кўринишда бўлади:

$$Q = \alpha F (t_d - t_c), \text{ Вт}, \quad (1.8)$$

Барқарор бўлмаган жараёнлар учун эса у қуйидагича ёзилади:

$$Q = \alpha F (t_d - t_c) \tau, \text{ Дж}, \quad (1.9)$$

Бу ерда  $\alpha$  – иссиқлик бериш коэффиценти, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $t_c$  ва  $t_d$  – мос равишда суюқлик ва иссиқлик берувчи деворнинг ўртача температураси, °С;  $F$  – иссиқлик алмашиналаётган юза, м<sup>2</sup>;  $Q$  – узатилаётган иссиқлик миқдори, Вт (Дж);  $\tau$  – вақт, с.

Иссиқлик бериш коэффиценти  $\alpha$  девор билан уни ўраб турган муҳит ўртасида (буғ ёки суюқлик) иссиқлик алмашилиш интенсивлигини характерлайди.  $\alpha$  коэффицентнинг қиймати девор билан суюқлик (буғ) орасида температура фарқи 1 градус (К) бўлганда деворнинг бирлик юзасидан бирлик вақт ичида узатилаётган иссиқлик миқдorigа тенгдир:

$$[\alpha] = \left[ \frac{Q}{F(t_d - t_c)} \right] = \left[ \frac{Ж}{m^2 \cdot c \cdot K} \right] = \left[ \frac{Bm}{m^2 \cdot K} \right]. \quad (1.10)$$

Иссиқлик бериш коэффициентини  $\alpha$  жуда кўп факторларга боғлиқ: иссиқлик ташувчининг ҳаракат тарзига ( $\omega$  оқим тезлигига, зичлик  $\rho$  ва қовушқоқлик  $\mu$  га), унинг иссиқлик-физик хоссаларига (солиштирма иссиқлик сифими  $c_p$  га,  $\lambda$  иссиқлик ўтказувчанлигига),  $\beta$  иссиқликдан кенгайиш коэффициентига, геометрик параметрларга (иссиқлик алмашинувчи сирт шакли ва ўлчамларига, масалан, қувур диаметри  $d$  ва узунлиги  $L$  га), шунингдек девор сиртининг ғадир-будирлиги  $\varepsilon$  га [8, 10, 20-24]. Шундай қилиб,  $\alpha$  иссиқлик бериш коэффициентини аниқлаш учун функционал боғланиш ифодаси қуйидаги кўринишда бўлади:

$$\alpha = f(\omega, \mu, \rho, c_p, \lambda, \beta, d, L, \varepsilon \dots). \quad (1.11)$$

$\alpha$  ни аниқлаш иссиқлик жараёнларини ва қурилмаларини ҳисоблашдаги асосий масаладир. Одатда  $\alpha$  коэффициент гидродинамика ва конвектив иссиқлик алмашувининг дифференциал тенгламаларини ўхшашлик назарияси усулари ёрдамида олинган критериял тенгламалар орқали аниқланади [8, 10, 17, 32, 33].

Ўхшашлик назарияси қоидаларига кўра, модда агрегат ҳолати ўзгармайдиган стационар ҳолатларда конвектив иссиқлик алмашинуви қуйидаги критериял тенглама кўринишда ёзилиши мумкин [8, 17, 20, 21, 24]:

$$Nu = f(Re, Pr, Gr, \Gamma, \dots), \quad (1.12)$$

бу ерда  $Nu = (\alpha l)/\lambda$  – девор ва суюқлик оқими чегарасида иссиқлик узатилиши жараёнидаги ўхшашликни характерловчи Нуссельт критерийси;  $Re = (wl\rho)/\mu = (wl)/\nu$  – мажбурий ҳаракатда оқим гидродинамик тарзини характерловчи Рейнольдс критерийси бўлиб, инерция ва қовушқоқ ишқаланиш кучлари нисбатининг ўлчови ҳисобланади.  $Pr = \nu/a = c\mu/\lambda$  – иссиқлик ташувчининг физик-кимёвий хоссаларини характерловчи Прандтл критерийси бўлиб, оқимдаги температура ва тезлик майдонлари ўхшашлигининг ўлчовидир;  $Gr = (gl^3/\nu^2)\beta\Delta t$  – қовушқоқ ишқаланиш ва

кўтариш кучлари нисбатини характерловчи Грасгоф критерийси бўлиб, иссиқлик ташувчининг эркин ҳаракат тарзини ифодалайди;  $Gr_i = l_i/l$  – тизим геометрик ўхшашлигини характерловчи ўлчовсиз геометрик симплекс.

Юқорида келтирилган критерийларнинг ифодаларидаги:  $\rho$  – иссиқлик ташувчининг зичлиги,  $\text{кг/м}^3$ ;  $\mu$  – қовушқоқликнинг динамик коэффиценти,  $\text{Па}\cdot\text{с}$ ;  $\nu = \mu/\rho$  – иссиқлик ташувчи қовушқоқлигининг кинематик коэффиценти,  $\text{м}^2/\text{с}$ ;  $w$  – иссиқлик ташувчи ҳаракатининг тезлиги,  $\text{м/с}$ ;  $c$  – иссиқлик ташувчининг иссиқлик сифими,  $\text{Ж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ ;  $\lambda$  – иссиқлик ташувчининг иссиқлик ўтказувчанлик коэффиценти,  $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ ;  $a = \lambda/c\mu$  – температура ўтказувчанлик коэффиценти,  $\text{м}^2/\text{с}$ ;  $g$  – эркин тушиш тезланиши,  $\text{м/с}^2$ ;  $l$  – ўлчамни аниқловчи катталиқ,  $\text{м}$ ;  $l_i$  – ўлчамни аниқловчи катталиқ,  $\text{м}$ ;  $\beta$  – иссиқликдан кенгайиш коэффиценти,  $\text{К}^{-1}$ ;  $\Delta t = t_d - t_c$  – девор ва иссиқлик ташувчи суюқлик орасидаги температура фарқи,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $\tau$  – жараённинг давом этиш вақти,  $\text{с}$ .

Нуссельт критерийси  $Nu$  аниқлаш мумкин бўлган катталиқ ҳисобланганидан, уни билган ҳолда  $\alpha$  иссиқлик бериш коэффицентини қуйидаги ифода орқали аниқлаш мумкин [8, 10, 17, 20, 24]:

$$\alpha = (Nu \ l)/\lambda. \quad (1.13)$$

Қувур ичидаги мажбурий оқим учун  $Nu$  ни ҳисоблашда қуйидаги тенгламалар тавсия этилган [8,10,17,24]:

- иссиқлик ташувчининг ламинар оқим тарзи ( $Re < 2320$ ) учун:

$$Nu = 0,17 Re^{0,33} \cdot Pr^{0,43} \cdot Gr^{0,1} \left[ \frac{Pr}{Pr_d} \right]^{0,25} \varepsilon_\ell, \quad (1.14)$$

бунда  $Pr_d$  – девор ҳароратидаги иссиқлик ташувчи учун Прандтл критерийси;

- $Re \geq 10000$  ва иссиқлик ташувчиларнинг физик хоссалари сезиларли ўзгарган ҳолдаги уларнинг барқарор турбулент ҳаракат тарзи учун

$$Nu = 0,021 Re^{0,8} \cdot Pr^{0,43} \left[ \frac{Pr}{Pr_d} \right]^{0,25} \varepsilon_\ell; \quad (1.15)$$

- иссиқлик ташувчининг ўтиш ( $2320 < Re < 10000$ ) режими учун

$$Nu = C \cdot Pr^{0,43} \left[ \frac{Pr}{Pr_d} \right]^{0,25} \varepsilon_l, \quad (1.16)$$

Бу ерда  $C$  – қиймати  $Re$  га боғлиқ ҳолда аниқланадин коэффициент [9,10].  $Re$  нинг  $Re=(2,1 \div 10)10^3$  интервалдаги қийматлари учун  $C=1,9 \div 33,0$ .

Иссиқлик ташувчи ҳаракатининг ўтиш режимида тақрибий ҳисоблашлар учун ҳам қуйидаги тенгламадан фойдаланиш мумкин [8,10,17,24]:

$$Nu = 0,008Re^{0,9}Pr^{0,43} \quad (1.17)$$

(1.13) – (1.17) тенгламаларда аниқловчи температура бўлиб муҳитнинг ўртача температураси, аниқловчи ўлчам сифатида эса – оқим кесимининг эквивалент диаметри хизмат қилади:

$$d_{\text{эқв}} = \frac{4S}{\Pi} \quad (1.18)$$

бунда  $S$  – оқимнинг кесим юзаси,  $m^2$ ;  $\Pi$  – ҳўлланган периметр, м.

Юқорида келтирилган (1.14)–(1.16) тенгламалар узунлиги  $l$  билан диаметри  $d$  орасидаги муносабат  $(l/d) > 50$  бўлган узун қувурлар учун ўринлидир. Бу тенгламаларнинг ўнг томонига киритилган  $\varepsilon_l$  тузатма коэффициент янада қисқароқ, яъни  $(l/d) < 50$  шартни қаноатлантирувчи иссиқлик алмашинувчи қувурларда иссиқлик бериш коэффициентининг ортишини инобатга олувчи катталиқ ҳисобланади.  $\varepsilon_l$  катталиқ  $l/d_{\text{эқв}}$  нисбат ва  $Re$  нинг қийматига кўра жадвалдан [9, 10] олинади. Масалан,  $l/d_{\text{эқв}}=1 \div 50$  ва  $Re < 10^4$  бўлганда  $\varepsilon_l$  нинг қиймати  $\varepsilon_l=1,9 \div 1,0$ ; ёки  $l/d_{\text{эқв}}=10 \div 50$  ва  $Re \geq (1 \cdot 10^4 \div 1 \cdot 10^6)$  бўлганда  $\varepsilon_l$  нинг қиймати  $\varepsilon_l=1,23 \div 1,0$  ораликда бўлади.

Ҳалқали каналларда, масалан «қувур ичида қувур», типидagi аппаратларнинг қувурлари орасидаги фазода мажбурий оқим учун иссиқлик бериш жараёнларини ҳисоблашда қуйидаги тенгламадан фойдаланиш тавсия этилади [8, 10, 24]:

$$Nu = 0,023Re^{0,8}Pr^{0,4}(D_n/d_T)^{0,45} \quad (1.19)$$

Бу тенгламада аниқловчи геометрик ўлчам сифатида ички қувурнинг ташқи диаметри  $d_T$  хизмат қилади, бунда эквивалент диаметр  $d_э = D_n - d_T$ .

Иссиқлик ташувчининг эркин ҳаракатида (табiiй конвекция) иссиқлик бериш жараёнини ҳисоблашда қуйидаги тенгламадан фойдаланиш тавсия этилади [8, 10, 17]:

$$Nu = C(Gr \cdot Pr)^n (Pr/Pr_d)^{0,25} \quad (1.20)$$

$C$  коэффициентнинг қиймати ва даража кўрсаткичи  $n$  муҳит ҳаракат тарзига боғлиқ бўлиб, деворнинг температураси  $t_d$ , температураларнинг фарқи ( $t_d - t_c$ ), шунингдек иссиқлик оқимининг зичлиги  $q$  га боғлиқдир [8, 9]. Бунда аниқловчи геометрик ўлчам сифатида иссиқлик алмашилишининг вертикал баландлиги, горизонтал қувурлар учун эса уларнинг диаметри хизмат қилади. Аниқловчи температура – иссиқлик ташувчининг ўртача температураси ҳисобланади.

Буг ҳосил бўлиш орқали иссиқлик алмашинуви қувурда маълум температурада суюқлик қайнаганда ўринли бўлиб, бу жараён суюқ фазанинг физикавий хоссаларига ва босимга боғлиқ ҳолда амалга ошади. Бунда қайнаш пуфакчали ва плёнкали режимларда кечиши мумкин [8, 16, 17, 20-24].

Иссиқлик жараёнларида аниқловчи температура сифатида иссиқлик ташувчининг ўртача температураси олинади. Ўртача температура ўзгариш кам градусларда бўлганда ўртача арифметик қиймат каби ҳисобланади [9]:

- агарда  $(t_{1н} - t_{1к}) > (t_{2к} - t_{2н})$  бўлса, у ҳолда  $t_{2\dot{y}p} = \frac{t_{2н} + t_{2к}}{2}$  (1.21);

- агарда  $(t_{1н} - t_{1к}) < (t_{2к} - t_{2н})$  бўлса, у ҳолда  $t_{1\dot{y}p} = \frac{t_{1н} + t_{1к}}{2}$  (1.22);

Кўп градусларда ўзгарадиган иссиқлик ташувчининг температураси қуйидагича аниқланади:

$$t_{1\dot{y}p} = t_{2\dot{y}p} + \Delta t_{\dot{y}p}; \quad t_{2\dot{y}p} = t_{1\dot{y}p} - \Delta t_{\dot{y}p}. \quad (1.23)$$

Ҳисоблаб топилган ўртача температуралар орқали иссиқлик ташувчининг иссиқлик-физикавий хоссалари ( $c$ ,  $\mu$ ,  $\lambda$ ,  $\rho$ ) аниқланади.

Узатилаётган иссиқлик миқдори *иссиқлик узатишининг асосий тенгламаси* орқали аниқланади [8, 10, 16, 17, 20-22, 24]:

$$\text{— стационар режим учун } Q = K \Delta t_{\text{ўр}} F \quad (1.24)$$

$$\text{— ностационар режим учун } Q = K \Delta t_{\text{ўр}} F \tau \quad (1.25)$$

бунда  $Q$  – бирлик вақт ичида бутун сирт  $F$  ( $\text{м}^2$ ) бўйлаб узатилган иссиқлик миқдори, Вт;  $K$  – муҳитлар орасидаги иссиқликузатиш коэффициентлари (бутун иссиқлик алмашинадиган сирт учун ўртача),  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;  $\Delta t_{\text{ўр}}$  – муҳитлар ўртасидаги ўртача температура фарқи,  $^{\circ}\text{С}$ ;  $\tau$  – вақт.

Одатда (1.24) тенглама орқали қурилманинг иссиқлик алмашиниш юзаси  $F$  аниқланади:

$$F = Q / (K \cdot \Delta t_{\text{ўр}}). \quad (1.26)$$

*Иссиқлик узатиш коэффициенти*  $K$  температура фарқи 1 градус бўлган ҳарорати юқорироқ иссиқлик ташувчидан ҳарорати пастроқ бўлганига уларни ажратувчи 1  $\text{м}^2$  юза орқали бирлик вақт ичида ўтаётган иссиқлик миқдорини билдиради. Иссиқлик бериш, иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентлари, девор ва унинг икки томонида бўлган чўкинди қатламларининг қалинлиги маълум бўлганда иссиқлик узатиш коэффициенти куйидаги формула орқали аниқланади [8,10]:

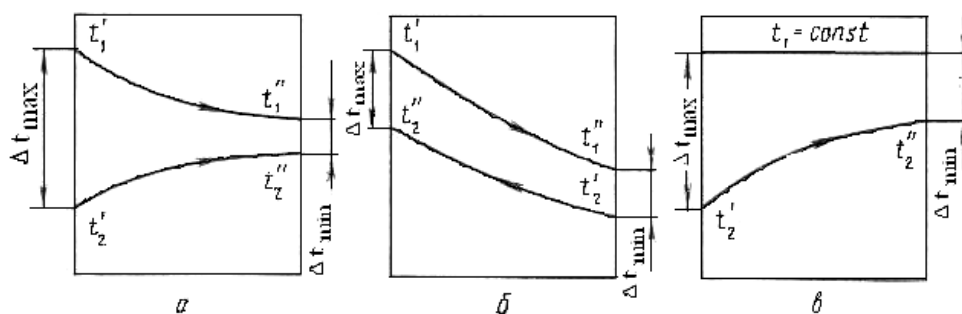
$$K = \left( \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_d}{\lambda_d} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2} \right)^{-1} \quad (1.27)$$

Бу ерда  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  – мос равишда иситувчи иссиқлик ташувчидан ажратиб турувчи деворга ва девордан иситилувчи муҳитга иссиқлик бериш коэффициентлари,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;  $\delta_d$  – девор қалинлиги, м;  $\delta_1$  ва  $\delta_2$  – мос равишда иситувчи иссиқлик ташувчи томондан девордаги чўкиндиларнинг ва иситиладиган муҳитнинг қалинлиги, м;  $\lambda_d$  – девор материалининг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти,  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ ;  $\lambda_1$  ва  $\lambda_2$  – мос равишда деворнинг ташқи ва ички томонидаги чўкинди қатламларининг иссиқлик ўтказувчанлиги,  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ .

Иссиқли қурилмаларидаги иссиқлик узатиш жараёнининг самарадорлиги иссиқлик ташувчилар ҳаракатининг бир-бирига нисбатан

йўналишига жиддий боғлиқ. Иссиқлик алмашинувчи қурилмаларнинг турли қисмларида ўзаро ҳаракат йўналиши қуйидаги тартибда бўлган иссиқлик ташувчи оқимлар мавжуд: тўғри оқимли, қарама-қарши оқимли, кесишувчи оқимли ва аралаш оқимли.

Иссиқлик узатиш жараёнида ўртача юритувчи кучни ҳисоблаш учун иссиқлик алмашинувчи сирт бўйлаб иссиқлик ташувчилар темперасининг ўзгаришидан фойдаланиш мақсадга мувофиқдир (1.3-расм).



1.3-расм. Иссиқлик алмашинувчи сирт бўйлаб иссиқлик ташувчилар темперасининг ўзгариши: а – тўғри оқимли; б – қарама-қарши оқимли ва иситувчи иссиқлик ташувчининг доимий температурасида (в)

Иссиқлик алмашинувчи қурилмалар иссиқлик ташувчининг йўналиши (1.4-расм), конструктив белгилари ва тайёрланиш усули бўйича ҳам синфларга ажратилади [11, 14]. Иссиқлик ташувчиларнинг йўналиши бўйича тўғри оқимли (1.4-расм, а), қарама-қарши оқимли (б), кесишувчи оқимли (в) ва мураккаб оқимли (г) иссиқлик алмаштиргичлар фарқланади.



1.4-расм. Иссиқлик ташувчилар ҳаракат йўналишларининг схемаси. а – тўғри оқимли; б – қарама-қарши оқимли; в – кесишувчи оқимли; г – мураккаб оқимли.

Тўғри оқимли (1.4-расм, а) иссиқлик ташувчилар орасида иссиқлик алмаштиргач қурилмаларнинг учларидаги энг катта  $\Delta t_{\max}$  ва энг кичик  $\Delta t_{\min}$  температуралар фарқи қуйидагича аниқланади:

$$\Delta t_{\max} = t'_1 - t'_2 ; \quad \Delta t_{\min} = t''_1 - t''_2, \quad (1.28)$$



бунда  $t'_1$  ва  $t''_1$  – мос равишда биринчи иссиқлик ташувчининг бошланғич ва охириги температуралари, °С;  $t'_2$  ва  $t''_2$  – мос равишда иккинчи иссиқлик ташувчининг бошланғич ва охириги температуралари, °С.

Иссиқлик ташувчининг қарама-қарши ҳаракати учун (1.4-расм, б):

$$\Delta t_{\max} = t'_1 - t''_2; \quad \Delta t_{\min} = t''_1 - t'_2.$$

$$(1.29)$$

Агар жараён давомида иситувчи иссиқлик ташувчининг температураси ўзгармаса (1.4-расм, в), масалан босим доимий бўлганда буғнинг конденсацияланиш температураси  $t_{\text{кн}} = t_1$  бўлиб, энг катта  $\Delta t_{\max}$  ва энг кичик  $\Delta t_{\min}$  температуралар фарқи қуйидагича бўлади:

$$\Delta t_{\max} = t_1 - t'_2; \quad \Delta t_{\min} = t_1 - t''_2. \quad (1.30)$$

Иссиқлик ташувчиларнинг тўғри оқимли (1.4-расм, а) ва қарама-қарши оқимли (б) ҳаракатида иссиқлик узатиш жараёнларининг ўртача юритувчи кучи қуйидагича аниқланади:

— агарда  $\frac{\Delta t_{\max}}{\Delta t_{\min}} \leq 2$  бўлса, у ҳолда  $\Delta t_{\text{ўр}} = \frac{\Delta t_{\max} + \Delta t_{\min}}{2}$ , (1.31)

— агарда  $\frac{\Delta t_{\max}}{\Delta t_{\min}} > 2$  бўлса, у ҳолда  $\Delta t_{\text{ўр}} = \frac{\Delta t_{\max} - \Delta t_{\min}}{\ln(\Delta t_{\max} / \Delta t_{\min})}$  (1.32)

Иссиқлик алмашинувчи қурилмаларнинг берилган иссиқлик юкламаси ва энергетик самарадорлигида иситувчи иссиқлик ташувчининг сарфини ҳисоблаш жараён учун иссиқлик баланси тенгламаларини тузиш орқали амалга оширилади [8, 10, 16, 17, 20-22, 24].

Маълумки, нефтни қайта ишлаш заводларида нефтни совитиш учун сув буғи, углеводород буғлари ва нам нефт фракцияларининг иссиқ оқимлари қўлланилади [2, 4-6, 14]. Совутиш жараёнининг иссиқлик баланси тенгламаларидан бу иссиқлик ташувчиларнинг солиштирма сарфини ҳам аниқлаш мумкин.

Нефтни қиздириш учун сув буғининг солиштирма сарфи  $q_{\text{сб}}$  ни қуйидаги ифода орқали аниқлаш мумкин:

$$q_{\text{сб}} = (t_{\text{н2}} \cdot c_{\text{н2}} - t_{\text{н1}} \cdot c_{\text{н1}}) / (i_{\text{вп}} - i_{\text{кн}}) = q_{\text{н}} / r_{\text{вп}}, \quad (1.33)$$

бунда  $t_{н1}$  ва  $t_{н2}$  – мос равишда совуқ ва қиздирилган нефтнинг температураси, °С;  $c_{н1}$  ва  $c_{н2}$  – мос равишда нефтнинг  $t_{н1}$  ва  $t_{н2}$  температуралардаги солиштирма иссиқлик сифими, кДж/(кг·К);  $i_6$  ва  $i_{кн}$  – сув буғи ва унинг конденсати энтальпияси, кЖ/кг;  $q_n$  – нефт томонидан қабул қилинган солиштирма иссиқлик миқдори, кЖ/кг;  $r_{сб}$  – сув буғининг конденсация иссиқлиги, кЖ/кг.

Совуқ нефт билан совитиладиган дизел ёқилғиси фракциясининг солиштирма сарфи  $q_{дё}$  куйидаги ифода билан аниқланади.

$$q_{дё} = q_n / (c_{дё1} \cdot t_{дё1} - c_{дё2} \cdot t_{дё2}), \quad (1.34)$$

бу ерда  $t_{дё1}$  ва  $t_{дё2}$  – қиздирилган ва совитилган дизел ёқилғисининг температуралари, °С;  $c_{дё1}$  ва  $c_{дё2}$  – дизел ёқилғисининг  $t_{дё1}$  ва  $t_{дё2}$  температуралардаги солиштирма иссиқлик сифимлари, кЖ/(кг·К).

## **1.2. Нефтни қайта ишлаш корхоналаридаги нефт дистиллятларини совутишга мўлжалланган қурилмаларнинг асосий турлари**

Иссиқлик алмашиниш қурилмалари нефт қазиб олиш, нефтни қайта ишлаш, газни қайта ишлаш, нефт-кимё ва саноатнинг бошқа соҳаларида кенг қўлланилади [2, 4, 5]. Нефтни бирламчи ҳайдаш қурилмалари таркибига кирувчи иссиқлик алмашиниш аппаратлари дастлабки хомашёни қиздириш, буғ фракцияларини конденсациялаш ва қайноқ дистиллятларни совутиш учун фойдаланилади [2-5]. Нефтни қайта ишлаш соҳасида ишлатиладиган иссиқлик алмашиниш аппаратлари иссиқликни узатиш усули ва вазифасига кўра синфланади [2, 4].

Иссиқликни узатиш усули бўйича сирт иссиқлик алмашиниш аппаратлари деб аталувчи қурилмаларда иссиқлик ташувчилар ўртасида иссиқлик узатиш уларни ажратувчи сирт бўйича амалга ошади. Шунингдек, аралаш усулда ишловчи аппаратларида иссиқлик узатилиши иссиқлик ташувчиларнинг бевосита контакти орқали амалга ошади.

Айтиш жоизки, нефтни қайта ишлаш заводларида (НҚИЗ) асосан сирт иссиқлик алмашилиш аппаратлари ишлатилади, чунки нефтга ишлов беришнинг кўпгина технологик босқичларида иссиқлик ташувчиларнинг кўшилиши тақиқланган.

Вазифасига кўра сирт иссиқлик алмаштиргичлари рекуператив ва регенератив турларга бўлинади. Рекуператив аппаратларда иссиқлик узатилиши иссиқлик алмашинувчи юзалар орқали амалга ошади. Бунда бир оқим совутиладиган иккинчи оқим иссиқлиги ҳисобига қиздирилади. Бундай аппаратларга «кувур ичида қувур» шаклидаги қувур-кожухли, ҳаво билан совутувчи, чўктириладиган, суғорадиган, пластинкали, спиралсимон ва бошқа иссиқлик алмашилиш қурилмаларини киритиш мумкин.

Регенератив иссиқлик алмаштиргичларида иссиқликни аккумуляцияловчи айнан бири сиртни иссиқ ва совуқ муҳит оқимлари суйириб ўтади.

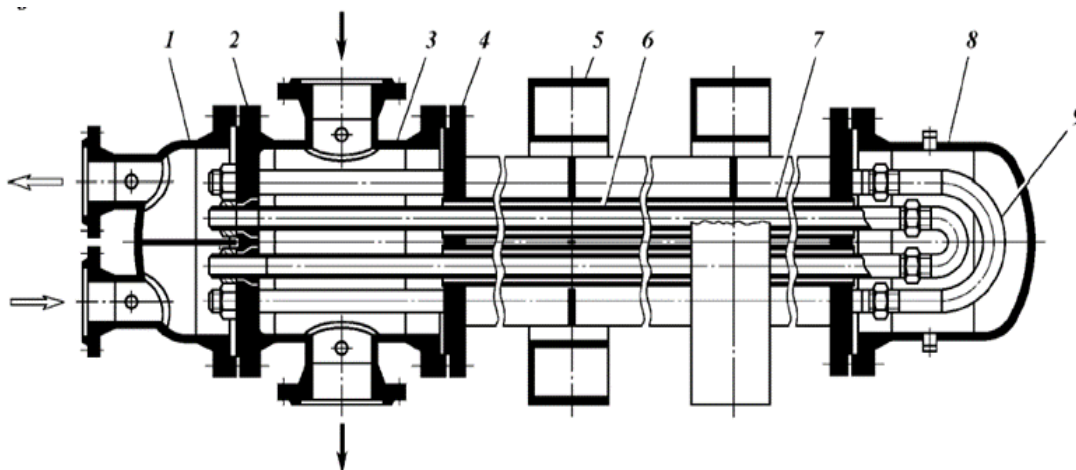
Конструктив белгилари бўйича сирт иссиқлик алмаштиргичлари кўйидаги турларга бўлинади [8, 14]:

- қувур кожухли иссиқлик алмаштиргичлар: қаттиқ турдаги, корпусида линзали компенсатори бўлган, сузувчи пойнакли, U-симон қувурли;
- “кувур ичида қувур” типидagi;
- буғ фазоли қиздиргичлар (рибойлерлар);
- ботириладиган конденсатор-совуткичлар;
- ҳаво билан совутувчи конденсаторлар.

Нефтни қайта ишлаш заводларида ишлатиладиган қувурли иссиқлик алмаштиргичлардан баъзиларининг конструкцияларини кўраимиз.

Саноатда бир оқимли (қисмларга ажратилмайдиган ва йиғма) ҳамда кўп оқимли (йиғма) иссиқлик алмаштиргичлар ишлаб чиқарилади. 1.5-расмда “кувур ичида қувур” типидagi кўп оқимли йиғма иссиқлик алмаштиргичнинг схемаси келтирилган. Қурилма бир неча горизонтал секциялардан иборат бўлиб, улар ўзаро кетма-кет тирсаклар орқали бир-бирига уланган. Ҳар бир секция турлича диаметрдаги каоксал жойлашган тўғри қувурлардан ташкил топган. Иссиқлик ташувчилардан бири кичик диаметрли ички қувурдан

ҳаракатланса, иккинчиси қувурлар орасида ҳосил бўлган ҳалқасимон бўшлик бўйлаб ҳаракатланади [2, 3].



**1.5-расм. “Қувур ичида қувур” типдаги кўп оқимли йиғма иссиқлик алмаштиргичнинг схемаси.** 1 – суюқлик тақсимланадиган камера; 2 – иссиқлик алмаштиргич қувурлар панжараси; 3 – буғ тақсимланадиган камера; 4 – коҳух қувурлари панжараси; 5 – таянч; 6 – иссиқлик алмаштиргич қувурлар; 7 – коҳух қувурлари; 8 – бурилиш камераси қопқоғи; 9 – тирсақлар;

Қисмларга ажратилмайдиган аппаратлар иссиқлик ташувчи муҳит сиртларда чўкинди қатламлар (қасноқ) ҳосил қилмайдиган ҳолларда қўлланилади. Йиғма конструкцияли аппаратларда иссиқлик алмашинувчи сиртлар қасноқлардан механик йўл билан тозаланади. Кўп оқимли йиғма аппаратлар нисбатан катта ҳажмдаги ишчи суюқлик (10 дан 200 т/соат гача қувурда ва 10 дан 300 т/соат гача – айланма бўшлиқларда) айланадиган жараёнлар учун мўлжаллангандир. Бу ўз навбатида иссиқлик ташувчиларнинг юқори тезликда ҳаракатланишини ва юқори иссиқлик бериш коэффициентини таъминлайди. Йиғма конструкцияли аппаратларда ички қувурнинг ташқи диаметри кўп ҳолларда қиррали қилиб тайёрланади, бу эса ўз навбатида иссиқлик алмашилиш юзасини 4-5 марта ортишига олиб келади [17].

«Қувур ичида қувур» шаклидаги иссиқлик алмаштиргичлари (ИА) ҳозирги кунда энг кўп тарқалган аппаратлардан бўлиб, улар нефт, газ, кимё, нефткимё ва бошқа саноат соҳаларида кенг қўлланилади. Иссиқлик алмаштиргичлари қуйидаги кўринишларда тайёрланади: бир оқимли йиғма (БОЙИА); бир оқимли қисмларга ажратилмайдиган (БОҚАИА); кўп оқимли йиғма (КОЙИА); йиғма кичик ўлчамли (ЙКЎИА). «Қувур ичида қувур»

типидаги иссиқлик алмаштиргичларнинг техник характеристикалари 1-жадвалда келтирилган.

1-жадвал

“Қувур ичида қувур” типидagi иссиқлик алмаштиргичларнинг техник характеристикалари

Параметрларнинг номланиши	Иссиқлик алмаштиргичларнинг турлари бўйича параметрлари*			
	БОҚАИА	БОЙИА	КОЙИА	ЙКЎИА
Иссиқлик алмашиниш юзаси, м <sup>2</sup>	0,11-4,45	5,0-18,0	3,9-93,0	0,55-4,6
Иссиқлик алмашинувчи қувурларнинг ташқи диаметри, мм	25, 38, 48, 57, 89, 108, 133, 59	89, 108, 133, 159	38, 48, 57	25, 38, 48, 57
Кожух қувурларининг ташқи диаметри, мм	57, 76, 89, 108, 133, 159, 219	133, 159, 219	89, 108	57, 76, 89, 108
Кожухли қувурдаги шартли босим, МПа дан кўп эмас	1,6; 4; 6,3; 10; 16 1,6; 4,0; 6,3; 10	1,6; 4,0 1,6; 4,0	1,6; 4,0 1,6; 4,0	6,3; 10,0; 16 1,6; 4,0; 6,3; 10
Кожухли қувурдаги ишчи муҳит ҳарорати, °С	– 30 дан +300 гача – 30 дан +400 гача	– 30 дан +400 гача – 30 дан +400 гача	– 30 дан +400 гача – 30 дан +400 гача	– 30 дан +400 гача – 30 дан +400 гача
Иссиқлик алмашинувчи қувурлар узунлиги, мм	1500, 3000, 4500, 6000, 9000	4500, 6000, 9000	3000, 4500, 6000, 9000	1500, 3000, 4500, 6000
Қувур материали	Углеродли пўлат, зангламайдиган пўлат			

\* **ИА турлари:** бир оқимли йиғма (БОЙИА); бир оқимли қисмларга ажратилмайдиган (БОҚАИА); кўп оқимли йиғма (КОЙИА); йиғма кичик ўлчамли (ЙКЎИА).

“Қувур ичида қувур” типидagi иссиқлик алмаштиргичлар иссиқлик алмашиниш характеристикалари бир хил бўлганда кожух қувурли иссиқлик алмаштиргичларга нисбатан анча юқори иссиқлик узатиш коэффициентига, қувурлар орасидаги фазода анча кичик гидравлик қаршиликка, юқори босимларда қиздириш ва совутиш учун бардошлиликка эга бўлиб, йиғиш, монтаж қилиш ва хизмат кўрсатиш учун қулайлиги билан ажралиб туради.

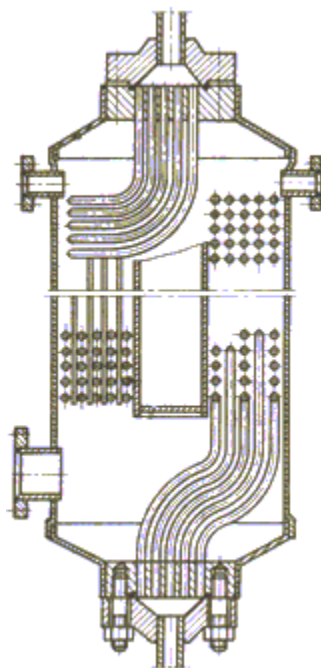
Бундай қурилмаларнинг ихчам эмаслиги, катта габарит ўлчамлари ва иссиқлик алмашинишда қатнашмайдиган ташқи қувурлар учун металл сарфининг кўплиги ҳамда ҳалқали фазони тозалаш қийинлиги кожух қувурли иссиқлик алмаштиргичларга нисбатан уларнинг камчилиги ҳисобланади.

Кимёвий ва фармацевтика саноати учун махсус ишлаб чиқарилаётган янги, ихчам ва фойдаланиш учун қулай иссиқлик алмаштиргич қурилмалари ҳақидаги маълумотлар охири адабиётларда [18] келтирилган. Уларда одатдаги силлиқ қувурлар ўрнида кам сондаги тўғри бурчак кесимли ташқи спиралли қувурлар қўлланилган. Бунда оқимнинг юқори тезлигига ва оқимлар гидродинамикасининг яхиланишига, шунингдек юқори фойдали иш коэффиценти (ф.и.к.) ҳамда иссиқлик узатилишининг ўнлаб мартаба ортишига эришиш мумкин. Габарит узунлиги 1 м гача бўлган аппаратларнинг иссиқлик қуввати 312 кВт гача етади.

**Қувур ўрамли иссиқлик алмаштиргич аппаратлар** ҳам (1.6-расм) нефт ва кимё саноатида кенг қўлланилади. Улар конструкциясининг оддийлиги ва юқори ишончилиги билан ажралиб туради. Бундай аппаратларнинг иссиқлик алмашинувчи сиртлари кирраланган қувурлар тутамидан (1.6-расм) ташкил топган бўлади [19]. Уларнинг камчиликларига кўп металл сарфланиши, ф.и.к. нинг кичиклиги ва аппарат тайёрлаш технологиясининг қийинлигини келтириш мумкин. Қувур ўрамли иссиқлик алмаштиргич қурилмалари 0 дан 500 °С температура ва 0,001÷40 МПа босим интервалида ишлатилиши мумкин [10].



**1.6-расм. Қувур ўрамли иссиқлик алмаштиргичнинг умумий кўриниши**



### 1.7-расм. Қувур ўрамли иссиқлик алмаштиргичнинг схемаси

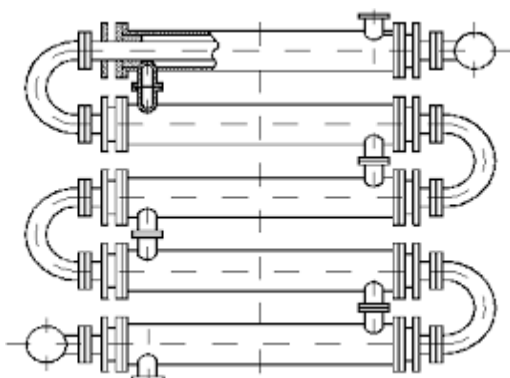
Замонавий қувур ўрамли иссиқлик алмаштиргичнинг ижобий томонларига қуйидагиларни кўрсатиш мумкин:

- юқори ихчамлиги ва иссиқлик алмашиниш жараёнининг самарадорлиги;
- паст ҳарорат ва юқори босимларда қурилма ва элементларининг мустаҳкамлиги;
- оқимлар орасида тешилиб аралашишларнинг бўлмаслиги;
- термик деформацияларга чидамлилиги;
- юқори коррозия бардошлилик.

**Суғорувчи иссиқлик алмаштиргичлари** [18] устма-уст жойлашган катор горизонтал қувурлар тизимидан иборат бўлиб, улар бир-бири билан U-симон тирсаклар орқали кетма-кет бирлаштирилган (1.8-расм). Бундай тизим ташқаридан совуқ сув билан суғорилади. Бу қурилмалар саноатда асосан суёқ нефт маҳсулотлари ёки газларни совитувчи конденсаторлар ёки совуткичлар сифатида қўлланилади. Технологик оқим бўйича уларнинг унимдорлиги 4600 м<sup>3</sup>/соат, ишчи босими 25 атм. гача, ишчи температура +180°С гача.

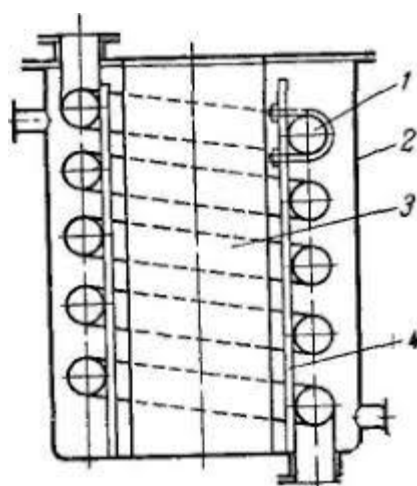
Суғорувчи иссиқлик алмаштиргичларининг афзалликларига арзонлиги,

совитувчи сув сарфининг камлиги, қурилма ва ишлатишнинг одийлигини келтириш мумкин. Уларнинг камчилиги сифатида ўлчамларининг катталиги, унумдорлигининг камлиги, сувнинг кучли буғланиши, сув берилишидаги ўзгаришларни сезувчанлиги, сув сарфи етарли бўлмаганда пастки қувурларнинг ёмон ҳўлланиши (ювилиши)оқибатида қурилма унумдорлигининг пасайиши кабиларни келтириш мумкин.



1.8-расм. Суғорувчи иссиқлик алмаштиргич схемаси.

**Ботирилган иссиқлик алмаштиргичлар** совуткичлар ва конденсатор-совуткичлар сифатида нефтни бирламчи ҳайдаш қурилмаларида кенг қўлланилади [4, 13]. Бундай қурилмаларда иссиқлик алмаштиргич қувурлари махсус идишдаги совитувчи сувга ботирилган бўлади (1.9-расм). Совитиладиган суюқлик концентрик жойлашган параллел секциялардан иборат змеевикли (бурама) қувурлар орқали ҳаракатланади.

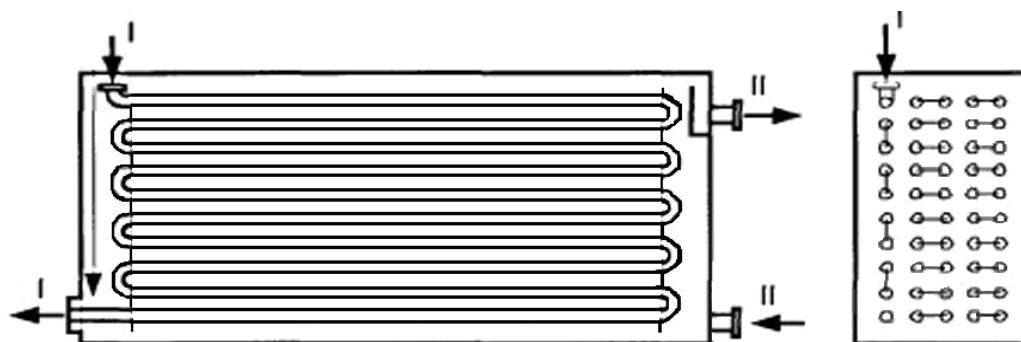


1.9-расм. Ботирилган иссиқлик алмаштиргич схемаси

Бундай қурилмаларда гидравлик қаршиликни камайтириш мақсадида катта миқдордаги совитиладиган оқим махсус коллектор ёрдамида бир неча



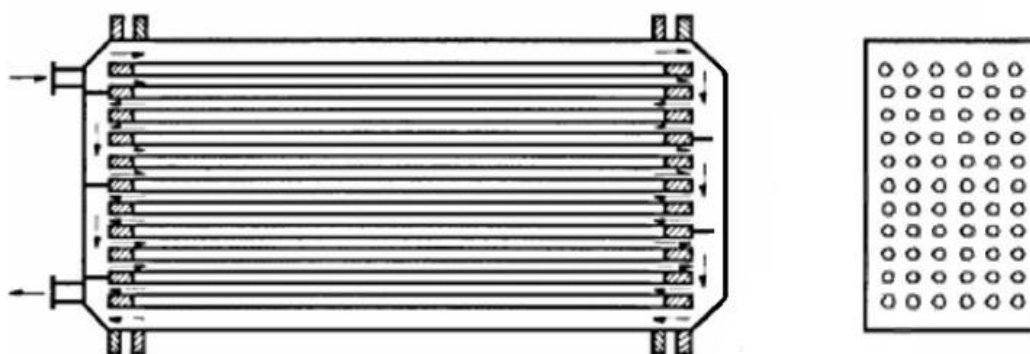
параллел оқимларга ажраладиган коллектор змеевикли совуткичлар қўлланилади. Бунда оқим тезлиги ва унинг ҳаракат йўли узунлиги камайтирилиб, қурилма гидравлик қаршилигининг камайишига олиб келади.



**1.10-расм. Бир оқимли ботириладиган змеевикли конденсатор-совутгич:**

I – нефт маҳсулоти буғлари; II – совитилган нефт маҳсулоти; III – совуқ сув; IV – исиган сув.

Совутувчи сув ҳаракатининг янада юқори тезлиги ва қурилманинг ихчамлиги учлари тўғри бурчакли пажараларда бирлаштирилган қувурлар тутамидан иборат бўлган секцияли ботирилувчи аппаратларнинг қўлланилиши орқали амалга оширилади (1.11-расм). Панжараларнинг икки учи тўсиқли қопқоқлар билан беркитилган бўлиб, совутиладиган муҳитнинг янада юқори тезликда ҳаракатланишини таъминлайди.



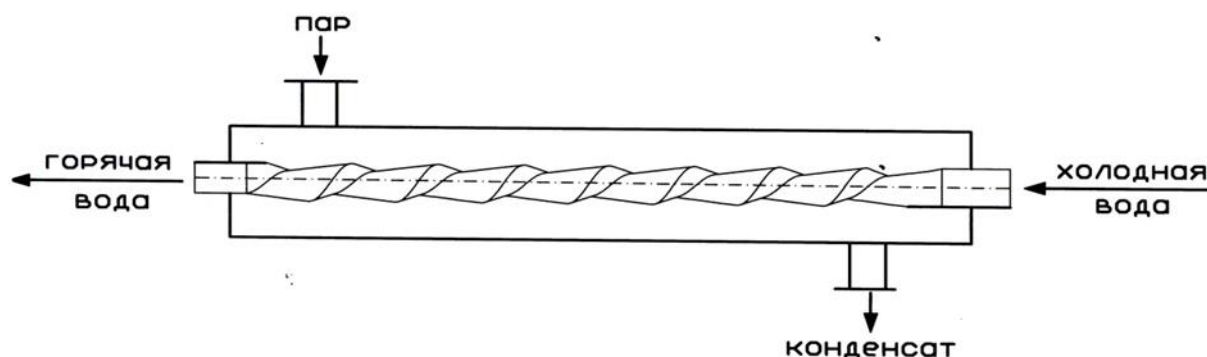
**1.11-расм. Секцияли кўп юришли ботириладиган аппарат**

Ботириладиган совуткичларнинг ҳам маълум камчиликлари мавжуд бўлиб, улар қуйидагилар: бесўнақай, металл сарфи катта, тез-тез тозалаш ва таъмирга муҳтож. Кажаводаги совутувчи сувнинг тезлиги кичик бўлганлиги сабабли змеевикларнинг ташқи томонидан иссиқлик бериши эркин

конвекция йўли билан амалга ошади, бу эса иссиқлик узатиш коэффициентининг кичик бўлишига олиб келади [15].

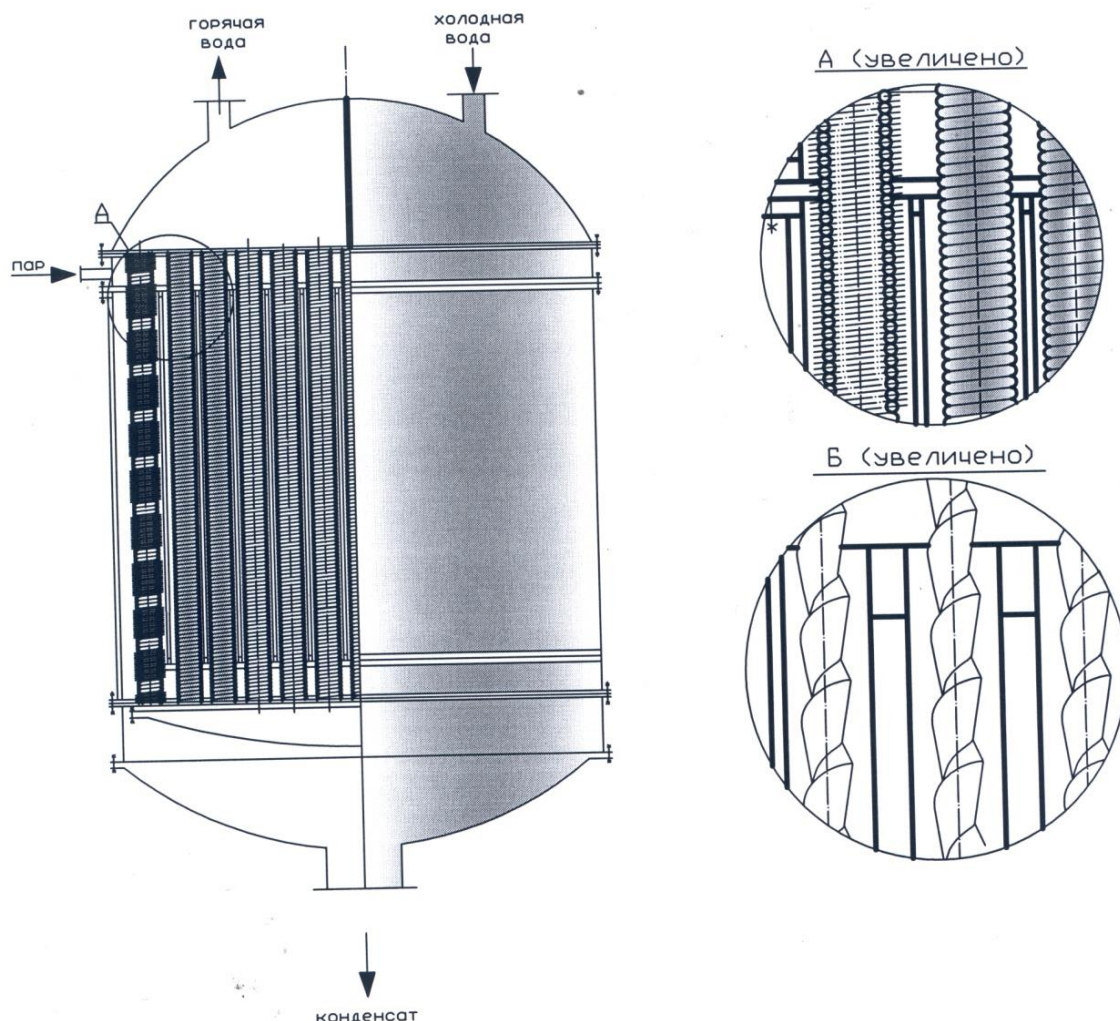
**Бошқа турдаги иссиқлик алмаштиргич аппаратлари.** Иссиқлик бериш коэффициентини ошириш мақсадида иссиқлик алмаштиргич аппаратларининг янги конструкцияларида турбулизацияловчи элементлар ҳамда иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти юқори бўлган материаллар қўлланилади.

Бир-бирига тегиб турувчи турлича ташқи диаметрли айлана қувурлар ва қувурли доскалардан иборат кўндаланг суйириладиган профилли қувурлар тутами бўлган иссиқлик алмаштиргич аппаратлари ҳам [34] мавжуд. Аппаратнинг ҳар бир компоновкали вариантыда қувурлар орасидаги бўшлиқ ўзгарувчан кесимли бўйлама конфузор-диффузор каналлардан иборат (1.12-расм). Конструкция қувурсимон сиртлар иссиқлик бериш коэффициентининг ошишини, аппарат массасининг ва металл сарфининг камайишини, ўлчамлар ихчамлашувини таъминлайди.



**1.12-расм. «Конфузор-диффузор» типидagi винтли иссиқлик алмашинувчи сиртга эга бўлган элементли, «қувур ичида қувур» шаклидаги иссиқлик алмаштиргич схемаси**

Канал ичидан совуқ сув юборилади, қувурлар орасидаги бўшлиқдан эса тескари йўналишдаги оқим билан канал сиртида конденсацияланадиган тўйинган буғ юборилади, ҳосил бўлган конденсат чиқиш патрубкеси орқали олинади. Кожух-қувурли иссиқлик алмаштиргич аппарати корпус ва қувурлар тутами маҳкамланган қувур панжаралардан иборат (1.13-расм).



**1.13-расм. «Конфузор-диффузор» элементли кожух-қувурли иссиқлик алмаштиргичи**

Аппарат ўзининг аналогларига нисбатан бир қатор афзалликларга эга:

- ўралган «конфузор-диффузор» типдаги қувурлар иссиқлик алмаши-ниш жараёнларининг икки томонлама интенсивлашишига, силлиқ сиртли қувурларга нисбатан иссиқлик алмашинувчи сиртнинг 1,5 – 1,7 марта ошишига олиб келади;
- сиртларда қасноқ ҳосил бўлиши бартараф этилади;
- конструкциянинг металл сиғими камида 27 % га камаяди;
- қурилманинг ф.и.к. юқорилиги билан ажралиб туради.

Патент олинган қувурли иссиқлик алмаштиргич [16] цилиндрик корпусга эга бўлиб, ички кўндаланг тўсиқлар билан иссиқлик алмашилиш ва форкамаларга ажратилган. Қурилма ҳар иккала камерада тўғри ва тескари

қайтувчи оқим қувурларининг жойлашганлиги билан фарқ қилади. Иссиқлик алмаштиргич вакуум-сўрувчи эффект энергиясининг сақланишини таъминлайди, маҳсулот совуши ёки исишини яхшилаб, оқим қайтиш-рециркуляция қисмининг ҳиссасини оширади.

Буғлатгич ёки конденсатор сифатида фойдаланиланиш мумкин бўлган яна бир иссиқлик алмаштиргич учун патент олинган [17]. Иссиқлик алмаштиргичнинг иккита коллектори мавжуд бўлиб, улар кирувчи ва чиқувчи хладагент циркуляцияланадиган қувурлар тутами билан боғланган. Аппарат конструкциясида ички ва ташқи байпасирлаш воситалари мавжуд бўлиб, суюқликни барча қувурлар бўйича бирданига циркуляцияланишининг олдини олади, бу эса иш даврида иссиқлик алмашиниш жараёнини яхшилайдди.

Тўғри бурчак кесимли устма-уст жойлаштирилган оризонтал қувурлардан ва иккита вертикал коллекторлардан ташкил топган иссиқлик алмаштиргичнинг патенти АҚШ да олинган [30]. Коллектор суюқлик қувурлар томонга йўналиб оқадиган оқим секциясига эга. Кўндаланг жойлаштирилган қувурларнинг учлари оқим секцияларига уланган ва секциянинг ташқи томонига маҳкамланган. Оқим секцияси ички деворининг кенглиги коллекторнинг кенглигидан кичик. Иссиқлик алмаштиргич газларни совитиш учун мўлжалланган бўлиб, конструкциясининг оддийлиги билан ажралиб туради.

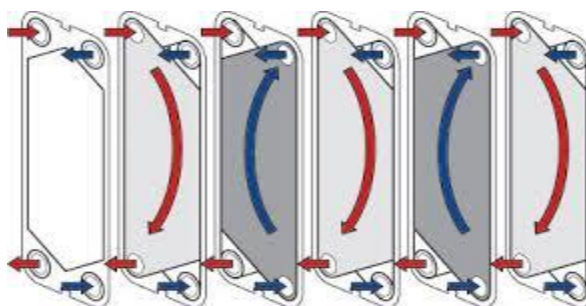
Газларни совитиш учун мўлжалланган кожух-қувурли иссиқлик алмаштиргич корпус, учлари қувур панжараларга маҳкамланган иссиқлик алмашинувчи қувурлар, панжаралар орасида оралиқ тўсиқлар, ғилоф қувурлар, совитувчи муҳит кирадиган ва чиқадиган патрубккалардан иборат [32]. Икки томони очиқ бўлган ғилоф қувурлари оралиқ тўсиққа маҳкамланган бўлиб, охириги ва пастки қувурли панжара орасига жойлаштирилган, ҳалқали зазорлар ҳосил қилган ҳолда иссиқлик алмашинувчи қувурларни қамраб олган.

“Қувур ичида қувур” типдаги иссиқлик алмаштиргич [34] ташқи цилиндрлик қиррали ички қувурларга, стерженга ўралган спирал лента шаклидаги турбулизаторга, қувурлар орасига муҳитнинг киритилиши учун тангенциал патрубкка ва унинг чиқиши учун чиқиш патрубкка эга. Ички қувурнинг бутун узунлиги бўйлаб ясалган цилиндрлик қирралар унинг ташқи сиртига букилган металл пластинкалар ёрдамида ўрнатилган. Бундай техник ечим монтаж-демонтаж ишларини осонлаштириб, иссиқлик алмашиниш жараёнини интенсифлаштиради.

### **1.3. Нефтни қайта ишлаш заводларида ишлатиладиган сув билан совуtuvчи қурилмалар самарадорлигининг қиёсий таҳлили.**

Нефтни қайта ишлаш саноати корхоналарида иссиқлик алмаштиргич қурилмаларининг салмоғи ўртача 50 % ни ташкил қилади. Буни шундай изохлаш мумкинки, кимёвий технологиялар асосий жараёнларининг (ҳайдаш, буғлатиш, ректификация, қуритиш ва б.) деярли барчаси иссиқликни олиб кириш ёки олиб чиқиш (совутиш) зарурлиги билан боғлиқ [24, 26]. Нефтни қайта ишлаш заводларидаги иссиқлик алмаштиргич қурилмалари асосан қуйидаги жараёнларда ишлатилади: паст температурали конденсация, абсорбция, паст температурали ректификация ва паст температурали сепарация [3, 4, 5, 6].

Нефт-кимё корхоналарида ишлатиладиган пластинкали иссиқлик алмаштиргич аппаратлари (1.14-расм) улар умумий сонининг 3,1 % ни ташкил қилади. Умуман олганда нефт-кимё саноати соҳаларида корхонанинг



**1.14-расм. Пластинкали иссиқлик алмаштиргич аппаратлари**

Ўзига хослигидан келиб чиққан ҳолда бу кўрсаткич 0,3% дан 15,4% гача ўзгариб туради. Шунини айтиш лозимки, деярли барча бу соҳа корхоналарида қўлланиладиган иссиқлик алмаштиргич аппаратлари ичида кожух-кувурли иссиқлик алмаштиргич аппаратлари етакчи ўринда туради. Бу – битта корхона масштабида етарлича кўп миқдордаги иссиқлик алмаштиргич аппаратлари қўлланилишини талаб қиладиган жуда кўп сонли нефт-кимёвий жараёнларнинг мавжудлиги билан изоҳланади. Ўртача қувватдаги бирта нефт-кимё саноати соҳасидаги корхонада ўртача 1500-1600 та иссиқлик алмаштиргич аппаратларидан фойдаланилади. Иссиқлик алмаштиргич аппаратларининг сони корхонадаги нефт-кимёвий жараёнларнинг сонига бевосита боғлиқдир. Шунинг учун саҳага тегишли кичкина корхоналарда ишлатиладиган иссиқлик алмаштиргич аппаратлари 10 тадан 20 тагача бўлса, йирик нефтни қайта ишлаш заводларида бу рақам 10000 тагача етиши мумкин.

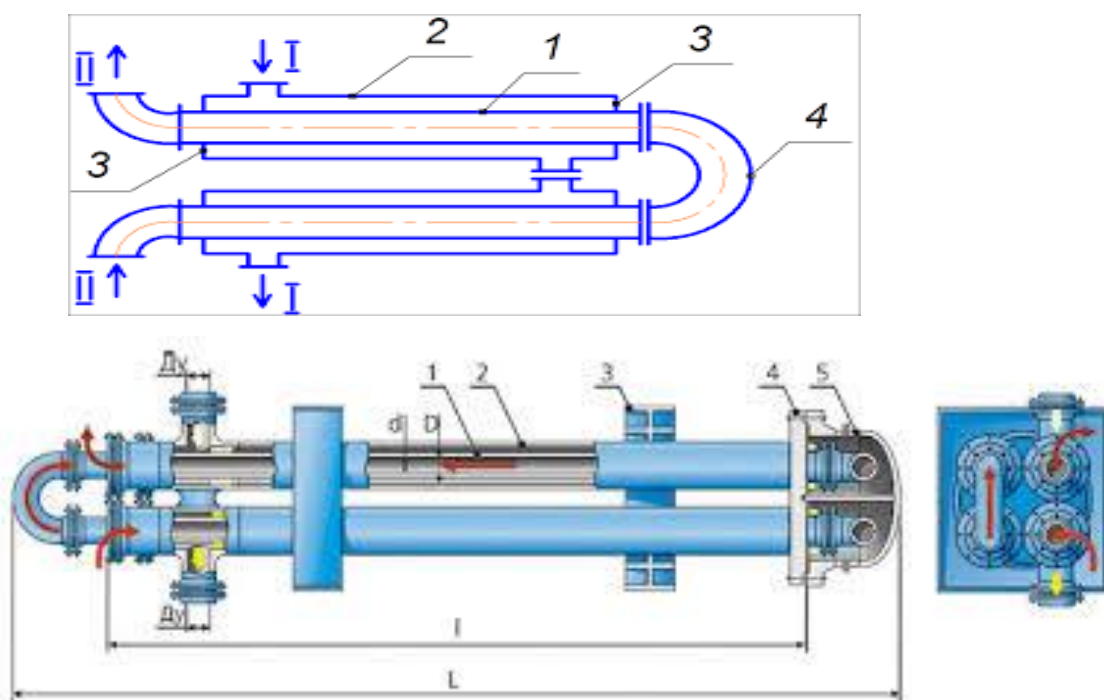
Нефтни қазиб олиш корхоналарида қўлланиладиган кожух-кувурли иссиқлик алмаштиргич аппаратларининг саосий турлари: «кувур ичида қувур», тўғри қувурли ва U-симон.

Пластинкали иссиқлик алмаштиргич аппаратлари нефтни қазиб олиш корхоналарига нисбатан нефтни бирламчи қайта ишлаш соҳа корхоналарида кўпроқ учрайди. Корхоналарнинг 37,5% ишлаб чиқаришда пластинкали иссиқлик алмаштиргичлардан фойдаланади. Мос равишда қолган 62,5% корхоналар ишлаб чиқариш циклида фақат кожух-кувурли иссиқлик алмаштиргич аппаратларидан фойдаланади.

Ўртача олганда, нефтни бирламчи қайта ишлаш корхоналарида қўлланиладиган иссиқлик алмаштиргич аппаратларининг 6,1% пластинкали иссиқлик алмаштиргичларга тўғри келади. Умуман олганда, ишлаб чиқаришнинг бу соҳаси учун мазкур кўрсаткич ҳар бир конкрет корхона учун етарлича катта 0,7% дан 17,6% гача бўлган интервалда ўзгаради. Иккинчи томондан, нефтни бирламчи қайта ишлаш корхоналарида модернизация жараёни (кожух-кувурли иссиқлик алмаштиргич аппаратларини пластинкали

иссиқлик алмаштиргичларга алмаштириш) анча юқори темплар билан бормоқда – кўпгина нефтни қайта ишлаш корхоналари кожух-кувурлилари ўрнида пластинкали иссиқлик алмаштиргич аппаратлари ишлатилмоқда [3, 4, 5, 6].

Тўғри кожух-кувурли ва «кувур ичида қувур» иссиқлик алмаштиргич аппаратлари (1.15-расм) энг кўп тарқалган моделлардан ҳисобланади. Шунингдек, U-симон иссиқлик алмаштиргичлари ҳам камроқ бўлсада, етарлича тарқалгандир. Нефткимё саноати корхоналарида сузувчи каллакли иссиқлик алмаштиргичлари энг кам тарқалган турлари ҳисобланади.



**1.15-расм. «Қувур ичида қувур» иссиқлик алмаштиргичи. 1-ички қувур; 2-ташқи қувур; 3-ташқи қувур тамбаси; 4-U-симон боғлагич; 5-кажава корпуси.**

Нефткимё саноатида корхонадаги жараёнлар сони нефтни бирламчи қайта ишлаш корхоналаридагига нисбатан анча кўп. Шу билан бирга турли корхоналарда бу жараёнлар турличадир. Иссиқлик алмаштиргичлари фойдаланиладиган жараёнларни ишлаб чиқариладиган маҳсулоти бўйича куйидагича гуруҳларга ажратиш мумкин:

- мономерлар (этилен, пропилен ва б.);
- полимерлар (полиэтилен, полипропилен ва б.);



- смола (карбамид-формальдегидли смолалар).

Нефткимё саноати корхоналари изланишлар олиб борилган корхоналар миқёсида алоҳида олинган ишлаб чиқариш доирасида турли-туман технологик жараёнлар билан характерланади [7, 9].

Пластинкали ва кожух-қувурли иссиқлик алмаштиргичларга тўхталганда афзаллик иссиқлик узатиш коэффициенти анъанавий кожух-қувурлига нисбатан уч марта катта бўлган пластинкали иссиқлик алмаштиргич томонида бўлади [15]. Ундан ташқари пластинкали иссиқлик алмаштиргичларнинг фойдали иш коэффициенти 90-95 % ни ташкил этиб, эгаллайдиган майдони ҳам кожух-қувурлига нисбатан 3-4 марта кичикдир. Шунингдек автоматика, созлаш ва ишончли арматура билан жиҳозланган пластинкали иссиқлик алмаштиргичлари сувни қиздириш учун сарфланган иссиқлик ташувчи миқдорини камайтириш имконини беради. Шу билан бир қаторда, қувур ўтказгичларнинг диаметрларини кичрайтириш, тамбалаш-созлаш арматураларини тежаш, тармоқ насослари юкламаларини камайтириш ва ўз навбатида, электр энергияси истеъмолини тежаш имкони туғулади.

Бироқ ҳозирги вақтда гидравлик қаршиликнинг ўсиши оқим турбулизаторларини қўллаш оқибатида иссиқлик узатилишининг ўсишидан анча юқори бўлишини таъминловчи профилланган трубклар билан жиҳозланган кожух-қувурли иссиқлик алмаштиргичлари пайдо бўла бошлади. Бунга қувурнинг ташқи сиртига ҳалқали ёки винтсимон ариқчалар тамғалаш туфайли қувурнинг ички сиртида қувурнинг иссиқлик беришини жадаллаштирувчи унча баланд бўлмаган силлиқ қавриқ винтларни ҳосил қилиш орқали эришилади. Ишончлилик ва таннарх каби муҳим кўрсаткичларни яхшиловчи мазкур технология кожух-қувурли жиҳозларни пластинкали чет эл иссиқлик алмаштиргичларидан анча устунлигини таъминлайди.

Иссиқлик алмашиниш жараёнлари саноатнинг кимё, энергетика, металлургия, озиқ-овқат ва бошқа соҳаларида муҳим рол ўйнайди. Иссиқлик



алмашиниш қурилмаларида бир муҳитдан иккинчи муҳитга уларни ажратувчи девор орқали қатор факторларга боғлиқ бўлиб, мураккаб жараён ҳисобланади ва уни иссиқлик алмашинишнинг уч элементар кўринишига бўлиш қабул қилинган: иссиқлик ўтказувчанлик, конвекция ва иссиқлик нурланиши [3, 4, 5, 6].

Амалда бу ҳодисалар бир-биридан ажралмас бўлиб, ўзаро мувофиқлашган ҳолда ва бир вақтда кечади. Иссиқлик алмаштиргичлари учун иссиқлик ўтказувчанлик ва конвекциянинг биргаликдаги ва бир вақтдаги таъсири билан амалга ошадиган конвектив иссиқлик алмашиниш ва иссиқлик бериш муҳим аҳамият касб этади.

Иссиқлик алмаштиргич аппаратларининг жуда кўп турдаги хилма-хил кўринишлари мавжуд. Контактли (аралаштирувчи) иссиқлик алмаштиргичларида иситувчи ва иситиладиган моддалар оқими бир-бири билан бевосита контактга киритилади. Типик мисол сифатида сув буғини конденсациялаш учун ишлатиладиган пуркалаётган сув оқимли конденсаторни келтириш мумкин.

Сиртли иссиқлик алмаштиргичларида [16] иссиқлик ташувчи ва иситиладиган муҳитлар юпқа девор орқали ажратилган бўлади. Иситиладиган ва иситадиган оқимлар билан контактда бўлган девор қисми иссиқлик алмашиниш сирти дейилади. Сирт орқали иссиқлик алмашинадиган аппаратларга автомобил радиатори мисол бўлиши мумкин. Бунда двигателнинг совутиш тизимидаги сув ва радиаторни суйириб ўтадиган совуқ ҳаво мис ёки латундан тайёрланган юпқа трубканинг қарама-қарши икки томонида ҳаракатланади. Қиздирилаган иссиқлик алмаштиргич аппаратлари, масалан буғ қозонлари ёки уйларни иситиш учун мўлжалланган маиший қозонларда ёқилғининг ёнишидан ҳосил бўладиган юқори ҳароратли газ ва иситиш тизимидан айланувчи сув ҳам шу тамойилга асосланиб иссиқлик алмашинади.

Фозовий моделга ҳамда сонли моделлаштиришга асосланиб, совитилган сув томчиси заррачалари ва н-гептаниннинг ўта қиздирилган ясси сирт билан

таъсирлашуви ўрганилган [17]. Сув томчиси заррачаларининг динамик характеристикалари уч ўлчамли белгиланган даражали кўзгалмас тўр ва чекли ҳажмни ҳисобга олган ҳолда аниқловчи тенгламаларни ечиш орқали тушунтирилади. Яъни моделда ҳар бир фаза ичида ва “қаттиқ жисм – буғ /суюқлик – буғ” фазалар чегарасидаги иссиқлик алмашилиш жараёни кўриб чиқилади. Буғнинг оқиш ва буғ қатлами орқали иссиқлик оқимининг ҳаракатланиш динамикаси “суюқлик–буғ” ва “қаттиқ жисм–буғ” чегарасида кинетик узлуксизликни қараб чиқиш орқали сирпаниш ишқаланиш режимида ўрганилади. Моделлаштирилган томчи заррачалари динамикаси ва қаттиқ сирт совушининг таъсири манбалардан олинган эксперимент натижалари билан таққосланади. Натижалар шуни кўрсатадики, моделлаштириш ва эксперимент натижалари ўртасида мувофиқлик мавжуд. Юқорида баён этилган модел ёрдамида томчи заррачалари бошланғич температурасининг иссиқлик алмашилиш жараёнига таъсири ҳам таҳлил қилинади.

#### **1.4. Ишнинг мақсадини шакллантириш ва тадқиқот вазифасини асослаш.**

Юқорида келтирилган манбалардаги маълумотлар таҳлилидан келиб чиқадики, ҳозирга пайтда нефтни қайта ишлаш соҳасида аниқ амалий муаммо – қувурли иссиқлик алмаштирагич аппаратларида гидродинамик ва иссиқлик алмашилиш жараёнларини интенсификациялашга асосланган нефтгазконденсат хомашёсини совутиш жараёнини амалга ошириш учун энергия тежамкор технологияларни ишлаб чиқиш масаласи мавжуд.

Углеводород хомашёсига иссиқлик ишлов бериш жараёнлари ва аппаратлари соҳасидаги назарий ва амалий ҳолатларнинг чуқур аналитик синтези ҳисобланмиш биринчи бобда кўриб чиқилган материаллар таҳлили мазкур диссертация ишининг мақсад ва вазифаларини аниқлаштирилган ҳолда шакллантириш имконини берди.

Диссертация олдига қўйилган мақсадга эришиш учун қуйидаги конкрет ва кам ўрганилган вазифалар белгилаб олинди:

- газ конденсатининг физик-кимёвий ва иссиқлик-физикавий хоссаларини аниқлаш;
- керосин фракцияларини совутиш жараёнларини тадқиқ қилиш учун «кувур ичида қувур» типигаги экспериментал иссиқлик алмаштиргични ишлаб чиқиш;
- керосин фракциясини совутишда икки қувурли иссиқлик алмаштиргичнинг иссиқлик бериш ва иссиқлик узатиш коэффициентларини ҳисоблаш;
- керосин фракциясини совутиш жараёнларида иссиқлик узатиш жараёнлари интенсивлигига таъсир этувчи асосий бошқарувчи параметрларни аниқлаш;
- таклиф қилинаётган нефтгазконденсат хомашёсини совутиш жараёнини интенсификациялаш усулининг техник-иқтисодий самарадорлигини баҳолаш;
- қувурли саноат иссиқлик алмаштиргич аппаратларининг самарадорлигини ошириш бўйича таклифлар ишлаб чиқиш.

### **Биринчи боб бўйича хулосалар.**

Нефтгазконденсат хомашёсини совутиш жараёнининг ҳозирги замон назарияси ва амалиёти юзасидан қилинган таҳлил материаллари асосида қуйидагича хулосаларга келиш мумкин:

- углеводород буғлари ва дистиллят фракцияларини совутиш жараёнлари углеводород хомашёсини бирламчи ҳайдашда асосий босқич ҳисобланади;
- бирламчи ҳайдашда қурилмасининг самарадорлиги углеводород буғлари ва дистиллят фракцияларини совутиш жараёнларидан оқилона фойдаланишга бевосита боғлиқдир;

- углеводород хомашёсини совитиш учун нефтни қайта ишлаш технологик қурилмаларида асосан қувурли ва сув билан совутиш типидпги иссиқлик алмаштиргич аппаратлари қўлланилади;
- қувурли иссиқлик алмаштиргич аппаратлари юқори ишончлилиги ва қатор афзалликлари билан характерланади, бироқ катта габарит ўлчамлари ва нисбатан паст иссиқлик самарадорлиги унинг камчилига ҳисобланади;
- манбаларда келтирилган маълумотлар таҳлили кўрсатадики, нефтни ҳайдашга мўлжалланган совутиш қурилмаларининг иссиқлик узатиш коэффициенти унча катта эмас, массаси ва габарит ўлчамлари катта, уларни ишлатиш ва таъмирлаш анча мураккаб;
- ректификацион ва ҳайдаш колоннадан чиқаётган буғ-суюқлик аралашмасининг конденсацияланиш жараёнини ўтказиш шароити аралашма ташкил этувчиларининг физик-кимёвий хоссалари турлича бўлганлиги сабабли унчалик самарали эмас; бу эса қувурли аппаратларда иссиқлик жараёнларининг интенсив кечишига тўсқинлик қилади ва технологик самарадорликни пасайтиради.

## **II боб. КЕРОСИН ФРАКЦИЯСИ ДИСТИЛЛЯТИ ВА ИССИҚЛИК ТАШУВЧИНИНГ АСОСИЙ ХОССАЛАРИНИ АНИҚЛАШ.**

### **2.1. Керосин фракцияси дистилляти ва иссиқлик ташувчининг асосий хоссаларини экспериментал-ҳисоблаш орқали аниқлаш.**

Углеводород хомашёсини бирламчи ҳайдаш учун иссиқлик ишлов бериш (тайёрлаш) жараёни оқаетган хомашёни қиздириш ёки совитиш билан боғлиқ. Бу жараёнларни ҳисоблаш ва уни оқилона ташкил этиш – нефт, унинг фракциялари ва қолдиқларнинг физикавий, физик-кимёвий ҳамда коллоид-дисперс хоссалари ҳақида чуқур билимларга эга бўлишни талаб қилади. Бу хоссалар бевосита ёки билвосита нефт ва уни қайта ишлашдан олинган маҳсулотларнинг кимёвий таркибини, нефт тизимининг структуравий ўзига хос томонларини аниқлайди, нефт маҳсулотларининг эксплуатацион характеристикаларини ақс эттиради. Бу хоссаларни характерловчи баъзи константалар технологик аппаратларни ҳисоблаш формулаларида қатнашса, бошқалари режим параметрларини ва маҳсулотнинг сифат кўрсаткичларини назорат қилиш учун фойдаланилади [3, 5, 6]. Шу боис, керосин дистиллят фракцияларини совутиш жараёнини ҳисоблашда газ конденсати ва улар аралашмаларининг, шунингдек суюқ ва буғ ҳолдаги дистиллят фракцияларининг асосий физик-кимёвий ва иссиқлик-физикавий хоссаларини ҳар томонлама чуқур ўрганиш талаб этилади.

Газоконденсат хомашёсининг физик-кимёвий ва иссиқлик-физикавий хоссаларини аниқлаш учун бизга маълум бўлган формулалар ва аналитик боғланишларни моҳирона қўллаш иссиқлик алмашиниш аппаратларида иссиқлик узатиш жараёнини ҳисоблаш ишончилигини оширишга хизмат қилади.

Мазкур диссертация ишидаги тадқиқот объекти сифатида Кўкдумалок конидан Бухоро нефтни қайта ишлаш заводига етказиб бериладиган газ конденсати олинди. Хомашё ва углеводород буғлари ҳамда бензин дистиллят фракцияларининг асосий физик-кимёвий ва иссиқлик-физикавий хоссаларини аниқлаш учун ишда экспериментал-ҳисоблаш усули танланди.

Иссиқлик ташувчиларнинг физик-кимёвий ва иссиқлик-физикавий хоссаларини ҳисоблаш ҳароратнинг 35°С дан 100°С гача ва босимнинг 50 дан 250 кПа гача бўлган интервалида олиб борилди. Режимнинг бу диапазондаги ўзгаришлари эксперимент ўтказилаётган бутун соҳани қамраб олади ва иссиқлик алмаштиргичларини нефтни қайта ишлаш заводларида (НҚИЗ) ишлатишнинг саноат шартларига мос келади. Ҳисоблашларда тажрибавий ҳаво иссиқлик алмаштиргичларида газ конденсати буғлари билан совутиш жараёнини ўрганиш бўйича ЎзФА Умумий ва ноорганик кимё институтидаги “Кимёвий технологиялар ва аппаратлар” лабораториясида ўтказилган асосий экспериментларнинг натижаларидан ва Бухоро НҚИЗ марказий лабораториясида олинган маълумотлардан фойдаланилди.

### 2.1.1. Зичликни ҳисоблаш.

Зичлик – нефт ва нефт маҳсулотларининг асосий сифат кўрсаткичларидан бири бўлиб, энг аввало уларнинг углеводород таркибига боғлиқ. Шунинг учун зичликнинг қийматига қараб, нефт ва унинг маҳсулотларини тахминан тавсифлаш, унинг кимёвий табиатига ҳамда келиб чиқиши тўғрисида фикр юритиш мумкин.

Зичликнинг абсолют ва нисбий кўринишлари мавжуд. Абсолют зичлик деганда бирлик ҳажмдаги модда массаси ( $г/см^3$ ,  $кг/м^3$ ) тушинилади:

$$\rho = \frac{G}{V}, \quad (2.1)$$

бу ерда  $G$  – модда массаси ( $г$ ,  $кг$ );  $V$  – модда эгаллаган ҳажм ( $см^3$ ,  $м^3$ ).

Нефтни қайта ишлаш соҳасида кўпинча нисбий (бирликсиз) зичлик ишлатилади ( $\rho_4^{20}$ ). Кўпгина мамлакатларда нисбий зичлик  $\rho_{15}^{15}$ , кўринишда белгиланади, яъни  $t_1 = t_2 \cdot 60^\circ F = 15,6^\circ C$ .

Нефт хомашёсининг зичлигини исталган ҳароратда аниқлаш мумкин ( $\rho_4^t$ ), сўнгра эса берилган температурадаги зичлигини ( $\rho_4^{20}$ ) топса бўлади. Нефт ва суюқ углеводородларнинг зичлигини ҳисоблашда Менделеев формуласи энг қулай ва кўп тарқалган ифодалардан биридир:

$$\rho_4^t = \rho_4^{20} - \alpha \cdot (t - 20), \quad (2.2)$$

бунда  $\alpha$  – температура бир градусга ўзгарганда тўғри келадиган ўртача кенгайиш коэффициентлари (унинг қийматини маълумотномаларда [27] келтирилади).

Д.И.Менделеев формуласи таркибидаги қаттиқ парафинлар ва ароматик углеводородлар унча кўп бўлмаган миқдордаги мавжуд нефт маҳсулотлари зичлигини температуранинг нисбатан тор яъни, 0 дан 50°C гача бўлган интервалида ҳисоблаш учун ўринлидир. Суюқ фазадаги углеводород тизимларининг нисбий зичлигини ҳисоблаш учун С.А.Ахметов ва Н.А. Гостеновалар [5] томонидан таклиф қилинган ғоят юқори адекват Матиас модели энг яхши формула ҳисобланади:

$$\rho_4^t = \rho_4^{20} \cdot (2 - T/T_{кр}) / (2 - 293.15/T_{кр}). \quad (2.3)$$

Адабиётларда зичликнинг ўртача қайнаш ҳарорати, синдириш кўрсаткичи ва бошқа катталиклар билан боғлиқлигини ифодаловчи қатор формулаларни учратиш мумкин.

Мановян А.К. томонидан [5] нефт ва нефт маҳсулотлари зичлигининг фракция қайнашининг ўртача ҳароратига боғлиқлик ифодаси таклиф қилинган:

$$\rho_4^{20} = \rho_o \cdot \left( \frac{t_{cp}}{100} \right)^n, \quad (2.4)$$

бу ерда  $t_{cp}$  – ўртача қайнаш температураси, °C;  $\rho_o$ ,  $n$  – эксперимент натижаларига кўра аниқланадиган коэффициентлар. Мазкур ифодада ҳар бир нефт ёки нефт маҳсулотлари учун коэффициентларнинг қийматлари турличадир. Шу боис, берилган нефт ёки нефт маҳсулотлари зичлигининг ўртача қайнаш температурасига боғлиқлиги учун тақрибий ҳисоблашлардагина фойдаланиш мумкин.

Синдириш кўрсаткичи ( $n_D^{20}$ ) маълум бўлганда зичликни аниқлаш учун Эйгенсон ва Ивченко қуйидаги ифодан таклиф қилдилар:

$$\rho_4^{20} = \sqrt{2,841 \cdot n_D^{20}} - 3,468. \quad (2.5)$$

Шуни айтиш жоизки, бу ифода фақат керосин фракцияларининг зичлигини аниқлаш учун ўринлидир.

А.С.Магомадов томонидан таклиф қилинган қуйидаги методика ёрдамида турли ҳарорат ва турлича босимларда кўп компонентли системаларнинг зичлигини ҳисоблаш имконини беради:

$$\rho_{\pi,\tau} = \rho_0 \cdot \exp[f_1(\tau) + f_2(\pi, \tau)], \quad (2.6)$$

бу ерда  $\rho_0$  – нормал атмосфера босими ва 20°C температурада ҳисобланган зичликнинг қиймати;

$$f_1(\tau) = -6,948 \cdot 10^{-1} \cdot \tau - 1,7643 \cdot 10^{-7} \cdot \tau^2 - 8,2481 \cdot 10^{-10} \cdot \tau^3;$$

$$f_2(\tau, \pi) = K \cdot \pi + L \cdot \pi^2,$$

бунда  $K$ ,  $L$  – келтирилган температурага боғлиқ бўлган ўзгарувчилар;  $p$  – келтирилган босим;  $\tau$  – келтирилган температура. Бу методика асосида олиб борилган ҳисоблашларнинг нисбий хатолиги  $\pm 0,16\%$  ни, максимал хатолик эса  $0,45\%$  ни ташкил қилади.

Д.И. Менделеев томонидан таклиф қилинган методика бўйича газ конденсатининг зичлиги берилган температура ва  $\rho_4^{20} = 0,76263$  ҳамда  $\alpha = 0,00082$  параметрлар асосида қуйидагича аниқланади:

30°C температура учун:

$$\rho_4^{30} = \rho_4^{20} - \alpha(t - 20) = 0,7626 - 0,00082(30 - 20) = 0,7626 - 0,0082 = 0,7544$$

40°C температура учун:

$$\rho_4^{40} = \rho_4^{20} - \alpha(t - 20) = 0,7626 - 0,00082(40 - 20) = 0,7626 - 0,0164 = 0,7462$$

50°C температура учун:

$$\rho_4^{50} = \rho_4^{20} - \alpha(t - 20) = 0,7626 - 0,00082(50 - 20) = 0,7626 - 0,0246 = 0,738$$

60°C температура учун:

$$\rho_4^{60} = \rho_4^{20} - \alpha(t - 20) = 0,7626 - 0,00082(60 - 20) = 0,7626 - 0,0328 = 0,7298$$

70°C температура учун:

$$\rho_4^{70} = \rho_4^{20} - \alpha(t - 20) = 0,7626 - 0,00082(70 - 20) = 0,7626 - 0,041 = 0,7216$$

80°C температура учун:



$$\rho_4^{80} = \rho_4^{20} - \alpha(t - 20) = 0,7626 - 0,00082(80 - 20) = 0,7626 - 0,0492 = 0,7134$$

90<sup>0</sup>С температура учун:

$$\rho_4^{90} = \rho_4^{20} - \alpha(t - 20) = 0,7626 - 0,00082(90 - 20) = 0,7626 - 0,0574 = 0,7052$$

100<sup>0</sup>С температура учун:

$$\rho_4^{100} = \rho_4^{20} - \alpha(t - 20) = 0,7626 - 0,00082(100 - 20) = 0,7626 - 0,0656 = 0,697$$

110<sup>0</sup>С температура учун:

$$\rho_4^{110} = \rho_4^{20} - \alpha(t - 20) = 0,7626 - 0,00082(110 - 20) = 0,7626 - 0,0738 = 0,6888$$

Температуранинг янада кенгроқ, яъни 300<sup>0</sup>С гача бўлган интервали учун

зичликнинг (кг/м<sup>3</sup>) температурага боғлиқлиги А.К. Мановян тенгламасига

асосан ҳисобланади (хатолик 3%гача):

$$\rho_4^t = 1000\rho_4^{20} - \frac{0,58}{\rho_4^{20}}(t - 20) - \frac{[t - 1200(\rho_4^{20} - 0,68)]}{1000} \cdot (t - 20).$$

30<sup>0</sup>С температура учун:

$$\rho_4^{30} = 1000 \cdot 0,7626 - \frac{0,58}{0,7626}(30 - 20) - \frac{[30 - 1200(0,7626 - 0,68)]}{1000} \cdot (30 - 20) = 754,033 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

40<sup>0</sup>С температура учун:

$$\rho_4^{40} = 1000 \cdot 0,7626 - \frac{0,58}{0,7626}(40 - 20) - \frac{[40 - 1200(0,7626 - 0,68)]}{1000} \cdot (40 - 20) = 745,083 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

50<sup>0</sup>С температура учун:

$$\rho_4^{50} = 1000 \cdot 0,7626 - \frac{0,58}{0,7626}(50 - 20) - \frac{[50 - 1200(0,7626 - 0,68)]}{1000} \cdot (50 - 20) = 736,950 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

60<sup>0</sup>С температура учун:

$$\rho_4^{60} = 1000 \cdot 0,7626 - \frac{0,58}{0,7626}(60 - 20) - \frac{[60 - 1200(0,7626 - 0,68)]}{1000} \cdot (60 - 20) = 728,433 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

70<sup>0</sup>С температура учун:

$$\rho_4^{70} = 1000 \cdot 0,7626 - \frac{0,58}{0,7626}(70 - 20) - \frac{[70 - 1200(0,7626 - 0,68)]}{1000} \cdot (70 - 20) = 719,933 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

80<sup>0</sup>С температура учун:

$$\rho_4^{80} = 1000 \cdot 0,7626 - \frac{0,58}{0,7626}(80 - 20) - \frac{[80 - 1200(0,7626 - 0,68)]}{1000} \cdot (80 - 20) = 711,449 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

90<sup>0</sup>С температура учун:

$$\rho_4^{90} = 1000 \cdot 0,7626 - \frac{0,58}{0,7626}(90 - 20) - \frac{[90 - 1200(0,7626 - 0,68)]}{1000} \cdot (90 - 20) = 702,981 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

100<sup>0</sup>С температура учун:

$$\rho_4^{100} = 1000 \cdot 0,7626 - \frac{0,58}{0,7626}(100 - 20) - \frac{[100 - 1200(0,7626 - 0,68)]}{1000} \cdot (100 - 20) = 694,531 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

110<sup>0</sup>С температура учун:

$$\rho_4^{110} = 1000 \cdot 0,7626 - \frac{0,58}{0,7626} (110 - 20) - \frac{[110 - 1200(0,7626 - 0,68)]}{1000} \cdot (110 - 20) = 686,096 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

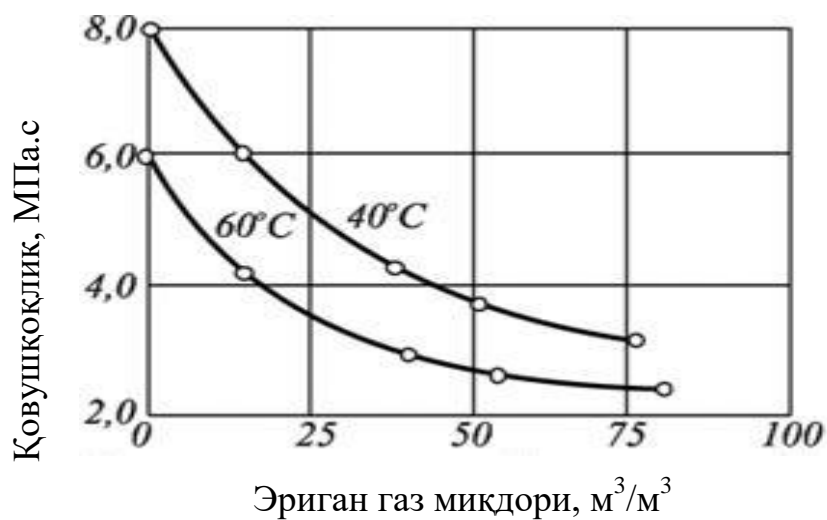
## 2.1-жадвал

### Д.И. Менделеев ва А.К. Мановян бўйича зичликнинг қийматлари

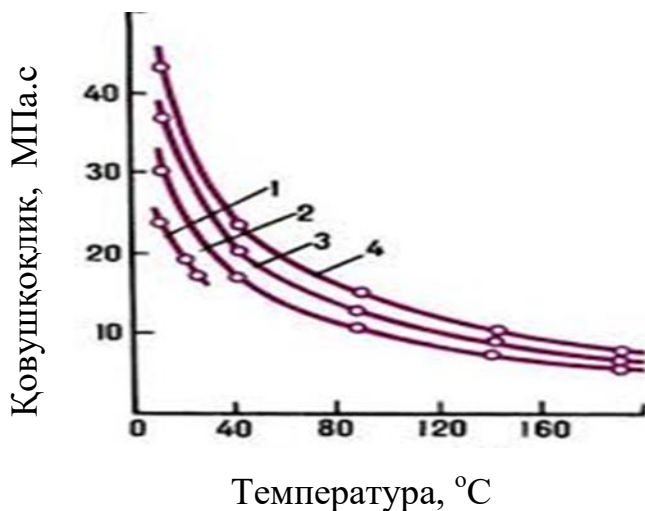
	t °C	Зичликнинг ҳисобланган қийматлари		Фарқ, %
		Д.И. Менделеев бўйича	А.К. Мановян бўйича	
1	20	0,7626	0,7626	0
2	30	0,7544	0,754	0,05
3	40	0,7462	0,745	0,16
4	50	0,738	0,7369	0,14
5	60	0,7298	0,7284	0,19
6	70	0,7216	0,7199	0,23
7	80	0,7134	0,7114	0,28
8	90	0,7052	0,7029	0,32
9	100	0,697	0,6945	0,35
10	110	0,6888	0,686	0,40

### 2.1.2. Қовушқоқликни ҳисоблаш

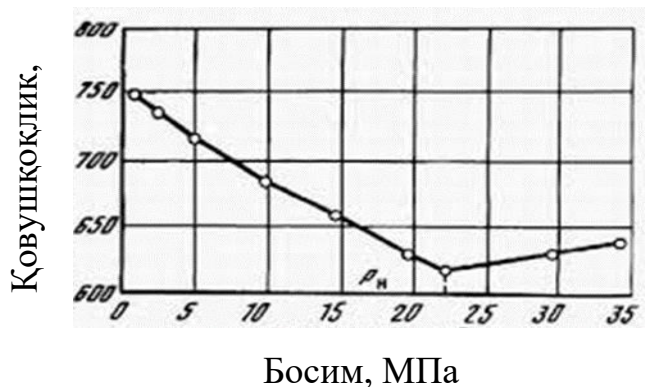
Нефтлар ва нефт маҳсулотларининг характеристикалари сифатида қовушқоқликнинг динамик, кинематик ва шартли кўрсаткичлари олинади. Қовушқоқлик модданинг кимёвий ва фракцион таркибига, температура ва босимга боғлиқ (2.1-2.3-расмлар). Кўпгина нефтларнинг 20°C даги кинематик қовушқоқлиги ( $\nu_{20}$ ) 4 дан 40 мм<sup>2</sup>/с гача ораликда бўлади. Нефт ёки нефт маҳсулотлари дисперс системаларни ташкил қилган ҳолларда суяқлик оқими кўйилган юкламага мутаносиб бўлмай қолади, яъни у Ньютон қонунига бўйсунмай қолади. Бундай системаларнинг қовушқоқлиги структурали номи билан аталади. Структурани бузиш учун эластиклик чегараси деб аталувчи [15,16,23] маълум бир кучланиш ҳосил қилиш талаб этилади.



2.1-расм. Қовушқоқлықнинг суюқ углеводородларда эриган газ микдorigа бoғлиқлиги



2.2-расм. Қовушқоқлықнинг температурага бoғлиқлиги



2.3-расм. Қовушқоқлықнинг босимга бoғлиқлиги

2.2-жадвал.  
Зичлик ва қовушқоқликнинг ҳароратга боғлиқ ҳолда ўзгариши

$t$ °C	Зичлик, кг/м <sup>3</sup>	Кинематик қовушқоқлик, $\nu$ , $10^{-6} \text{ м}^2 / \text{ч}$	Динамик қовушқоқлик, $\mu$ , $10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$	Визкозиметр дан ўртача оқиб тушиш вақти $\tau_{\text{ўр}}$ , мин.
20	751	1,06592	800,5057	0,374
30	743	0,864259	642,1446	0,3002
40	739	0,806642	596,1084	0,281
50	726	0,777833	564,707	0,274
60	716	0,749025	536,3016	0,272
70	711	0,720216	512,0736	0,254
80	705	0,691407	487,4422	0,238
90	694	0,63379	439,8503	0,218
100	686	0,662599	454,5427	0,232

Тадқиқотлар пайтида қуйидаги параметрлар танланди.

Газ конденсатининг ҳажмий сарфи:

$$Q_1 = 0,5 \text{ л/мин} = 0,0000083 \text{ м}^3/\text{сек}$$

$$Q_2 = 1,0 \text{ л/мин} = 0,000016 \text{ м}^3/\text{сек}$$

$$Q_3 = 1,5 \text{ л/мин} = 0,000025 \text{ м}^3/\text{сек}$$

$$Q_4 = 2,0 \text{ л/мин} = 0,000033 \text{ м}^3/\text{сек}$$

$$Q_5 = 2,5 \text{ л/мин} = 0,0000416 \text{ м}^3/\text{сек}$$

Ўрганилаётган газ конденсатининг ҳарорат  $20^\circ\text{C}$ ,  $\rho_4^{20} = 0,8425$  ва  $\alpha = 0,00072$  бўлгандаги зичлигини қуйидагича аниқлаймиз.

Газ конденсатининг масса бўйича сарфи:

$$G_1 = Q_1 \cdot \rho = 0,0000083 \cdot 842 = 0,00698 \text{ кг/сек}$$

$$G_2 = Q_2 \cdot \rho = 0,000016 \cdot 842 = 0,0134 \text{ кг/сек}$$

$$G_3 = Q_3 \cdot \rho = 0,000025 \cdot 842 = 0,021 \text{ кг/сек}$$

$$G_4 = Q_4 \cdot \rho = 0,000033 \cdot 842 = 0,0277 \text{ кг/сек}$$

$$G_5 = Q_5 \cdot \rho = 0,0000416 \cdot 842 = 0,035 \text{ кг/сек}$$

Нефтнинг газ конденсати иссиқлик алмаштиргичнинг ички қувурида қуйидагича тезликлар билан ҳаракатлантирилди:

$$\omega_1 = \frac{4Q_1}{\pi d_{\text{ен}}^2} = \frac{4 \cdot 8,3 \cdot 10^{-6}}{3,14 \cdot 0,02^2} = 2643312 \cdot 10^{-6} = 0,026 \text{ м/сек}$$

$$\omega_2 = \frac{4Q_2}{\pi d_{\text{ен}}^2} = \frac{4 \cdot 1,6 \cdot 10^{-5}}{3,14 \cdot 0,02^2} = 5095,54 \cdot 10^{-5} = 0,051 \text{ м/сек}$$

$$\omega_3 = \frac{4Q_2}{\pi d_{\text{ен}}^2} = \frac{4 \cdot 2,5 \cdot 10^{-5}}{3,14 \cdot 0,02^2} = 7961,78 \cdot 10^{-5} = 0,08 \text{ м/сек}$$

$$\omega_4 = \frac{4Q_2}{\pi d_{\text{ен}}^2} = \frac{4 \cdot 3,3 \cdot 10^{-5}}{3,14 \cdot 0,02^2} = 10509,55 \cdot 10^{-5} = 0,105 \text{ м/сек}$$

$$\omega_5 = \frac{4Q_2}{\pi d_{\text{ен}}^2} = \frac{4 \cdot 4,16 \cdot 10^{-5}}{3,14 \cdot 0,02^2} = 13248,4 \cdot 10^{-5} = 0,132 \text{ м/сек}$$

Ўрганилаётган газ конденсати кинематик қовушқоқлигининг ИПЖ-4 вискозиметри ёрдамида ўлчанган қиймати:

$$v_{20} = \frac{g}{9,807} \cdot \tau_{\text{cp}} K = 1,0003 \cdot 292 \cdot 0,0288 = 8,412 \text{ мм}^2 / \text{сек} = 8,412 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 / \text{ч}$$

бу ерда  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$  – эркин тушиш тезланиши;  $\tau_{\text{cp}} = 292 \text{ сек}$  – намунанинг ўртача оқиб тушиш вақти;  $K$  – вискозиметр доимийси ( $K = 0,02880 \text{ мм}^2/\text{с}^2$ ).

Газ конденсатининг динамик қовушқоқлиги  $\mu$  (МПа·с) ни аниқланган кинематик қовушқоқлик қийматига кўра қуйидагича ҳисоблаймиз:

$$\mu_{n20} = v_{n20} \cdot \rho_{n20} = 8,41 \cdot 10^{-6} \cdot 842 = 7081,22 \cdot 10^{-6} \text{ кг/м} \cdot \text{с} = 7,081 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$$

### 2.1.3. Иссиқлик сиғимини ҳисоблаш

Совутиш жараёнининг иссиқлик ҳисоблашлари пайтида инобатга олинадиган углеводород хом ашёсининг асосий иссиқлик-физикавий хоссаларидан бири иссиқлик сиғимидир. Углеводород хом ашёси ва нефт маҳсулотларининг иссиқлик сиғимини ҳисоблаш учун манбаларда [4, 5] жуда кўп эпирик тенглама ва боғланишларни учратиш мумкин. Бироқ бу тенглама ва боғланишларни маҳаллий углеводород хом ашёсини қайта ишлаш жараёнларини ҳисоблашда қўллаш учун уларга тегишли аниқликлар киритиш талаб қилинади.

Углеводород хом ашёси ва иссиқлик ташувчиларнинг асосий иссиқлик-физикавий хоссаларини аниқлашда нефтни газ конденсати билан совутишни

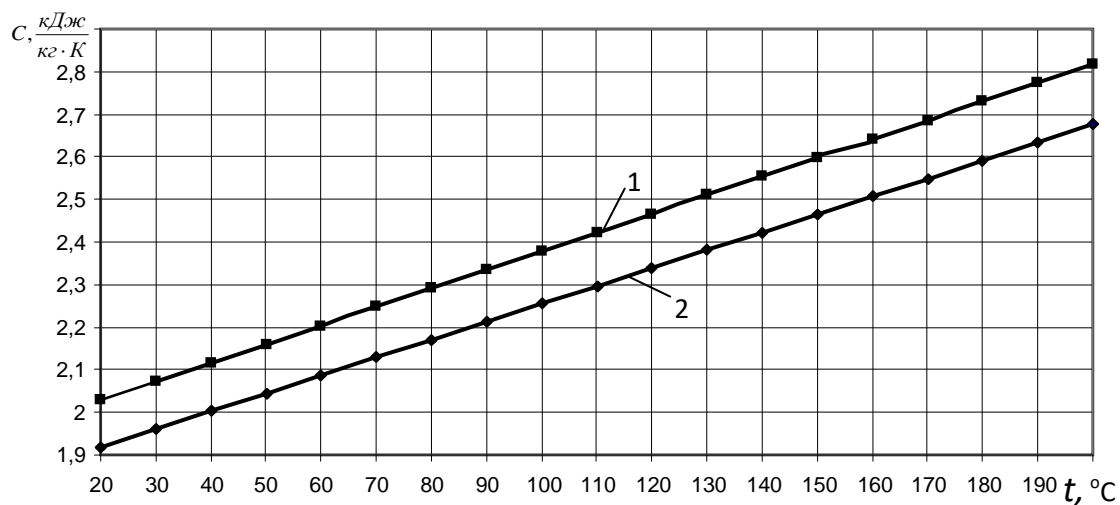
Ўрганиш бўйича олиб борилган экспериментларда олинган асосий натижалар ва олдин бажарилган қуйидаги ҳисоблаш натижаларидан фойдаланамиз:

- газ конденсатини совутишдаги ўртача-ҳажмий температура –  $t_{\text{ск ўр}} = 148 \text{ }^\circ\text{C}$  (421,15 K);
- газ конденсатининг нисбий зичлиги –  $d_{20}^{20} = 0,764$  и  $d_{15}^{15} = 0,7667$ ;
- характеристик факторнинг нефт учун  $K_{\text{н}} = 11,392$  ва газ конденсати учун  $K_{\text{гк}} = 11,897$  қийматлари.

Нефт маҳсулотлари ва газ конденсатининг иссиқлик сиғимини ҳисоблаш эксперимент шартларидан [17] келиб чиққан ҳолда температуранинг 20 дан 200 $^\circ\text{C}$  гача бўлган диапазонда амалга оширилди.

Нефт ва нефт маҳсулотларининг солиштирма иссиқлик сиғими (кЖ/кг·К) уларнинг температуралари, 20  $^\circ\text{C}$  даги нисбий зичлиги  $\rho_4^{20}$  ва кимёвий таркибини ҳисобга олган ҳолда Ватсон ва Нельсон тенгламаси асосида ҳисобланди:  $C_p = [1,28076 - 0,70279 \cdot \rho_{15}^{15} + T(0,00615 - 0,0023\rho_{15}^{15})](0,055K + 0,35)$  (2.7) бунда  $K$  – нефт маҳсулотининг (парафинланганлини ҳисобга олувчи) характеристик фактор.

2.4-расмда (2.7) тенгламадан фойдаланиб ҳисобланган натижалар асосида газ конденсати ва нефт  $C$  солиштирма иссиқлик сиғимларининг  $T$  температурага боғлиқ ҳолда ўзгариш графиклари келтирилган.



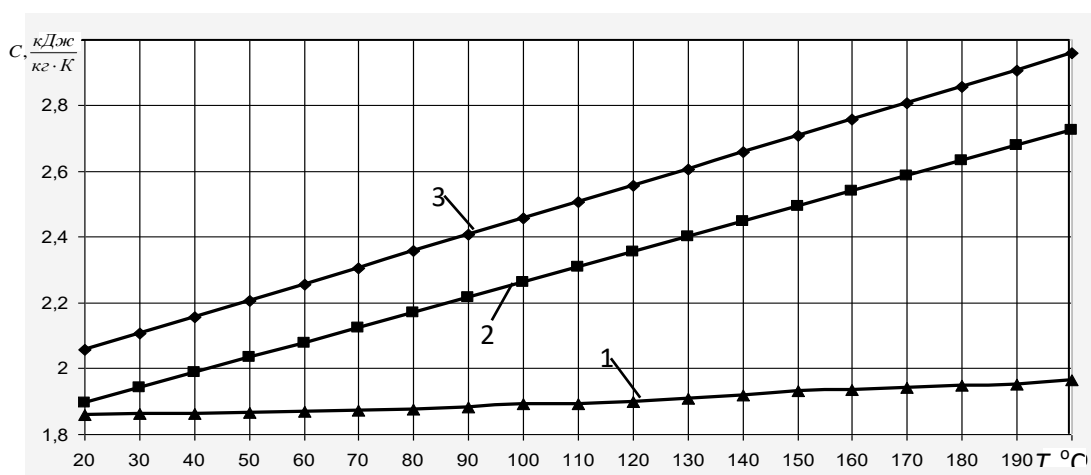
**2.4-расм. Газ конденсати (1) ва нефт (2)  $C$  солиштирма иссиқлик сиғимларининг  $T$  температурага боғлиқлик графиклари.**

Графиклардан кўринадики, 20 дан 200°С гача бўлган температура интервалида ўрганилган нефт ва газ конденсатининг солиштирма иссиқлик сиғимлари температура ўзгариши билан чизикли равишда ўзгаради.

Углеводород хомашёси буғларининг (жумладан газ конденсатининг ҳам) иссиқлик сиғими суяқ нефт маҳсулотларидан фарқли ҳолда нафақат кимёвий таркиби ва температурага, балки тизимдаги босимнинг катталигига ҳам боғлиқдир. Характеристик фактор  $K$  ни ҳисобга олган ҳолда нефт маҳсулотларининг буғлари ва нефт фракциялари учун массавий солиштирма иссиқлик сиғимлари (кДж/кг·К) Бальке ва Кэй [6] тенгласига асосан ҳисоблаб топилди:

$$C_p = \frac{4,0 - \rho_{15}^{15}}{1541} (1,8T + 211)(0,146 \cdot K - 0,41) \quad (2.8)$$

2.5-расмда сув (1-чизик), газ конденсати (2-чизик) ва нефт (3-чизик) буғлари учун солиштирма иссиқлик сиғимларининг  $T$  температурага боғлиқ ҳолда ўзгариш графиклари келтирилган.



**2.5-расм. Сув (1-чизик), газ конденсати (2-чизик) ва нефт (3-чизик) буғлари учун  $C$  солиштирма иссиқлик сиғимларининг  $T$  температурага боғлиқлик графиклари.**

Олинган боғланишлар углеводород хомашёси буғлари солиштирма иссиқлик сиғимларининг Бальке и Кэй ифодасига (2.8) асосан олинган қийматлари бўйича тузилган. Бунда солиштириш учун тўйиниш чизиғида сув буғи учун солиштирма иссиқлик сиғимининг қийматлари маълумотномадан [9] олинди.

Солиштирма иссиқлик сиғимлари қийматларини солиштириш шуни кўрсатадики, газ конденсатининг иссиқлик сиғими (2,06–2,96 кЖ/кг·К) нефт фракциялари (1,9–2,73 кЖ/кг·К) ва сув (1,86–1,97 кЖ/кг·К) буғларининг иссиқлик сиғимларига нисбатан энг катта қийматга эга бўлади.

Шундай қилиб, иссиқлик сиғимининг 20 дан 200°С гача бўлган температура интервалида олиб борилган ҳисоблаш натижалари шуни кўрсатадики, маҳаллий нефт ва газ конденсатлари солиштирма иссиқлик сиғимларининг (2.7) ифода бўйича ҳисобланган қийматлари мос равишда 1,92÷2,68 ва 2,03÷2,82 кЖ/(кг·К) чегарада ўзгаради. Нефт буғлари солиштирма иссиқлик сиғимларининг (2.8) ифода бўйича ҳисобланган қиймати 1,90÷2,73 кЖ/(кг·К) бўлган диапазонда, газ конденсати буғлари учун эса 2,06÷2,96 кЖ/(кг·К) интервалида ўзгаради. Манбаларда кўпгина нефтлар учун солиштирма иссиқлик сиғимининг қиймати  $C = 1,5\div 2,5$  кЖ/(кг·К) оралиқда бўлиши тўғрисида [5] маълумот келтирилади. Ҳисоблаб топилган солиштирма иссиқлик сиғимини манбаларда келтирилган қийматлар билан солиштириш (фарқ 7–20 %) шуни кўрсатадики, юқорида кўрсатилган (2.7) ва (2.8) эмпирик формулаларни маҳаллий нефтлар ва газ конденсатларининг солиштирма иссиқлик сиғимларини ҳисоблаш учун қўллаш мумкин.

Тўйинган сув буғи ва газ конденсати солиштирма иссиқлик сиғимларининг қийматларини 20 дан 200°С гача бўлган ҳарорат интервалида солиштириш шуни кўрсатадики, иссиқлик ташувчиларнинг (сув ва углеводород буғлари) физик-кимёвий ва иссиқлик-физикавий хоссаларида бўлган тафовутдан фойдаланиб, технологик мақсадларда маълум даражада иссиқлик алмашиниш жараёнларини интенсификациялашга эришиш мумкин. Масалан, сув буғларига альтернатив иссиқлик ташувчи сифатида нефтни қиздириш учун газ конденсати буғларидан 20–200°С оралиқда фойдаланишда иссиқлик алмашинуви жараёнининг жадаллашиш даражасини газ конденсати  $C_{гк}$  ва сув буғлари  $C_{сб}$  ўртача иссиқлик сиғимларининг нисбати сифатида ифодалаш мумкин:



$$C_{гк}/C_{сб} = 2,51/1,915 = 1,3 \text{ марта}$$

ёки

$$[(C_{гк} - C_{сб})/C_{гк}] \cdot 100\% = 23,7 \%$$

#### 2.1.4. Энталпияни ҳисоблаш

Иссиқлик ташувчиларнинг (сув ва углеводород буғлари) физик-кимёвий ва иссиқлик-физикавий хоссалари бевосита уларнинг асосий энергетик характеристикаси ҳисобланган энталпия билан бевосита боғлиқдир. Суюқ нефт маҳсулотларининг, шу жумладан газ конденсатининг солиштирма энталпияси  $T$  ҳароратга ва  $\rho_{15}^{15}$  нисбий зичликка боғлиқ ҳолда қуйидаги ифода ёрдамида [8] аниқланиши мумкин:

$$q_T^c = \frac{1}{\sqrt{\rho_{15}^{15}}} (0,0017T^2 + 0,7615 \cdot T - 334,25). \quad (2.9)$$

Жараённинг ўртача аниқловчи  $T = 403,4 \text{ К}$  ( $130,25^\circ\text{C}$ ) температураси ва  $\rho_{15}^{15} = 0,7667$  нисбий зичлигида газ конденсати солиштирма энталпияси  $q_T^c$  нинг сон қиймати юқоридаги (2.9) ифодага асосан қуйидагига тенг бўлади:

$$\begin{aligned} q_T^{жс} &= \frac{1}{\sqrt{0,7667}} (0,0017 \cdot 403,4^2 + 0,7615 \cdot 403,4 - 334,25) = \\ &= \frac{1}{0,7667^{1/2}} \cdot (276,64365 + 307,1891 - 334,25) = 1,14206 \cdot 249,37562 \approx 284,802 \frac{\text{кЖ}}{\text{кг}}. \end{aligned}$$

$T = 383,15 \text{ К}$  ( $110^\circ\text{C}$ ) температурада эса  $q_T^c$  нинг қиймати:

$$\begin{aligned} q_T^c &= \frac{1}{\sqrt{0,7667}} (0,0017 \cdot 383,15^2 + 0,7615 \cdot 383,15 - 334,25) = \\ &= 1,14206 \cdot (249,567 + 291,769 - 334,25) = 236,504 \frac{\text{кЖ}}{\text{кг}}. \end{aligned}$$

Нефт буғларининг атмосфера босимидаги  $q_T^b$  (кЖ/кг) энталпияси  $T$  температурага ва нефт маҳсулотларининг нисбий зичлиги  $\rho_{15}^{15}$  га боғлиқ ҳолда Б.П. Воинов формуласи ёрдамида ҳисобланди:

$$q_T^b = (129,28 + 0,136T + 0,000586T^2)(4 - \rho_{15}^{15}) - 309,0 \quad (2.10)$$

бу ерда  $T$  – буғнинг температураси, К.

Нисбий зичликнинг  $\rho_{15}^{15} = 0,7667$  қийматида (2.10) ифодага асосан газ конденсатининг солиштирма энталпиясини ҳисоблаймиз:

– температура  $T = 433,15 \text{ K}$  ( $160^\circ\text{C}$ ) бўлганда:

$$q_T^B = (129,28 + 0,136 \cdot 433,15 + 0,000586 \cdot 433,15^2) \cdot (4 - 0,7667) - 309 = \\ = (129,28 + 58,9084 + 109,9447) \cdot 3,2333 - 309 = 654,954 \text{ кЖ/кг};$$

– температура  $T = 403,4 \text{ K}$  ( $130,25^\circ\text{C}$ ) бўлганда:

$$q_T^B = (129,28 + 0,136 \cdot 403,4 + 0,000586 \cdot 403,4^2) \cdot 3,2333 - 309 = \\ = (129,28 + 54,8624 + 95,3607) \cdot 3,2333 - 309 = 594,7174 \text{ кЖ/кг};$$

– температура  $T = 383,15 \text{ K}$  ( $110^\circ\text{C}$ ) бўлганда:

$$q_T^B = (129,28 + 0,136 \cdot 383,15 + 0,000586 \cdot 383,15^2) \cdot 3,2333 - 309 = \\ = (129,28 + 52,1084 + 86,0271) \cdot 3,2333 - 309 = 557,316 \text{ кЖ/кг}.$$

Газ конденсатининг ўртача қайнаш температураси  $t_{\text{ўр}} = 130,25^\circ\text{C}$  да унинг критик температураси  $t_{\text{кр}}$  қуйидаги ифода ёрдамида аниқланди:

$$t_{\text{кр}} = 1,05 t_{\text{ўр}} + 160 = 1,05 \cdot 130,25 + 160 = 296,76^\circ\text{C} \quad (2.11)$$

ёки

$$T_{\text{кр}} = 273,15 + 296,76 = 569,9 \approx 570 \text{ K}.$$

Шунингдек, критик температура Итон ва Портернинг [7] қуйидаги эмпирик формуласи ёрдамида ҳам аниқланиши мумкин:

$$T_{\text{кр}} = 355,1 + 0,97a - 0,00049a^2, \quad (2.12)$$

бунда  $a = (1,8T_{\text{кр}} - 359) \rho_{15}^{15} = [1,8(130,25 + 273,15) - 359] 0,7667 = 281,471$ .

$a$  коэффициентнинг бу қийматини (2.12) ифодага қўйиб,  $T_{\text{кр}}$  нинг қийматини ҳисоблаймиз:

$$T_{\text{кр}} = 355,1 + 0,97 \cdot 281,471 - 0,00049 \cdot 281,471^2 = 355,1 + 273,027 - \\ - 3,2524 = 625 \text{ K} (351,73^\circ\text{C}).$$

Шундай қилиб, газ конденсатининг критик температураси  $T_{\text{кр}} = 625 \text{ K}$  га тенг экан.

Критик температура  $T_{\text{кр}}$  маълум бўлса, қуйидаги ифода ёрдамида газ конденсатининг критик босими  $P_{\text{кр}}$  ни (МПа) осонгина ҳисоблаб топамиз:

$$P_{кр} = K_p \frac{T_{кр}}{M_{гкн}} \cdot 10^5, \text{ МПа} \quad (2.13)$$

бу ерда  $K_p = 6,35$  – газ конденсати учун қабул қилинган доимий,  $M$  – газ конденсатининг молекуляр массаси. Демак, (2.13) ифодага асосан

$$P_{кр} = K_p \frac{T_{кр}}{M_{гкн}} \cdot 10^5 = 6,35 \cdot \frac{625}{116,595} \cdot 10^5 = 34,0388 \cdot 10^5 \text{ Па} = 3,4 \text{ МПа}$$

Газ конденсати учун келтирилган температура  $T_{кел}$  ва келтирилган босим  $P_{кел}$  нинг қийматлари мос равишда:

$$T_{кел} = \frac{T}{T_{кр}} = \frac{403,4}{625} = 0,645; \quad P_{кел} = \frac{P}{P_{кр}} = \frac{0,3}{3,4} = 0,088.$$

Бунда буғларнинг энталпиясига ортиқча босим учун киритиладиган  $\Delta q$  тузатманинг қиймати [5]:

$$\Delta q = -4,4 \cdot \frac{P_{кел}}{T_{кел}^3} \cdot \frac{T}{M} = -4,4 \cdot \frac{0,08}{0,645^3} \cdot \frac{403,4}{116,595} = -4,539 \frac{\text{кЖ}}{\text{кг}}.$$

Шундай қилиб, газ конденсати буғларининг  $t = 160^\circ\text{C}$  температура ва  $P = 300$  кПа ортиқча босим остидаги энталпияси

$$q_{T,P}^B = q_{T_{буғ}} - \Delta q = 654,954 - 4,539 = 650,415 \text{ кЖ/кг}.$$

### 2.1.5. Иссиқлик ўтказувчанликни ҳисоблаш

Суюқ мотор ёқилғиларининг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти (Вт/м<sup>2</sup>К) қуйидаги формула ёрдамида [8] аниқланади:

$$\lambda_{273,15} = \frac{117,2}{\rho_{15}^{15}} = \frac{117,2}{0,7667} = 152,863. \quad (2.14)$$

Нефт фракцияларининг  $T=303\text{K}$  ( $30^\circ\text{C}$ ) температура ва атмосфера босимидаги иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти (Вт/м<sup>2</sup>К) Расторгуев формуласи ёрдамида [14] аниқланади:

$$\lambda_{303} = \frac{0,105 + 0,97 \cdot 10^{-4} (T_{ур.кай} - 323)}{\Phi^2} = \frac{0,1127988}{1,021157} = 0,110462 \quad (2.15)$$

бунда  $T_{ур.кай}$  – фракциянинг ўртача қайнаш температураси;  $\Phi$  – катталиқ қуйидаги ифода ёрдамида аниқланади:

$$\Phi = \rho_4^{20} + \frac{100}{T_{ур.кай}} = 0,76263 + \frac{100}{403,4} = 1,010523. \quad (2.16)$$

Нефт маҳсулотларининг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентини уларнинг  $T$  температураси ва  $\rho_{15}^{15}$  нисбий зичлигига боғлиқ ҳолда Крэг формуласи ёрдамида аниқлаш тавсия этилади:

$$\lambda_T = \frac{0,00117}{\rho_{15}^{15}} (1,1474 - 0,00054 \cdot T).$$

$T = 403,4$  К температурадаги газ конденсати учун

$$\lambda_{T.эки} = \frac{0,00117}{0,7667} (1,1474 - 0,00054 \cdot 403,4) = 0,00142 \frac{Вт}{м \cdot К}.$$

Нефтнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти Крэга-Смита [5] формуласи ёрдамида аниқланади:

$$\lambda_T = \frac{156,6}{\rho_{293}} (1 - 0,00047 \cdot T), \quad Вт / (м \cdot К).. \quad (2.17)$$

$T_o = 293,15 \cdot К$  ( $20^0С$ ) температура ва зичлиги  $\rho_{20} = 844$  кг/м<sup>3</sup> бўлган нефтнинг учун иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти

$$\lambda_{293} = \frac{156,6}{844} (1 - 0,00047 \cdot 293,15) = 0,185545 \cdot (1 - 0,1377805) = 0,16 \frac{Вт}{м \cdot К};$$

Нефтнинг  $T = 111^0С$  ( $384,15$  К) аниқловчи температурадаги иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти эса

$$\lambda_{384} = \frac{156,6}{844} (1 - 0,00047 \cdot 384,15) = 0,185545 (1 - 0,1805505) = 0,152 \frac{Вт}{м \cdot К}.$$

Манбалардан [18] олинган маълумотларга асосан 273-473 К температура диапазонида нефтнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти  $0,1 \div 0,2$  Вт/м·К интервалда бўлади.

## **Иккинчи боб бўйича хулосалар**

1. Газ конденсати ва углеводород иссиқлик ташувчиларнинг физикавий хоссаларини таҳлил қилиш методикаси ўрганилди.
2. Газ конденсати нефт фракциялари дистиллятларининг физик-кимёвий ва иссиқлик-физикавий хоссалари ҳисоблаш йўли билан ҳамда Бухоро НҚИЗ да ўтказилган экспериментлар ва завод лабораториясида олинган натижалардан фойдаланилган ҳолда тадқиқот қилинди.
3. Углеводород хомашёсининг иссиқлик сиғимини аниқлаш учун бажарилган ҳисоблашлар ва уларни манбалардан олинган натижалар билан таққослаш асосида газ конденсатининг иссиқлик сиғимини ҳисоблаш учун мавжуд эмпирик формулаларни қўллаш мумкинлиги тўғрисида хулоса қилинди.
4. Ҳисоблашлар ҳамда тўйинган сув буғи ва газ конденсати солиштирма иссиқлик сиғимларининг қийматларини 50 дан 150°С гача бўлган ҳарорат интервалида солиштириш асосида аниқландики, иссиқлик ташувчиларнинг (сув ва углеводород буғлари) физик-кимёвий ва иссиқлик-физикавий хоссаларида бўлган тафовутдан фойдаланиб, иссиқлик алмашилиш жараёнларининг интенсификация даражасини 7,8 дан 8,5 мартагача етказиш мумкин.

### **III боб. СУВ БИЛАН СОВИТИШ УСУЛИДА КЕРОСИН ФРАКЦИЯСИ ДИСТИЛЛЯТИНИНГ СОВИШ ЖАРАЁНИНИ ЎРГАНИШ.**

#### **3.1. Экспериментал қурилманинг тавсифи ва эксперимент ўтказиш методикаси.**

Олдинги бобларда таъкидланганидек, қувурли аппаратларда углеводород буғлари ва сувсизлангилган нефт дистиллятлари ёрдамида нефтни совитиш жараёнини ўрганиш бўйича манбаларда илмий асосланган маълумотлар келтирилмаган. Шунингдек, бундай жараён технологик режимларининг (иситувчи агентнинг температураси, босими ва сарфи) қувурли аппаратлардаги иссиқлик алмашинуви самарадорлигига таъсирини ўрганиш бўйича маълумотлар ҳам учрамайди.

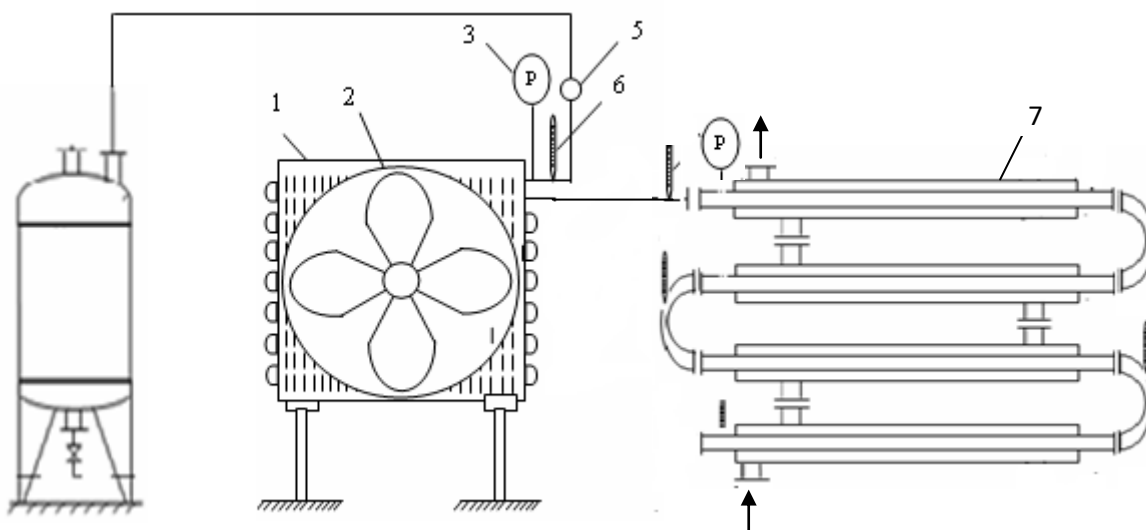
Шу боис, нефтгазконденсат хомашёсини қиздиришда иссиқлик алмашинуви жараёнини ўрганиш учун ЎзР ФА Умумий ва аорганик кимё институтининг “Кимёвий технологиялар жараёнлари ва аппаратлари” лабораториясида принципиал схемаси 3.1-расмда келтирилган экспериментал қурилма тайёрланиб, тажриба ўтказиш учун йиғилди.

Қурилма асосан ишчи ҳажми 27 л бўлган 3 буғлантирувчи –буғ қозони, тўрт секцияли «қувур ичида қувур» типдаги 9 иссиқлик алмаштиргич, углеводород хомашёси учун 13 сиғим, аппаратнинг тўртинчи секциясидан кейин қўйилган ҳажмий нефт ҳисоблагичи 11 ва нефтни ҳайдаш учун 15 насосдан иборат. Иссиқлик алмаштиргичнинг ҳар бир секцияси қуйидаги геометрик ўлчамларга (мм ларда) эга: ички қувур диаметри – 20x2,5; ташқи қувур диаметри – 50x3,5; секциянинг ишчи узунлиги 1000 ва уловчи қувурларнинг диаметри 20x2,5. Материал оқимларининг сарфини ростлаш учун қурилма шартли юриш йўли 20 мм бўлган вентиллар, кранлар ва сурма клапанлар билан жиҳозланган.

Қурилма қуйидаги тартибда ишлайди. Тажрибаларни ўтказиш пайтида, 3 буғлантирувчига олдиндан ўлчанган миқдордаги (15-20 л) газ конденсати қўйилиб, уни газ ёндирилган 2 горелка орқали очик аланга ёрдамида

кайнагунча қиздирилади. Аппарат қизиб, босимнинг керакли қийматига эришилгач, углеводород буғлари уловчи қувур орқали 9 иссиқлик алмаштиргич юқори секциясининг кожухига берилади. Шундан сўнг 15 насос ёқилиб, 10 вентил очилгач (11 ҳисоблагич вентилининг ёпиқ ҳолатида) нефтни «сиғим 13 – насос 15 – иссиқлик алмаштиргич 9» контури бўйича юборишга киришилади.

Иссиқлик алмаштиргич 9 нинг юқори секцияси кожухида йиғилган углеводород буғлари ички қувурнинг ташки сиртида конденсацияланади. Бунда буғ иссиқлигининг бир қисмини 15 насос ёрдамида ички қувур орқали ҳайдалаётган совуқ нефтга бериб, кетма-кет равишда уловчи штуцерлар орқали аппаратнинг кейинги элементлари кожухига ўтади ва иссиқлик алмашиниш туфайли совиган ҳолда 3 буғлатгичга қайтиб келади.



**3.1-расм. Сув билан совитувчи экспериментал қурилманинг принципаал схемаси:**

1 – қирралаштирилган қувурли иссиқлик алмаштиргич-конденсатор; 2 - вентилятор; 3 - манометр; 4 - вентил; 5 – буғ учун сақлагич (предохранитель) клапан; 6 -термометрлар; 7 - «қувур ичида қувур» типдаги сувли иссиқлик алмаштиргич.

Шундай қилиб, 15 насос ёрдамида ҳайдалаётган нефт иссиқлик алмаштиргичнинг барча тўртта секцияси орқали кетма-кет ўтиб, 13 сиғимга қайтиб келади. Қиздириладиган нефтнинг керакли миқдордаги сарфи насоснинг байбас чизиғидаги 14 сурма клапаннинг очиклик даражасини ростлаш орқали 11 ҳажмий насоснинг кўрсаткичи бўйича (10 ҳисоблагич

вентилининг ёпиқ ҳолатида) назорат қилинади. Буғлатгичнинг керакли буғ ишлаб чиқариш қуввати линиядаги 1 кран ёрдамида газ сарфини ростлаш орқали амалга оширилади. Системада йиғилиб қоладиган ҳаво 8 чиқарувчи кран орқали чиқариб юборилади.

Углеводород хомашёси буғларининг 3 буғлатгичдаги босими 5 манометр билан, унинг температураси эса 4 манометрик термометр ёрдамида ўлчанади. Углеводород хомашёси буғлари конденсацияланишининг ва қиздирилаётган нефтнинг 9 иссиқлик алмаштиргичдаги барча тўртала секциясига кириш ва чиқиш қисмларидаги, шунингдек 13 йиғувчи сифимдаги маҳсулотнинг температураси симобли термометрлар ёрдамида ўлчанади. Термометрлар кожухларга пайвандланган мойли чўнтакларга ўрнатилган.

Эксперимент пайтида қуйидаги параметрларнинг қийматлари ўлчаб борилди:

- нефт сарфини ўлчовчи ҳисоблагич кўрсаткичлари;
- нефтнинг қурилмага кириш пайтидаги ҳамда иссиқлик алмаштиргичдаги ҳар бир элементнинг кириш ва чиқиш қисмларидаги температура;
- қиздирувчи буғнинг босими ва температураси;
- иссиқлик алмаштиргичнинг тегишли қисмларидаги углеводород хомашёси буғларининг конденсацияланиш температураси;

Тажрибалар системадаги углеводород буғлари босимининг 40 дан 300 кПа гача бўлган интервалида олиб борилди. Эксперимент пайтида қиздирилаётган нефтнинг сарфи 6,67 л/мин, унинг қурилмага кириш пайтидаги температураси 20°С ни ташкил қилди. Қурилмада хомашёни совитиш жараёни иссиқлик ташувчиларнинг қарама-қарши йўналишдаги оқимли ҳаракати усулида (1.3-расм, б) амалга оширилди. Тажрибаларни ўтказиш пайтида асосий эътибор материал оқимлари температурасининг иссиқлик алмаштиргич секцияларининг узунлиги бўйича тақсимланишини ўрганишга қаратилди.

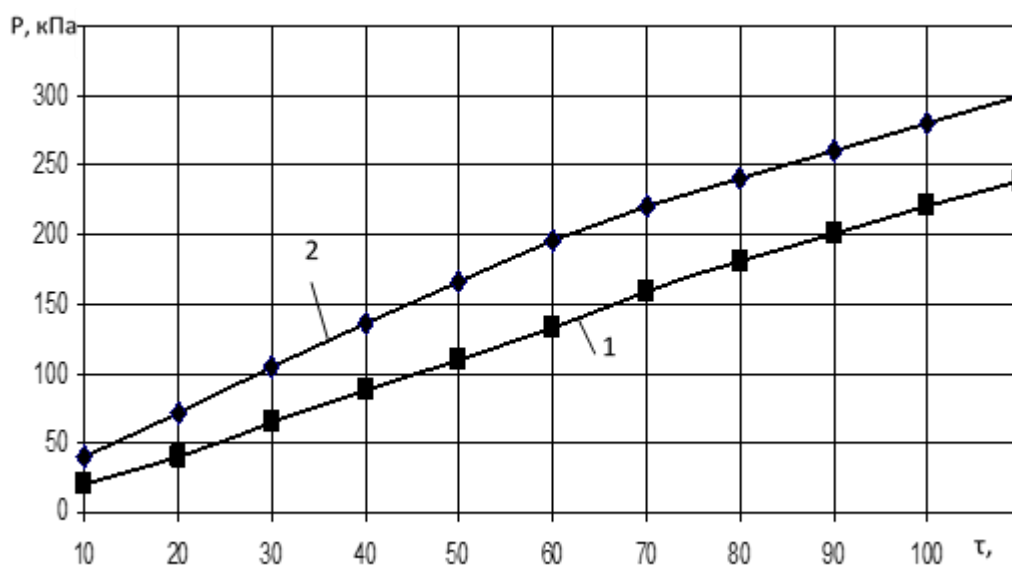


### **3.2. Қуруқ ва нам қеросин фракцияси дистиллятларини тажрибавий сувли совитгичда совитиш жараёнларини тадқиқ қилиш**

Нефтни совитиш жараёнини рационал ташкил қилиш ҳамда иссиқлик алмаштиргич қурилмаларининг барқарор ишлаш шароитларини таъминлаш учун технологик параметрларнинг (температура, босим ва иссиқлик ташувчиларнинг сарфи) вақт бўйича ўзгаришини ва уларнинг иссиқлик алмаштиргич аппаратлари самарадорлигига таъсирини ўрганиш муҳим аҳамият касб этади. Шунингдек, углеводород буғлари билан нефтни қиздиришда температуранинг вақт ва аппарат қиздирувчи қувурларининг узунлиги бўйича тақсимланишини ўрганиш катта аҳамиятга эга. Бу эса ўз навбатида тенологик жараёнларни таҳлил қилиш, иссиқлик узатилиш жараёнларини интенсификациялаш ва иссиқлик алмаштиргич қурилмаларини лойиҳалашда жуда муҳимдир.

Нефтни совитиш жараёнини ўрганиш бўйича тажрибалар системадаги углеводород буғлари босимининг 40 дан 300 кПа гача бўлган интервалида олиб борилди. Эксперимент пайтида қиздирилаётган нефтнинг сарфи 6,67 л/мин, унинг қурилмага кириш пайтидаги бошланғич температураси 20°С ни ташкил қилди. Тажрибаларни ўтказиш пайтида асосий эътибор материал оқимлари температурасининг иссиқлик алмаштиргич секцияларининг узунлиги бўйича тақсимланишини ўрганишга қаратилди. Нефтни углеводород буғлари билан қиздириш бўйича олинган экспериментал натижаларни солиштириш мақсадида айнан бир хил ўшандай шароитларда қиздирувчи агент сифатида сув буғи олинган ҳолда назорат тажрибаси ўтказилди.

3.2-расмда буғлатгичдаги сув буғи (1 чизик) ва углеводород хомашёси (2 чизик) босимининг вақт бўйича ўзгариш графиклари келтирилган. Графикдан кўринадики тажрибанинг ҳар иккала вариантыда ҳам иссиқлик ташувчиларнинг босими вақт бўйича оҳиста ўзгаради.

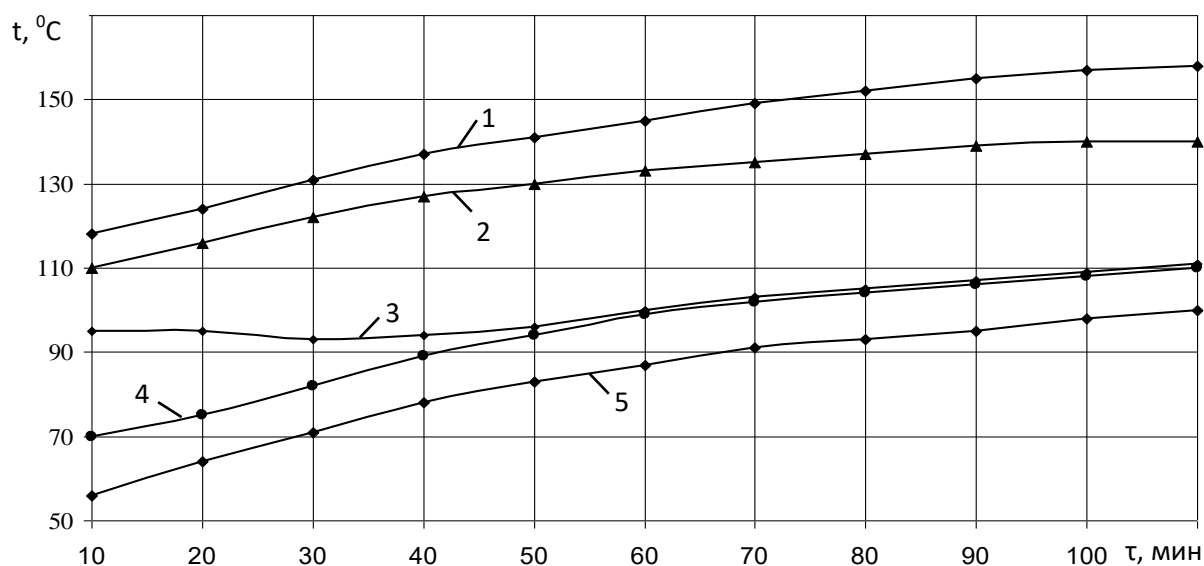


**3.2-расм. Буғ қозони – буғлатгичдаги сув буғи (1) ва углеводород хомашёси (2) босимларининг вақт бўйича ўзгариш графиги.**

Шуни айтиш лозимки, буғ қозон-буғлатгичнинг бир хил қувватида углеводород хом ашёсидан ҳосил бўладиган буғнинг босими сув буғининг босимиغا нисбатан анча юқори қийматга эга бўлади.

Олинган натижаларни таққослаш шуни кўрсатадики, босимнинг  $P = 40 \div 300$  кПа диапазонида солиштириладиган иссиқлик ташувчилар буғ босимларининг фарқи 20 дан 60 кПа гача интервалда бўлади. Тажрибалар асосида шу нарса аниқландики, углеводород буғларининг юқорида кўрсатилган диапазонида қурилманинг нормал иш режимига тушиш вақти қиздирувчи агент сифатида сув буғи қўлланилган ҳолдагига нисбатан 10 – 30 минутга тезроқ бўлади.

3.3-расмда тажрибавий кувурли иссиқлик алмаштиргич секциялари кожухидаги углеводород иссиқлик ташувчилари температурасининг вақт бўйича ўзгариш эгриликлари келтирилган. Графиклардан кўринадикки,  $P = 40 \div 300$  кПа босимлар диапазонида углеводород буғлари конденсацияси температурасининг кириш ва аппаратнинг тўртинчи секцияси (юқоридаги) чиқишидаги ўзгариши анча интенсив характерга эга (1 ва 2 эгриликлар).

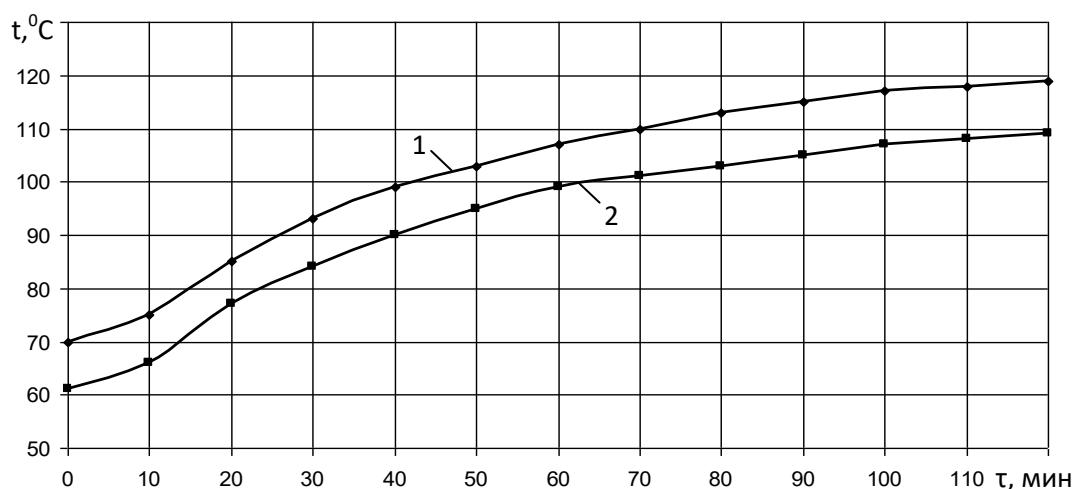


**3.3-расм. Қувурли иссиқлик алмаштиргичда керосин фракцияси температурасининг вақт бўйича ўзгариши.** 1 – углеводород буғларининг иссиқлик алмаштиргичга киришидаги; 2, 3 – аппаратнинг тўртинчи (юқоридаги) ва учинчи секцияларидаги буғ конденсацияси учун; 4, 5 – аппаратнинг биринчи (пастдаги) ва иккинчи секцияларидаги конденсат учун;

Жараён мувозанат ҳолатигача температуранинг оҳиста кўтарилиши билан боради. Бизнинг фикримизча, аппаратнинг юқоридаги (тўртинчи) секцияси буғнинг температураси 160 дан 137°С гача пасайиши кузатиладиган, яъни углеводород буғларининг интенсив конденсацияланиш соҳасига мос келади.

Аппаратнинг кейинги учинчи ва иккинчи секцияларида жараённинг бошида конденсацияланиш температураси ўзгаришида унча катта бўлмаган четлашишлар кузатилади (3 ва 4 эгриликлар). Бундай ўзгаришларни конденсацияланиш шароитларининг ёмонлашуви ва секциялардаги умумий гидравлик қаршилиқларининг ортиши билан тушунтириш мумкин. Системадаги босимнинг 300 кПа гача ортиши билан аппаратнинг барча пастки секцияларидаги конденсат температураси ҳам эксперимент бошлангандан кейин 110 минут ичида доимий максимал қийматгача (мос равишда 112, 110 ва 100°С, 3, 4 ва 5 эгриликлар) оҳиста ошиб боради. Бунда аппаратнинг охириги икки (пастки) секцияларида конденсатнинг совиши кузатилади.

3.4-расмда тажрибавий қувурли иссиқлик алмаштиргич аппаратининг чиқишидаги сув буғлари билан қиздирилган нефт ва углеводород хомашёси температурасининг ўзгариш эгриликлари тасвирланган.



**3.4-расм. Тажрибавий қувурли аппарат чиқишидаги керосин дистилляти температурасининг ўзгариши:** 1 - углеводород буғлари билан қиздиришда; 2 – сув буғлари билан қиздиришда.

Графиклардан кўринадики, аппаратдаги босим 40 дан 300 кПа гача бўлганда углеводород буғлари билан қиздириладиган нефтнинг температураси (1 эгрилик) уни сув буғлари билан қиздирилгандагига нисбатан (2 эгрилик) анча юқори бўлади. Бу эгриликларнинг ўзгариш характери қиздириляётган нефт температурасининг тажрибавий қувурли иссиқлик алмаштиргич аппаратининг чиқишида бутун эсперимент даврида, яъни 120 минут давомида оҳиста ошиб боришидан далолат беради.

Температура эгриликларини солиштириш шуни кўрсатадики, қиздирувчи агент сифатида углеводород буғлари қўлланилганда нефтнинг температураси кўшимча яна 10°C га кўтарилади. Бунда талаб этиладиган қиздириш температурасига боғлиқ ҳолда, нефтни совитиш жараёнининг давомийлиги тахминан 15÷50 минутга қисқартирилиши мумкин.

Шундай қилиб, икки қувурли иссиқлик алмаштиргичида нефт совитиш жараёнини босимнинг 40 дан 300 кПа гача бўлган диапазонда ўрганиш шуни кўрсатадики, углеводород буғларининг босими сув буғининг босимига караганда 20-60 кПа юқори, аппарат чиқишида нефтнинг температураси

кўшимча яна 10°C га кўтарилади ва хомашёни 120 минут оралиғида совитишда жараённинг давомийлигини 50 минутга қисқартириш имконияти пайдо бўлади.

Юқорида олинган натижаларнинг таҳлили асосида шундай хулосага келиш мумкинки, иссиқлик ташувчиларнинг алтернатив кўриниши бўлган углеводород хомашёси буғларидан фойдаланиш эвазига қувурли иссиқлик алмаштиргичларидаги хомашё қиздириш жараёнини сезиларли даражада интенсивлаштириш мумкин. Масалан, сув буғи билан қиздиришда аппаратдан чиқадиган нефтнинг температурасини 110 °C гача 120 минут давомида кўтариш мумкин бўлса, углеводород буғлари билан қиздиришда бу кўрсаткичга 70 минутда эришиш мумкин. Демак, жараённинг интенсификация даражаси  $[(120-70)/120]100\% = 54\%$  ни ташкил қилади.

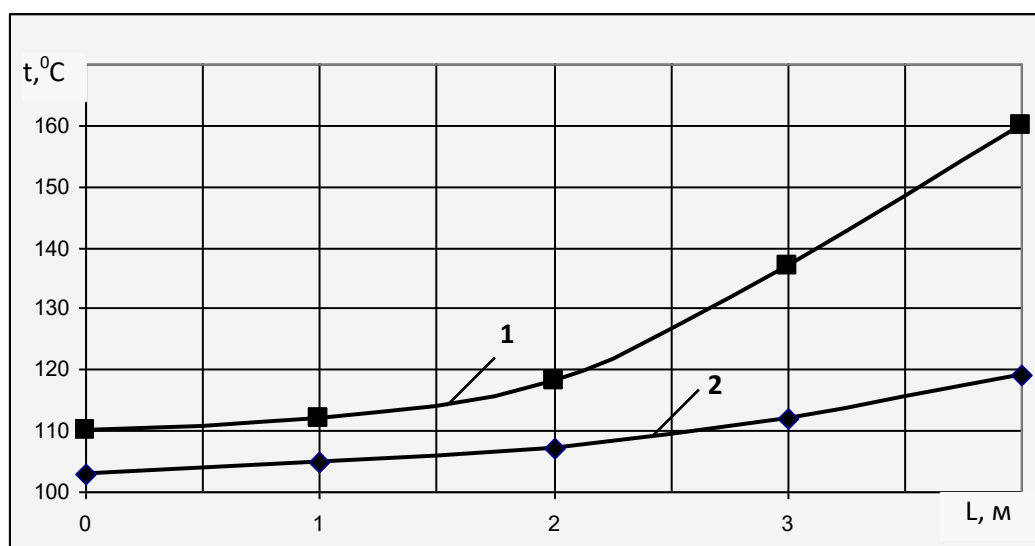
### **3.3. Тажрибавий иссиқлик алмаштиргичида углеводород буғлари босимининг керосин дистиллятини совитиш температурасига таъсирини ўрганиш.**

Тажрибавий қувурли иссиқлик алмаштиргич аппаратида нефтни углеводород буғлари билан совитиш жараёнида технологик режимларнинг (температура, иккиламчи буғлар босими ва сарфи) иссиқлик алмашиниш самарадорлигига таъсири ўрганилди. Экспериментлар системадаги углеводород буғлари босимининг 40 дан 300 кПа гача бўлган интервалида олиб борилди [35].

Қиздириладиган нефтнинг белгиланган сарфи ҳажмий ҳисоблагичнинг кўрсаткичлари бўйича насос байбас чизиғидаги сурилма клапаннинг очиқлик даражасини ростлаш орқали амалга оширилди. Углеводород буғларининг зарурий ишчи босими (буғлатгичнинг ишлаб чиқариш қобилияти) буғлатгичга келадиган газ сарфини тегишли кран ёрдамида ростлаш билан бошқарилиб борилди. Эксперимент давомида қиздириладиган нефтнинг сарфи 6,67 л/мин миқдорда ушлаб турилиб, унинг қурилмага киришдаги температураси 20 °C

га тенг қилиб сақланди. Қурилмада хомашёни совитиш жараёни иссиқлик ташувчилар оқимининг қарама-қарши йўналишида амалга оширилди. Экспериментларни ўтказишда асосий эътибор материаллар оқимидаги температуранинг иссиқлик алмаштиргич секцияларининг узунлиги бўйича тақсимланишини ўрганишга қаратилди.

3.5-расмда нефтни углеводород хомашёси (газ конденсати) буғлари билан  $P = 300$  кПа босим остида қиздиришда тажриба қурилмасининг узунлиги бўйича нефт температурасининг ўзгариш эгрилиги келтирилган. Графикдан кўринадикки, аппарат узунлиги бўйича иссиқлик алмаштиргичнинг тўртинчи (устки) ва учинчи секциялари кожухларида углеводород буғлари конденсацияланиш температурасининг 160 дан 137 °С гача (1 эгрилик) интенсив камайиши кузатилади. Графикка асосан, аппаратнинг ушбу қисми ( $L=2\leftarrow 3\leftarrow 4$  м) актив конденсацияланиш зонаси бўлиб ҳисобланади. Қурилманинг қолган секцияларида конденсатнинг совиш зонасига ( $L=0\leftarrow 1\leftarrow 2$  м) хос бўлган буғлар конденсацияланиш температурасининг 110 °С гача аста-секин пасайиши юз беради.



**3.5-расм. Керосин фракцияси дистилляти совитиш температурасининг тажриба қурилмасининг узунлиги бўйича ўзгариш графиги. 1-углеводород буғларининг конденсацияланиш температураси; 2-нефтни кизиш температураси.**

Бунда жараён иссиқлик ташувчилар оқимининг қарама-қарши йўналишида амалга оширилиши сабабли нефтнинг температураси аппарат

ички қувурининг бутун узунлиги бўйлаб аста секин 103 дан 119 °С гача ортиб боради (2 эгрилик).

Шундай қилиб, керосин фракцияси дистилляти совиш жараёнининг жадаллиги бевосита иссиқлик алмаштиргич кожухидаги қиздирувчи буғлар ортиқча босимининг қийматига боғлиқ экан. Углеводород буғлари босимининг 100 дан 250 кПа гача ортиб бориши билан нефтнинг температураси иссиқлик алмаштиргич ички қувурининг бутун узунлиги бўйича аста секин ортади.

Углеводород буғлари температурасининг тажрибавий икки қувурли иссиқлик алмаштиргичда тақсимланиши шуни кўрсатадики, керосин фракциясининг совиши уни сув буғи билан қиздиришга нисбатан анча юқори темпга эга. Бундан шундай фикрга келиш мумкинки, қувурли аппаратларда иссиқлик узатиш жараёнларини интенсификациялаш ҳамда саноат иссиқлик алмаштиргич аппаратларининг самарадорлигини ошириш бўйича тадқиқотларни янада чуқурроқ давом эттириш мақсадга мувофиқдир.

#### **3.4. Қиздириладиган хомашё ҳаракат тарзининг керосин фракциясининг дистиллятини совитиш самарадорлигига таъсирини ўрганиш**

Тажрибавий иссиқлик алмаштиргич аппаратида қиздириладиган хомашё ҳаракат тарзининг нефтни совитиш самарадорлигига таъсирини ўрганиш учун қувур ва қувурлар оралиғидаги фазода юзага келадиган гидравлик қаршиликни таҳлил қилиш лозим. Иссиқлик алмаштиргичда вужудга келадиган гидравлик қаршиликнинг қиймати насосни танлаш учун зарурий катталик бўлиши билан бирга, қурилманинг рационал гидродинамик иш режимини танлашда ҳам асосий параметрлардан бири ҳисобланади.

Шулардан келиб чиққан ҳолда, биз томондан ишлаб чиқилан «қувур ичида қувур» типдаги тажрибавий иссиқлик алмаштиргичнинг қувур ичидаги ва қувурлар орасидаги фазода гидравлик қаршиликлар ҳисоблаб чиқилди. Қурилманинг геометрик ўлчамлари (мм ларда) қуйидагича: ички

кувурнинг диаметри – 20x2,5; ташки кувурнинг диаметри – 50x3,5; секциянинг ишчи узунлиги – 1000 ва уловчи кувурларнинг диаметри – 20x2,5. Материал оқимлар учун қурилманинг босим остида ростловчи арматураси – вентиллар, кранлар ва задвижкалар, мос равишда 15 ва 20 мм диаметрга эга.

Гидравлик қаршиликни ҳисоблаш ишлари маълум методика асосида [8, 36] иссиқлик алмаштиргич аппаратининг кириш ва чиқиш қисмларидаги тегишли зоналарда босим йўқолишини бевосита ўлчаш орқали амалга оширилди.

Маълумки, насос орқали ҳосил қилинаётган суюқлик умумий  $\Delta P_{тўла}$  (Па), босимининг бир қисми  $\Delta P_{иш}$  иссиқлик алмаштиргич чаппарати кувурларининг бутун узунлиги бўйлаб нефтнинг ҳаракатланиши туфайли ҳосил бўладиган ички ишқаланиш кучларини енгиш учун сарф бўлади. Оқим энергиясининг яна бир қисми  $\Delta P_{мқ}$  эса жойлардаги (маҳаллий) қаршиликни енгиш учун сарфланади [8], демак:

$$\Delta P_{тўла} = \Delta P_{иш} + \Delta P_{мқ} \quad (3.1)$$

Ички ишқаланиш кучининг қиймати кувурлар бўйлаб оқаяётган нефтнинг ҳаракат режимига (Re критериясига) боғлиқ. Кувурларда оқаяётган қовушқоқ суюқлик томонидан ички ишқаланишни енгишда йўқолаётган босимнинг қийматини бизга маълум бўлган қуйидаги ифода орқали ҳисоблаш мумкин:

$$\Delta P_{иш} = \lambda(v^2 \rho_n / 2)(L_{ум} / d_э), \quad (3.2)$$

бунда  $\lambda$  – ички ишқаланиш коэффиценти;  $v$  – нефт оқимининг ўртача тезлиги, м/с;  $\rho_n$  – нефтнинг зичлиги, кг/м<sup>3</sup>;  $L_{ум}$  – аппаратдаги кувурларнинг умумий узунлиги, м;  $d_э$  – кувурларнинг (ички) эквивалент диаметри.

Қурилмадаги нефт ҳажмий сарфининг ҳисобланган максимал қиймати  $Q = 6,67$  л/мин, бўлганда унинг массавий сарфини қуйидагича ҳисоблаймиз:

$$G_n = Q \cdot \rho_n = 6,67 \cdot 844 / 1000 = 5,63 \text{ кг/мин}$$

бу ерда  $\rho_n = 844$  кг/м<sup>3</sup> – нефтнинг 20 °С да ўлчанган зичлиги.



Суюқлик сарфи тенгласидан фойдаланиб, иссиқлик алмаштиргич қувурларида ҳаракатланаётган нефт оқимининг  $v$  тезлигини ҳисоблаб топамиз:

$$v = Q/F = 4Q/(\pi d_{uc}^2) = 4 \cdot 6,67/(\pi \cdot 0,02^2) = 0,354 \text{ м/с.}$$

Нефтнинг кинематик қовушқоқлиги  $20^\circ\text{C}$  температурада, капилляр шиша ВПЖ-4 вискозиметрида (№ 2129, капилляр диаметри 0,82 мм, вискозиметра доимийси  $K = 0,02880 \text{ мм}^2/\text{с}^2$ ) ўлчанди, унинг қиймати  $\nu = 10,82 \text{ мм}^2/\text{сек.}$

Ҳисоблаб топилган  $v$  нинг ҳамда ўлчанган  $\nu$  нинг қийматларига асосан Рейнольдс сонининг қийматини ҳисоблаймиз:

$$Re = (v d_s)/\nu = (0,354 \cdot 0,02)/10,52 \cdot 10^{-6} = 673$$

Яъни, аппарат қувурларидан оқаётган нефтнинг ҳаракати ламинар режимга тўғри келади, деб хулоса қилиш мумкин.

Ички ишқаланиш коэффициентини  $\lambda$  нинг қиймати қувур деворларининг гадир-будурлигига ва нефт оқимининг ҳаракат режими  $Re$  га боғлиқдир. Нефтнинг тўғри ва силлиқ (янги) қувурлардаги ламинар оқим режими учун  $\lambda$  коэффициентининг қийматини қуйидаги ифода орқали ҳисоблаймиз:

$$\lambda = A / Re = 64 / 673 = 0,0951$$

бунда  $A = 64$  – айлана шаклидаги қувурларларнинг кўндаланг кесимига боғлиқ бўлган коэффициент.

Аппарат тўртта секциясидаги қувурларнинг йиғинди узунлиги 4,4 м. Уловчи ҳамда тармоқ қувурларини ҳисобга олинса, аппарат қувурларининг умумий узунлиги  $L_{ym} = 7,0$  м ни ташкил қилади.

Топилган параметрларнинг қийматларини (3.2) тенгламага қўйиб, аппарат қувурларидаги ички ишқаланишни енгил учун йўқотиладиган босимнинг қийматини ҳисоблаб топамиз:

$$\Delta P_{um} = \lambda (v^2 \rho / 2) (L_{ym} / d_s) = 0,951 (0,354^2 \cdot 844 \cdot 0,5) \cdot (7,0 / 0,02) = 1760 \text{ Па.}$$

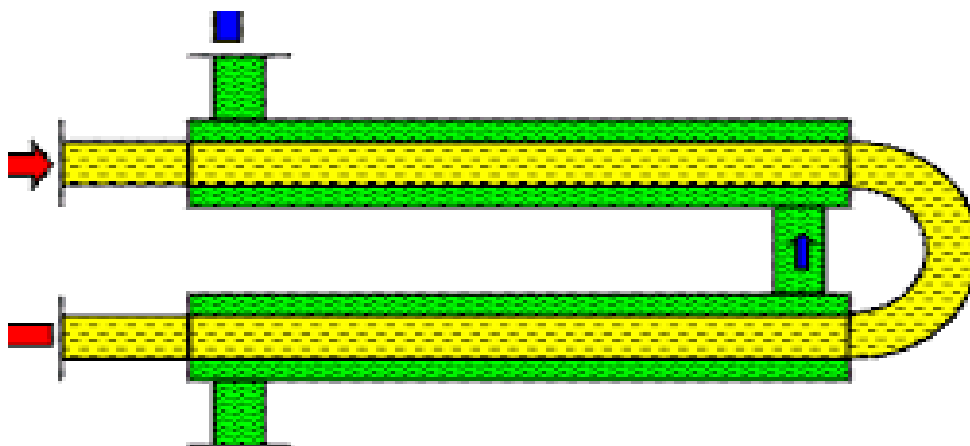
Нефтнинг маҳаллий қаршиликлар орқали оқиб ўтишида оқимнинг тезлиги ва йўналиши ўзгаради. Бунда маҳаллий қаршиликларни енгилб ўтиш

учун йўқоладиган босимнинг  $\Delta P_{мқ}$  қиймати қуйидаги формула билан ҳисоблаб топилиши мумкин:

$$\Delta P_{мқ} = \sum_{i=1}^n \zeta_i \rho v^2 / 2 \quad (3.3)$$

бу ерда  $\zeta$  – маҳаллий қаршилик коэффициентлари;  $i$  – элементнинг тартиб рақами.

Қурилманинг конструктив кўринишига боғлиқ ҳолда ҳар бир турдаги қаршилик учун  $\zeta_i$  нинг қиймати маълумотномаларда [10] келтирилади. Нефтнинг ҳаракат йўли бўйлаб қаралганда экспериментал қурилманинг кўрсатилган қисмларида қуйидагича маҳаллий қаршиликлар учрайди:



**3.6-расм. Қувур ичида қувур иссиқлик алмаштиргичи**

- оқим йўналиши уч марта ўзгарадиган ( $\zeta_2=0,5$ ), бирилиш бурчаги  $\varphi = 180^\circ$  ва ўлчамлар нисбати  $R/d = 160/20$  ҳамда  $\zeta_1=0,112$  бўлган учта тирсак;
- қурилманинг корпусига  $\varphi = 45^\circ$  ( $\zeta_3 = 21,7$ ) бурчак остида пайвандланган, термометрлар ўрнатиш учун мўлжалланган бешта чўнтак;
- диаметри  $d_y = 15$  мм ( $\zeta_4 = 10$ ) бўлган иккита вентил ва  $d_y = 20$  мм ( $\zeta_5 = 0,5$ ) бўлган иккита задвижка;
- ўткир қиррали қувурга кириш ( $\zeta_6 = 0,5$ ) ва ундан чиқиш ( $\zeta_7 = 1,0$ ).

Маҳаллий қаршиликлар коэффициентларининг натижавий йиғинди қиймати

$$\sum_{i=1}^n \zeta_i = 3(\zeta_1 + \zeta_2) + 5\zeta_3 + 2\zeta_4 + 2\zeta_5 + \zeta_6 + \zeta_7 = 150.$$

Шундай қилиб, маҳаллий қаршиликларни енгиб ўтиш учун йўқоладиган  $\Delta P_{мқ}$  босимнинг қиймати

$$\Delta P_{мқ} = \sum_{i=1}^n \xi_i \rho v^2 / 2 = 150 (844 \cdot 0,354^2 \cdot 0,5) = 7932,5 \text{ Па.}$$

У ҳолда иссиқлик алмаштиргич қурилмасининг нефт ҳаракатланаётган канал бўйича тўла гидравлик қаршилиги

$$\Delta P_{тўла} = 1760,2 + 7932,5 = 9693 \text{ Па.}$$

Иссиқлик алмаштиргич қурилмасининг қиздирувчи агент ҳаракат тракти бўйича гидравлик қаршилигини қуйидагича ҳисоблаб топамиз. Трактнинг умумий узунлиги ўз ичига қуйидагиларни олади: тўртта секция кожухларининг узунлиги  $l_{кож} = 4,0$  м, учта уловчи патрубкларнинг узунлиги  $l_{nam} = 0,095$  м, иккита патрубкларнинг узунлиги  $l_{nam} = 0,04$  м ҳамда аппаратни буғ қозони билан уловчи қувурларнинг узунлиги  $l_{кув} = 2,3$  м, яъни

$$L_{ум} = 4l_{кож} + 3l_{nam} + 2l_{nam} + l_{кув} = 4 \cdot 1,0 + 3 \cdot 0,095 + 2 \cdot 0,04 + 2,3 = 6,7 \text{ м.}$$

Энди иссиқлик алмаштиргич қурилмасининг кожухи бўйича ҳаракатланувчи буғ оқимининг оқиш режимини қуйидагича ҳисоблаймиз. Қурилмада ҳаракатланувчи газ конденсати буғлари ҳажмий сарфининг ҳисобланган қиймати  $Q = 6,0$  л/мин, буғларнинг температураси  $t = 160$  °С, буғларнинг ҳисобланган зичлиги  $\rho_{ск} = 1,136$  кг/м<sup>3</sup> ва буғларнинг аппарат кожухидаги тавсия этиладиган тезлиги  $v = 15$  м/с. Газ конденсати буғлари кинематик қовушқоқлигининг  $160$  °С температурадаги ҳисобланган қиймати  $\nu = 6,9 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с =  $6,9$  мм<sup>2</sup>/с. Бу катталиклар асосида Рейнольдс критериясини ҳисоблаймиз

$$Re = [(v(D_{уч} - d_{таш})) / \nu] = (15 \cdot 0,025) / 6,9 \cdot 10^{-6} = 54348$$

Демак, иссиқлик алмаштиргич қурилмасининг кожухида буғлар турбулент режим бўйича ҳаракатланади.

Юқорида таъкидланганидек, ички ишқаланиш коэффиценти  $\lambda$  нинг қиймати қувур деворлари ғадир-будурлигининг ўлчамларига ва буғ оқимининг ҳаракат режими  $Re$  га боғлиқдир. Кожухда ҳаракатланаётган газ конденсати буғларининг турбулент оқими учун  $\lambda$  коэффицентнинг қиймати:

$$\lambda = A / Re = 64/54348 = 0.00118,$$

бунда  $A = 64$  – айлана шаклидаги қувурларларнинг кўндаланг кесимига боғлиқ бўлган коэффициент.

Аппарат кожухидаги ички ишқаланиш кучларини енгиши учун йўқолдиган углеводород буғлари босимининг ҳисобланган қиймати куйидагича:

$$\Delta P_{\text{ишқ}} = \lambda (v^2 \rho / 2) (L_{y,m} / d_s) = 0,00118 (15^2 \cdot 1,136 \cdot 0,5) \cdot (6,7/0,025) = 40,4 \text{ Па.}$$

Буғнинг қурилмадаги ҳаракат йўналиши бўйича куйидаги маҳаллий қаршилиқлар учрайди:

- термометрларни ўрнатиш учун корпусга  $\varphi = 45^\circ$  ( $\zeta_1 = 21,7$ ) бурчак остида пайвандланган бешта чўнтақлар;
- буғ оқими ҳаракат йўналишининг тўрт марта  $180^\circ$  бурилиш билан ( $\zeta_2 = 0,5$ ) ўзгариши;
- ўткир қиррали қувурга кириш ( $\zeta_3 = 0,5$ ) ва ундан чиқиш ( $\zeta_4 = 1,0$ );
- қувур диаметрининг  $d_{\text{иқ}} = 20$  мм дан  $D_{\text{маи}} = 50$  мм гача ўзгариши туфайли оқимнинг тўрт марталик кескин кенгайиши (кесим юзалари нисбатининг ҳисобланган  $F_{\text{иқ}}/f_{\text{иқ}} = 0,16$  қийматида  $\zeta_5 = 0,71$  эканлигини топамиз);
- қувур диаметрининг  $D_{\text{маи}} = 50$  мм дан  $d_{\text{иқ}} = 20$  мм гача ўзгариши туфайли оқимнинг тўрт марталик кескин торайиши (кесим юзалари нисбатининг ҳисобланган  $F_{\text{иқ}}/f_{\text{иқ}} = 0,16$  қийматида  $\zeta_6 = 0,46$  эканлигини топамиз);

Натижада, маҳаллий қаршилиқлар коэффициентларининг йиғинди қиймати:

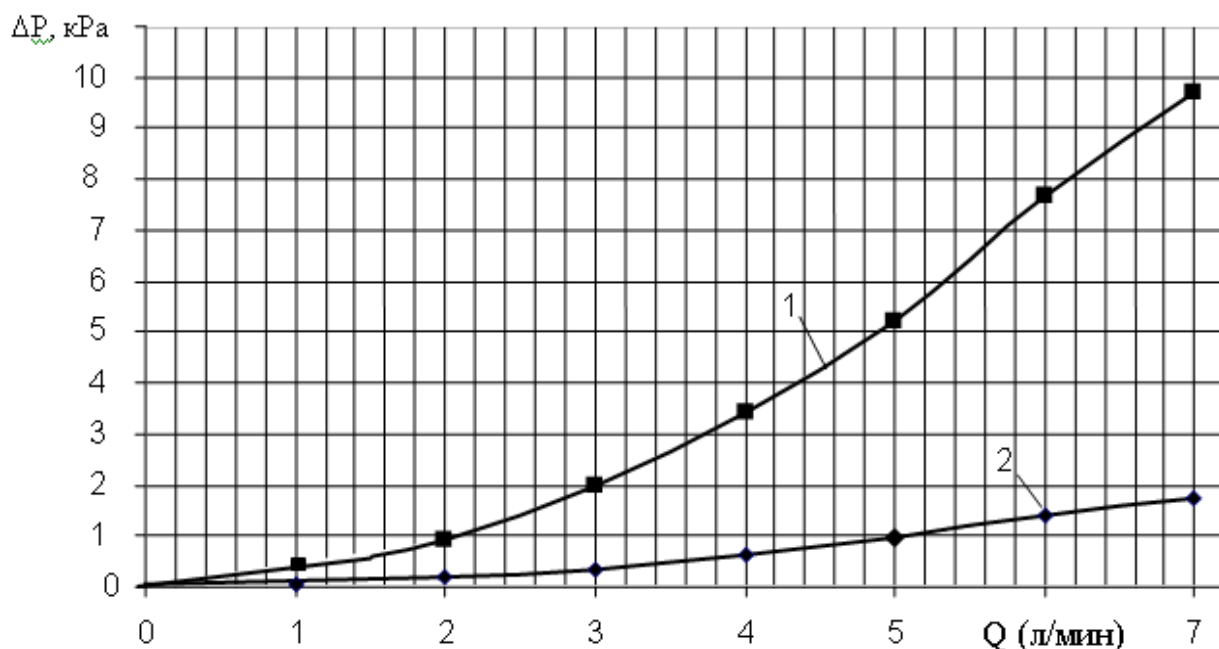
$$\sum_{i=1}^n \zeta_i = 5\zeta_1 + 4\zeta_2 + \zeta_3 + \zeta_4 + 4(\zeta_5 + \zeta_6) = 5 \cdot 21,7 + 4 \cdot 0,5 + 0,5 + 1,0 + 4(0,71 + 0,46) = 116,7$$

$160^\circ\text{C}$  температурадаги газ конденсати зичлигининг ўртача қиймати [3] га асосан  $\rho_{\text{жк}} = 1,136 \text{ кг/м}^3$ . Газ конденсати буғларининг циркуляцияланиш тезлигини тажрибаларга асосланган ҳолда  $v = 15 \text{ м/с}$  деб қабул қиламиз.

Шундай қилиб, маҳаллий қаршилиқларни енгиш учун кетадиган босимнинг йўқолиши:

$$\Delta P_{\text{мқ}} = \sum_{i=1}^n \zeta_i \rho v^2 / 2 = 116,7 \cdot 1,136 \cdot 15^2 \cdot 0,5 = 14914,3 \text{ Па.}$$

Шундан кейин, нефт сарфининг аппарат гидравлик қаршилигининг қийматига таъсирини ўрганиш мақсадида биз томондан юқорида баён этилган методика асосида қиздирилаётган нефт сарфининг  $Q = 1, 2, 3, 4, 5$  ва  $6$  л/мин қийматлари учун ҳам қурилманинг гидравлик қаршилиги ҳисоблаб чиқилди. «Қувур ичида қувур» типдаги тажрибавий иссиқлик алмаштиргич қурилмасидаги нефт ҳаракатланадиган каналнинг гидравлик қаршиликларини ҳисоблаш натижалари асосида  $\Delta P = f(Q)$  боғланишнинг графиклари чизилди (3.7-расм).



**3.7-расм.** Тажрибавий иссиқлик алмаштиргич қузури ичидаги  $\Delta P$  гидравлик босим ўзгаришининг  $Q$  нефт сарфига боғлиқлик графиги: 1 – нефтнинг ҳаракатланиш канали бўйича аппаратнинг тўла гидравлик босими; 2 – қувурнинг ички ишқаланиш кучларини енгишдаги босимнинг йўқолиши.

Расмдан кўринадики, қиздирилаётган нефт сарфининг (тезлигининг) ортиши билан нефтнинг ҳаракатланиш канали бўйича аппаратнинг гидравлик қаршилиги кескин ортади. Натижада унга мос равишда иссиқлик алмаштиргич қурилмаси орқали нефтни ҳайдаш учун кетадиган электроэнергия сарфи ҳам ортади.

Нефтнинг ҳаракатланиш канали (кувур бўшлиғи) ҳамда иситиш учун ҳайдаладиган иссиқлик ташувчи ҳаракатланадиган фазо (кувурлар орасидаги бўшлиқ) бўйлаб қурилманинг гидравлик қаршилигини аниқлашдаги экспериментлар давомида U-симон микроанометрлардан фойдаланилди. Бевосита зоналарнинг охириги қисмларида (кириш ва чиқишда) ўрнатилган бундай микроанометрлар ёрдамида мос равишда аппаратнинг тегишли конструктив қисмларидаги босимнинг йўқолиши ўлчанди.

Ҳисоблаш орқали ва экспериментал йўл билан олинган аппарат гидравлик қаршилигининг қийматларини солиштириш шуни кўрсатадики, ушбу қийматлар орасидаги тафовут 5% дан ошмайди.

### **Учинчи боб бўйича хулосалар.**

1. Маҳаллий нефтгазконденсат хомашёсини углеводород буғлари ҳамда қайноқ сувсизлантирилган (курук) дистиллят фракциялари билан совитиш жараёнларини тадқиқот қилиш учун тўрт секцияли «кувур ичида кувур» типидagi иссиқлик алмаштиргич аппарати ва аланга ёрдамида киздириладиган буғ қозонидан иборат экспериментал қурилма йиғилди.

2. Тажрибавий иссиқлик алмаштиргич қурилмасида 40 дан 300 кПа гача бўлган босим интервалида нефтни углеводород хомашёси ва сув буғлари билан совитиш жараёнининг тадқиқотлари олиб борилди. Изланишлар натижасида фойдаланиладиган иссиқлик ташувчи углеводород буғларининг босими сув буғининг босимига нисбатан 20 – 60 кПа га юқори бўлиши, нефтнинг аппаратдан чиқишдаги температураси қўшимча яна 10°С га ортиши, жараён давомийлигининг 2 мартадан кўпроқ вақтга қисқариши аниқланди. Бунда иссиқлик алмашиниш жараёнининг интенсификация даражаси 54% ни ташкил қилади.

3. Экспириментал иссиқлик алмаштиргичда углеводород буғлари босимининг нефтни иситиш температурасига таъсири ўрганилди. Эксперимент натижаларини солиштириш шуни кўрсатадики, буғларнинг 100 дан 300 кПа гача бўлган босимида фойдаланилган иссиқлик ташувчиларнинг

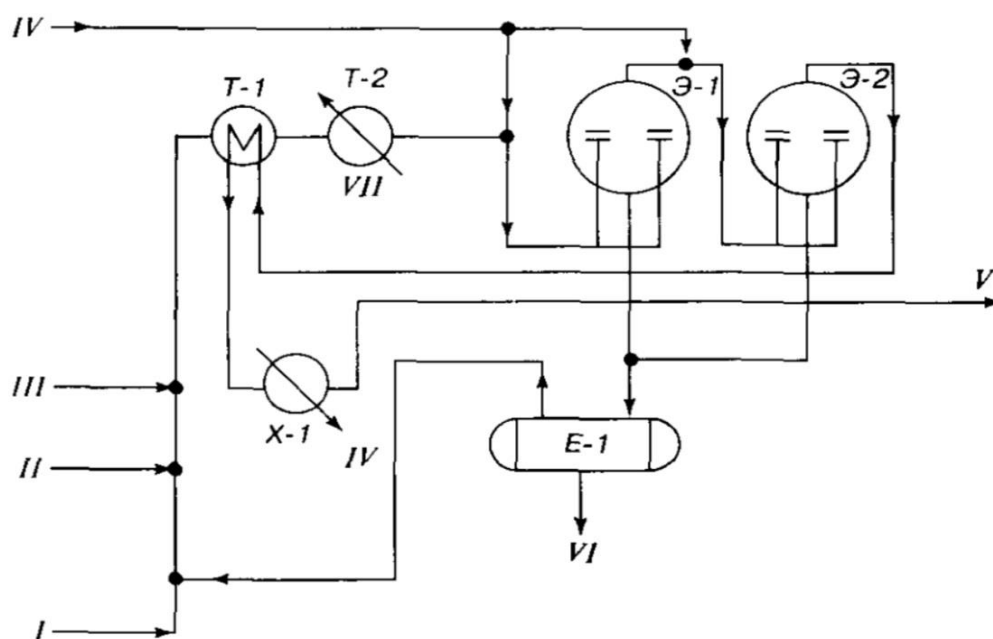
физик-кимёвий хоссаларда бўлган фарқ туфайли нефтни углеводород буғлари билан иситиш температураси, худди шундай жараёни сув буғи билан ўтказилганига нисбатан ўртача 10 – 12 °С га юқори бўлади.

4. Қиздириладиган нефтнинг сарфи  $Q = 1 - 6,7$  л/мин бўлганда қурилмадаги гидравлик қаршиликнинг ўзгариши таҳлил қилинди. Натижада нефт сарфининг ортиши билан у ҳаракатланаётган канал бўйлаб қурилма гидравлик қаршилигининг кескин ортиши аниқланди.

## IV бoб. КЕРОСИН ФРАКЦИЯСИ ДИСТИЛЛЯТИНИ СУВ БИЛАН СОВИТУВЧИ САНОАТ ҚУРИЛМАСИНИ ВА УНИНГ ТЕХНИК-ИҚТИСОДИЙ КЎРСАКИЧЛАРИНИ ҲИСОБЛАШ

### 4.1. Керосин фракцияси дистиллятини сув билан совитиш жараёни қурилмасининг тавсифи ва уни расмийлаштириш

Фарғона нефтни қайта ишлаш заводи ЭЛОУ-АВТ-3 қурилмасининг қуввати йилига 1,6 млн тонна хом нефтни ташкил қилади. Қурилманинг таркибига асосан қуйидагилар киради: нефтни қиздириш учун қувурсимон печлар, ректификацион колонналар, ботирилувчи музлатгич-конденсаторлар, ҳаво музлатгичлари ва конденсаторлари, иссиқлик алмаштиргичлари, электр тозалаш бўлими, коррозияга қарши ингибиторлар тайёрлаш узели, ЭЛОУ блоки, электродегидраторлар, тиндиргич ва насослар.



4.1-расм. Нефтни электр тузсизлантириш қурилмасининг схемаси:

I – хом нефт; II – деэмульгатор; III – ишқор; IV – Тоза ва айланувчи сув; V – тузсизланган нефт; VI – канализацияга чиқувчи сув; VII – сув ўлчагич;

Қурилмадаги технологик жараён нефтни қайта ишлашнинг қуйидаги асосий босқичларини ўз ичига олади: ЭЛОУ блокада хом нефтни тузсизлантириш ва сувсизлантириш, тузсизлантирилган нефтни атмосфера босими остида ректификациялаш натижасида тиниқ нефт маҳсулотларини



олиш ҳамда мой дистиллятлари ва гудрон олиш учун вакуум шароитида мазутни ректификациялаш.

*ЭЛОУ блоки Э-1, Э-2 электродегидраторлардан ва шарсимон Э-4 термо-кимёвий тиндиргич ҳамда иссиқлик алмаштиргичлардан ташкил топган.*

*Дастлабки буғлатиш блоки таркибига колоннали дастлабки буғлатгич К-1, бензиндан сув ажратгич Е-1, совитувчи юзаси 3750 м<sup>2</sup> бўлган учта АВЗ типигаги ҳаво билан совитувчи конденсаторлар ва тузсизлантирилган нефтни қиздириш учун мўлжалланган 25 та иссиқлик алмаштиргичлар киради.*

*Асосий атмосфера блоки колоннаси атмосфера ректификацион К-2 колоннаси, учта секцияли буғлатувчи К-3 колонналар, қурилманинг атмосфера қисми учун қувурли қиздиргичлар, икки камерали П-1 печ, Е-2 бензиндан сув ажратгич, учта АВГ, КВО-1,2 ва АВЗ типигаги ҳаво билан совитувчи конденсаторлардан иборат.*

*Вакуум блоки К-5 мураккаб вакуум колоннаси, К-6/1 буғлатгич колоннаси, қурилманинг вакуум қисмидаги қувурли мазут қиздиргич ва П-2 икки камерали печлани ўз ичига олади.*

*Бензинни турғунлаштириш блоки К-4 турғунлаштириш колоннаси, Е-3 рефлюкс сиғими, иситиш юзаси 36 м<sup>2</sup> бўлган рибойлер, нотурғун бензинни қиздириш учун иккита иссиқлик алмаштиргичлар, иккита АВЗ типигаги ҳаво билан совитувчи конденсаторлар ва иккита сув билан совитувчи конденсаторлардан иборат.*

*Айтиш лозимки, нефтни бирламчи қайта ишлаш қурилмаси таркибидаги қиздириш учун мўлжалланган қувурли иссиқлик алмаштиргич аппаратлари, ҳаво билан совитувчи ва сувли совитгичларнинг умумий сони 40 ва ундан ҳам ортиқ бўлиши мумкин.*

#### **4.2. Керосин фракцияси дистиллятини сув билан совитиш жараёнининг материал-иссиқлик баланси.**

Фарғона нефтни қайта ишлаш заводи ЭЛОУ-АВТ-3 қурилмасининг лойиҳавий қуввати нефт бўйича 240 м<sup>3</sup>/соат қилиб белгиланган бўлиб,

ҳозирги вақтда қурилмани ишга тушириш нормаси  $180\div 185 \text{ м}^3/\text{соат}$  оралиғида юради. Қурилманинг технологик схемасига асосан, тузсизлантирилган нефт ҳар бири  $60 \text{ м}^3/\text{соат}$  сарфли учта оқимга бўлинади ва Ректификацион колоннадан чиқувчи нефт фракциялари дистиллятларининг иссиқлиги ҳисобига қиздирилади. Шундай қилиб, ҳар бир иссиқлик алмаштиргич орқали ҳайдалаётган нефтнинг сарфи  $G_n = 60 \text{ м}^3/\text{соат}$  ни ташкил қилади.

Нефтни иситиш жараёнининг иссиқлик балансини иситувчи агент сифатида учинчи циркуляцион суғориш (дизел ёқилғиси) нинг иссиқ оқими қўлланилган ҳол учун ҳисоблаймиз.

Фарғона НКИЗ атмосфера колоннасидаги дизел ёқилғиси фракцияларининг дистиллятларини совитиш технологик линияси ўзида тўрта кожух-кувурли иссиқлик алмаштиргичларни мужасамлштирган.

Дизел ёқилғиси дистилляти оқими билан нефтни совитиш жараёнининг иссиқлик баланси тенгламаси қуйидаги кўринишда бўлади:

$$Q_{n1} + Q_{d\dot{e}1} = Q_{n2} + Q_{d\dot{e}2} + Q_{\dot{y}\ddot{u}k} \quad (4.1)$$

бу ерда  $Q_{n1} = G_n \cdot c_{n1} \cdot t_{n1}$  – кириб келаётган нефт орқали кираётган иссиқлик;  $Q_{d\dot{e}1} = G_{d\dot{e}} \cdot i_{d\dot{e}1}$  – дизел ёқилғисининг иссиқ оқими билан қурилмага кириб келаётган иссиқлик миқдори,  $Q_{n2} = G_n \cdot c_{n2} \cdot t_{n2}$  – қиздирилган нефт билан олиб кетилаётган иссиқлик миқдори,  $Q_{d\dot{e}2} = G_{d\dot{e}} \cdot i_{d\dot{e}2}$  – совиган дизел ёқилғиси билан олиб кетилаётган иссиқлик миқдори,  $Q_{\dot{y}\ddot{u}k}$  – атроф муҳитга чиқиб кетадиган иссиқлик миқдори;  $t_{n1}$  ва  $t_{n2}$  – дастлабки ва қиздирилган нефтнинг температураси  $^{\circ}\text{C}$ ;  $c_{n1}$  ва  $c_{n2}$  – мос равишда нефтнинг  $t_{n1}$  ва  $t_{n2}$  температуралардаги иссиқлик сифими  $\text{кЖ}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$ ;  $i_{d\dot{e}1}$  ва  $i_{d\dot{e}2}$  – қиздирилган суюқ ва совитилган ҳолдаги дизел ёқилғиси дистиллятларининг энталпияси  $\text{кЖ}/\text{кг}$ ;  $t_{d\dot{e}1}$  ва  $t_{d\dot{e}2}$  – дизел ёқилғисининг бошланғич ва охириги температуралари,  $^{\circ}\text{C}$ .

Ўрганилаётган жараён иссиқлик балансининг кенг миқёсдаги тенгламаси

$$G_n \cdot c_{n1} \cdot t_{n1} + G_{d\dot{e}} \cdot i_{d\dot{e}1} = G_n \cdot c_{n2} \cdot t_{n2} + G_{d\dot{e}} \cdot i_{d\dot{e}2} + Q_{\dot{y}\ddot{u}k} \quad (4.2)$$

ёки



Нефтни қиздириш жараёнида сарф бўладиган фойдали иссиқлик миқдори  $Q_{\text{фой}}$  (ёки аппаратнинг иссиқлик қуввати) қуйидагига тенг бўлади:

$$Q_{\text{фой}} = G_{\text{н}}(c_{\text{н2}} \cdot t_{\text{н2}} - c_{\text{н1}} \cdot t_{\text{н1}}) = 60 \cdot 842,5 \cdot 39,199 / 3600 = 550,42 \text{ кВт.}$$

Иссиқликни ҳисоблашлар шунингдек дизел ёқилғиси фракцияси билан берилган циркуляцион қиздириш орқали нефтга ишлов берилишида контурининг кейинги босқичлари учун ҳам амалга оширилди. Натижалар 4.1-жадвалда келтирилган.

#### 4.1-жадвал

### Атмосфера ректификацион колоннасида дизел ёқилғиси дистилляти билан III контурда циркуляцион қиздириш орқали нефтни иситиш жараёнини ҳисоблаш натижалари

Хом ашё	$t_{\text{н1}}$ °C	$t_{\text{н2}}$ °C	$\Delta t_{\text{н}}$ °C	$t_{\text{дë1}}$ °C	$t_{\text{дë2}}$ °C	$\Delta t_{\text{дт}}$ °C	$i_{\text{дë1}}$ кЖ/кг	$i_{\text{дë2}}$ кЖ/кг	$\Delta i_{\text{дë}}$ кЖ/кг	$G_{\text{дë}}$ м <sup>3</sup> /соат	$G_{\text{дë}}/G_{\text{н}}$ м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>	$Q_{\text{фой}}$ кВт
Нефт, $G_{\text{н}}= 60$ м <sup>3</sup> /час	107	130	23	225	200	25	507,9	442,3	65,6	35,9	0,5983	550,4
	130	155	25	232	210	22	553,9	492,3	61,6	45,8	0,7634	600,3
	155	170	25	245	232	13	562,2	526,8	35,4	51,8	0,8633	429,0
	165	170	5	245	232	13	562,2	526,8	35,4	17,5	0,2917	145,1
	170	180	10	280	245	35	660,7	562,2	98,5	13,0	0,2167	298,0

Жадвалдан кўринадикки, иситиш температурасидаги тафовут (сакраш)  $\Delta t_{\text{н}}$  нинг ортиши билан жараёндаги иситадиган иссиқлик ташувчининг сарфи ҳам ортади. Фойдаланилаётган дизел ёқилғиси температурасидаги фарқнинг камайиши ҳам унинг жараёндаги сарфини ортишига олиб келади. 4.1-жадвалдаги маълумотлар шуни кўрсатадики, нефтга 155–180 °C температура режими интервалида ишлов беришда дизел ёқилғиси дистилляти солиштирма сарфининг ўртача қиймати  $G_{\text{дë}}/G_{\text{н}} = 0,4572 \text{ м}^3/\text{м}^3$  ни, фойдали сарфланган иссиқликнинг солиштирма сарфи эса ўртача  $Q_{\text{фой}}/G_{\text{н}} = 4,845 \text{ кВт}/\text{м}^3$  ни ташкил қилади.

### 4.3. Керосин фракцияси дистиллятини совитиш учун мўлжалланган саноат кожухқувурли иссиқлик алмаштиргичнинг назорат иссиқлик ҳисоблашлари

Фарғона нефтни қайта ишлаш заводи ЭЛОУ-АВТ-3 қурилмаси таркибига кирувчи нефтни совитиш учун мўлжалланган икки юришли кожухқувурли иссиқлик алмаштиргичнинг унумдорлиги  $V_H = 60 \text{ м}^3/\text{соат}$  ёки  $G_H = 50550 \text{ кг}/\text{соат}$ . Иссиқлик алмаштиргичнинг техник характеристикалари қуйидагича: аппарат қиздирувчи сиртининг юзаси  $F = 99 \text{ м}^2$ , кожух диаметри  $D = 630 \text{ мм}$ , иссиқлик алмашинувчи қувурларнинг диаметрлари  $d_{иқ} = 0,020 \text{ м}$  ва  $d_{таш} = 0,025 \text{ м}$  ва уларнинг узунлиги  $l_{кув} = 6890 \text{ мм}$ . Қувурлар орасидаги бўшлиқнинг геометрик ҳажми  $V_{ка} = 1,13 \text{ м}^3$ , улар учун шартли ишчи босим  $P_{иш} = 1,6 \text{ МПа}$  ва максимал ишчи температура  $t_{ми} = 400 \text{ }^\circ\text{С}$ .

Иссиқлик алмаштиргичнинг назорат иссиқлик ҳисоблашлари жараённинг қуйидаги технологик параметрлар билан амалга оширилди: дастлабки нефтнинг зичлиги  $\rho_H = 842,5 \text{ кг}/\text{м}^3$ , нефтнинг температураси  $t_{H1} = 170 \text{ }^\circ\text{С}$  ва  $t_{H2} = 180 \text{ }^\circ\text{С}$ , дизел ёқилғиси дистиллятининг температураси  $t_{дѐ1} = 280 \text{ }^\circ\text{С}$  ва  $t_{дѐ2} = 245 \text{ }^\circ\text{С}$ , дизел ёқилғисининг энтальпияси  $i_{дѐ1} = 660,7 \text{ кЖ}/\text{кг}$  ва  $i_{дѐ2} = 562,2 \text{ кЖ}/\text{кг}$ ; (4.1-жадвал).

1. Ўрганилаётган иссиқлик алмаштиргичнинг жараён иссиқлик баланси тенгламасига асосан аниқланган иссиқлик қуввати  $Q_{фой} = 298,0 \text{ кВт}$  ни ташкил қилади (4.1-жадвал). Бунда нефтнинг  $c_{H1}$  ва  $c_{H2}$  иссиқлик сифимлари унинг температураси, зичлиги ва кимёвий таркибига боғлиқ ҳолда (2.7) тенгламага асосан ҳисобланди. Дизел ёқилғиси фракциясининг дистилляти учун энтальпиянинг маълумотномалардан олинган қиймати [11], унинг  $d = 0,79$  нисбий зичлигидаги  $t_{дт1} = 280 \text{ }^\circ\text{С}$  ва  $t_{дт2} = 245 \text{ }^\circ\text{С}$  температураларда мос равишда  $i_{дѐ1} = 660,7 \text{ кЖ}/\text{кг}$  ва  $i_{дѐ2} = 562,2 \text{ кЖ}/\text{кг}$  ни ташкил қилади.
2. Иссиқлик алмаштиргичнинг тугалланувчи қисмларидаги иссиқлик ташувчилар орасидаги энг катта  $\Delta t_{max}$  ва энг кичик  $\Delta t_{min}$  температура фарқи:

$$\Delta t_{max} = t_{дѐ1} - t_{H1} = 280 - 170 = 110 \text{ }^\circ\text{С}; \Delta t_{min} = t_{дѐ2} - t_{H2} = 270 - 180 = 90 \text{ }^\circ\text{С}.$$

3.  $\Delta t_{\max}/\Delta t_{\min}=110/90=1,22$  бўлганда (1.31) тенгламага асосан аниқланадиган жараённинг юритувчи кучи  $\Delta t_{\text{ўр}}$  қуйидагига тенг бўлади:

$$\Delta t_{\text{ўр}} = (\Delta t_{\max} + \Delta t_{\min})/2 = (110+90)/2=100\text{ }^{\circ}\text{C}.$$

4. Иссиқлик алмашилиш юзасининг паспорт бўйича олинган  $F_a = 99\text{ м}^2$  қийматига мос келувчи аппаратдаги қувурлар сонини қуйидагича топамиз:

$$n_{\text{ум}} = 2 F_a / [\pi (d_{\text{ич}} + d_{\text{таш}}) \cdot l] = 2 \cdot 99 / [\pi (0,02 + 0,025) \cdot 6,89] = 406 \text{ дона}.$$

Демак, аппаратнинг бир томон йўналиши бўйича керак бўладиган иссиқлик алмаштиргичнинг қувурларининг сони  $n_1$  ни қуйидагича қабул қиламиз:

$$n_1 = 203 \text{ шт.}$$

5. Иссиқлик алмаштиргич қувурларидан ҳаракатланаётган нефтнинг оқиш тезлиги қуйидагига тенг:

$$v = 4V / (3600 n_1 \pi d_{\text{таш}}^2) = 4 \cdot 60 / (3600 \cdot 203 \cdot 3,14 \cdot 0,02^2) = 0,262 \text{ м/с}.$$

6. Аппарат қиздириш юзасининг маълум бўлган  $F = 99\text{ м}^2$  қиймати, унинг иссиқлик юкламаси  $Q_{\text{тўла}} = 298 \cdot 10^3\text{ Вт}$  ва иссиқлик ташувчилар орасидаги ўртача температура фарқи  $\Delta t_{\text{ўр}} = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$  бўлганда иссиқлик  $K$  узатиш коэффициентининг қиймати қуйидагига тенг бўлади:

$$K = Q_{\text{тўла}} / (F \cdot \Delta t_{\text{ўр}}) = 298 \cdot 10^3 / (99 \cdot 100) = 30,1 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}).$$

#### **4.4. Нефтни қайти ишлаш заводи шароитида керосин фракциясининг дистиллятини совитиш бўйича тавсия этилаётган усулни қўллаш туфайли кутиладиган иқтисодий самарани ҳисоблаш.**

Нефтни қайта ишлаш заводи ЭЛОУ-АВТ-3 қурилмасининг лойиҳавий қуввати нефт бўйича  $240\text{ м}^3/\text{соат}$  бўлиб, қурилмани ишга тушириш нормаси  $180 \div 185\text{ м}^3/\text{соат}$  ни ташкил қилади. Ишлаб чиқаришнинг технологик регламентга асосан 1 тонна нефтни қайта ишлаш учун материаллар солиштирма сарфининг нормаси қуйидагича: сув буғи –  $38\text{ Гкал/тонна}$ ; сув –  $9,5\text{ м}^3/\text{тонна}$ ; электроэнергия –  $9,2\text{ кВт/тонна}$ . Ресурсларнинг тахминий қийматлари завод ҳисобхонасининг маълумотларига асосан қуйидагича:

углеводород хомашёси – 149500 сўм/тонна; электр энергияси – 91 сўм/кВт; сув буғи – 26972 сўм/Гкал.

Қувурли иссиқлик алмаштиргичда нефтни қиздириш жараёнини интенсификациялашнинг асосий кўрсаткичи бўлиб сув буғлари  $r_{сб}$  ва углеводород хомашёси буғлари  $r_{уб}$  конденсацияланиш иссиқликларининг ўзаро нисбати хизмат қилади.

Углеводород фракциялари буғларининг конденсацияланиш жараёнида нефт хомашёсини қиздиришдаги иссиқлик алмаштиргичнинг  $K_Q$  иссиқлик самарадорлигини ошириш коэффициентини қуйидаги ифода орқали ҳисоблаш мумкин:

$$K_Q = (r_{сб}/r_{уб}) \cdot K_{v1} = (2019,9/245,3) \cdot 2,47 = 20,34 \%. \quad (4.14)$$

бу ерда  $r_{сб} = 2019,9$  кЖ/кг – 180°С температура ва 1,0 МПа босим остидаги қиздирилган сув буғининг конденсацияланиш иссиқлиги [12];  $r_{уб} = 245,3$  кЖ/кг – 180 °С температурадаги дистиллят фракцияларининг конденсацияланиш иссиқлиги [36].

Икки қувурли экспериментал аппаратда углеводород иссиқлик ташувчилари ва нефтни қайта ишлаш заводининг кожухқувурли иссиқлик алмаштиргичларида технологик оқимлар ёрдамида нефтни билан қиздириш жараёни самарадорлигининг қиёсловчи таҳлили [37] шуни кўрсатадики, жараённи интенсификациялаш ўртача  $j_{кўр} = 45,93$  % ни ташкил қилади.

Бундан ташқари, дастлабки хомашёнинг турлича қийматдаги сарфида нефтни газ конденсати ва сув буғлари билан қиздириш бўйича ўтказилган тажриба натижаларини таққослаш шуни тасдиқлайдики, жараённинг интенсификацияланиш даражаси  $j_K = 25,1$  % ни ташкил қилади.

Шундай қилиб, юқорида келтирилган мулоҳазаларга асосан кейинги ҳисоблашларда нефтни иситиш жараёни самарадорлигининг ошишини янгидан лойиҳалаштириладиган қувурли иссиқлик алмаштиргичда базавий аппаратга нисбатан 35 % га тенг деб оламиз.

“Янги техникалар, ихтиролар ва рационализаторлик таклифларининг халқ хўжалигида фойдаланиш иқтисодий самарадорлигини аниқлаш

методикаси (Асосий қоидалари)” нинг 12-бандига асосан [38] ҳамда юқорида баён этилган аргументларни ҳисобга олган ҳолда биз томондан тавсия этиладиган углеводород фракциялари буғлари билан нефтни иситиш учун мўлжалланган иссиқлик алмаштиргич аппаратини қўллашдан кутиладиган  $\mathcal{E}_{ки}$  йиллик иқтисодий самарани қуйидаги формула ёрдамида ҳисобладик:

$$\mathcal{E}_{ки} = (X_1 - X_2) \cdot A_r = (I_{\text{э}1} + E \cdot K_1) - (I_{\text{э}2} + E \cdot K_2), \quad (4.15)$$

бу ерда  $X_1$  ва  $X_2$  – мос равишда базавий ва тавсия этиладиган аппаратда хомашёни иситиш учун келтирилган харажатлар, минг сўм;  $I_{\text{э}1}$  ва  $I_{\text{э}2}$  – мос равишда базавий ва тавсия этиладиган аппаратдан фойдаланишдаги йиллик эксплуатацион чиқимлар, минг сўм;  $K_1$  ва  $K_2$  – мос равишда базавий ва тавсия этиладиган аппаратдаги капитал харажатлар, минг сўм;  $E$  – капитал маблағлар самарадорлигининг соҳавий меъерий коэффиценти, нефт-газ соҳаси учун 0,15 га тенг деб қабул қилинган.

**1. Иссиқлик алмаштиргич аппаратлари билан боғлиқ бўлган истеъмолчи капитал харажатларининг ҳисобланган ўртача қийматларини аниқлаймиз.** Завод ҳисобхонасининг маълумотларига асосан базавий иссиқлик алмаштиргичнинг балансдаги нархи  $C_1 = 30550$  минг сўм. Янги тавсия қилинаётган иссиқлик алмаштиргичнинг дастлабки нархи базавийникига қараганда 35% га арзон бўлиши керак, яъни унинг чакана нархи  $C_2 = 19857,5$  минг сўм.

Монтаж ва демонтаж ишлари учун сарфланадиган харажатлар иссиқлик алмаштиргичлар нархининг 8% ни ташкил қилади, яъни

- базавий аппарат учун –  $30550 \cdot 0,08 = 2444$  минг сўм;

- тавсия этилаётган аппарат учун –  $19857,5 \cdot 0,08 = 1588,6$  минг сўм.

Транспорт харажатлари иссиқлик алмаштиргичлар нархининг 5% ни ташкил қилади:

- базавий аппарат учун –  $30550 \cdot 0,05 = 1527,5$  минг сўм;

- тавсия этилаётган аппарат учун –  $19857,5 \cdot 0,05 = 992,875$  минг сўм.



Аппаратларнинг нархига боғлиқ ҳолда тара ва саранжомлаштириш материаллари (2%), ҳамда таъминловчи-маиший ташкилотларнинг устамалари (0,5%):

- базавий аппарат учун –  $30550 \cdot 0,025 = 763,75$  минг сўм;

- тавсия этилаётган аппарат учун –  $19857,5 \cdot 0,025 = 496,438$  минг сўм.

Аппаратларнинг нархига боғлиқ ҳолда эҳтиёт қисмларни (2%) ва ўлчов-назорат асбобларини (3%), сотиб олиш билан боғлиқ бўлган харажатлар:

- базавий аппарат учун –  $30550 \cdot 0,05 = 1527,5$  минг сўм;

- тавсия этилаётган аппарат учун –  $19857,5 \cdot 0,05 = 992,875$  минг сўм.

Истеъмолчининг иссиқлик алмаштиргич аппаратларидан фойдаланиш билан боғлиқ бўлган умумий харажатлари:

- базавий аппарат учун  $2444 + 1527,5 + 763,75 + 1527,5 = 6262,75$  тыс. сум;

- тав. этил. аппарат учун  $1588,6 + 992,875 + 496,438 + 992,875 = 4070,788$  тыс. сум.

Истеъмолчининг иссиқлик алмаштиргич аппаратларини қўллаш учун сарфлайдиган капитал харажатларнинг тўлиқ қиймати уларнинг нархи ва ишга тушириш ҳамда улардан фойдаланиш билан боғлиқ харажатларни ўз ичига олади, яъни:

- базавий аппарат учун  $K_1 = 30550 + 6262,75 = 36812,75$  тыс. сум;

- тавсия этил. аппарат учун  $K_2 = 19857,5 + 4070,788 = 23928,288$  тыс. сум.

## ***2. Иссиқлик алмаштиргич аппаратларининг йиллик эксплуатацион харажатлари суммасини ҳисоблаш***

Таққосланаётган иссиқлик алмаштиргич аппаратларининг ҳар бири учун йиллик умумий эксплуатацион харажатлар куйидаги формула ёрдамида ҳисобланади:

$$I_{\text{э}} = \text{Э} + A + P + \Pi \quad (4.16)$$

бу ерда Э – нефтни ҳайдаш учун сарфланадиган электроэнергия нархи, минг сўм; A – амортизацион чиқимлар, минг сўм; P – аппаратларни таъмирлаш ва уларга техник хизмат кўрсатиш билан боғлиқ чиқимлар, минг сўм; Π –

эксплуатацион харажатларнинг 3÷5% миқдорида режалаштириладиган бошқа сиқимлар, минг сўм;

Иссиқлик алмаштиргичлар тизими бўйлаб нефтни ҳайдаш учун сарф бўладиган электроэнергиянинг йиллик миқдори қуйидаги формула ёрдамида ҳисобланади:

$$\mathcal{E}_{эл} = (T \cdot 24 \cdot K_3 \cdot N \cdot C_{э1}) / (Z \cdot K_{п} \cdot K_{д}), \quad (4.17)$$

бу ерда 24 – суткадаги соатлар сони;  $K_3 = 0,85 \div 0,9$  – ҳайдаш қурилмаси ишлашининг юкланиш коэффиценти;  $N$  – нефтни босим остида ҳайдовчи насос электродвигателининг белгиланган қуввати, кВт;  $Z = 4$  – қиздириш блокидаги иссиқлик алмаштиргичларнинг сони;  $K_{п} = 0,96$  – тармоқдаги йўқотишларни ҳисобга олувчи коэффицент;  $K_{д} = 0,90 \div 0,95$  – электродвигателнинг фойдали иш коэффиценти; Юқоридагиларни инобатга олган ҳолда (4.17) формула ёрдамида аппаратларининг ҳар бири учун йиллик умумий эксплуатацион харажатларни ҳисоблаймиз:

– тозаланган нефтни ҳайдаш учун белгиланган қуввати  $N_1 = 110$  кВт/соат бўлган насосли базавий аппарат учун:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{эл1} &= (T \cdot 24 \cdot K_3 \cdot N_1 \cdot C_{э1}) / (4 \cdot K_{п} \cdot K_{д}) = (365 \cdot 24 \cdot 0,9 \cdot 110 \cdot 91) / (4 \cdot 0,96 \cdot 0,9) = \\ &= 22835,313 \text{ минг сўм;} \end{aligned}$$

– нефтни ҳайдаш учун насоснинг белгиланган қуввати  $N_1 = 71,5$  кВт/соат бўлган (базавийга нисбатан 35% пасайтирилган) тавсия этилаётган аппарат учун:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{эл2} &= (T \cdot 24 \cdot K_3 \cdot N_2 \cdot C_{э2}) / (4 \cdot K_{п} \cdot K_{д}) = (365 \cdot 24 \cdot 0,9 \cdot 71,5 \cdot 91) / (4 \cdot 0,96 \cdot 0,9) = \\ &= 14842,953 \text{ минг сўм.} \end{aligned}$$

Иссиқлик алмаштиргичлар учун амортизацион харажатлар қуйидаги формула ёрдамида ҳисобланади:

$$A_a = (Ц \cdot H_a) / 100, \quad (4.18)$$

бу ерда  $H_a$  – аппаратларнинг балансдаги нархидан % ларда олинадиган йиллик амортизацион чиқимлар нормаси, корхонадан олинган маълумотларга асосан  $H_a = 11,1$  %. Демак (4.18) га асосан:

– нархи  $C_1 = 30550$  минг сўм бўлган базавий аппарат учун:

$$A_{a1} = (C_1 \cdot H_a) / 100 = (30550 \cdot 11,1) / 100 = 3391,05 \text{ минг сўм};$$

– нархи  $C_2 = 19857,5$  минг сўм бўлган тавсия этилаётган аппарат учун:

$$A_{a2} = (C_2 \cdot H_a) / 100 = (19857,5 \cdot 11,1) / 100 = 2204,183 \text{ минг сўм.}$$

Аппаратларни таъмирлаш ва уларга техник хизмат кўрсатиш билан боғлиқ харажатларни ҳам уларнинг нархига боғлиқ ҳолда қуйидагича ҳисоблаймиз:

$$P = (C \cdot H_p) / 100 \quad (4.19)$$

бу ерда  $H_p$  – аппаратларни таъмирлаш ва уларга техник хизмат кўрсатиш учун ажратилган чиқимлар нормаси, корхонадан олинган маълумотларга асосан  $H_p = 14$  %. Демак (4.19) га асосан:

– базавий аппарат учун

$$P_1 = (C_1 \cdot H_p) / 100 = (30550 \cdot 14) / 100 = 4277,0 \text{ минг сўм};$$

– тавсия этилаётган аппарат учун

$$P_2 = (C_2 \cdot H_p) / 100 = (19857,5 \cdot 14) / 100 = 2780,05 \text{ минг сўм.}$$

Шундай қилиб,  $\Pi = 5\%$  миқдордаги режалаштирилган бошқа харажатларни ҳисобга олган ҳолда истеъмолчининг таққосланаётган иссиқлик алмаштиргичларни ишлатишдаги эксплуатацион харажатларнинг умумий қиймати қуйидагиларни ташкил қилади:

– базавий аппарат учун

$$\begin{aligned} I_{\text{эл1}} &= \text{Э}_{\text{эл1}} + A_{a1} + P_1 + \Pi = (\text{Э}_{\text{эл1}} + A_{a1} + P_1) 1,05 = \\ &= (22835,313 + 3391,05 + 4277) 1,05 = 32028,531 \text{ минг сўм}; \end{aligned}$$

– тавсия этилаётган аппарат учун

$$\begin{aligned} I_{\text{эл2}} &= \text{Э}_{\text{эл2}} + A_{a2} + P_2 + \Pi = (\text{Э}_{\text{эл2}} + A_{a2} + P_2) 1,05 = \\ &= (14842,953 + 2204,183 + 2780,05) 1,05 = 20818,545 \text{ минг сўм.} \end{aligned}$$

Натижаларга асосан шундай хулосага келиш мумкинки, тавсия этилаётган иссиқлик алмаштиргич аппаратини ишлаб чиқаришга тадбиқ

этишдан олиниши кутилаётган йиллик иқтисодий самара (4.12) ифодага асосан:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{\text{йил1}} &= (I_{\text{э1}} + E \cdot K_1) - (I_{\text{э2}} + E \cdot K_2) = \\ &= [(32028,531 + 0,15 \cdot 36812,75) - (20818,545 + 0,15 \cdot 23928,288)] \cdot 1000 = \\ &= (37550,444 - 24407,788) \cdot 1000 = 13142656 \text{ сўм.} \end{aligned}$$

### **3. *Металл сарфини камайтириш орқали иқтисодий самарадорликни оширишнинг ҳисоблашлари.***

Базавий иссиқлик алмаштиргич аппаратининг массаси  $M_1 = 9111$  кг га тенг. Жараёни интенсификациялаш натижасида янги лойиҳаланган иссиқлик алмаштиргичнинг массаси базавийникига нисбатан 35% га енгиллаштирилган, яъни  $M_{T2} = M_{T1} (1 - 0,35) = 5922$  кг..

Металл сарфини камайтириш натижасида тежаладиган қийматни қуйидаги формула ёрдамида ҳисоблаймиз:

$$\mathcal{E}_{\text{йил2}} = [(M_1 - M_2) / M_1] C_2 = [(9,111 - 5,922) / 9,111] \cdot 19857,5 = 6950125 \text{ сўм.}$$

Шундай қилиб, нефтни қайта ишлаш заводи шароитида бирта янги тавсия этилаётган иссиқлик алмаштиргич аппаратини ишлаб чиқаришда қўллаш туфайли кутиладиган жами қтисодий самара  $\mathcal{E}_{\text{жами}}$  қуйидаги қийматни ташкил қилади:

$$\mathcal{E}_{\text{жами}} = \mathcal{E}_{\text{йил1}} + \mathcal{E}_{\text{йил2}} = 13142656 + 6950125 = 20092781 \text{ сўм} = 20,1 \text{ млн сўм.}$$

#### **Тўртинчи боб бўйича хулосалар**

1. Дизел ёқилғиси фракцияси дистиллятининг оқими билан нефтни қиздириш жараёнининг иссиқлик ҳисоблашлари амалга оширилди. Нефтни қиздиришнинг  $155 \div 180$  °С температура интервалида дизел ёқилғиси дистилляти солиштирма сарфининг ҳамда сарфланган фойдали иссиқликнинг ўртача қийматлари мос равишда  $G_{\text{дэ}}/G_{\text{н}} = 0,4572 \text{ м}^3/\text{м}^3$  ва  $Q_{\text{фой}}/G_{\text{н}} = 4,845 \text{ кВт}/\text{м}^3$  бўлиши аниқланди.
2. Иссиқлик алмаштиргичларнинг эксплуатацион қуввати 180, 312,5 ва 420  $\text{м}^3/\text{соат}$  бўлганда бензин фракцияси дистилляти оқими билан нефт-

газконденсат аралашмасини (35% нефт + 65% газ конденсати) қиздириш жараёнининг иссиқлик ҳисоблашлари амалга оширилди. Аралашмани 150 дан 180 °С температурагача қиздиришда бензин фракцияси дистиллятининг солиштирма сарфи ҳамда сарфланган фойдали иссиқликнинг ўртача қийматлари мос равишда  $G_6/G_{\text{арал}} = 0,1893 \text{ м}^3/\text{м}^3$  ва  $Q_{\text{фой}}/G_{\text{арал}} = 14,7176 \text{ кВт}/\text{м}^3$  бўлиши аниқланди. Яна шу нарса маълум бўлдики, нефт-газконденсат аралашмаси бошланғич температурасининг ортиши билан жараёнга бензин фракцияси дистиллятининг солиштирма сарфи 0,006 дан 0,011  $\text{м}^3/\text{м}^3$  гача бўлган суръат билан ортади.

3. Бирлик ҳажмдаги углеводород хомашёсини 150 дан 180 °С гача қиздиришда иситувчи агент сифатида керосин фракцияларидан фойдаланиш дизел ёқилғисига нисбатан 2,4÷3,0 марта афзалликка эга эканлиги аниқланди.
4. Бензин ва дизел ёқилғисининг нам фракцияларидан фойдаланиш орқали нефт-газконденсат хомашёсини икки йўлли кожухкувурли саноат иссиқлик алмаштиргичларида қиздиришнинг назорат иссиқлик ҳисоблашлари амалга оширилди.
5. Нефтни сувсизлантирилган газ конденсати буғлари билан иситиш жараёнининг иссиқлик баланси тенгламасига асосан тажрибавий икки қувурли иссиқлик алмаштиргичнинг иссиқлик энергияси бўйича самарадорлиги 93,3 % га тенг бўлиши ҳисоблаб топилди.
6. Нефтни сувсизлантирилган дистиллят фракцияларидан фойдаланиб, иситиш жараёнини интенсификациялашда тавсия этиладиган усулнинг техник иқтисодий самарадорлиги баҳолаб берилди.
7. Ҳисоблашлар шуни кўрсатадики, нефтни қайта ишлаш корхоналари шароитида углеводород хомашёсини қиздириш учун сувсизлантирилган дистиллят фракцияларининг қайноқ оқимларидан фойдаланиш технологиясини ишлаб чиқаришда қўллашдан кутиладиган йиллик жами иқтисодий самара 165,2 млн сўмни ташкил қилади.

## УМУМИЙ ХУЛОСАЛАР

Бензин дистиллят фракцияларини совитиш жараёнини интенсификациялашга ва унинг асосида самарали ҳаво аппаратларини ишлаб чиқишга бағишлаб ўтказилган комплекс назарий ҳамда экспериментал тадқиқотлар қуйидаги асосий хулосаларни чиқаришга асос бўлди:

1. Экспериментал йўл билан босимнинг 50 дан 250 кПа гача бўлган диапазонда углеводород хомашёси буғларини совитиш жараёни ўрганилди. Эксперимент натижаларини таққослаш кўрсатадики, углеводород хомашёси буғлари босимининг 50 дан 250 кПа гача ўзгаришида аппаратнинг температураси сув буғи билан ўтказилган худди шундай тажрибага нисбатан кўшимча яна  $10\div 12$  °С га юқори бўлади. Бунда иссиқлик билан ишлов бериш интенсивлиги 54% га ортади.
2. Совитилаётган керосин фракциясининг сарфини  $Q=1,0\div 6,7$  л/мин интервалида орттирилиб тажрибавий икки қувурли иссиқлик алмаштиргич гидравлик қаршилигининг ўзгариши таҳлил қилинди.
3. Тажрибавий икки қувурли иссиқлик алмаштиргичдаги иссиқлик узатиш жараёнининг самарадорлигига турли технологик омилларнинг (иссиқлик ташувчилар сарфи, температура ва хомашё таркиби) таъсири таҳлил қилиниб, нефт-газконденсат хомашёсини совитишнинг оптимал режими танлаб олинди.
4. Биржинсли углеводород фракциялари буғларини конденсацияланишида иссиқлик узатиш шароитининг яхшиланиши нефт-газконденсат хомашёсини совитиш жараёни самарадорлигининг ўртача 35% га ортиши ҳисоблашлар орқали аниқланди.
5. Ҳисоблашлар шуни кўрсатадики, нефтни қайта ишлаш корхоналари шароитида углеводород хомашёсини қиздириш учун сувсизлантирилган дистиллят фракцияларининг қайноқ оқимларидан фойдаланиш технологиясини ишлаб чиқаришда қўллашдан кутиладиган йиллик иқтисодий самара 165,2 млн сўмни ташкил қилади.

## ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ

1. 2017 йилда амалга оширилган асосий ишлар якуни ва Ўзбекистон Республикасини 2018 йилда ижтимоий-иқтисодий ривожлантиришнинг энг устувор йўналишларига бағишланган Ўзбекистон Республикаси Президенти Ш.М.Мирзиёвнинг. Мурожаатномаси. 22 декабр, 2017 йил.
2. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси” тўғрисидаги Ўзбекистон Республикаси Президенти Ш.М.Мирзиёвнинг Фармони (“Халқ сўзи”, газетаси, 2017 йил, 8 февраль)
3. Скобло А.И., Молоканов Ю.К., Владимиров А.И. и др. Процессы и аппараты нефтегазопереработки и нефтехимии: Учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Недра, 2000. – 677 с.
4. Ахметов С.А., Сериков Т.П., Кузеев И.Р., Баязитов И.М. Технология и оборудование процессов переработки нефти и газа: Учебное пособие / Под ред. С.А. Ахметова. – СПб.: Недра, 2006. – 868 с.
5. Бурдыгина Е.А. Повышение энергоэффективности теплотехнического оборудования установок первичной переработки нефти: Автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. - УГНТУ, Уфа, 2003, 23 с.
6. Глаголева О.Ф., Капустин В.М., Гюльмисарян Т.Г. и др. Технология переработки нефти. В 2-х частях. Часть первая. Первичная переработка нефти /Под ред. О.Ф. Глаголевой и В.М. Капустина. - М.: Химия, КолосС, 2006. – 400 с.
7. Мановян А.К. Технология первичной переработки нефти и природного газа. Учебное пособие для вузов. 2-е изд. – М.: Химия, 2001. – 568 с.
8. Барулин Е.П., Кувшинова А.С., Кириллов Д.В. и др. Лабораторный практикум по тепловым процессам. Учебное пособие. - Иваново: ИГХТУ, 2009. - С. 8-10.
9. Сарданашвили А.Г., Львова А.И. Примеры и задачи по технологии переработки нефти и газа. Учебное пособие для студентов нефтяных специальностей вузов. - 2-е изд., – М.: Химия, 1980. - 256 с.

10. Технологические расчёты установок переработки нефти: Учеб. пособие для вузов/Танатаров М.А., Ахметшина М.Н., Фасхутдинов Р.А. и др. - М.: Химия,1987. - 352 с.
11. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов. Изд. 2-е: Часть 1. - М.: Химия, 1995. – 400 с.
12. Романков П.Г., Фролов В.Ф. Теплообменные процессы химической технологии. – Л.: Химия, 1982. – 288 с.
13. Кутателадзе С.С. Основы теории теплообмена. – 4-е изд., доп. – Новосибирск.: Наука, Сибирское отделение, 1970. – 659 с.
14. Тепло- и массоперенос. Т. III. Общие вопросы теплообмена / Под ред. А.В.Лыкова и Б.М. Смольского. - М.-Л.: Госэнергоиздат, 1963. – 688 с.
15. Salimov Z. Neft va gazni qayta ishlash jarayonlari va uskunalari. – Т.: Aloqachi, 2010. – 508 b.
16. Григорьев Б.А., Богатов Г.Ф., Герасимов А.А. Теплофизические свойства нефти, нефтепродуктов, газовых конденсатов и их фракций/Под общ. ред. проф. Б.А. Григорьева. - М.: Издательство МЭИ, 1999. - С. 332-334.
17. Шамова Н.А. Новые методы расчета физико-химических свойств нефтяных углеводородных систем: Дис...канд.техн.наук. - Уфа, 2006. - 95 с.
18. Умергалин Т.Г., Галиаскаров Ф.М. Методы расчетов основного оборудования нефтепереработки и нефтехимии: учебное пособие. - Уфа: Изд-во «Нефтегазовое дело», 2007. - 236 с.
19. Technical data book / Petroleum Refining, 2 nd. ed., API. - Washington, 1974, chapter 1-6. 333 p., chapter 7-14. 514 p.
20. Голубев И.Ф., Агаев Н.А. Вязкость предельных углеводородов. – Баку: Азарнеш,1964. – 160 с.
21. Ахметов С.А. Технология глубокой переработки нефти и газа: учебное пособие для вузов. - Уфа: Гилем, 2002. - 672 с.
22. Владимиров А.И., Щелкунов В.А., Круглов С.А. Основные процессы и аппараты нефтегазопереработки: Учеб. пособие для вузов. - М.: ООО "Недра-Бизнесцентр", 2002. - 227 с.



23. Новые компактные теплообменники. *Wendeln statt Glattrohre. Chem. Plants + Process.* 2005, Прил. Top Prod. 2005, с. 50-51, 3 «л. Нем.; рез. англ.
24. Красникова О.К., Попов О.М., Удут В.Н. Новые конструкции эффективных витых трубчатых теплообменников // *Нефтегазовые технологии.* – 1998. № 5-6. – С. 10-11.
25. Красникова О.К. Витой трубчатый теплообменник со статически однородной структурой расположения труб // *Химическое и нефтяное машиностроение.* – 1996. -№ 5. – С. 42-45.
26. Трубчатый теплообменник: *Пат.2350873 Россия, МПК F 28 D 7/00 (2006.01).* Брянск. ГТУ, Анисин А.А. № 2007108114/06; Заявл. 05.03.2007; Оpubл. 27.03.2009. Рус.
27. Трубный теплообменник Пат. 2359191 Россия, МПК F 28 D 7/00 (2006.01). *ОАО Куйбышев Азот, Кузнецов С.Н., Ардамаков С.В., М 2007117887/06;* Заявл. 14.05.2007; Оpubл. 20.06.2009. Рус.
28. Теплообменник. Heat exchanger: Пат. 7044208 США, МПК<sup>8</sup> F 28 F 9/02. *DENSO Corp., Kawakubo Masaaki, Kawachi Norihide, Muto Ken, Yamamoto Ken, Hasegawa Etsuo, Katoh Yoshiki.* № 10/361657; Заявл. 02.10.2003; Оpubл. 16.05,2006; Приор. 19.02.2002, № 2002-041332 (Япония); НПК 165/173. Англ.
29. Дрейцер Г.А. О некоторых проблемах создания высокоэффективных трубчатых теплообменных аппаратов // *Новости теплоснабжения, №5, 2004.*
30. Салимов З.С., Худайбердиев А.А. К расчету коэффициентов теплоотдачи в опытном двухтрубчатом теплообменнике // *Журнал Нефти и газа Узбекистана,* – № 4, 2011. – С. 40-43.
31. Салимов З.С., Худайбердиев Абдукарим.А., Хурмаматов А.М., Худайбердиев А.А. К расчету теплоёмкости углеводородного сырья // *Химическая технология, контроль и управление,* 2011. – № 4. – С. 32-35.

32. Дрейцер Г.А. О некоторых проблемах создания высокоэффективных трубчатых теплообменных аппаратов // Новости теплоснабжения, №5, 2004.
33. [library.ziyonet.uz](http://library.ziyonet.uz)
34. [www.ural-mart.ru](http://www.ural-mart.ru)
35. [www.studwood.ru](http://www.studwood.ru)
36. [www.mylektsii.ru](http://www.mylektsii.ru)
37. [www.ukrneftemash.com](http://www.ukrneftemash.com)
38. [www.revolution.allbest.ru](http://www.revolution.allbest.ru)

# ИЛОВАЛАР