

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС
ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ
БУХОРО МУҲАНДИСЛИК-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ**

Қўл ёзма ҳуқуқида

УДК 532.529

Хожиева Мухлиса Султоновна

**Нефть қувурларини бурғулаш жараёнида қўп фазали муҳитларнинг
гидродинамик параметрларини ахборот-коммуникация тизимлари
асосида тадқиқ қилиш**

**5A321701-“Технологик жараёнларни бошқаришнинг ахборот-
коммуникация тизимлари”**

**Магистр
академик даражасини олиш учун ёзилган диссертация**

**Илмий раҳбар:
т.ф.н., доц. Нарзиев М.С.**

2016

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

БУХОРО МУҲАНДИСЛИК-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ

Факультет: Магистратура бўлими

Магистратура талабаси: Хожиева Мухлиса Султоновна

Кафедра: “Технологик жараёнларни бошқаришнинг ахборот-коммуникация тизимлари”

Илмий раҳбар: т.ф.н., доц. Нарзиев М.С.

Ўқув йили: 2015-2016

Мутахассислиги: 5A321701-“Технологик жараёнларни бошқаришнинг
ахборот-коммуникация тизимлари”

АННОТАЦИЯ

Нефт саноатида бурғулаш жараёнини бошқаришни такомиллаштириш ҳамда микропроцессор технологиялари асосида оптимизациялаш ва унинг асосида автоматлаштирилган бошқариш тизимини яратиш нефт саноатини ривожлантиришда муҳим аҳамият касб этади.

Магистрлик диссертациясида бурғулаш жараёнининг технологик тавсифи, скважиналарда бурғулаш жараёнини бошқаришнинг автоматлаштирилган бошқариш тизимини ишлаб чиқишнинг техник-иқтисодий асослари, шунингдек автоматлаштириш объекти ҳамда бошқарувчи компьютер орасидаги алоқадорлигини таъминлаш масалалари ва бурғулашнинг технологик параметрларини назорат қилишнинг принципал схемаси баён этилган. Бошқарувчи компьютер базасида технологик жараённи бошқаришнинг автоматлаштирилган бошқариш тизимининг структураси ишлаб чиқилган.

Бурғулаш жараёнида вертикал қувурларда нефт аралашмаси ҳаракатининг математик модели танланиб, уни сонли ечиш методи асослаб берилган. Бошланғич ва чегаравий шартлар асосида масаланинг глобал алгоритми ва дастури ишлаб чиқилган. Шунингдек, икки фазали

гидродинамик оқимнинг параметрлари аниқланган ва олинган натижалар таҳлил этилган.

АННОТАЦИЯ

Усовершенствование управления процессом бурения в нефтегазовой промышленности, а также оптимизация технологических процессов при помощи МП и на основе них разработку АСУ играют большую роль в нефтяной отрасли.

В магистерской диссертации описан технологический процесс, технико-экономические основы АСУ бурения нефтяных скважин, а также обеспечения задачами компьютерной связи с объектом управления и рассказана принципиальная схема управления технологический процесс бурения. Разработана АСУ ТП на базе компьютеров управления.

Выбрана математическая модель бурения нефтепродуктов в вертикальном трубопроводе и обоснована его цифровой метод решения.

Разработана глобальный алгоритм решения задач и программа производства на основе начальных и предельных условий. Определены параметры двух фазных гидродинамических потоков и проанализированы получения выводы.

ANNOTATION

Embellishment of drilling process control on oil-gas industry, as well as optimization technological process through the agency of microprocessors and in term of them development ACS are important needs on oil industry.

On this master's dissertation present the technological process, technical and economic basis for automation of oil drilling, as well as ensuring the tasks of computer communication with the object of control and told principal control circuit drilling process. A process control system based on the control computer.

Chosen mathematical model of oil-product drilling in vertical pipeline and substantiation digital method decision.

Developed global solution algorithm and program production on the basis of initial and boundary conditions. The parameters of the two-phase hydrodynamic flows and analyze the findings.

Илмий раҳбар _____
(имзо)

Магистратура талабаси _____
(имзо)

МУНДАРАЖА

Кириш.....	8-13
I. боб. Нефт қувурларини бурғулаш технологик жараёнини техник моҳияти ва уни автоматлаштирилганлик даражаси	
1. Бурғулаш технологик жараёнини техник моҳияти ва таснифланиши	14-21
2. Нефть қувурларини бурғулаш жараёни автоматлаштирилган бошқарув тизими яратишнинг асослари.....	22-27
3. Нефт қувурини бурғулаш технологик жараёни автоматлаштирилган объектни шахсий компьютер билан алоқадорлиги.....	28-36
I-боб бўйича хулоса.....	36
II. боб. Бурғулаш жараёнида вертикал қувурда нефт аралашмаси ҳаракатининг математик модели ва уни ечиш методи	
1. Масаланинг қўйилиши ва унинг моҳияти.....	37-40
2. Аралашмаларнинг вертикал қувурлардаги ҳаракатининг математик моделини танлаш ва уни асослаш.....	40-44
3. Аралашмаларнинг вертикал қувурлардаги ҳаракатини математик моделлаштиришда чекли айирмалар усулини қўллаш.....	45-56
4. Икки фазага ёпишқоқ аралашмаларнинг вертикал қувурлардаги ҳаракатини сонли моделлаштириш асосида ечиш.....	56-71
II боб бўйича хулоса.....	72-73
III. боб. Нефт аралашмаларининг вертикал қувурлардаги ҳаракатини тадқиқот қилиш	
1. Икки фазага нефть аралашмаларининг вертикал қувурлардаги ламинар ҳаракатини тадқиқот қилиш.....	74-78
2. Нефт аралашмаларининг қувурлардаги пульсацияли ҳаракатини	

тадқиқот қилиш.....	79-86
III боб бўйича хулоса.....	87
Хулоса	88-89
Фойдаланилган адабиётлар рўйхати	90-92
Илова.....	93-106

Диссертацияда ишлатилган шартли белгилар

x_1, x_2 – кўндаланг ва бўйлама координаталар;

U_i^j – i-фазанинг j-тезлиги компонентаси;

f_i – i-фазанинг концентрацияси;

P – босим;

t – вақт;

∂_i^k – Кронекер белгиси;

$\Psi_i^j - \vec{\Psi}_i^j$ - векторнинг j-компонентаси;

$\xi = 0$ - текисликдаги масала учун;

$\xi = 1$ - асиссиметрик масала учун;

$a_i = R\sqrt{\varpi/\nu_i}$ - Уомерслейнинг i -фаза учун тебраниш параметри

$Re_i = RU_{cp}/\nu_i$ - Рейнольдснинг i -фаза учун ўлчамсиз сони

$Fr_2^{-1} = gR/U_{cp}$ - иккинчи фазанинг Фруд сони

$M = \mu_1/\mu_i$ - ўлчамсиз сон

X_1, X_2 - кўндаланг ва бўйлама координаталар

K- фазаларнинг ўзаро ҳаракат коэффициенти

u_i^j - i- фаза тезлигининг j - компонентаси

f_i - i-чи фазанинг концентрацияси

P- босим

t - вақт

μ_i - i-фазанинг динамик ёпишқоқлик коэффициенти

δ_i^k -Кронекер символи

КИРИШ

Тадқиқот мавзусининг долзарблиги. Республикамизда нефт саноатини ривожлантириш, нефт ва нефт маҳсулотларини ишлаб чиқариш жараёнларини автоматлаштирилган бошқариш тизимлари асосида такомиллаштириб бориш муҳим аҳамият касб этади.

Ҳозирги кунда, микропроцессор технологияларининг ривожланиши нефт скважиналарида бурғулаш жараёнини автоматлаштирилган бошқариш тизимлари асосида назорат қилиш ва бошқариш, шунингдек бурғулашнинг муқобил иш режимларини танлаш ҳамда сақлаб туриш имконини беради.

Бу борада нефт саноатида бурғулаш жараёнининг ҳолати хусусидаги ахборотларни йиғиш, замонавий микропроцессор технологиялари асосида уларни қайта ишлаш бўйича олиб борилаётган илмий тадқиқотлар ўз долзарблигини сақлаб келмоқда.

Магистрлик диссертациясида бурғулаш скважиналарининг классификацияси, уларнинг фарқли хусусиятлари, бундай жараёнларда кечадиган технологик омилларнинг таъсири, бурғулаш жараёнини бошқаришда автоматлаштирилган бошқариш тизимларини жорий этишнинг техник-иқтисодий асослари, автоматлаштириладиган объект ва уни бошқарувчи ЭҲМ билан ахборот алмашувини ташкил этиш технологияси ҳамда бурғулашнинг технологик параметрларини назорат қилишнинг принципитал схемаси ишлаб чиқилган.

Бурғулаш жараёнида вертикал қувурларда нефт аралашмаси ҳаракатини тадқиқот қилиш бўйича бундай жараёнлар учун адекват математик модель танлаб олинган. Математик модель ўлчамсиз ҳолга келтирилиб, тегишли бошланғич ва чегаравий шартлар асосида уни сонли ечиш методи ишлаб чиқилган. Масаланинг глобал алгоритми ва дастури ишлаб чиқилган, уни сошлаш ва натижавийлигини таъминлаш орқали

оқимнинг турли физик-механик параметрлари бўйича тадқиқот ишлари олиб борилган.

Олиб борилган илмий тадқиқотлар шуни кўрсатадики, ҳозирги кунга қадар кўп фазали муҳитларнинг вертикал ва горизонтал қувурлардаги динамик ҳаракатини тадқиқот қилиш масалалари Х.А.Рахматуллин, Р.И.Нигматулин, Зуев Ю.Д., Лойцянский Л.Г., Зельдович Я.Б., Баренблатт Г.И., Файзуллаев Д.Ф., Умаров А.И., Мясников Н.С., Лурье М.В., Латипов Қ.Ш. ва бошқа кўплаб олимларнинг илмий ишларида ўз аксини топган /16,17, 19, 22, 20,23,28/.

Ушбу олимлар кўп фазали муҳитларнинг қувурлардаги ҳаракатини илмий жиҳатдан ўрганган бўлсаларда, айрим ечилмаган масалалар ҳам ҳозирги кунда долзарб бўлиб қолмоқда. Чунки, ушбу муаммонинг мураккаблиги шундаки, кўп фазали муҳитларнинг қувурлардаги ҳаракатини тадқиқот қилишда жуда кўп факторларни инобатга олиш ҳамда аралашмаларда фазавий ўтишларнинг механизмини аниқлаш, шунингдек аралашманинг реологик хусусиятларини, муқобил математик модел асосида жараённинг адекватлигини таъминлаш ва самарали ва ишончли масалаларни ечиш усулларини қўллаш талаб этилади. Шунинг учун ушбу йўналиш бўйича олиб борилаётган илмий тадқиқот ишлари давом этмоқда ва магистрлик диссертациясида қўйилган тадқиқот масалалари ўз долзарблигини сақлаб қолмоқда.

Магистрлик диссертациясининг мақсади. Тадқиқот ишининг асосий мақсади — бурғулаш жараёнини таҳлил этиш, бундай жараёнларни бошқаришнинг автоматлаштирилган тизимини ишлаб чиқиш, автоматлаштириладиган объект ва уни бошқарувчи ахборот тизими орасида ахборот алмашиш жараёнларини ташкил этиш ҳамда бурғулашнинг технологик параметрларини назорат қилишнинг принципиал схемасини ишлаб чиқиш ва монитор экранида жараённинг кечиши хусусидаги ахборотларга эга бўлишдир.

Бундан ташқари, кўп фазали муҳитларнинг ўзаро киришма ҳаракати учун яратилган тўлиқ тенгламалар системаси асосида нефт аралашмасининг вертикал қувурлардаги ҳаракатини сонли моделлаштариш, шунингдек оқимнинг гидродинамик параметрларини аниқлаш орқали бурғулаш жараёнида

кечадиган гидродинамик параметрларни таҳлил этиш ҳамда айрим рационал таклифларни ишлаб чиқишдир.

Шунингдек, диссертация доирасида қуйидаги ишлар мақсад қилиб белгиланган:

- бурғулаш жараёнини автоматлаштириш учун тегишли назорат-ўлчов асбобларини танлаш ва уларни асослаш;

- бурғулаш жараёнининг сифатли ва сонли параметрларини аниқлаш ва уларни назорат қилиш учун автоматлаштирилган тизимнинг принципиал схемасини ишлаб чиқиш;

- нефт аралашмаларининг вертикал қувурлардаги ҳаракатини назарий жиҳатдан тадқиқот қилиш ва тегишли тавсиялар ишлаб чиқиш;

- оқимнинг структурасини ўрганиш ва асосий гидродинамик параметрларнинг аралашманинг вертикал ҳаракатига таъсирини илмий жиҳатдан асослаш;

- масаланинг глобал алгоритмининг дастурини ишлаб чиқиш, уни созлаш ва натижавийлигини таъминлаш орқали оқимнинг турли физик-механик параметрлари бўйича тадқиқот ишларини бажариш;

Магистрлик диссертациясининг вазифалари. Диссертациянинг асосий вазифалари қуйидагилар:

- бурғулаш жараёнининг технологик тавсифини ишлаб чиқиш;

- скважиналарни бурғулаш жараёни схемасини таҳлил этиш ва унинг моҳиятини очиқ бериш;

- скважиналарни бурғулаш жараёнининг автоматлаштирилган бошқариш тизимини ишлаб чиқиш заруриятини техник-иқтисодий асослаш;

- бурғулаш жараёни ҳолати хусусидаги ахборотларни йиғиш ва уларни қайта ишлаш қуйи тизими ишининг алгоритмининг ишлаб чиқиш;

- нефт аралашмасининг вертикал қувурлардаги ҳаракатини тадқиқот қилиш учун муқобил математик моделни танлаш;

- масаланинг бошланғич ва чегаравий шартларини аниқлаш;

- оқимнинг гидродинамик параметрларини белгилаш;

- масаланинг глобал алгоритмини ишлаб чиқиш;
- масалани ечишнинг сонли усулини танлаш ва уни асослаш;
- етти ноъмалумли хусусий ҳосилали дифференциал тенгламани алгебраик тенгламалар системасига келтириш;
- прогонка усулини қўллаб, коэффициентларни аниқлаш ва дастурни ишлаб чиқиш ҳамда сошлаш;
- вертикал қувурлардаги оқимда кечадиган гидродинамик жараёнларни тадқиқот қилиш;
- ўлчамсиз параметрларнинг вертикал оқимга таъсирини уларнинг турли қийматларида аниқлаш;
- олинган натижаларни таҳлил этиш ва айрим тавсияларни ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги. Скважиналарни бурғулаш жараёнининг автоматлаштирилган бошқариш тизими учун технологик параметрларни назорат қилишнинг принципиал схемаси ишлаб чиқилди.

Икки фазали аралашмаларни вертикал қувурлардаги ҳаракатини тадқиқот қилиш масаласини ўзгарувчан йуналишлар усули билан ечишда иккинчи фазанинг оғирлик кучи ҳисобга олинди ва унинг оқимга бўлган таъмири ўрганиб чиқилди. Вертикал қувурларда икки фазали муҳитларнинг ҳаракати жараёнида оғирлик кучини ҳисобга олган ҳолда концентрациянинг ўзгариш қонуниятлари очиб берилди.

Тадқиқотнинг предмети. Технологик жараёнларнинг автоматлаштирилган бошқариш тизимини яратишнинг замонавий принциплари, академик Х.А.Рахматулин томонидан кўп фазали муҳитларнинг ўзаро киришма ҳаракати учун яратилган тўлиқ тенгламалар системаси, етти ноъмалумли хусусий ҳосилали дифференциал тенгламаларни ечишнинг сонли усуллари, гидромеханиканинг фундаментал қонуниятлари, замонавий алгоритмик тиллар ва шахсий компьютерларнинг дастурий таъминоти.

Тадқиқотнинг объекти. Скважиналарда бурғулаш жараёнини ташкил этишнинг замонавий технологиялари. Икки фазали (суюқлик+қаттиқ жинслар)

аралашмаларнингг вертикал кувурлардаги ҳаракати, икки фазали муҳитларнинг математик моделлари, суюқлик ва қаттиқ жинснинг вертикал кувурлардаги гидродинамик параметрлари, гидродинамиканинг фундаментал қонуниятлари ва олимлар томонидан олиб борилган илмий тадқиқот натижалари.

Ишнинг амалий аҳамияти. Диссертация бўйича тадқиқот ишларининг натижалари нефт аралашмаларнинг вертикал кувурлар орқали ҳаракатини ўрганишда, шунингдек нефтни ер остида насослар орқали сўриб олиш жараёнларини оптималлаштириш ишларида ҳамда бурғулаш жараёнининг автоматлаштирилган бошқариш тизимини ишлаб чиқиш масалаларида фойдаланиш мумкин.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги Магистрлик диссертациясини бажариш жараёнида олинган натижалар қуйидаги илмий журналларда чоп этилган ва илмий-амалий анжуманларда муҳокама этилиб, уларнинг натижалари илмий анжуман тўпламларида чоп этилган:

- 1. Инновации в строительстве глазами молодых ученых. Сборник научных трудов международной научно-практической конференции. 5-6 декабрь 2014г. Юго-западный государственный университет. Г.Курск. Россия.**

Хожиева М.С., Азимова Д.Ю. «Моделирование в 3D гидродинамики двухфазных смесей в процессе бурения нефтяных скважин»

- 2. Инновации в строительстве глазами молодых ученых. Сборник научных трудов международной научно-практической конференции. 5-6 декабрь 2014г. Юго-западный государственный университет. Г.Курск. Россия.**

Абидов К.З., Хожиева М.С. «Математическое моделирование движения двухфазного потока в вертикальных трубах с учетом нестационарных эффектов»

3. Замонавий ишлаб чиқаришнинг муҳандислик ва технологик илмий амалий муаммолари. Профессор-ўқитувчилар, катта илмий ходим-изланувчилар ва магистрлар илмий-амалий анжуман материаллари.
7-10 апрель 2015 й. Бухоро муҳандислик –технология институти.

Хожиева М.С. «Исследование параметров движения нефтепродукта в трубопроводах при нестационарном режиме с учетом теплообмена»

4. Молодой учёный-Научный журнал № 18 (98) / 2015
Хожиева М. С., Эсанов Э. Т., Бахранова Д. А. «Применение формационных технологий при анализе многофазных параметров гидродинамики процесса бурения нефтяных скважин

Ишнинг таркиби. Магистрлик диссертацияси кириш қисмидан, учта бобдан, хулоса, адабиётлар ва илова бўлимларидан иборат.

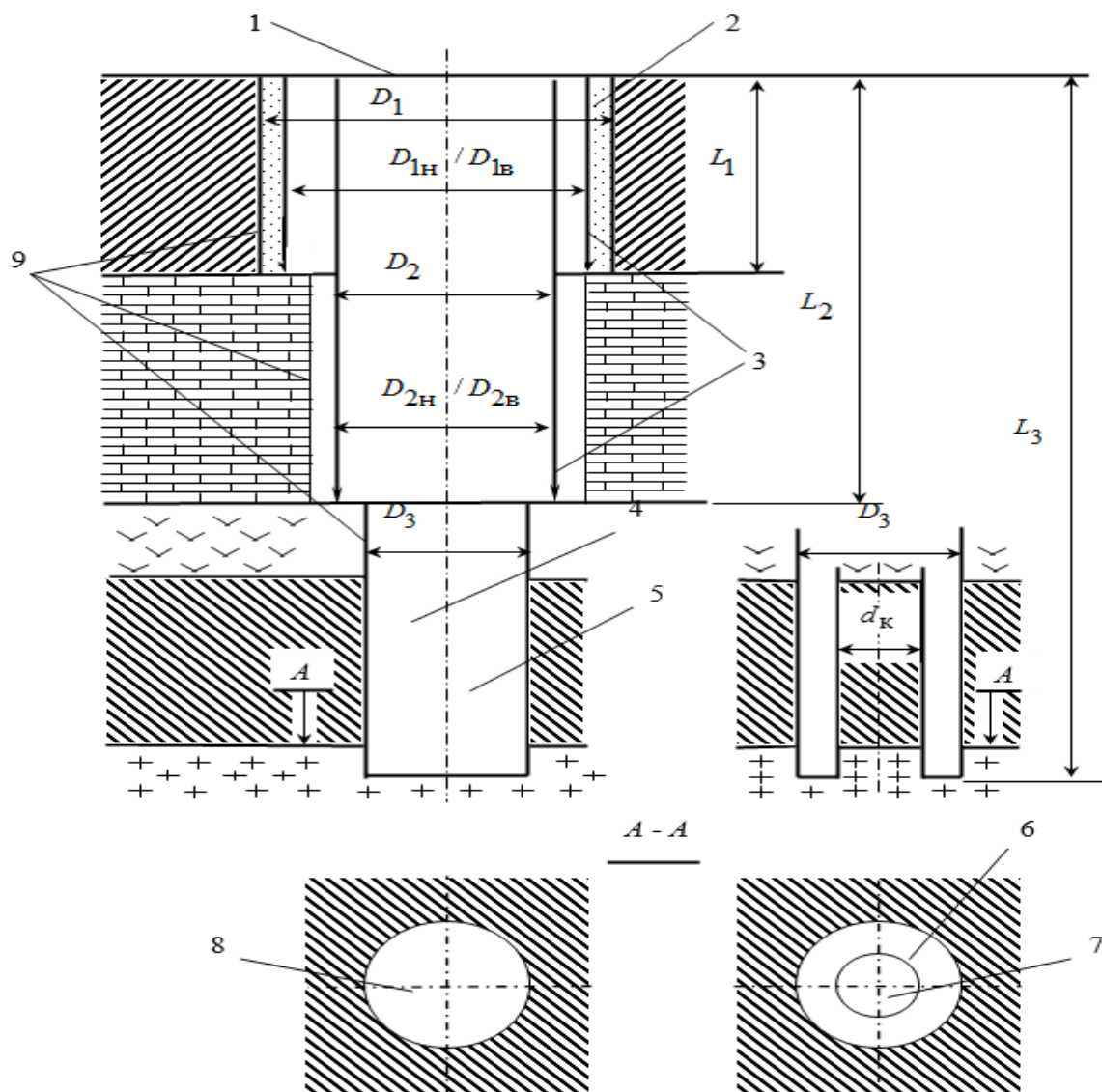
I. 606. Нефт қувурларини бурғулаш технологик жараёнини техник моҳияти ва уни автоматлаштирилганлик даражаси.

1.1.Бурғулаш технолгик жараёнини техник моҳияти ва таснифланиши.

1.1.1. Бурғулаш қудуқ и ва уни элементлари.

Диаметри чуқурлигига нисбатан кичик бўлган ер қаридан қазилган цилиндрсимон шакл бурғулаш қудуғи дейилади.

Бурғулаш қудуғини асосий элементлари (1-расм)да кўрсатилган.



1-расм. Бурғулаш қудуғи элементлари.

Қудуқ устки қисми 1 – ер юзаси билан бурғулаш қудуғини кесишган жойи.

Қудуқ тиқини 8 – қудуқниг асоси бўлиб, жараёнда чуқурлашиб боради;

у халқасимон 6, керноли 7 ёки яхлит 8 бўлиши мумкин.

Қудуқ деворлари 9 – бурғулаш қудуғини ён томон деворлари.

Қудук стволи 2, 5 – қудук деворлари билан чегераланган бўшлиқ. Агар ер тузилиши мустаҳкамлиги паст бўлса ствол колонналар ёрдамида мустаҳкамланади.

Қудук ўқи 4 – тиқин марказини шакллантирувчи нуқталарнинг жойлашган геометрик ўрни.

Қудук чуқурлиги L_3 – ўқ бўйича қудук устки қисми ва тиқини орасидаги масофа.

Қудук диаметри – қатлам бузувчи инструмент диаметрига шартли тенг бўлган диаметр.

Яна “ Қудук конструкцияси” деган тушунча ҳам мавжуд, қудук конструкцияси деган тушунчага асосан унинг қуйидаги бурғулаш жараёни давомида ўзгарувчи чуқурлик бўйича диаметрлари D_1, D_2, D_3 , ҳамда диаметрлар ($d_{1н}, d_{2н}$), ўрнатиладигани колонналарни (L_1, L_2) узунликлари (1-расм).

Қудук стволини икки хилини фарқлаймиз қувурлар билан маҳкамланган 5 ва қувурлар билан маҳкамланмаган 2.

Қудукнинг ҳар бир кейинги диаметри маҳкамлашлардан сўнг кичрайиб боради.

Керак бўлган ҳолларда қудук девори ва ўрнатиладиган қувур орасидаги бўшлиқ цементли эритма билан тўлдирилади.

Икки хил тушунчани фарқлаймиз “бурғулаш” ва “Қудук қурилмаси”. Бурғулаш деганда қуйидаги операциялар комплекси асосида ҳосил бўладиган қудук қурилмасига тушунилади.

1. Ер ва тоғ қатламларини бузиш
2. Бузилган қатламларни ер юзасига чиқариш
3. Ҳосил булган қудук деворларини маҳкамлаш.

Қатламларни механик, электрик, термик, (иссиклик) портлатиш, кимевий усуллар билан бузиш мумкин.

Бурғулашни асосан механик усулда ҳар хил қатлам бузувчи ускуналар ёрдамида амалга оширилади. Бурғулаш вақтида бурғу қатламга статик ва

динамик кучлар билан тасир қилиб, уни асосий қатламдан ажратади, эзади, кесади, майдалайди, ишқалайди ва жипслайди.

Бузилган қатлам бўлакчаларини қудукдан олиб чиқишни бир неча хил усуллари бор:

- гидравлик, бу усулда бузилган қатлам бўлакчалари қудукдан махсус нефтли полимерли асосга эга суюқлик ёрдамида олиб чиқилади;
- пневматик, бузилган қатлам маҳсулотлари сиқилган ҳаво ёки газ ёрдамида чиқарилади;
- механик, бурғулаш ускунаси ёки махсус инструмент ёрдамида чиқарилади;
- комбинациялашган усулда юқоридаги усуллардан икkitаси ёки учтаси кетма кет ёки бирданига фойдаланилади.

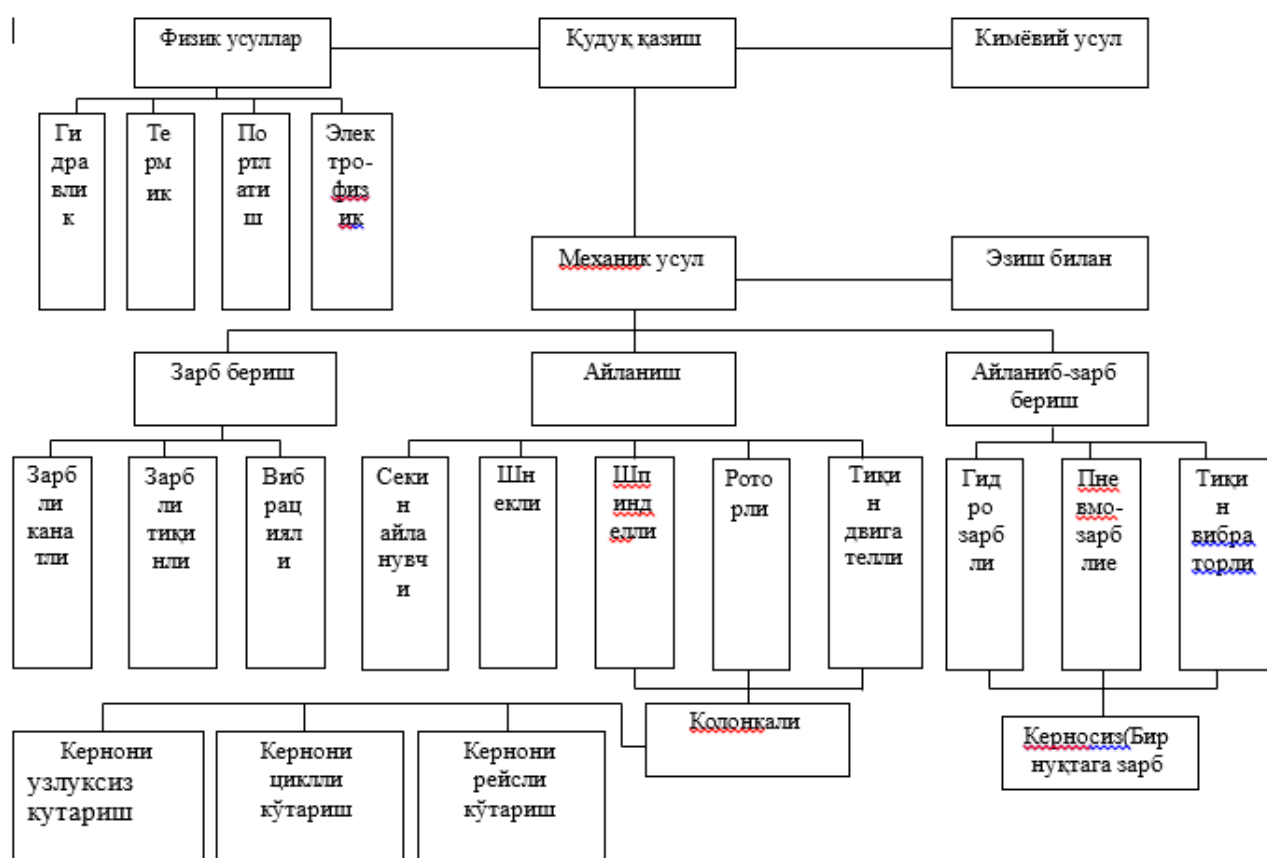
Қудук қазиш вақтида мустаҳкам бўлмаган қатламдан ўтса, у ҳолда уни деворлари боғловчи суюқликлар (қумли, полимерли) ёрдамида мустаҳкамланади, кўп ҳолларда цемент ва цементли материаллар, синтетик смолалар, музлатувчилардан бу ишларда фойдаланилади.

Қудук қурилмаси деганда қуйидаги бажариладиган ишлар комплексига тушунилади- уни қазишга тайёрлаш, қазиш ва тургун ҳолда ушлаб туриш, унда керакли изланишларни олиб бориш, уни бекитиш ёки ишлаб чиқаришга топшириш. Қурилма қудук бўлиши учун уни қазишдан ташқари яна қуйидаги ишларни амалга ошириш керак: бурғулаш ускунасини ўрнатиш, ускунани қудукда синаб кўриш ва ўрганиш-каротаж; суюқлик сатҳини ўлчаш; суюқликдан намуна олиш; қудукни тампонлаш; авариялар ҳақида олинган огоҳлантириш ва уларни олдини олиш; бурғулаш ускунасини ечиб олиш ва атрофдаги ерларни ҳолатини яхшилаш. Юқорида санаб ўтилган ишлар бурғуловчилар, монтажчилар, каротажчилар, гидрогеологлар бригадалари томонидан бажарилади.

Бурғулаш усуллари таснифланиши. Қудукларни бурғулаш қатламлар бузилишини физик табиатига кўра амалга оширилади: 2-расм механик, физик ва кимевий. Бурғулашда асосан механик усул кенг қўлланилади ва у қуйидаги

айланувчи, зарбли ва зарбли айланувчи усулларда амалга оширилади. Айланиб бурғулаш ҳозирги пайтда жуда оммавийлашган, унда қатлам бузувчи ускуна махсус механизмдан айланма ҳаракат олади. Айланиб бурғулашни шпинделли, роторли, тикилишли. Қувурли бурғулаш ва электробурғулаш ускуналари қўлланилади.

Юқорида айтиб ўтилган усулларда бурғулаш қудуқларини қазишда ҳар қанақа каттикликдаги қатламларни тўлиқ бурғулаш юзаси бўйича ёки қудуқ марказида қатламдан бузилмаган устун ҳосил қилиб (керно) бузиш мумкин. Техник ва ишлаб турган қудуқларни қазишда биринчи усул кенг қўлланилади. Иккинчи усул колонкали деб номланувчи фойдали қазишмаларни қидириш ишларида қўлланилади. Кернони қудуқдан кўтариш усулига кўра колонкали ва гидротранспорт ёрдамида қазишга бўлинади. Юмшоқ қатламлардан қудуқ қазишда шнекли айланувчи ва секин айланувчи қошиқчали ва спиралли ювилмайдиган қазишдан фойдаланилади.



2-расм. Бурғулаш усуллари таснифланиши.

Ҳар қанақа каттикликга эга қатламларда катта диаметрли, техник қудуқларни, сочилувчан маҳсулотларни қидиришда, гидрогеологик қудуқларни қазишда зарбли қазиш усулидан фойдаланилади. Нефть ва газ қудуқларини қазишда кейинги вақтларда зарбли усул баъзи мамлакатларда АКШ, Россия ишлатилмапти.

Айланиб зарб бериш усулида қазишда ўқ бўйича йуналган юк таъсирида доимий айланувчи қатлам бузиш ҳар қанақа қурилмасига тез-тез зарб берилиб турилади. Қатлам мустаҳкам бўлса бу усулда эффектив бузилади. Бу усулда махсус зарб бериш ускуналаридан фойдаланилади: гидро зарб берувчилар, пневмо зарб берувчилар, магнитли стрикторлар,

Қатлам юмшоқ бўлса ва қудуқ чуқур бўлмаса уларни қазишда вибрация усулидан фойдаланилади.

Амалиётда қатламларни бузишда физик усуллардан термик, термомеханик, электротермик ва гидравликлари қўлланилади. .

Бурғулаш инструменти тушунчаси.

Қудуқларни бурғулаш учун мўлжалланган инструмент бурғу дейилади. Бурғулаш инструменти бажарадиган вазифасига кўра технологик, ёрдамчи, авариялар учун ва махсус турлари бўлади. Технологик инструментлар тўғридан-тўғри қудуқларни қазишда ишлатилади: қатлам бузувчи инструмент (коронкалар, долоталар, кенгайтиргичлар) керна узувчилар, колонкали қувурлар ва улагичлар, зарб штангалари, шнеklar, етакловчи қазиш қувурлари. Маълум бир кетма кетликда бир бирига уланган инструментлар кетма кетлиги бурғуловчи снаряд дейилади. Қудуқ деворларини маҳкамлаш ва технологик инструментларга хизмат кўрсатувчи ускуналар ёрдамчи инструментлар дейилади. Буларга қувурлар, брикмалар, хомутлар, элеватор калитлари ва санчқилар киради.

Қудуқлардаги аварияларни йўқотишга мўлжалланган инструментлар – авария инструментлари дейилади.

Қудуқлардаги махсус ишларни бажаришда фойдаланиладиган инструментлар яъни берилган йўналишдан четга чиқишни тўғрилаш, бурғулашни эгриланишини олдини олишда ишлатилади.

Технологик тушунча.

Бурғулаш режими параметри – бу шундай факторки у бурғулаш жараёнида қудуқни чуқурлаштиришда бурғуловчи ёки автомат томонидан берилган ёки ўлчанаётган бурғулаш катталикларини бурғулаш кўрсаткичлари таъсири. Асосий параметрларга қуйидагилар киради: а) айланиб қазишда: қатлам бузувчи инструментга ўқ бўйича таъсир қилувчи юк; б) зарбли бурғулашда: зарб снаряди массаси; ташлаб юбориш баландлиги; зарблар частотаси ва бошқалар.

Қатлам бузувчи инструмент ишини характерловчи бурғулаш режими параметрлари жамламаси (бурғулаш тезлиги) бурғулашнинг технологик режими дейилади. Бурғулаш технологик режимини танлашда қудуқ чуқурлиги, қатлам физик – механик хоссаларига, қатлам бузиш инструменти турига ва жихозларни техник имкониятларига эътибор бериш керак.

Бурғулаш технологик режимини қуйидаги кўринишларини фарқлаймиз: оптимал, рационал, махсус.

Оптимал режимда бурғулаш жараёни техник иқтисодий кўрсаткичларини юқори бўлишини таъминлайди.

Бурғулаш инструменти ва жихозларини техник имкониятларидан келиб чиқиб жараёни рационал режими ўрнатилади.

Бурғулашдаги махсус масалаларни ечишда, берилган сифат кўрсаткичларини олиш мақсадида жараёни махсус режимда олиб борилади. Бу режим параметрлари оптимал режим параметрлари қийматларидан фарқ қилади.

Бурғулаш тезлиги

Бурғулашдаги технологик режим унинг кўрсаткичларига таъсир қилади, яъни қудуқ сифат ва миқдор параметрларига, тезлигига, қазилган қудуқ нинг 1 метри нархига ва ҳ.к.

Қудуқларни кўришда бажариладиган айрим операциялар бурғулаш тезлиги билан характерланиши мумкин (механик, рейсли, техник, циклик).

Бурғулашнинг механик тезлиги – вақт бўйича тулиқ бурғулашдаги қудуқ чуқурланишини билдиради ва қуйидаги тенглама ёрдамида топилади.

$$V_m = \frac{l}{t_b} \quad (1)$$

Бу ерда l - бурғуланиш вақтидаги қудуқ чуқурланиши катталиги, м; t_b - бурғулашга сарфланган вақт.

Тоза бурғулаш деганда тиқиндаги қатламни бузишга сарфланган вақт тушунилади. Амалиётда аниқланиш моментида кўра механик тезликни қуйидагиларини фарқлаймиз бошланғич, ўрта, охирги ва катталашган.

Бурғулаш механик тезлиги – асосий кўрсаткич бўлиб, бурғулаш усулини, ишлатилаётган қатлам бузувчи инструмент сифатини, уларни ишлатишнинг рационал режимини, бурғулаш технологиясини такомиллаштирилганлигини кўрсатади.

Бурғулашни рейсли тезлиги – рейслар вақти давомида қудуқ чуқурланиши катталиги (м\соат) бўлиб қуйидаги тенглама бўйича аниқланади.

$$v_p = \frac{l_p}{t_b + t_{сп}}, \quad (2)$$

Бу ерда l_p - битта рейс давомидаги қудуқ чуқурланиши катталиги; - бурғуни тушириш, кўтариш ва ёрдамчи амалларни бажаришга сарфланган вақт, соат.

Рейс тезлиги механик тезликдан ва қудуқ чуқурлигидан боғлиқ катталик бўлиб, қўшимчасига қатлам бузувчи инструмент ёйилишга мустаҳкамлигини, бурғулаш снарядлари мукамаллигини, бурғуни тушириш ва кўтариш, ёрдамчи амалларни комплекс механизациялаштириш ва автоматлаштиришни характерлайди.

Бурғулашнинг техник тезлиги – бурғуланган ҳажм бўйича аниқланади, яъни битта бригада томонидан бир ой давомида фақат бурғулашга ва қўшимга амалларни барча турини бажаришга сарфланган вақтни иноботга олган ҳолда.

$$v_{\tau} = \frac{L}{(T_{\text{сп}} + T_{\text{б}} + T_{\text{д}}) : M} \quad (3)$$

Бу ерда L - бир ой давомидаги бурғуланган ҳажм, м; ва бир ой давомида фақат бурғулашга сарфланган вақт, соат; M - ойнинг соатлардаги давомийлиги (M - 720 ёки 744 соат)

Бурғулашни циклик тезлиги – Қудуқ чуқурлигини уни қазиб тугатишга сарфланган вақтга нисбати бўйича аниқланади (м/ой)

$$v_{\text{ц}} = \frac{H}{T_{\text{общ}}} \quad (4)$$

Бу ерда H - қудуқ чуқурлиги,м; T ум – умумий сарфланган вақт (ой)

Бурғулашни циклик тезлиги бурғулашда фойдаланилган техник ускуналар, технологиялар, ишни ташкил килиш даражасини характерлайди.

1.2.Нефт қувурларини бурғулаш жараёнини автоматлаштирилган бошқарув тизими яратишнинг асослари.

Замонавий техник қурилмалар ёрдамида технологик жараёнларни автоматлаштириш асосида жараённи интенсивлаштиришга, маҳсулот сифатини оширишга ва уни тан нархини пасайтиришга мувофиқ бўлинади.

Ҳозирги кунда бурғулаш жараёнини ташкил килиш ишларини яхшилашнинг анча заҳиралари мавжуд, яъни жараённи оптимал ва автоматик бошқариш.

Мукаммал ва арзон ЭХМ яратилганидан кейин технологик қувурлар бурғулаш ишларини автоматлаштиришнинг амалда бажариш мумкинлиги аниқ бўлиб қолди, аммо бурғулаш жараёнида атоматик бошқарув бўйича малака бўлмаганлиги сабабли саноатнинг бошқа соҳасидаги турдош кўникмалардан фойдаланишга тўғри келган.

Охирги йилларда бурғулаш технологик жараёнида юқори тезликга эга алмазли бурғулашни қўлланилиши 1.2-2 баробарга ошган, лекин мутахасисларни фикрига кўра фақат техник янгиликларни қўлланилиши иш унумдорлигини оширишга етарли эмаслиги такидланган. Бурғулаш тезлигини ошганлиги ишлаб чиқаришни интенсивлаштириш билан бирга бурғулашда иштирок этаётган ишчи кучи юкламасини кескин оширади. Бу ўз ўрнида бурғуловчи мутахасисларни психологик юкламасини ортишига ва қарорлар қабул қилишдаги жавобгарликни кучайтиради. Натижада бурғулаш жараёнидаги нотўғри қабул қилинган технологик қарорлар асосида ишлаб чиқаришдаги тўхталишлар миқдори 5-7% ни ташкил этмоқда.

Юқоридаги фикрларни инобатга оладиган бўлсак бурғулаш технологик жараёнини автоматлаштиришни яъни тизимли автоматик бошқаришни яратишга обектив асос борлиги маълум бўлмоқда.

Иқтисодий самарадорликни асосий манбаларидан бири бу автоматлаштиришдаги бошқариш сифатини ошириш. Агар бурғулаш технологик жараёнини автоматик бошқаришни параметрларни (механик тезлик ва х.к.) инженер технолог томонидан бурғуловчига берилган қийматида ушлаб туриш деб қарасак, у ҳолда жараённи бошқариш сифатини шу қийматларни бурғулаш жараёни давомийлигида канчалик аниқликда қурилмалар берилган режим асосида ишлагани кўрсатади. Амалда бурғуловчини ҳаракатлари жараённи бу қийматларда ва режимда ушлаб туришга етарли эмас. Бу ҳолат бурғулашдаги тасодифий характерга эга факторларга ва инсонни чегараланган имкониятларига боғлиқ.

Автоматик бошқарув системаси ўзининг параметрлар ўзгаришларига, технологик параметрлар ва кўрсаткичлар ўзаро таъсирини инобатга олган ҳолда бошқарувчи таъсир ишлаб чиқаришини таъминлайди. Бундан ташқари тизим бошқариш сифатини таъминлайди.

Бундан ташқари бошқаришни ташкил қилишда истикболли усуллардан фойдаланиш мақсадга мувофиқ ҳисобланади; оператив оптималлаштириш,

адаптив созлаш, ғалаёнланиш бўйича ростлаш, тўғридан тўғри ўлчаш мумкин бўлмаган параметрларни билвосита ҳисоблаб бошқариш.

Автоматик бошқарув тизимни эффективлиги манбаларидан яна бири – бурғулаш тезлигининг ошиши, авариялар сонининг камайиши, иш унумдорлигининг кўпайиши.

Бурғуланаётган қувур 1 метри тан нарҳини камайтириш – бурғулаш жараёнини автоматик бошқаришни эффективлиги манбаси ҳисобланади. Бунга эришиш учун иш унумдорлигини ошириш мақсадида тез ёйилувчан материаллар, инструментлар, энергия солиштира сарфини камайтириш керак. Масалан Севукргеологияда В.А.Флятников ва В.А.Бабишинлар томонидан ишлаб чиқилган Вектор-1 тизими иш унумдорлигини 46% га, механик тезликни 30% га, рейс узунлигини 43% га, ошишига, 1 метр бурғуланган қудуқ тан нарҳини 6.5% га, ёйилувчан материаллар сарфини 19.3% камайишига эришилган.

Юқоридаги маълумотлар 10 минг метрлик геология қидирув ишларини бажаришда олинган. Бу тизим мустаҳкам бошқарув алгоритмига эга бўлиб, чегараланган функционал имкониятлари мавжуд ва тизимни фақат битта параметр, майдалагичга тушадиган юклама бўйича бошқаради.

Бурғулашни бошқариш тизимини иктисодий самарадорлигини оширишни аниқланмаган манбаларидан бу, параметр назорати, уни қийматини ёзиб бориш, бурғулаш кўрсаткичларини тизимли бошқариш. Агар тизим юқоридаги функцияларни бажарса хизмат кўрсатувчи инженер-техник ходимларни бир қисми иши енгиллашади; қайсиқим улардан жараён параметрларини доимий назорат қилиши ва уларни қийматларини қайта ишлаши талаб қилинади.

Юқорида олинган маълумотлар бурғулаш жараёнини оптимал лойиҳалаш учун хизмат қилади.

Бурғулаш қурилмаларини янги турини (суюқлик энергиясидан фойдаланувчи) ишлаб чиқаришга тадбиқ қилиниши бурғулашдаги бошқариш тизими эффективлигини оширади: яъни қудуққа қурилмани тушириш ва кўтариш ишини автоматлаширилиши, қурилма ҳолатини диагнозлаш, қудуқ маълумотларини оператив қайта ишлаш, материаллар сарфини ҳисоботи ва х.к.

Тизимли автоматик бошқарувни ишлаб чиқаришга тадбиқ қилиш социал аҳамиятга эга. Аввало ақлий ва физик меҳнат орасидаги фарқни йўқотади, техника ва меҳнат ҳафвсизлиги шароитлари яхшиланади, автоматлаштирилган тизимда бурғулашда иштирок этадиган ишчи кучи ҳафвсиз масофага ва ҳаракатланадиган деталлардан узоқроқда туради, шунингдек иш шароити ҳам юқори даражада бўлади.

Бурғулаш жараёнини автоматлаштириш бўйича ишланмаларни ҳолати.

Мавжуд маълумотларга асосан бурғулаш жараёнини автоматик бошқариш билан чет эл фирмалари ва корхоналари шуғулланиб келмоқда.

Япон фирмаси «Кокен Боринг Машин Ко» 1979 йилдан компьютер орқали бошқариладиган бурғуловчи қурилмаларни ишлаб чиқаради, масалан 1981 йилда дастурий бошқариладиган СВК-К-10А бурғулаш қурилмасини яратган. Бу ускуна 100 метр чуқурликдаги қудуқларни геологик расмга олиш ва бурғулашда қўлланилади, бу ускуна кичик ўлчамли гидравлик қурилма бўлиб микро-ЭХМ биргаликда ишлайди. Илмий ишланмалар авторлари бурғулаш ишлари ҳафвсизлиги ва эффективлиги бурғуловчи оператор квалификациясидан боғлиқлигини такидламоқдалар. Бу бошқарув тизими олти параметр бўйича маълумот йиғади ва берилган дастур бўйича ускунани қудуққа тушириш чиқариш ишларини оптимал бошқариб туради.

1989 йилдан бошлаб Германия Федератив Республикасида катта диаметрли қудуқлардан руда қазиш ишларида микроэлектроника асосида бурғулаш жараёнини оптималлаштиришга киришилди. Илмий ишлар натижалари шуни кўрсатдики бу ишланмаларни бурғулашни бошқа турларида ҳам қўлласа бўларкан.

Муаллифлар фикрича катта диаметрли қудуқларни бурғулашда автоматик ростлаш қуйидаги кўрсаткичларни ўзгаришига олиб келади:

- солиштирма энергия йўқолишини пасайишида бурғулаш тезлигини ошириш;
- бурғулаш қурилмасига бир киши томонидан хизмат кўрсатилиши, битта бригада томонидан бир нечта қурилмага хизмат кўрсатиш;
- смена бошланишида ва охирида унумдорликсиз вақтни камайиши;

- харажатлар минимал бўлган ҳолда бурғулаш тезлигини макисмал даражага етказиш.

Ишланма бурғулаш ускунасини диагностикаси, бурғулаш режимларини, бурғулаш параметрларини регистрация ва индексация, қилишни кўзда тутган. Бурғулаш жараёнини оптималлаштириш ҳисоблаш ускунаси ёрдамида адаптив ростлаш усули билан амалга оширилади.

Бурғулашни автоматлаштириш махсус лойихалаш конструкторлик корхонасида чуқур қудуқлар қазилни автоматик оптимизациялаш станцияси ишлаб чиқилди, бу тизим бурғулаш жараёнини оператив маълумотлар асосида ЭХМ ёрдамида оптималлаштиради ва бошқаради. Айнан бу тизим нефт ва газ чуқур қувурларини қазилда техник иктисодий маълумотларни автоматик йиғади ва уларни қайта ишлайди, авария ҳолатлари ҳақида огоҳлантиради ва олдини олади.

Станция функцияларига қуйидагилар киради: оптималлаштириш критериясини экстримал қийматига эришиладиган бурғулаш режимини оптималлаштириш, (бурғулаш қурилмаси тезлигини максимумини харажатларни минимумига эришилган ҳолдаги 1м қазилш режими) агар қазилш давомида шароит ўзгариши юзага келса шунга мос равишда оптимал режимга коррективировка киритиш, авариялар содир бўлиш вақтини олдиндан башорат қилиш, 1 метр қудуқ қазилгандаги геология техник маълумотларни тақсимлаш ва сақлаш. Бу станция чуқурлиги 4000 -6500метрга тенг керакли технологик ўлчов асбоблари билан таъминланган нефт ва газ қудуқларини қидириш, қазилш, ишлатишда қўлланилиши мумкин.

Бундан ташқари геология-иктисодий илмий изланишларни олиб борадиган методик экспедиция томонидан Ўзбекистон 2А номли чуқур қудуқларни қазилш жараёнини оптимал режимда автоматик бошқарадиган, ишлаб чиқаришга қўлланилишга реал таклиф олган тизим яратидган. Тизим уз ичига бурғуловчи кабинаси, ҳисоблаш бошқариш комплекси, технологик параметрларни ўлчаш асбоблари, иш бажарувчи механизм сифатида лебедка тормозини бошқарувчи ускуна. Бу тизим чуқур нефт ва газ қудуқларини қазилш

жараёнини роторли ва турбинали усулда қазилни автоматик режимда олиб боришга мўлжалланган. Тизимни битта оператор бошқариб туради. Ҳисоблаш ва бошқариш блоги микро ЭХМ асосида ташкил қилинган бўлиб, бурғулаш жараёнидаги технологик параметрлар ҳақидаги маълумотларни ўлчов асбоблари орқали келаётган сигналларни қабул қилади, уларни ишлаб чиқилган бошқариш алгоритми асосида логик ва математик қайта ишлайди, бошқарув ва маълумот сигналларини шакллантиради, қурилма ҳамма элементларини тизимни электр энергияси билан доимий таъминлаб туради.

Тизим бошқариш алгоритми асосида бурғулаш инструментини оғирлигини ўлчаб туради ва бурғулаш жараёнида бурғуга ўқ бўйича тушадиган юкламани эффектив қийматида ушлаб туради. Тизим бурғулашни авариясиз олиб боришни таъминлайди, бурғуловчи операторга бурғулаш жараёни, ускуналарни ҳолати, иш режими ҳақидаги маълумотларни кўрсатиш билан бирга перфолентага ёзиб ҳам боради. Тизим чуқурлиги 3500-4000 метр бўлган кудуқларни қазилда мўлжалланган бўлиб сарфлайдиган умумий қуввати 0,5 квт. Тизимни ишлаб чиқаришда қўллаш кудуқ қазилш вақтини ва бурғуловчи ускуна ишчи органи сарфини 15-20% га камайтирган ҳолда аварияларсиз қазилшни таъминлайди.

“Даймэнт Борат” фирмаси томонидан микропроцессор билан бошқариладиган гидрофикацияланган, ҳаракатланувчи айланувчи ва турбоушлагичли бурғулаш қурилмаси яратилган. Бу тизимдаги микропроцессор ёрдамида гидробошқарув элементлари функциялари координацияланади, ҳар хил операцияларни берилган қиймат асосида бошқарилиши ҳисобланади ва назорат қилинади. Гидропатрон ва турбоушлагични уларни пастга, юқорига ҳаракатланиши вақтида уларни кетма кет ишга тушишини микропроцессор ёрдамида синхронлаштирилади, сигналлар орасидаги вақтни назорат қилади.

Тизим бажарадиган функциялар кўламини кенгайтириш ҳам кўзда тутилган: олдиндан тажрибалар асосида мукамаллаштирилган ҳар хил дастурларни қабул қилиш; бурғулаш қувурини маҳкамлашда ва уни бўшатишда ҳосил бўладиган максимал буровчи момент бўйича ҳимоялаш; бурғулаш вақтида ўқ

бўйича ҳосил бўладиган қувватни чегаралаш яъни бурғулаш устунини мустаҳкамлигини оширади ва ҳ.к. Бурғулаш жараёни ҳақидаги маълумотларни қайта ишлайди ва рўйхатга олади.

1999 йилда Москва шаҳридаги “ОРЕОЛ” геофизик асбобсозлик ва информатикага махсуслаштирилган конструкторлик бюроси “СГТ микро” номли бурғулаш жараёнидаги технологик параметрларни назорат қилувчи тизимни ишлаб чиқди. Бу тизим Россия давлаттехниканазорати қўмитаси томонидан барча бурғулаш ташкилотларига аврияларни олдини олиш, бурғулаш ишларидаги ҳафвсизликни таминловчи тизим сифатида таклиф қилинди. Бу тизимни афзаллик томони унинг бошқаларидан 4-5 баробар арзонлигида.

1.3. Бурғулаш жараёнини автоматлаштириладиган объект сифатида шахсий компьютер билан алоқадорлиги.

Бурғулаш жараёнини мавжуд автоматик бошқариш тизими.

Бу тизим нефт ва газ қувурларини қазилни автоматик бошқаришда технологик параметрларини назорат қилади, бурғулашни оптимал режимда олиб боришни таъминлайди:

- мастер ва бурғуловчи ва бурғуловчи учун технологик параметрлар ҳақидаги маълумотларни йиғади ва қайта ишлайди, уларни рўйхатга олади, ҳозирги маълумоларни кўринадиган шаклда тақдим қилади;
- бурғулаш ишларини смена давомидаги натижаларини график ёки аналогли кўринишда ҳатто смена ҳақидаги билдиргини хужжатлаштиради.
- технологик параметрларини чиқиш қийматларини фойдаланувчи томонидан белгиланган чегарада назорат қилади ва улар ҳақида овозли ва рангли маълумот бериб туради.
- агар параметрлар қийматлари берилган чегарадан чиқиб кетса авария сигналини бериб, керакли бурғулаш жиҳози блокировка қилади.

- агар электрон ҳисоблаш машинаси ишламай қолса бошқарув пультини автоном ишлашини таъминлайди.
- техник хизмат кўрсатишда ва метрологик таминотда сарф харажатларни камайтиради ва жиҳозларни ишлатишда юқори мустаҳкамликни таъминлайди.

Ҳар қанақа автоматик бошқарув тизимидаги типик элементлардан бири бу технологик параметрини ўлчаш асбоби ҳисобланади.

Бурғулаш тизимида бир қатор ўлчов асбоблари ишлатилади:

- Талнинг ҳаракатланмайдиган тросидаги крюкда ўрнатилган оғирлик кучи ўлчаш асбоби. Бу асбобни бирламчи ўзгартгич сифатида тензометрик куч ўлчовчи элемент хизмат қилади.
- Ротордаги моментни назорат қилувчи асбоб, (тензометрик) ротор узатмаси редукторида ўрнатилади. Бу асбоб унга таъсир қилаётган чўзувчи ва сиқувчи кучларни назорат қилиб туради.
- Насос юришини назорат қилувчи асбоб (яқинлашувчи индуктив асбоб) насоснинг узатмаси шкивида ўрнатилади.
- Ротор вали айланиш тезлигини назорат қилувчи асбоб. Бирламчи ўзгартгич сифатида яқинлаштирувчи асбоб ишлатилади.
- Босим ўлчаш асбоби (тензорезисторли) ҳайдаш қуурига ўрнатилади.
- Чуқурлик асбоби тиқин чуқурлигини ҳисоблаш учун кирувчи, тал ва ундаги қазиш ускуналарини ҳолати ва уни узатиш ҳақидаги маълумотларни бериб туради.
- Чиқишдаги бурғулаш эритмасини сарфи ўзгартирувчи датчик индикатор оқим сатҳидан ва тезлигидан боғлиқ ҳолда лопаткани оғиш бурчагини вертикал ҳолатдан электр сигналга ўзгатиради.

- Умумлаштирилган зичлик датчигда дифманометр бирламчи ўзгартиргич сифатида чиқишдаги бурғуловчи эритмани зичлиги ва сатҳи ҳақида маълумот бериб туради. Бу ерда бурғулаш эритмасига чуқиб турган трубкалар босим остидаги ҳаво берилади ва гидростатик босим ўлчанади.
- Чиқишдаги сарф ўлчовчи датчик-индикатор билан биргаликда ўрнатилган бирламчи термохимевий ўзгартиргич асосида тайёрланган датчикида газларни жами таркибини аниқлайди. Бундай асбоблар портлаш хавфи ҳақида сигнал бериш ва газ таркибини назорат қилишда ишлатилади.
- Температура датчиги киришда ва чиқишда махсус микросхема асосида тайёрланган бўлиб, желобда ва ишчи ҳажмда ўрнатилади.
- Ҳаво температурасини ўлчаш датчиги кабеллар тарқалувчи коробкада жойлаштирилади.
- Тензометрик калитдаги моментлар датчиги калитни етакловчи тросида ўрнатилади.
- Қувурдаги момент датчиги (тензометрик) роторнинг стопор қисмида ўрнатилади.

Датчиклардан олинаётган маълумотлар кабеллар ёрдамида бошқарув блогига юборилади, у ерда олинган сигналлар ўзгартирилади ва қайта ишланади, кейин бурғуловчи пультага ЭХМ га юборилади.

Қуйидаги таблицада маълумотларни метрологик характеристикаси келтирилган.

Назорат қилинадиган параметр	
Параметр номланиши, ўлчов бирлиги	Назорат диапазони
1 Крюкдаги оғирлик, кН	0-5000; 0-4000
	0-3000; 0-2500

	0-2000; 0-1500
2 Долотога тушадиган юк, кН	0-500
3 Ротордаги буровчи момент, кНм	0-60; 0-30
4 Киришдаги босим, Мпа	0-40
5 Киришдаги сарф, л/ с	0-100
6 Ротор айланишлари, айл/мин	0-300
7 Ҳар бир насоснинг ҳаракатлари сони, ҳар/мин	0-125
8 Чиқишдаги сарфнинг ўзгариши,%	0-99
9 Узатиш, м	0-99,9
10 Тал блогини ҳолати, м	0-60 0-45
11 Тиқин чуқурлиги, м	0-9999
12 Тиқин устида долота ҳолати, м	0-9999
13 Ҳозирги вақт, число	-
14 Бир метр бурғулаб ўтиш вақти мин/м	0-1000
15 Бурғулаб ўтишнинг механик тезлиги, м/соат	0-200
16 Тезлик, м/с	0-3
17 Долота ёрдамида бурғулаш вақти, мин	0-999999
18, Долота ўтиши, м	0-999
19 Бурғулаш эритмаси зичлиги, г/см ³	0,8-2,6
20 Бурғулаш эритмаси сатҳи, м	0,4-2,0; 0,8-2,4; 1,2-2,8
21 Бурғулаш эритмасини жами ҳажми, м ³	0-999,9
22 Бурғулаш эритмаси жами ҳажмини ўзгариши,м ³	0-500
23 Енувчи газларни жами микдори, %	0-50
24 Калитдаги момент,кНм	0-60
25 Бурғулаш қувиридаги момент, кНм	0-30
26 Киришдаги ва чиқишдаги температуралар, С	0-100
27 Ҳаво температураси, С	0-100
28 Желобдаги ювувчи суюқлик зичлиги, г/см ³	0,8-2,6

Бурғулаш жараёнини компьютер ёрдамида бошқаришнинг типик структуравий схемаси.

Технологик жараёни автоматик бошқариш тизимида объект билан алоқа ускуналари ва шароитлари мавжуд бўлиши керак. Лекин технологик жараён ҳақидаги маълумотларни қайта ишлаш ва уни автоматик и бошқарув реал вақт давомида бошқарилаётган объект ҳолати ҳақидаги маълумотларни қабул қилиб, унга ўз муносабатини билдириб, технологик жараёни автоматик бошқаришни амалга ошириши керак 3-расм. Технологик жараёни бошқаришни атоматик тизимини қуришда қўлланиладиган электрон ҳисоблаш машинаси, бу машиналарнинг бошқарувчи машиналар синфларига мансуб бўлиши керак, яъни бошқарувчи ҳисобловчи комплекс, бошқариш жараёнида келаётган маълумотларни автоматик қабул қилиш ва уларни қайта ишлаш, технологик жиҳозни иш бажарувчи механизмига бошқарувчи таъсирни кўрсатиши керак. Юқоридаги бошқарувни таминлашда объект алоқа ускуналари билан таъминланган бўлиб, (расм)



3-расм

Электрон ҳисоблаш машинаси базасида технологик жараённи бошқаришнинг автоматик бошқариш тизими типик структуравий схемаси.

– улар ЭХМ ва бошқариладиган объект орасидаги маълумотларни алмашинувчи махсус блоклар йиғиндисидир. Объект билан алоқа ўсуналари икки актив ва пасив турлари мавжуд.

Пассив қурилмалар бошқарувчи таъсир буйруқларини ва ўлчов асбоблари сўровини бажаради. Уларини таркиби бошқарув блоги ва қирувчи ва чиқувчи блоклардан иборат. Қирувчи ва чиқувчи блокларга дискрет ва аналог маълумотларни қабул қилишни ташкил қилиш, маълумот турини ўзгартириш аналог-код ва код-аналог, комутаторлар, кучайтиргичлар ва ҳ.к. Бошқарув блоги ЭХМ ёрдамида керакли маълумотларни алмашишни,

қурилма бошқа блокларини бошқаришни, ЭХМга келатган буйруқларни шифрлаш, кириш ва чиқиш блогини орқали маълумотларни алмашиш.

Автоном қурилма бошқарув таъсир автоном режимда ишлаши ва бошқарилаётган объектнинг ҳолатини кузатиш имконияти бор бўлиб, яна маълумотларни ўзгартиришни алгоритмларини бажаради. Бу усулда ишлайдиган қурилма технологик жараёни автоматик бошқариш тизимини мустақамлигини оширади ва бошқарувда ЭХМ ишлатиш эффектини оширади.

Бурғулаш жараёни ҳолати ҳақидаги бирламчи маълумотларни йиғиш ва қайта ишлаш қурилмаси таснифи.

Бурғулаш жараёни ҳақидаги маълумотларни талаб қилинган аниқликда ва тезликда олиш – жараёни автоматик бошқариш масаласини ечишнинг керакли шартларидан ҳисобланади. Технологик жараёни реал вақт масштабида бошқариш учун маълумотларни олиш оперативлигини аниқланади, яъни бошқариладиган жараён ўзгаришларига нисбатан бошқариладиган таъсир кечикмасдан (ёки рухсат этилган кечикиш билан) шаклланиши керак. Технологик параметрлар ўлчаш частотаси ва бурғулашнинг вақт характеристикалари оптимал қийматларига мос бўлиши, буларга бурғулаш жиҳозини узатиш узатмасида, бурғулаш колоннасини инерционлик хоссаси, жараёни нестационар характерга эгаллиги таъминлайди.

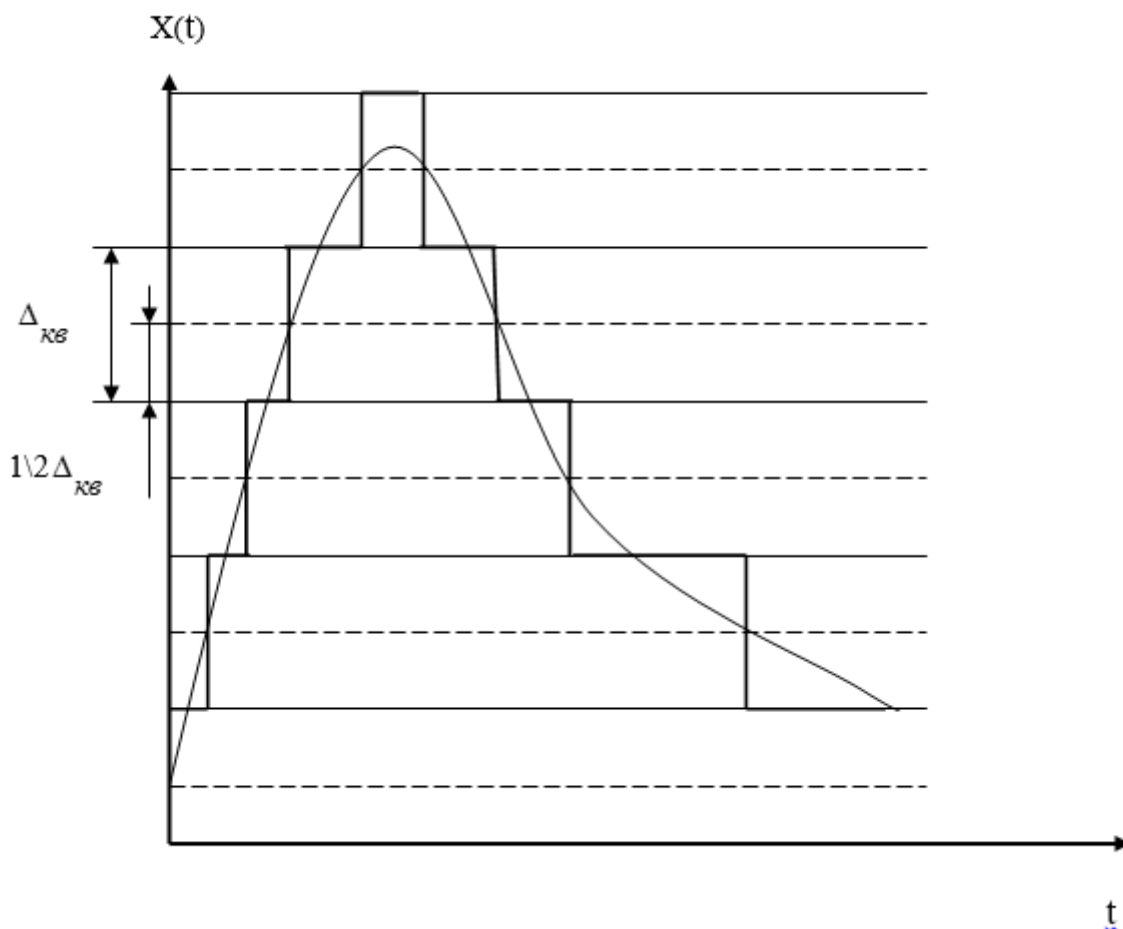
Бундан ташқари бурғулаш жараёнини вақт характеристикалари асосан : бурғулашни геология-техник шароитларига, қудуқ чуқурлигига, қатлам физик-кимевий хоссаларига, бурғулаш ускунасини компоновкаси ва қувурларнинг типларига, тозаловчи агент хоссаларига, қудуқнинг ювиш режимига боғлиқ бўлади. Вақт характеристикаларини аниқ ҳисобини фақат бурғулаш жараёни адекват математик модели асосида топиш мумкин, чунки бу модел фақат сифат кўрсаткичларини эмас балки, аниқ геология-техник шароитдаги бурғулаш жараёнини характерловчи метрлар ўзгарувчи қиувчи ва чиқувчи боғлиқликларни аниқлайди.

Аммо ҳозиргача маълум бўлган бурғулаш жараёнларини математик моделлари сифат характериға эға бўлиб, вақт характеристикаларини тахминий баҳолаши мумкин. Демак, аналитик усул билан бурғулаш жараёни вақт характеристикаларини, яъни параметрлар қийматлари ўзгариши сўрови частотасини ҳисоблаб топиб бўлмайди. Шунинг учун бурғулаш жараёнини автоматлаштиришнинг бу этапида параметрлар сўровини технологик константа деб қараш мақсадға мувофиқ, маълум бир ҳолатлар учун бу қийматлар тажрибалар асосида мос методикалар ёрдамида ўрнатилади.

Қудуқларни чуқурлиғи 100-300 м , (СКБ-4,5,8, ЗИФ-650) бурғулаш ускуналарида фойдаланилганда параметрлар сўрови оралиғи $\Delta t_{и} = 3-5$ бўлганда бурғулашни параметрларини сифатли стабил режими таъминланади, жараён бошланишида аномал ҳолатларни олдини олиш ва жараёни ўзгаришиға эффектив таъсир қилади. Сўровлар оралиғини бундай катта оралиғида амалға оширилганда бурғулашдаги юқори частотали жараёнларни таҳлил қилиш имконияти йуқ, масалан вибрация, унинг чегаралари 100 гц. дан 10 килогерцгача ўзгариши мумкин. Маълумотларни юқори частотада сўровини амалға ошириш учун махсус техник ускуналар ва ўлчанган қийматларни қайта ишловчи мураккаб математик аппарат керак. Шунинг учун ҳозирги вақтда юқори частотали жараёнлар устида махсус илмий изланишлар олиб бориш мақсадға мувофиқ.

Реал вақт масштабларда бурғулаш жараёнини бошқариш мақсадига эришиш учун ўлчашларни вақт бўйича қаторини шакллантириш масалаини ечиш билан чегараланса бўлади (тренд), қайсиким у бурғулаш жараёни ўзгаришлари реал қонуниятларига мос бўлиб, бурғулаш жараёни ҳолати ўзгариши тенденцияларини башорат қилиши ва параметрлар ўзаро боғлиқлигини аниқлаши керак. Бурғулашдаги ҳар бир параметр трендини шакллантириш сифати тренд ташкил килувчи алоҳида нуқталарни (тез олинган қийматлар) ўлчаш аниқлиғи бўйича аниқланади.

Технологик параметрни қийматини тез олиш процедураси, бу доимий электрик сигнал ва уни сатҳ бўйича квантланиши бўлиб, узлуксиз тенг тақсимланган қиймати танланади. Функция қийматини ўлчаган вақтда у дискрет сатҳдаги энг яқин қиймат билан алмаштирилади. Функция бу ҳолда зинапоя шаклини олади 4-расм. Квантлаш вақтида квантлаш қадами бўйича аниқланадиган квантлаш хатолиги юзага келади



4-расм. Узлуксиз сигналнинг сатҳ бўйича квантланиши

Сатҳ бўйича бир текис квантлаганда квантлашнинг келтирилган хатолиги максимал қиймати қуйидаги тенгламадан топилади

Асосий муаммо шуки тасодифий таъсирлар натижасида фойдали сигнални ажратиб олиш, бунинг манбаи ўлчов асбоблари эмас, балки **стохастик** ғалаёнланиш, бу ғалаёнланиш бурғулаш жараёнида юзага келади ва бурғулаш шароитини ўзгаришига ва бурғуловчи жиҳозларни ностабил

ишлашига олиб келади. Масала шундай қўйилганки, бурғулаш параметрини ўлчашни шакллантириш маълум вақтда шундай бўлсинки, ўлчашлар йиғиндиси параметр қонуний ўзгаришларини маълум вақт интервалида намоён қилсин.

Биринчи боб бўйича хулосалар

1. Бурғулаш технологик жараёни, уни олиб бориш усуллари тўлиқ таҳлил қилинди, қудуқлар тузилиши, уни элементлари геометрик ўлчамлари, ишлатиладиган материаллар ўрганилди.
2. Хозирги кунда бурғулаш технологик жараёнини олиб боришдаги уни атоматлаштирилганлик ҳолати таҳлил қилинди. Ишлаб турган бошқарув тизимлари ўрганилди.
3. Бурғулаш технологик жараёнини электрон ҳисоблаш машинасидан фойдаланиб бошқариш усуллари таҳлил қилинди, унинг афзалликлари ва самарадорлиги ўрганилди.
4. Бурғулаш технологик жараёнини ЭХМ ёрдамида бошқаришдаги бошқарув тизими элеменларини асосий бажарадиган функциялари таҳлил қилинди.

II. боб. Бурғулаш жараёнида вертикал қувурда нефт аралашмаси ҳаракатининг математик модели ва уни ечиш методи

1. Масаланинг қўйилиши ва унинг моҳияти

Кўп фазали ва кўп компонентли аралашмалар ва улар ҳаракатига оид муаммолар кўп вақтдан буён илмий-тадқиқот олиб боровчилар, олимларнинг диққат марказида бўлиб турибди. Айниқса, кўп фазали компонентларнинг қувурлардаги ҳаракати, қувур бошида бериладиган чегаравий шартларда муҳитларнинг қувурдаги ҳаракати давомида ўзини тутиши, бирор кимёвий реакциялар содир бўлгандаги фазаларнинг ўзгариши олимларнинг энг кўп қизиқтирадиган муаммоларига киради /16,17,22,23/.

Бу муаммоларга бўлган қизиқиш уларнинг амалий аҳамиятга эга бўлганлигидадир, масалан, кўп фазаларга эга бўлган нефт, газ ва ҳоказо суюқлик ва газларни узоқ масофаларга қувурлар орқали жўнатиш, энергетикада, авиацияда, кимё ва металлургия саноатида ва ишлаб чиқаришда, транспортнинг ҳар хил турларида кўп фазали суюқликларнинг ҳаракати учрайди ва бир фазадан иккинчи фазага ўтиш ҳолатлари содир бўлади.

Икки ва кўп фазали аралашмалар ҳаракатидаги жараёнларнинг энг муҳим физик хусусиятлари сифатида қуйидагиларни таъкидлаш мумкин /7/:

А) Фазаларнинг ўзаро ва қаттиқ заррачалар билан гидромеханик ва иссиқлик ўзаро алмашиш ҳаракатига киришуви.

Б) Фазавий ўтишларнинг содир бўлиши. Бундай ҳодисалар кўпинча суюқлик ёки газнинг юқори тезлик билан ҳаракатида содир бўлади.

Икки фазали икки компонентли муҳитларнинг юқорида келтирилган ва қатор физик хусусиятлари енгил деформацияланадиган механиканинг бу бўлимини алоҳида бўлим – икки фазали (икки компонентли) системалар механикаси бўлими деб таърифлашга имкон беради. Бу йуналишнинг пайдо

бўлиши ва ривожланиши тарихига кўпгина ватанимиз ва чет эллик олимлар ўз хиссаларини қўшганлар.

Ўтган асрнинг иккинчи ярмида ушбу муаммоларга бағишланган биринчи тажрибалар ўтказилган, ҳозирги давргача тизимли равишда назарий ва тажрибавий тадқиқотлар ўтказилиб, кўплаб маълумотлар тўпланиб, бир неча қонуниятларнинг маҳияти очиб берилган.

Икки фазали муҳитларнинг ҳозирги замонавий ҳолати жуда кўплаб экспериментал тадқиқотлар олиб борилаётгани билан характерланади, бу эса кўпгина тажриба фактларини тўплашга олиб келди. Тажриба тўплаш билан бир қаторда бир қанча соддалаштирилган математик моделлар икки фазали муҳитлар ва фазали ўтишлар учун ҳосил қилинди. Бу йуналишда [17] икки фазали муҳитлар ҳаракатларининг тадқиқотлари ривожлантирилди. Юқорида келтирилганлар икки фазали муҳитлар механикасида ҳали қилинадиган ишлар жуда кўплигидан далолат беради.

Маълумки, кўп фазали оқимларнинг вертикал қувурлардаги оқимлари нефт скважиналарида, биомеханика масалаларида ҳамда тупроқ ости суғориш тизимини лойиҳалашда ва уларни тадбиқ этишда кенг қўлланилади. Шунингдек, кўп фазали муҳитлар динамикасини тадбиқ қилиш халқ хўжалигининг бошқа соҳаларида учрайдиган гидромеханик жараёнларни тадқиқ қилиш ва ушбу соҳалардаги муаммоларни ўрганишга, нефт захираларини ўзоқ масофага қувурлар орқали транспортировка қилиш, аралашмаларнинг қовушқоқлигини камайтириш, шу аснода энергияни тежашга, экология масалаларида муҳим аҳамият касб этади.

Ҳозирги кунга келиб, замонавий компьютерларнинг техник имкониятлари ҳамда замонавий ҳисоблаш усулларига асосланган ҳолда нефт аралашмаларининг вертикал қувурларда ҳаракатини тадқиқот қилиш мумкин. Бундай назарий тадқиқотлар катта харажатларга эга бўлган тажрибалар ўтказиш ишларини камайтиришга имкон беради.

Адабиётлар таҳлили шуни кўрсатадики, илмий тадқиқотларда қувурларда кўп фазали оқимларнинг бир текис ва пульсацияли оқимларини

бир-бири билан таққослаган ҳолда таҳлиллар чиқариш ва қайси оқим халқ хўжалиги учун аҳамиятли эканини аниқлаш кейинги тадқиқотларнинг мақсадидир.

Юқорида таъкидланган муаммолардан келиб чиққан ҳолда ушбу магистрлик диссертациясида вертикал қувурларда икки фазали аралашмаларнинг ламинар ҳамда бошланғич пульсация берилган ҳолидаги ҳаракати тадқиқот қилинди. Диссертациянинг асосий вазифалари қуйидагилар:

- бурғулаш жараёнининг технологик тавсифини ишлаб чиқиш;
- скважиналарни бурғулаш жараёни схемасини таҳлил этиш ва унинг моҳиятини очиб бериш;
- скважиналарни бурғулаш жараёнининг автоматлаштирилган бошқариш тизимини ишлаб чиқиш заруриятини техник-иқтисодий асослаш;
- бурғулаш жараёни ҳолати хусусидаги ахборотларни йиғиш ва уларни қайта ишлаш қуйи тизими ишининг алгоритмини ишлаб чиқиш;
- икки фазали аралашмаларнинг қувурлардаги ҳаракатини тадқиқот қилиш учун муқобил математик моделни танлаш;
- тенгламалар системасини ўлчамсиз ҳолга келтириш;
- масаланинг бошланғич ва чегаравий шартларини аниқлаш;
- оқимнинг гидродинамик параметрларини белгилаш;
- масаланинг глобал алгоритмини ишлаб чиқиш;
- масалани ечишнинг сонли усулини танлаш ва уни асослаш;
- хусусий ҳосилали дифференциал тенгламани алгебраик тенгламалар системасига айлантириш;
- прогонка усулини қўллаб, коэффицентларни аниқлаш ва дастурни созлаш;
- вертикал қувурлардаги аралашмаларнинг ҳаракати учун муқобил параметрларни белгилаб бериш;
- олинган натижаларни таҳлил этиш, математик моделдаги ўлчамсиз коэффицентларнинг кенг диапозонида таъсирини илмий жиҳатдан асослаб бериш.

2.Аралашмаларнинг вертикал қувурлардаги ҳаракатининг математик моделини танлаш ва уни асослаш

Нефт саноатида, шунингдек бошқа соҳаларда математик моделлаштириш усуллари қўлланилиши, асосан, қуйидаги мақсадларни ўз олдига қўяди:

- объект ёки жараёнларни белгиловчи асосий факторлар орасидаги муҳим боғланишларни акс эттириш;
- берилган аниқ маълумотлар ва муносабатлар асосида дедукция услуби орқали ўрганилаётган объект ёки жараёнлар учун адекват ҳулосалар олиш;
- ўрганилаётган объектнинг амалдаги кузатилишига уни боғловчи факторларнинг математик статистика усуллари ёрдамида шаклини ҳамда боғлиқлигини ўрганиш жараёнида объект ҳақида янги билимларга эга бўлиш;
- ўрганилаётган объект ёки жараён ҳолатини математика тили орқали аниқ ва равшан ифодалаш.

Математик моделларнинг тадқиқот ишларида қўлланилиши XVI асрдаёқ бошланган бўлиб, XIX асрларда дифференциал ва интеграл ҳисобнинг ривожланиши уни турли соҳа масалаларини ечишга тадбиқ қилишга кенг имконият яратди. XX аср турли соҳаларда математик усулларнинг моделлаштиришдаги кенг қўламда қўлланилиши билан ҳарактерланади. Тадбиқий математика соҳасининг ўйинлар назарияси, математик дастурлаш, математик статистика ва бошқа бўлимларининг ривожланиши турли тармоқларнинг жадал ривожланишига муҳим тurtки бўлиб хизмат қилди.

Мақсаднинг қўйилиши моделлаштиришда муҳим ўрин эгаллайди. Аниқ қўйилган мақсад асосий элементлар ва улар орасидаги боғланиш таркиби ва миқдорий ҳарактеристикасини аниқлайди. Моделлаштиришнинг дастлабки босқичида маълумотлар тўпланади ва таҳлил қилинади. Таҳлил учун танланган маълумотларнинг тўғрилиги ва моделлаштиришнинг сўнгги натижаларига боғлиқ. Тўпланган маълумотлар абсолют миқдорларда ва

ягона ўлчов бирликларига ифодаланиши керак. Бу босқичда моделлаштириладиган объект ва уни абстракциялашнинг муҳим томонлари белгиланади.

Математик моделлар куришда ўрганилаётган муаммолар конкрет математик боғланишлар ва муносабатлар (функция, тенгсизлик ва ҳоказо) шаклида ифодаланади. Математик моделлар куриш жараёни математика ва танланган соҳа бўйича илмий билимларнинг ўзаро уйғунлашувидан иборатдир. Албатта, бунда математик моделни яхши ўрганилган математик масалалар синфига тегишли бўлиши учун ҳаракат қилинади. Бироқ, шундай бўладиган, танланган соҳа масаласини моделлаштириш олдиндан маълум бўлмаган математик структураларга олиб келиши ҳам мумкин.

Моделни математик таҳлил қилиш – моделнинг умумий хоссаларини ифодалашдан иборат. Бу ерда тадқиқотларнинг математик усуллари қўлланилади. Энг муҳим жойи – тузилган моделларнинг ечимга эгалигини исботлашдир. Моделларни аналитик тадқиқ этиш уларни эмпирик (сонли) тадқиқ қилишга нисбатан устунликка эга, чунки, олинган хулосалар моделлардаги ички ва ташқи параметрларнинг ҳар хил қийматларида ҳам ўз кучини сақлайди.

Ечиладиган масалаларни ўрганиш унинг математик моделни тузишдан бошланади, яъни унинг асосий ўзига хос хусусиятлари ажратилади ва улар ўртасида математик муносабат ўрнатилади. Математик модел тузилгач, яъни масала математик кўринишда ифодалангач, уни маълум математик усуллар билан таҳлил қилиш мумкин.

Кўп фазали муҳитларнинг ҳозирги замондаги ҳолати жуда кўплаб экспериментал тадқиқотлар олиб борилаётгани билан ҳарактерланади, бу эса кўпгина тажриба фактларини тўплашга олиб келди. Тажриба тўплаш билан бир қаторда бир канча соддалаштирилган математик моделлар икки фазали муҳитлар ва фазали ўтишлар учун ҳосил қилинди. Бу йуналишда [22] икки фазали маҳитлар ҳаракатларининг тадқиқотлари ривожлантирилди. Юқорида

келтирилганлар икки фазали муҳитлар механикасида ҳали қилинадиган ишлар жуда кўплигидан далолат беради.

Ўзбек олимлари ҳам суюқлик, газ ва плазма механикаси йуналишида кўпгина тадқиқотлар ўтказишмоқда. Бу тадқиқотлар кўп фазали муҳитлар, фильтрация, ёниш ва бошқа соҳаларда айниқса сезиларлидир.

Бизнинг республикамизда нефт ва газ захираларига бойлиги сабабли, илмий йуналишларда бу захираларни олиш, ташиш, фильтрация қилиш, қайта ишлаш каби тадқиқот ишларига катта эътибор қаратилмоқда. Ушбу йўналиш кўп фазали муҳитлар механикасига яқинлигини ҳисобга олиб, Р.Садуллаев, А.М.Сидиков, Б.Х.Хўжаёров, Ж.Акилов каби олимларнинг ишлари шу йуналишга қаратилган.

Нефт саноатида икки ва кўп фазали аралашмаларнинг вертикал қувурлардаги ҳаракатининг математик моделини яратиш борасида олимлар жуда кўп уринишлар қилишган. Бундай моделларни яратишда ҳар хил ёндошувлар бўлган. Масалан, икки фазали бир хил тезликли ҳаракат модели ёки икки тезликли ўзгармас концентрацияли ҳаракат модели ва ҳ.к.

1956 йилда буюк ўзбек олими Ҳ.А. Рахматулин фанда классик фундаментал натижа олишга эришди /23/. Олим кўп фазали муҳитлар ҳаракатининг назариясини яратишга муваффақ бўлди. Ушбу назария кўп фазали муҳитларнинг ўзаро киришма ҳаракатини тавсифловчи математик модель бўлиб, у бутун дунё олимлари томонидан юқори баҳоланди ва тан олинди. Олим кўп фазали муҳитларнинг ҳаракатини ифодалайдигин ўзаро киришма ҳаракат, деб номланган моделини ишлаб чиққандан сўнг, ушбу илмий йўналишда тадқиқот олиб бориш ишлари интенсивлашди./8 /.

Икки фазали ёпишқоқ аралашмаларнинг горизонтал ва вертикал қувурлардаги ҳаракати мураккаб гидродинамик жараён бўлиб, уни тадқиқот қилишда оқимнинг физик-механик параметрларини инобатга олиш талаб этилади.

Чунки бундай оқимларда ҳар бир фазанинг кўндаланг ва бўйлама ҳаракатини, босимни ва концентрациянинг ўзгаришини ҳисобга олгандагина ҳақиқий гидродинамик жараёни очиқ бериш мумкин.

Кўп фазали муҳитларнинг қувурлардаги ҳаракатини тадқиқот қилишда Х.А.Рахматулин, Р.И.Нигматулин, А.Я.Сагомоян, В.Г.Накоряков, А.Торг, К.В.Мукук, М.В.Лурье, Д.Ф.Файзуллаев, К.Ш.Латипов, А.Ҳамидов, Ш.Х.Ахмедов, О.И.Умаров, М.Нуриддиновларнинг илмий ишлари диққатга сазовор бўлиб, улар гидродинамикада янги қонуниятларни очиқ беришга мувоффақ бўлдилар /17,20,22,30,31/.

Биз, нефт саноатида учрайдиган икки фазали ёпишқоқ аралашманинг вертикал қувурлардаги ҳаракатини тадқиқот қилишда айнан Х.А.Рахматулиннинг ўзаро киришма ҳаракат моделини асос қилиб олдик.

Х.А.Рахматулиннинг икки ўлчовли фазада икки фазали аралашманинг ўзаро киришма ҳаракати модели қуйидаги кўринишга эга /23/:

$$\begin{aligned}
 & q_1^\xi \rho_i \frac{\partial u_i^j}{\partial t} + \sum_{k=1}^2 q_1^\xi \rho_i u_i^k \frac{\partial u_i^j}{\partial q_k} = -q_1^\xi f_i \frac{\partial P}{\partial q_j} + \\
 & + \mu_i \sum_{k=1}^2 \left(1 + \frac{\delta_j^k}{3}\right) \frac{\partial}{\partial q_k} \left(q_1^\xi f_i \frac{\partial u_i^j}{\partial q_k} \right) + \mu_i \sum_{k=1}^2 \left(1 - \frac{5}{3} \delta_j^k\right) \frac{\partial}{\partial q_k} \left(q_1^\xi f_i \frac{\partial u_i^{3-j}}{\partial q_{3-k}} \right) + \\
 & + \mu_i \xi \phi_i^j + q_1^\xi K(u_{3-i}^j - u_i^j) + g_i^j q_1^\xi p_i; \\
 & \frac{\partial p_i}{\partial t} + \sum_{k=1}^2 \frac{\partial (q_1^\xi f_i u_i^k)}{\partial q_k} = 0; \\
 & f_1 + f_2 = 1; \quad i, j = 1, 2
 \end{aligned}$$

Бу ерда:

$$\phi_i = \begin{cases} -\frac{2}{3} \sum_{k=1}^2 q_1 u_i^k \frac{\partial}{\partial q_k} \left(-\frac{f_i}{q_1} \right) + \frac{2}{3} \frac{\partial}{\partial q_2} (f_i u_i^2) - 2 \frac{f_i u_i^1}{q_1}; \\ -\frac{2}{3} \frac{\partial}{\partial q_2} (f_i u_i^1) \end{cases}$$

u_i^j – тезлик, i -чи фазанинг j -чи компонентаси;

$q_1=r, q_2=z$ – координаталар ўқи;

K – фазалар орасидаги алоқадарлик коэффиценти;

f_i – i -чи фазанинг ҳажм мақдори;

ρ_i – i -чи фазанинг келтирилган зичлиги;

μ_i – i -чи фазанинг ёпишқоқлик коэффиценти;

t, P – вақт ва босим;

g_i^j – i -чи фаза масса кучининг j -чи компонентаси;

δ_i^k – Кронекер символи;

$\phi_i^j - \vec{\phi}_i$ векторнинг j -чи компонентаси;

$\xi = 0, \xi = 1$ – мос равишда декарт ва цилиндрик координаталар системаси ҳосил бўлади;

$$u_1^1 = v_1; \quad u_2^1 = v_2; \quad u_1^2 = u_1; \quad u_2^2 = u_2;$$

(1)- (3) тенгламалар системаси учта мустақил ўзгарувчилардан етти ноъмалумли функцияга нисбатан ёпиқ бўлиб ҳисобланади. Тенгламалар системасини сонли моделлаштириш учун у ўлчамсиз ҳолга келтирилиши керак. Ўлчамсиз ҳолга келтирилган хусусий ҳосилали дифференциал тенгламалар системаси оддий алгебраик тенгламалар системасига келтирилади ва танланган метод асосида сонли моделлаштирилади.

Шундай қилиб, тенгламалар системаси етти номаълумли хусусий ҳосилали дифференциал тенгламалар системасидан иборат бўлиб, кейинги бўлимларда икки фазали аралашмаларнинг вертикал кувурлардаги ҳаракати ушбу тенгламалар системаси асосида тадқиқот қилинади.

3. Аралашмаларнинг вертикал қувурлардаги ҳаракатини математик моделлаштиришда чекли айирмалар усулини қўллаш

Суюқлик, газлар ва плазмаларнинг, шунингдек кўп фазали аралашмаларнинг, шунингдек нефт аралашмаларининг очик ёки ёпиқ муҳитларда кечадиган ҳаракати фан –техникада кенг жорий этилган бўлиб, улар диффузия, турли тебранишлар ва ҳаракатлар математика тилига ўтказилганда дифференциал тенглама ёки тенгламалар системасига келади. Ўрганилаётган жараён характериға қараб у ёки бу чегаравий (бошланғич) шартлар қўйилади /25/.

Дифференциал тенглама ёки тенгламалар қўйилган чегаравий (бошланғич) шартлар билан биргаликда дифференциал масала дейилади.

Масалан:

$$\begin{cases} y' = f(x, y) \\ y(0) = y_0 \end{cases} \quad (1)$$

1.2.1. –масалаға биринчи тартибли оддий дифференциал тенглама учун Коши масаласи дейилади.

Табиийки, маълум бир жараённи математика тилида ўрганиш учун ўша жараённи ифодаловчи дифференциал тенглама ёки тенгламалар системасини ечишни билиш талаб этилади /29/.

Аниқ ечиладиган дифференциал тенгламалар жуда кичик синфни ташкил этганлиги учун амалда кўпчилик ҳолларда тақрибий ҳисоблаш методлари ёрдамида дифференциал тенгламалар ечилади. У ёки бу тақрибий методни қўллаш учун албатта қаралаётган дифференциал масала ечими мавжуд ва ягона бўлиши керак.

Дифференциал тенгламаларни тақрибий ечишнинг энг кенг тарқалган умумий методларидан бири чекли айирмали методдир. Хусусий ҳосилали дифференциал тенгламага нисбатан ишлатилганда бу метод тўр методи ҳам деб юритилади.

Чекли айирмали методни қўллаш қуйидагича бажарилади.

1. Дифференциал масала ечими изланаётган соҳа бўлакларга бўлинади (бир ўлчамли соҳа учун) (тўр билан қопланади-икки ўлчамли соҳа учун).

2. Дифференциал тенглама ва чегаравий шартларга кирувчи функция ҳосилалари функциянинг нуқталардаги қийматлари билан алмаштирилади (аппроксимация қилинади).

3. Дифференциал масала ўрнига функциянинг нуқталардаги қийматларига нисбатан ҳосил қилинган алгебраик тенгламалар системаси бирор метод ёрдамида ечилади.

Ҳар қандай тақрибий методни қўллагандагидек, чекли айирмали методни қўллаганда ҳам қуйидаги саволларга жавоб бериш керак бўлади.

Қуйидагича саволлар туғилади: дифференциал масалага кирувчи ҳосилалар қандай аниқлик билан аппроксимация қилинади?

Ҳосил қилинган дискрет масала ечими бўлаклаш параметри $h > 0$ да қўйилган дифференциал масала ечимини берадими? Агар ечим олинса қандай аниқлик билан олинади?

Бу саволларга оддий мисоллар ёрдамида жавоб берамиз. Соҳани бўлаклашни бир неча усулини кўриб ўтамыз.

$f(x)$ ихтиёрий тартибли ҳосиллага эга бўлсин. Бу функциянинг ҳосиласини топиш талаб қилинган бўлсин.

$f'(x) = \lim_{h \rightarrow \infty} \frac{f(x+h) - f(x)}{h}$ ни ҳисоблаш масаласини

$$f'(x) \sim \frac{f(x+h) - f(x)}{h}$$

ёки

$$f'(x) \sim \frac{f(x) - f(x-h)}{h}$$

ёки

$$f'(x) \sim \frac{f(x+h) - f(x-h)}{2h}$$

формулар ёрдамида ҳисоблаш масаласига алмаштириш мумкин. $f''(x)$ ҳосилани топиш учун

$$f''(x) \sim \frac{f(x+h) - 2f(x) + f(x-h)}{h^2} \quad \text{формуладан фойдаланиш мумкин.}$$

Бу формулаларнинг барчаси h кичрайиб борган сари аниқроқ бўлаверади. Ҳар бир танлаб олинган h учун бу формулаларда функциянинг чекли сондаги қийматлари ва чекли сондаги арифметик амаллар қатнашади.

Бу формулалар ҳосилани ҳисоблаш масаласини дискретлаштиришга мисол бўла оладилар/14/.

Мисол-1: Кесмада тенг қадамли тўр.

$[0,1]$ кесмани N -та тенг бўлақларга бўламиз. Қўшни нуқталар орасидаги масофа $X_t - X_{t-1}$ ва $1/N$ -ни тўрнинг қадами деб атаймиз.

Барча нуқталарнинг $\varpi_m = \{x_1 = th, t = 1, 2, 3, \dots, N-1\}$ тўплами кесмадаги тўрни ташқил этади. Бу тўплагга $X_0 = 0, X_N = 1$ чегаравий нуқталарни ҳам қўйиш мумкин. У ҳолда тўр $\varpi_n = \{X_1 = th; t = 0, 1, 2, \dots, N-1, N\}$ деб белгиланади.

$[0,1]$ кесмада узлуксиз $y(x)$ функция ўрнига $y_n(x_t)$ функцияни қараймиз.

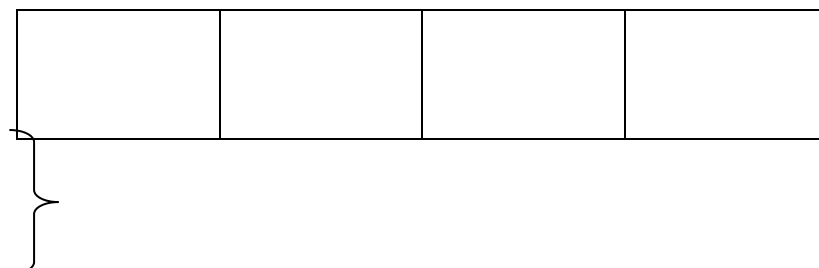
Бу функциянинг қийматлари турининг X_t нуқталарида ҳисобланади.

Функциянинг ўзи эса тўрнинг қадами h параметрдан боғлиқ бўлади.

Мисол 2: Текисликда тенг қадамли тўр.

Икки ўзгарувчили $U(x,t)$ функциялар тўпламини қараймиз. Аниқланиш соҳаси сифатида $D_k(0 \leq x \leq 1, 0 \leq t \leq T)$ тўғри тўртбурчакни оламиз. X ўқининг $[0,1]$, T ўқининг $[0,T]$ кесмаларини мос равишда N_1 ва N_2 та тенг бўлақларга бўламиз.

$h_k 1/N_1$, $t_k T/N_2$ белгилашларни киритамиз. Бўлиниш нуқталари орқали x ва t ўқларига паралел тўғри чизиқлар ўтказамиз. Бу тўғри чизиқларнинг кесишуви натижасида тўр ҳосил қилувчи (x_i, t_j) нуқталар тўпламини ҳосил қиламиз(1-чизма).



Δy		$i, j+1$	
Δx	$i-1, j$	i, j	$i+1, j$
		$i, j-1$	

1-чизма. Текисликда тенг қадамли тўр схемаси

Бу тўр x ўқи бўйича h , t ўқи бўйича n қадамга эга. Битта горизонтал ёки вертикал чизикда ётувчи ёнма-ён нуқталарга қўшни нуқталар дейилади. Улар орасидаги масофа мос равишда h ёки n га тенг.

Мисол 3: Кесмада тенг бўлмаган қадамли тўр.

Яна олдинги мисолдек $0 \leq x \leq 1$ кесмани қараймиз. Ихтиёрий нуқталар $0 < x_1 < x_2 < \dots < x_{N-1} < 1$ олиб уни N та бўлакка бўламиз.

Нуқталарнинг $\{x_t, t = 0, 1, 2, \dots, N-1, x_0 = 0, x_N = 1\}$ тўплами $[0, 1]$ кесмада тенг бўлмаган қадамли ϖ_m тўрни ташкил этади. Қўшни тугунлар орасидаги масофа $h_t = x_t - x_{t-1}$ тўр қадамли, у I дан боғлиқ янги тўр функцияси ҳисобланади.

Бу мисолда тўр қадамлари $\sum_{t=1}^n h_t = 1$ шартни қаноатлантиради.

Мисол 4: Икки ўлчовли соҳада тўр.

Фараз қилайлик $x = (x_1, x_2)$ текисликда F чегарали мураккаб кўринишдаги G соҳа берилган бўлсин

$$x_1^{(t1)} = t_1 * h_1, t_1 = 0, 1, 2, \dots, h_1 > 0 \quad x_2^{(t2)} = t_2 * h_2, t_2 = 0, 1, 2, \dots, h_2 > 0,$$

Тўғри чизикларни ўтказамиз, Натижада (x_1, x_2) текисликда $(t_1 h_1, t_2 h_2)$

$t_1, t_2 = 0, 1, 2, \dots$ нуқталари бўлган тўрни оламиз.

Бу тўр OX_1 ва OX_2 йўналишларининг ҳар бири бўйича тенг қадамлидир.

Бизни $G \setminus G + P$ соҳага тегишли бўлган нуқталар қизиқтиради. (чегарадаги нуқталар ҳам киради) G соҳанинг ички қисмига тегишли бўлган

$(t_1 h_1, t_2 h_2)$ нукталарга ички нукталар деб айтилади, уларнинг тўпламини ϖ_m билан белгилаймиз.

Узлуксиз аргументли $U(x) \quad x \in G$ функциялар ўрнига $y(x_t)$ тўр функцияларни қараймиз. Бу функция $\varpi_m \kappa(x_t)$ тўрнинг x_t нуктасининг функциясидир. Агар барча нукталарни бирор тартибда номерласак : $x_1, x_2, \dots, x_n$ у ҳолда тўр функцияси γ нинг бу нуктадаги қийматларини $\gamma = (\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n)$ векторнинг компонентлари деб қараш мумкин.

Агар тўр қурилган G соҳа чекли бўлса. У векторнинг γ ўлчови ҳам чекли бўлади.

Ҳар қандай дифференциал операторни тақрибий чекли айирмали оператор билан алмаштиришга дифференциал операторни аппроксимациялаш (ёки чекли айирмали аппроксимациялаш) деб аталади.

Чекли айирмали аппроксимациялашни дастлаб айрим олинган ихтиёрий x нуктада бажарамиз. Агар $\mathcal{G}(x)$ узлуксиз функция бўлса $\mathcal{G}_n(x) = \mathcal{G}(x)$ деб олинади. Ихтиёрий L – дифференциал операторни аппроксимациялашдан олдин шаблон танлаш керак. Шаблон бу шундай қўшни нукталарки, улар x нукта билан ёнма-ён жойлашган бўлиб, x нуктада L операторни аппроксимациялаш учун ишлатилади. Энди аниқ мисолларда энг оддий дифференциал операторларни аппроксимациялашни қараб чиқамиз.

1-Мисол: $L_\theta = \frac{\partial \theta}{\partial x}$ $0x$ ўқида ихтиёрий x нуктани танлаб $x-h$ ва $x+h$ ($h>0$) нукталарни оламиз. L_θ -операторни аппроксимациялаш учун қуйидаги ифодалардан ихтиёрий бирини ишлатиш мумкин:

$$L_n^+ \mathcal{G} = \frac{\mathcal{G}(x+h) - \mathcal{G}(x)}{h} = \mathcal{G}_x \quad (.2)$$

$$L_n^- \mathcal{G} = \frac{\mathcal{G}(x) - \mathcal{G}(x-h)}{h} = \mathcal{G}_x \quad (3)$$

(2)-чи ифодага ўнг чекли айирмали ҳосила, (3)-га эса чап чекли айирмали ҳосила дейилади. Шу сабабли бу формулалар 2 нуктали шаблонга эга деймиз. Худди шунингдек $\frac{\partial v}{\partial x}$ аппроксимациялашда (2) ва (3) ифодаларнинг чизиқли комбинациясини олиш ҳам мумкин.

Масалан:
$$L_h^{(c)} v \equiv \sigma v_x + (1 - \sigma) v_x \quad (4)$$

Бу ерда σ - ихтиёрий ҳақиқий сон.

Агар $\sigma = 0.05$ бўлса марказий чекли айирмаси ҳосилани оламиз.

$$v_{0x} = \frac{1}{2} (v_x + v_{-x}) = \frac{v(x+h) - (x-h)}{2h} \quad (5)$$

(4) дан кўринадики, $L v = v'$ операторни аппроксимацияловчи чексиз кўп ифодалар тузиш мумкин. Аппроксимациялаш жараёнида биз қандай хатоликка йўл қўямиз деган саволга жавоб беришимиз лозим. Бошқача қилиб айтганда $\eta \rightarrow 0$ да $\phi(x) = L_h v(x) - L(x)$ айирма қандай қилиб ўзгаради деган саволга жавоб беришимиз керак бўлади. $\phi(x) = L_h v(x) - L v(x)$ ифодага x нуктада $L v$ операторни чекли айирмали аппроксимациялаш хатолиги дейилади. Аппроксимациялаш хатолигини топиш учун $v(x)$ ни Тейлор қаторига ёямиз.

$$v(x \pm h) = v(x) \pm h v'(x) + \frac{h^2}{2} v''(x) + O(h^3)$$

(бунда $v(x)$ функция $(x - h_0, x + h_0)$, $h < h_0$ интервалда етарлича силлиқ, яъни узлуксиз ҳосилаларга эга деб ҳисобланади).

Буни ёйилмани (2) ва (3) га қўйиб қуйидагиларни ҳосил қиламиз.

$$v_x = \frac{v(x+h) - v(x)}{h} = v'(x) + \frac{h}{2} v''(x) + O(h^2)$$

$$v_x = \frac{v(x) - v(x-h)}{h} = v'(x) - \frac{h}{2} v''(x) + O(h^2)$$

$$v_{0x} = \frac{v(x+h) - v(x-h)}{h} = v'(x) + O(h^2)$$

Бундан кўринадики,

$$\phi = v_x - v'(x) = O(h),$$

$$\phi = v_x - v'(x) = O(h),$$

$$\phi = v_{0x} - v'(x) = O(h^2),$$

Фараз қиламизки, $v(x+h_0, x-h_0)$ да етарлича силлиқ $v \in \mathcal{V}$ функциялар синфи бўлсин. (бу ерда $h < h_0$ деб ҳисобланади).

Таъриф: X нуқтада L_h, L операторни $m > 0$ тартиб билан тартиб билан аппроксимациялайди деймиз, агар

$$\phi(x) = L_h v(x) - L v(x) = O(h^m) \text{ муносабат ўринли бўлса.}$$

Шундай қилиб, чап ва ўнг айирмали ҳосилалар $L v = v'$ биринчи тартиб билан, марказий айирмали ҳосила эса иккинчи тартиб билан аппроксимациялайди.

Суюқлик ва газ муҳитларининг, кўп фазали муҳитларининг ҳаракатида ҳаракат тенгламалари кўпинча қуйидаги кўринишга келиб қолади:

$$\rho u \frac{\partial z}{\partial x} + \rho v \frac{\partial z}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu \frac{\partial z}{\partial y} \right) \quad (6)$$

Ушбу тенгламани ички нуқталарда аппроксимация қилганда қуйидаги чекли айирмалардан фойдаланамиз:

$$g \frac{\partial u}{\partial x} = g_{i,j}^s (u_{i,j} - u_{i-1,j}) / \Delta x + O(\Delta x),$$

$$g \frac{\partial u}{\partial y} = g_{i,j}^s (u_{i,j+1} - u_{i,j-1}) / 2 \cdot \Delta y + O(\Delta y)^2 \quad (7)$$

$$\frac{\partial}{\partial y} \left(g \frac{\partial u}{\partial y} \right) = \left[g_{i,j+\frac{1}{2}}^s (u_{i,j+1} - u_{i,j}) - g_{i,j-\frac{1}{2}}^s (u_{i,j} - u_{i,j-1}) \right] / \Delta y^2 + O(\Delta y)^2$$

Бу ерда $g_{i,j\pm 1}^s = \frac{g_{i,j\pm 1} + g_{i,j}}{2}$

Дифференциал тенгламалар чекли айирмалли кўринишда аппроксимация қилиниб, алгебраик тенгламага олиб келингандан кейин тенгламаларни ечишнинг бирор усули билан ечилади. Хусусий ҳосилалли дифференциал тенгламалар аппроксимациялари у чекли беш диаганалли тенгламалар системасига келади.

Маълумки, чизиқли алгебраик тенгламалар системасини ечиш усуллари сонли усуллар орасида муҳим ўрин тутди. Чунки жуда кўп амалий масалалар бундай системаларни ечиш билан боғлиқдир. Агар тенгламалар системасини матрица ҳолида ифодаласак, у қуйидаги кўринишда бўлади:

$$A \cdot x = B \quad (8)$$

Маълум ҳадлардан иборат матрица турли кўринишларда, масалан: симметрик, учбурчак, диагональ ҳолида бўлиши мумкин. Агар матрицада диагональ ва унга параллел бўлган иккита қўшни бўлган элементлари нолдан фарқли, бошқа элементлар барчаси нолга тенг бўлса бундай матрица уч диаганалли деб аталади. Масалан қуйи тартибли, уч диаганалли матрицага қуйидаги мисолни келтиришимиз мумкин:

$$\begin{pmatrix} 1 & 3 & 0 & 0 \\ 2 & 4 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 2 & 3 \end{pmatrix}$$

Беш диаганалли матрицалар учун ҳам худди шундай таърифни беришимиз мумкин.

Бундай махсус тенгламалар системасини ечиш учун чекли айирмалар тенгламалар системасини ечишга мўлжалланган тўғри усуллар, масалан Гаусс усулини қўллаш мумкин, бироқ диаганалли системаларнинг тартиби жуда юқори бўлишлиги ва n^2 та коэффициентлардан фақат $3n+1$ -тасигина 0-дан

фарқлилиги анъанавий усулларни қўллашга имконият бермайди. Бироқ, бу ноллар устида маъносиз амалларнинг бажарилишига ва компьютернинг ҳисоблаш вақтини самарасиз сарфланишига сабаб бўлади. Шунинг учун бундай тенгламалар системасини ечишнинг алоҳида усуллари ишлаб чиқилган. Шундай усуллардан бири энг содда ва дастурлашга қулай, хатоликлар йиғилмаси ҳосил қилмайдигани ҳайдаш услидир.

Усулнинг моҳияти қуйидагича. Уч диагоналли тенгламалар системаси умумий ҳолда қуйидача берилган бўлсин:

$$\begin{cases} B_0 y_0 + C_0 y_1 = F_0 \\ A_i y_{i-1} + B_i y_i + C_i y_{i+1} = F_i \\ A_n y_{n-1} + B_n y_n = F_n \end{cases} \quad i = \overline{1, \dots, n-1} \quad (9)$$

ёки

$$\begin{bmatrix} B_0 & C_0 & 0 & 0 \\ A_1 & B_1 & C_1 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & A_n & B_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_0 \\ y_1 \\ \dots \\ y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_0 \\ F_1 \\ \dots \\ F_n \end{bmatrix}$$

Система $y_0, y_1, \dots, y_n$ дан иборат $n+1$ номаълумли $n+1$ та тенгламадан иборат. Махсус диагоналли системаларни ечишга мўлжалланган «ҳайдаш» усули икки босқичдан иборат:

- номаълумли коэффициентларни аниқлаш (тўғри босқич);
- системанинг ечимларини аниқлаш (тескари босқич).

Биринчи босқичда (7) системанинг ечими қуйидаги кўринишда кидирилади:

$$y_i = \alpha_{i+1} y_{i+1} + \beta_{i+1} \quad (10)$$

бу ерда α_{i+1} ва β_{i+1} лар ҳозирча номаълум коэффициентлар.

Уларни топиш (8) тенгликдан ҳосил қилинган:

$$y_i = \alpha_{i+1} y_{i+1} + \beta_{i+1} \quad \text{ва}$$

$$y_{i-1} = \alpha_i y_i + \beta_i$$

ифодаларни (1.7) системадаги тенгламалардан бирига қўямиз:

$$A_i \alpha_i (\alpha_{i+1} y_{i+1} + \beta_{i+1}) + A_i \beta_i + B_i \alpha_{i+1} y_{i+1} + B_i \beta_{i+1} + C_i y_{i+1} = F_i$$

ёки

$$(A_i \alpha_i \alpha_{i+1} + B_i \alpha_{i+1} + C_i) y_{i+1} + (A_i \alpha_i \beta_{i+1} + A_i \beta_i + B_i \beta_{i+1} - F_i) = 0$$

Бу чизиқли ифода айнан 0 - га тенг бўлиши учун y_i лар нолдан фарқли эканлигини ҳисобга олиб, коэффициентлар айнан нолга тенг бўлиши керак дея оламиз:

$$\begin{cases} A_i + B_i \alpha_{i+1} + C_i \alpha_i \alpha_{i+1} = 0 \\ B_i \beta_{i+1} + C_i \alpha_i \beta_{i+1} + C_i \beta_i - F_i = 0 \end{cases}$$

Ҳосил қилинган тенгликлардан α_{i+1} , β_{i+1} номаълум коэффициентларни топиш унчалик қийин эмас:

$$\alpha_{i+1} = \frac{-C_i}{B_i + C_i \alpha_i}, \quad \beta_{i+1} = \frac{F_i - A_i \beta_i}{B_i + A_i \alpha_i} \quad i = \overline{1, \dots, n-1} \quad (9)$$

Мазкур рекуррент формуладаги барча α_{i+1} ва β_{i+1} ларни аниқлаш учун ёки бошқача айтганга рекуррент формулани «юриши» учун дастлабки α_1 ва β_1 қийматларни топишимиз керак. Бу қийматларни топишимиз учун (8) тенгламалар системасидаги биринчи тенгламани ҳар иккала томонини B_0 коэффициентга бўламиз ва y_0 ни топамиз:

$$y_0 = -\frac{C_0}{B_0} y_1 + \frac{F_0}{B_0}$$

Бошқа томондан

$$y_0 = \alpha_1 y_1 + \beta_1$$

ифодани ҳисобга олсак,

$$\alpha_1 = -\frac{C_0}{B_0}, \quad \beta_1 = -\frac{F_0}{B_0}$$

эканлиги келиб чиқади. α_1, β_1 қийматлар маълум бўлгач, барча кейинги α_i, β_i лар (1.2.9) формулалар ёрдамида топилади. Бу жараён ҳайдаш усулининг тўғри босқичини ташқил этади.

Иккинчи босқичда α ва β ларнинг қийматлари ёрдамида (8) формула ёрдамида y_i ечимлар топилади. Лекин, дастлаб рекуррент формула учун дастлабки y_n қиймат топиб олинади. Бунинг учун (7) тенгламалар системасидаги

$$A_n y_{n-1} + B_n y_n = F_n$$

тенгламадан ва (3) тенгликнинг y_n учун ёзиб олинган

$$y_{n-1} = \alpha_n y_n + \beta_n$$

ифодаларидан фойдаланамиз, яъни уларни система деб қараб, бу системадан y_n аниқлаймиз:

$$y_n = \frac{F_n - A_n \beta_n}{A_n \alpha_n + \beta_n}$$

y_n ҳисоблангач,

$$y_i = \alpha_{i+1} y_{i+1} + \beta_{i+1}$$

рекуррент формула ёрдамида $i = \overline{n-1, 0}$ қийматларга мос барча қидирилаётган y_i - лар ҳисобланади. Бу жараён i га нисбатан тескари тартибда бўлгани учун уни ҳайдашнинг тескари босқичи деб аталади.

Шундай қилиб, биз қўйилган масалани яъни (7) кўринишдаги махсус тенгламалар системаси ечиш алгоритмини ҳосил қилдик.

Беш диагоналли тенгламалар системаси ҳам худди уч диагоналли махсус тенгламалар системаси каби кўринишга эга бўлади. Фақат унда диагоналар сони бешта бўлади. Бундай махсус тенгламалар системасини ҳам ҳайдаш

усулида ечиш мақсадга мувофиқдир. Бунда ечимни кидириш жараёни 2 - та ўзгарувчига боғлиқ бўлиб, тенгламадаги номаълумлар сони ҳам кўпроқ бўлади.

4. Икки фазали ёпишқоқ аралашмаларнинг вертикал кувурлардаги ҳаракатини сонли моделлаштириш асосида ечиш

Ҳозирги кунда нефт скважиналарида кечадиган бурғулаш жараёнида нефт ва унинг таркибидаги бошқа аралашмаларнинг вертикал кувурлардаги гидродинамик параметрларини аниқлаш муҳим аҳамиятга эга.

Нефт аралашмаларининг вертикал кувурлардаги динамик ҳаракатини тадқиқот қилишда биз юқорида келтирилган ва Ҳ.А. Рахматулин томонидан яратилган ёпишқоқ икки фазали муҳитнинг ўзаро киришма моделидан фойдаланамиз /23/.

Нефт аралашмаларини ёпишқоқ икки фазали муҳит деб, қабул қиламиз ва уларнинг вертикал кувурлардаги динамик ҳаракатини сонли моделлаштириш учун ҳисоблаш математикасининг тақрибий ечиш методларидан фойдаланамиз. Шунда биз аралашманинг физик параметрларини аниқлаш ва вертикал кувурлардаги ҳаракатни такомиллаштириш имконига эга бўламиз.

Ушбу бўлимнинг асосий мақсади ўзгарувчан йўналиш методини қўллаб, сиқилмайдиган ёпишқоқ икки фазали нефт аралашмасининг вертикал кувурлардаги пульсли ва ламинар ҳаракатини сонли моделлаштириш тизимини ишлаб чиқишдир /27,31/.

Ёпишқоқ нефт аралашмаларининг вертикал кувурлардаги ҳаракатини математик тавсифлаш учун олдинги бўлимларда асосланган икки фазали муҳитларнинг ўзаро киришма тенгламаларидан фойдаланамиз (6):

$$q_1^\xi \rho_i \frac{\partial u_i^j}{\partial t} + \sum_{k=1}^2 q_1^\xi \rho_i u_i^k \frac{\partial u_i^j}{\partial q_k} = -q_1^\xi f_i \frac{\partial P}{\partial q_j} +$$

$$+ \mu_i \sum_{k=1}^2 \left(1 + \frac{\delta_j^k}{3}\right) \frac{\partial}{\partial q_k} \left(q_1^\xi f_i \frac{\partial u_i^j}{\partial q_k} \right) + \mu_i \sum_{k=1}^2 \left(1 - \frac{5}{3} \delta_j^k\right) \frac{\partial}{\partial q_k} \left(q_1^\xi f_i \frac{\partial u_i^{3-j}}{\partial q_{3-k}} \right) +$$

$$+ \mu_i \xi \phi_i^j + q_1^\xi K(u_{3-i}^j - u_i^j) + g_i^j q_1^\xi p_i; \quad (1)$$

$$\frac{\partial p_i}{\partial t} + \sum_{k=1}^2 \frac{\partial (q_1^\xi f_i u_i^k)}{\partial q_k} = 0; \quad (2)$$

$$f_1 + f_2 = 1; \quad i, j = 1, 2 \quad (3)$$

Бу ерда:

$$\phi_i = \begin{cases} -\frac{2}{3} \sum_{k=1}^2 q_1 u_1^k \frac{\partial}{\partial q_k} \left(-\frac{f_i}{q_1} \right) + \frac{2}{3} \frac{\partial}{\partial q_2} (f_i u_i^2) - 2 \frac{f_i u_i^1}{q_1}; \\ -\frac{2}{3} \frac{\partial}{\partial q_2} (f_i u_i^1); \end{cases}$$

u_i^j – тезлик, i -чи фазанинг j -чи компонентаси;

$q_1 = r, q_2 = z$ – координаталар ўқи;

K – фазалар орасидаги алоқадарлик коэффиценти;

f_i – i -чи фазанинг хажм мақдори;

ρ_i – i -чи фазанинг келтирилган зичлиги;

μ_i – i -чи фазанинг ёпишқоқлик коэффиценти;

t, P – вақт ва босим;

g_i^j – i -чи фаза масса кучининг j -чи компонентаси;

δ_i^k – Кронекер символи;

$\phi_i^j - \vec{\phi}_i$ векторнинг j -чи компонентаси;

$\xi = 0, \xi = 1$ – мос равишда декарт ва цилиндрик координаталар системаси ҳосил бўлади;

$$u_1^1 = v_1; \quad u_2^1 = v_2; \quad u_1^2 = u_1; \quad u_2^2 = u_2;$$

(1)- (3) тенгламалар системаси учта мустақил ўзгарувчилардан етти ноъмалумли функцияга нисбатан ёпик бўлиб ҳисобланади. Тенгламалар системасини ўлчамсиз ҳолатга келтириш процедураси қуйидаги муносабатлар орқали амалга оширилади:

$$\begin{aligned} u_i &= R\omega\bar{u}_i; & v_i &= R\omega\bar{v}_i; & q_1 &= R\bar{q}_1; & q_2 &= R\bar{q}_2; \\ p &= \rho_{1i}v_i\omega\bar{p}; & t &= \bar{t}/\omega; & K &= (\rho_{1i}\omega/\text{Re}_1)\bar{K}; \end{aligned}$$

Бу ерда:

$\bar{u}_i, \bar{v}_i, \bar{z}, \bar{r}, \bar{P}, \bar{t}, \bar{K}$ – ўлчамсиз катталиклар,
 Re_i – i -чи фазанинг Re сони,
 R – характерли радиус,
 ω – чайқалишнинг бурчак частотаси,
 μ_i – i -чи фазанинг динамик ёпишқоқлиги,
 ρ_i – i -чи фазанинг келтирилган зичлиги;
 v_i – биринчи фазанинг кинематик ёпишқоқлиги.

Қуйидаги муносабатлардан фойдаланиб кўриладиган оқим соҳасини бирлик квадратга келтирамыз:

$$\xi = \bar{q}_2 / L; \quad \eta = \bar{q}_1 / R;$$

Бу ерда:

L – қувурнинг характерли узунлиги;
 R – характерли масштаб.

Қулайлик мақсадида қуйидаги белгилашларни киритамиз $q_1 = \eta$ ва $q_2 = \xi$.

Унда биз қуйидаги тенгламалар системасига эга бўламиз (тенгламаларни ёзиш қулай бўлиши учун ноъмалум ўлчамсиз ўзгарувчилар олдидаги чизикчаларни ташлаймиз):

$$\begin{aligned}
 q_1^\xi f_i \frac{\partial u_i^j}{\partial t} + \sum_{k=1}^2 q_1^\xi f_i u_i^k \frac{\partial u_i^j}{(L)^{\delta_k^2} \partial q_k} &= \frac{1}{\alpha_i} q_1^\xi f_i \frac{\partial P}{(L)^{\delta_j^2} \partial q_j} + \\
 + \frac{1}{\alpha_i} \sum_{k=1}^2 \left(1 + \frac{\delta_j^k}{3}\right) \frac{\partial}{(L)^{\delta_k^2} \partial q_k} \left(q_1^\xi f_i \frac{\partial u_i^j}{\partial q_k}\right) &+ \\
 + \frac{1}{\alpha_i} \sum_{k=1}^2 \left(1 - \frac{5}{3} \delta_j^k\right) \frac{\partial}{L \partial q_k} \left(q_1^\xi f_i \frac{\partial u_i^{3-j}}{\partial q_{3-k}}\right) &+ \\
 + \frac{1}{\alpha_i} \xi \phi_i^j + \frac{1}{\text{Re}_i} q_1^\xi K(u_{3-i}^j - u_i^j) + F_2 q_1^\xi f_i; & \quad (4)
 \end{aligned}$$

$$\frac{\partial f_i}{\partial t} + \sum_{k=1}^2 \frac{\partial}{(L)^{\delta_k^2} \partial q_k} (q_1^\xi f_i u_i^k) = 0; \quad (5)$$

$$f_1 + f_2 = 1; \quad i, j = 1, 2 \quad (6)$$

бу ерда:

$$\phi_i = \begin{cases} -\frac{2}{3} \sum_{k=1}^2 q_1 u_i^k \frac{\partial}{(L)^{\delta_k^2} \partial q_k} + \frac{2}{3} \frac{\partial}{L \partial q_2} (f_i u_i^2) - 2 \frac{f_i u_i^1}{q_1}; \\ -\frac{2}{3} \frac{\partial}{L \partial q_2} (f_i u_i^1); \end{cases}$$

$\alpha_i = R\sqrt{\omega/\nu}$ – i -чи фаза учун Уомерслей чайқалиш сони;

$\text{Re}_i = RU_i/\nu_i$ – i -чи фаза учун Рейнольдс сони;

$M = \mu_1/\mu_2$ – ўлчамсиз сон;

L – ўлчамсиз сон, у физик соҳани бирлик квадратга олиб келади.

(4)-(6) тенгламалар системаси учун бошланғич ва чегаравий шартларни шакллантирамиз. Фараз қилайлик бошланғич моментда икки фазада оқим тинч ҳолатда турибди. $t > 0$ дан бошлаб оқимнинг ностационар ҳолатини билдирувчи даврий формага эга бўлган босим градиенти пайдо бўлсин. Унда осесимметрик масалада бошланғич ва чегаравий шартларни қуйидагича ифодалаймиз:

$$t=0: u_i^j = 0, f_i = f_{0i} \quad \text{учун } 0 < q_1 < 1; 0 < q_2 < 1;$$

$$t > 0: q_2 = 0, P = P_0 + A_1 \cos \alpha t,$$

$$u_i^j = 0, f_i = f_{0i} \quad \text{учун } 0 < q_1 < 1;$$

$$q_2 = 1: \frac{\partial u_i^2}{\partial q_2} = 0, u_i^1 = 0, \quad \text{учун } 0 < q_1 < 1;$$

$$q_1 = 0: \frac{\partial u_i^2}{\partial q_2} = 0, u_i^1 = 0, \quad \text{учун } 0 < q_2 < 1;$$

$$q_1 = 0: u_i^2 = 0, u_2^1 = 0, u_1^1 = 0 \quad \text{учун } 0 < q_1 < 1.$$

Кувурнинг кириш қисмида босим градиенти вақтнинг даврий функцияси бўлганлиги учун, $q_2 = 0$ –да суюқликнинг, яъни биринчи фазанинг бўйлама ҳаракатини тезликнинг ўртача расходи тезлигидан қуйидагича аниқлаймиз:

$$u_1^2 = u_0 (A(\alpha) \cos(\omega t) + B(\alpha) \sin(\omega t)); \quad (7)$$

Энди λ параметрини киритамиз. $q_2 = 0$ учун (7) инобатга олган ҳолда иккинчи фаза учун қуйидагига эга бўлиш мумкин:

$$u_2^2 = \lambda u_1^2;$$

Агар кувурнинг бошланғич кесимида оқимнинг бирдан ҳосил бўлган даврийлигини иккали фазанинг ўрта расходига тенг таъсир этишини инобатга олсак, хусусий ҳол учун $\lambda = 1$ деб қабул қилиш мумкин. Чегаравий шартда P_c –

ташқи муҳитнинг босими, α – кувур деворининг ўтказувчанлик коэффиценти.

Босимни аниқлаш учун сунъий сиқиш методини қўлаймиз. Унга кўра иккинчи фазанинг узлуксизлик тенгламасига кичик релаксацион параметр киритилди.

Биз шакллантирган масаланинг сонли реализациясини кўрамиз.

Ўзгарувчан йўналиш схемасини қурганда (4) ва (6) тенгламалар системасига топиладиган u^k , u^{k+1} асосий тўрли функция қиймалари билан бирга $t = t_{k+1/2} = t_{k+0.5t}$, учун оралиқ қийматларини киритамиз ва бу K қаватдан $K+1$ қаватга ўтиш $0,5 t$ қадам билан икки босқичда амалга оширилади $u^k - u^{k+1/2} - u^{k+1}$, бунда қадам $0,5 t$.

Ҳар бир ярим қадамда фазаларнинг тезлик майдонини прогонка усули орқали топамиз. Итерация ҳар бир бутун (ҳақиқий) қадамда олдиндан берилган аниқликда амалга оширилади.

(4)-(6) тенгламалар системасини қуйидагича тасвирлаш мумкин:

$$q_1^\xi f_i \frac{\partial u_i^j}{\partial t} + \sum_{k=1}^2 L(V_i^j) + \frac{1}{\alpha_i} q_1^\xi f_i \frac{\partial P}{(L)^{\delta_j^2} \partial q_j} -$$

$$- \frac{1}{Re_i} q_1^\xi K(u_{3-i}^i - u_i^j) - \frac{1}{\alpha_i} \xi \phi_i^j = F_2 q_1^\xi f_i; \quad (8)$$

$$\frac{\partial f_1}{\partial t} + \sum_{k=1}^2 \frac{\partial}{(L)^{\delta_k^2} \partial q} (q_1^\xi f_i u_i^k) = 0; \quad (9)$$

$$\varepsilon \frac{\partial p}{\partial t} + \sum_{k=1}^2 \frac{\partial}{(L)^{\delta_k^2} \partial q} (q_1^\xi f_i u_i^k) = 0; \quad (10)$$

$$f_1 + f_2 = 1; \quad i, j = 1, 2 \quad (11)$$

бу ерда:

$$\begin{aligned}
L_k^m(V_i^j) = & q_1^\xi f_i u_i^k \frac{\partial u_i^j}{(L)^{\delta_k^2} \partial q_k} - \\
& - \frac{1}{\alpha_i} \left(1 + \frac{\delta_j^k}{3} \right) \frac{\partial}{(L)^{\delta_k^2} \partial q_k} \left(q_1^\xi f_i \frac{\partial u_i^j}{\partial q_k} \right) - \\
& - \frac{1}{\alpha_i} \left(1 - \frac{5}{3} \delta_j^k \right) \frac{\partial}{L \partial q_k} \left(q_1^\xi f_i \frac{\partial u_i^{3-j}}{\partial q_{3-k}} \right) + \\
& + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^2 u_i^k \frac{\partial (q_1^\xi f_i u_i^k)}{(L)^{\delta_k^2} \partial q_k};
\end{aligned}$$

Бу ерда L_k да K бўйича йиғинди йўқ.

Бу система (5) дан қуйидаги қўшимча ҳад билан фарқ қилади:

$$\frac{1}{2} \sum_{k=1}^2 u_i^k \frac{\partial (q_1^\xi f_i u_i^k)}{(L)^{\delta_k^2} \partial q_k};$$

Ҳаракатнинг турли тенгламасида ушбу ҳадни қўшганда нозизиқли ҳадларни олдинги вақт қаватидан олиш мумкин ва чекли тенгламаларни фазалар тезлигига нисбатан чизиқли олиш мумкин.

(8)-(11) тенламалар системаси учун ўзгарувчан йўналишли методнинг умумлашган схемани ёзамиз:

$$\begin{aligned}
& \frac{1}{\Delta t} q_1^\xi f_i^{m-\frac{k}{2}} \left(u_i^{j, m-\frac{k-1}{2}} - u_i^{j, m-\frac{k}{2}} \right) + L_k^m(V_i^j)^{m-\frac{k-1}{2}} + \\
& + \frac{1}{\alpha_i} \delta_j^k q_1^\xi f_i^{m-\frac{k-1}{2}} P_{q_k}^{m-\frac{k-1}{2}} \frac{1}{(L)^{\delta_j^2}} - 0,5 \frac{1}{\text{Re}_i} q_1^\xi K(u_{3-i}^j - u_i^j)^{m-\frac{k-1}{2}} - \\
& - 0,5 \frac{1}{\alpha_i} \xi \phi_i^j^{m-\frac{k-1}{2}} = 0,5 F_2 q_1^\xi f_i^{m-\frac{k-1}{2}}; \tag{12}
\end{aligned}$$

$$\frac{1}{\Delta t} \left(f_1^{m-\frac{k-1}{2}} - f_1^{m-\frac{k}{2}} \right) + \sum_{i=1}^2 \left(q_1^\xi f_i u_i^k \right)_{\bar{q}_k}^{m-\frac{k-1}{2}} \frac{1}{(L)^{\delta_k^2}} = 0; \quad (13)$$

$$\frac{\varepsilon}{\Delta t} \left(P^{m-\frac{k-1}{2}} - P^{m-\frac{k}{2}} \right) + \sum_{i=1}^2 \left(q_1^\xi f_i u_i^k \right)_{\bar{q}_k}^{m-\frac{k-1}{2}} \frac{1}{(L)^{\delta_k^2}} = 0; \quad (14)$$

$$f_2^{m-\frac{k-1}{2}} = 1 - f_1^{m-\frac{k-1}{2}}; \quad (15)$$

бу ерда:

$$\begin{aligned} L_k^m (V_i^j)^{m-\frac{k-1}{2}} &= 0,5 q_1^\xi f_i^{m-\frac{k}{2}} u_i^k u_{i\bar{q}_k}^{j, m-\frac{k-1}{2}} \frac{1}{(L)^{\delta_k^2}} - \\ &- \frac{1}{\alpha_i} \left(1 + \frac{\delta_j^k}{3} \right) \left(q_1^\xi f_i^{m-\frac{k}{2}} u_{i\bar{q}_k}^{j, m-\frac{k-1}{2}} \right)_{q_k} \frac{1}{(L^2)^{\delta_k^2}} - \\ &- \frac{1}{\alpha_i} \left(1 - \frac{5}{3} \delta_j^k \right) \left(q_1^\xi f_i^{m-\frac{k}{2}} u_{i\bar{q}_{3-k}}^{3-j, m-\frac{k-1}{2}} \right)_{q_k} \frac{1}{L} + \\ &+ \frac{1}{2(L)^{\delta_k^2}} \sum_{i=1}^2 \left(q_1^\xi f_i^{m-\frac{k}{2}} u_{i\bar{q}_k}^{k, m-\frac{k}{2}} \right) u_i^{j, m-\frac{k-1}{2}}; \\ \phi_i^{1, m-\frac{k-1}{2}} &= -\frac{2}{3} \sum_{k=1}^2 q_1^{+k} u_i^k \left(\frac{f_i}{q_1} \right)_{\bar{q}_k}^{m-\frac{k-1}{2}} \frac{1}{(L)^{\delta_k^2}} + \\ &+ \frac{2}{3L} (f_i u_i^2)_{\bar{q}_2}^{m-\frac{k-1}{2}} - 2 \left(\frac{f_i u_i^1}{q_1} \right)^{m-\frac{k-1}{2}}; \\ \phi_i^{2, m-\frac{k-1}{2}} &= -\frac{2}{3} (f_i u_i^1)_{\bar{q}_k}^{m-\frac{k-1}{2}}; \end{aligned}$$

Бу ерда куйидаги белгилашлар келтирилган:

$$u_{q_k} = (u(q + h e^k, t) - u(q, t)) / h;$$

$$u_{\bar{q}_k} = (u(q, t) - u(q - h e^k, t)) / h;$$

ва q_k бўйича силжишлар:

$$u^{k\pm}(q, t) = u(q \pm h e^k, t)$$

бу ерда:

e^k – орт, у q_k ўқ бўйича йўналтирилган;

$h - q$ бўйича қадам

$\Delta t - t$ бўйича қадам.

u_i^j , f_i , P ноъмалумларнинг юқоридаги индекси ҳисоб олиб бориладиган қатламнинг рақамини билдиради. Шунингдек, (12) -(15) тенгламалар системасида $K=1$ бўлганда бутун қадам ва $K=2$ бўлганда ярим қадамга эга бўламиз.

(12)-(15) системанинг q_1 ярим қадамдаги чекли айирмалар аппроксимацияси индексли ёзувда қуйидаги кўринишни олади:

$$\begin{aligned} & \frac{1}{\alpha_i} q_{1l.n}^{\xi} f_{il.n}^{m-\frac{1}{2}} \frac{\delta_j^2}{h(L)^{\delta_j^2}} \left(P_{l+1.n}^{m-\frac{1}{2}} - P_{l.n}^{m-\frac{1}{2}} \right) - \\ & \frac{1}{2 \operatorname{Re}_i} q_{1l.n}^{\xi} K \left(u_{3-i l.n}^{j m-\frac{1}{2}} - u_{i l.n}^{j m-\frac{1}{2}} \right) - \\ & - 0,5 \frac{1}{\alpha_i} \xi \phi_i^j f_{il.n}^{m-\frac{1}{2}} = 0,5 F_2 q_{1l.n}^{\xi} f_{il.n}^{m-\frac{1}{2}}; \end{aligned} \quad (16)$$

$$\begin{aligned} & \frac{1}{\Delta t} \left(f_{1l.n}^{m-\frac{1}{2}} - f_{1l.n}^{m-1} \right) + \frac{1}{Lh} \left(q_{1l.n}^{\xi} f_{1l.n}^{m-\frac{1}{2}} u_{1l.n}^{2 m-\frac{1}{2}} - \right. \\ & \left. - q_{1l-1.n}^{\xi} f_{1l-1.n}^{m-\frac{1}{2}} u_{1l-1.n}^{2 m-\frac{1}{2}} \right) = 0; \end{aligned} \quad (17)$$

$$f_{2\ l,n}^{m-\frac{1}{2}} = 1 - f_{1\ l,n}^{m-\frac{1}{2}}; \quad (18)$$

$$\begin{aligned} & \frac{\varepsilon}{\Delta t} \left(P_{l,n}^{m-\frac{1}{2}} - P_{l,n}^{m-1} \right) + \frac{1}{Lh} \left(q_{1\ l,n}^\xi f_{1\ l,n}^{m-\frac{1}{2}} u_{1\ l,n}^{2^{m-\frac{1}{2}}} - \right. \\ & \left. - q_{1\ l-1,n}^\xi f_{1\ l-1,n}^{m-\frac{1}{2}} u_{1\ l-1,n}^{2^{m-\frac{1}{2}}} \right) + \frac{1}{Lh} \left(q_{1\ l,n}^\xi f_{2\ l,n}^{m-\frac{1}{2}} u_{2\ l,n}^{2^{m-\frac{1}{2}}} - \right. \\ & \left. - q_{1\ l-1,n}^\xi f_{2\ l-1,n}^{m-\frac{1}{2}} u_{2\ l-1,n}^{2^{m-\frac{1}{2}}} \right); \end{aligned} \quad (19)$$

бу ерда:

$$\begin{aligned} & L_2^m \left(u_i^{j^{m-\frac{1}{2}}} \right) = 0,5 q_{1\ l,n}^\xi f_{i\ l,n}^{m-1} u_{i\ l,n}^{2^{m-1}} \frac{1}{Lh} \left(u_{i\ l,n}^{j^{m-\frac{1}{2}}} - u_{i\ l-1,n}^{j^{m-\frac{1}{2}}} \right) + \\ & + \frac{1}{2Lh} \sum_{i=1}^2 \left(q_{1\ l,n}^\xi f_{i\ l,n}^{m-1} u_{i\ l,n}^{2^{m-1}} - q_{1\ l-1,n}^\xi f_{i\ l-1,n}^{m-1} u_{i\ l-1,n}^{2^{m-1}} \right) \times \\ & u_{i\ l,n}^{j^{m-\frac{1}{2}}} - \frac{1}{\alpha_i} \left(1 + \frac{\delta_j^2}{3} \right) \left(q_{1\ l+1,n}^\xi f_{i\ l+1,n}^{m-1} \left(u_{i\ l+1,n}^{j^{m-\frac{1}{2}}} - u_{i\ l,n}^{j^{m-\frac{1}{2}}} \right) - \right. \\ & \left. - q_{1\ l,n}^\xi f_{i\ l,n}^{m-1} - \left(u_{i\ l,n}^{j^{m-\frac{1}{2}}} - u_{i\ l-1,n}^{j^{m-\frac{1}{2}}} \right) \frac{1}{h^2 L^2} - \right. \\ & \left. - \frac{1}{\alpha_i} \left(1 - \frac{5}{3} \delta_j^k \right) \left(q_{1\ l+1,n}^\xi f_{i\ l+1,n}^{m-1} \left(u_{i\ l+1,n}^{3-j^{m-1}} - u_{i\ l+1,n+1}^{3-j^{m-1}} \right) - \right. \\ & \left. - q_{1\ l,n}^\xi f_{i\ l,n}^{m-1} - \left(u_{i\ l,n}^{3-j^{m-1}} - u_{i\ l-1,n}^{3-j^{m-1}} \right) \frac{1}{hh_1 L} \right); \\ & \phi_1^{2^{m-\frac{1}{2}}} = -\frac{2}{3} q_{1\ l,n} u_{i\ l+1,n}^{2^{m-\frac{1}{2}}} - \frac{1}{L} \left(\frac{f_{i\ l,n}^{m-\frac{1}{2}} - f_{i\ l-1,n}^{m-\frac{1}{2}}}{q_{1\ l,n} - q_{1\ l-1,n}} \right) + \\ & + \frac{2}{3} \left(f_{i\ l,n}^{m-\frac{1}{2}} u_{i\ l,n}^{2^{m-\frac{1}{2}}} - f_{i\ l,n}^{m-\frac{1}{2}} u_{i\ l,n-1}^{2^{m-\frac{1}{2}}} \right) \frac{1}{hL} - 2 \left(\frac{f_i u_i^1}{q_1} \right)_{l,n}^{m-\frac{1}{2}}; \end{aligned}$$

$$\phi_i^{1^{m-\frac{1}{2}}} = -\frac{2}{3} \left(f_{i \ l, n}^{m-\frac{1}{2}} u_{i \ l, n}^{1^{m-\frac{1}{2}}} - f_{i \ l, n-1}^{m-\frac{1}{2}} u_{i \ l, n-1}^{1^{m-\frac{1}{2}}} \right) \frac{1}{hL};$$

Биринчи ярим кадамда фазаларнинг концентрациясини ва босимни (17)-(19) тенгламалардан топамиз:

$$f_{1 \ l, n}^{s+1^{m-\frac{1}{2}}} = f_{1 \ l, n}^{s^{m-1}} + \frac{\Delta t}{Lh} \left(q_{1 \ l, n}^{\xi} f_{1 \ l, n}^{m-\frac{1}{2}} u_{1 \ l, n}^{2^{m-\frac{1}{2}}} - \right. \\ \left. - q_{1 \ l-1, n}^{\xi} f_{1 \ l-1, n}^{m-\frac{1}{2}} u_{1 \ l-1, n}^{2^{m-\frac{1}{2}}} \right)^s; \quad (20)$$

$$f_{2 \ l, n}^{s+1^{m-\frac{1}{2}}} = 1 - f_{1 \ l, n}^{s+1^{m-\frac{1}{2}}}; \quad (21)$$

$$P_{l, n}^{s+1^{m-\frac{1}{2}}} = P_{l, n}^{s^{m-1}} + \frac{\Delta t}{\varepsilon Lh} \left(q_{1 \ l, n}^{\xi} f_{1 \ l, n}^{m-\frac{1}{2}} u_{1 \ l, n}^{2^{m-\frac{1}{2}}} - \right. \\ \left. - q_{1 \ l-1, n}^{\xi} f_{1 \ l-1, n}^{m-\frac{1}{2}} u_{1 \ l-1, n}^{2^{m-\frac{1}{2}}} \right) + \frac{\Delta t}{\varepsilon Lh} \left(q_{1 \ l, n}^{\xi} f_{2 \ l, n}^{m-\frac{1}{2}} u_{2 \ l, n}^{2^{m-\frac{1}{2}}} - \right. \\ \left. - q_{1 \ l-1, n}^{\xi} f_{2 \ l-1, n}^{m-\frac{1}{2}} u_{2 \ l-1, n}^{2^{m-\frac{1}{2}}} \right); \quad (22)$$

Тезликлар майдонини биринчи ярим кадамда топиш учун (16) тенгламани, прогонка методини қўллаш қулай бўлиши учун қуйидагича ифодалаймиз:

$$\left[\frac{1}{2hL} q_{1 \ l, n}^{\xi} f_{i \ l, n}^{m-1} u_{i \ l, n}^{2^{m-1}} + \frac{1}{\alpha_1} \left(1 + \frac{\delta_j^2}{3} \right) \times \right. \\ \left. \times \frac{1}{h^2 L^2} q_{1 \ l, n}^{\xi} f_{i \ l, n}^{m-1} \right] u_{i \ l-1, n}^{j^{m-\frac{1}{2}}} - \left[-\frac{1}{\Delta t} q_{1 \ l, n}^{\xi} f_{i \ l, n}^{m-1} - \right. \\ \left. - \frac{2}{2hL} q_{1 \ l, n}^{\xi} f_{i \ l, n}^{m-1} u_{i \ l, n}^{2^{m-1}} - \frac{1}{2Lh} \sum_{i=1}^2 \left(q_{1 \ l, n}^{\xi} f_{i \ l, n}^{m-1} u_{i \ l, n}^{2^{m-1}} - \right. \right. \\ \left. \left. - q_{1 \ l-1, n}^{\xi} f_{i \ l-1, n}^{m-1} u_{i \ l-1, n}^{2^{m-1}} \right) - \frac{1}{\alpha_i} \left(1 + \frac{\delta_j^2}{3} \right) \times \right.$$

$$\begin{aligned}
& \times \frac{1}{h^2 L^2} q_{1\ l+1.n}^\xi f_{i\ l+1.n}^{m-1} + q_{1\ l.n}^\xi f_{i\ l.n}^{m-1} - \\
& - \frac{1}{2 \operatorname{Re}_i} q_{1\ l.n}^\xi K \left[u_{i\ l.n}^{j\ m-\frac{1}{2}} + \left[\frac{1}{\alpha_i} \left(1 + \frac{\delta_j^2}{3} \right) \times \right. \right. \\
& \quad \left. \left. \times \frac{1}{h^2 L^2} q_{1\ l+1.n}^\xi f_{i\ l+1.n}^{m-1} \right] u_{i\ l+1.n}^{j\ m-\frac{1}{2}} \right] = \\
& = \frac{1}{\Delta t} q_{1\ l.n}^\xi f_{i\ l.n}^{m-1} u_{i\ l.n}^{j\ m-1} + \frac{1}{\alpha_i} \left(1 - \frac{5}{3} \delta_j^2 \right) \frac{1}{h h_1 L} \times \\
& \times \left(q_{1\ l+1.n}^\xi f_{i\ l+1.n}^{m-1} \left(u_{i\ l+1.n}^{3-j\ m-1} - u_{i\ l+1.n+1}^{3-j\ m-1} \right) - q_{1\ l.n}^\xi f_{i\ l.n}^{m-1} \left(u_{i\ l.n}^{3-j\ m-1} - u_{i\ l-1.n}^{3-j\ m-1} \right) \right) - \\
& - \frac{1}{\alpha_i} q_{1\ l.n}^\xi f_{i\ l.n}^{m-\frac{1}{2}} \frac{\delta_j^2}{h(L)^{\delta_j^2}} \left(P_{l+1.n}^{m-\frac{1}{2}} - P_{l.n}^{m-\frac{1}{2}} \right) + \\
& + \frac{1}{2\alpha_i} \xi \phi_i^j u_{i\ l.n}^{j\ m-\frac{1}{2}} + \frac{F_2}{2} q_{1\ l.n}^\xi f_{i\ l.n}^{m-\frac{1}{2}} + \frac{1}{2 \operatorname{Re}_i} q_{1\ l.n}^\xi K u_{3-i\ l.n}^{j\ m-\frac{1}{2}};
\end{aligned}$$

(1.36) тенгламанинг биринчи қисмида ва прогонка коэффициентларида катнашаётган $f_i^{m-\frac{1}{2}}$, $P^{m-\frac{1}{2}}$ ноъмалумларни $S+1$ билан (1.33)-(1.34) узлуксизлик тенгламасидан, шунингдек (1.34) муносабатдан топилган қуйидаги яқинлашлар билан $f_i^{s+1\ m-\frac{1}{2}}$, $P^{s+1\ m-\frac{1}{2}}$ алмаштирамиз.

$u_{3-i\ l.n}^{j\ m-\frac{1}{2}}$ ва ϕ_i^j , фақат ўша ўнг қисмда катнашувчи функцияларни эса, S яқинлашиш билан алмаштирамиз.

Унда (1.36) чекли айирмали тенгламани қуйидагича ёзиш мумкин:

$$\begin{aligned}
& s j^{m-\frac{1}{2}} \quad s+1 \quad j^{m-\frac{1}{2}} \quad s j^{m-\frac{1}{2}} \quad s+1 \quad j^{m-\frac{1}{2}} \\
& A_{i\ l.n} \quad u_{i\ l-1.n} - B_{i\ l.n} \quad u_{i\ l.n} +
\end{aligned}$$

$$+ \frac{s_j^{m-\frac{1}{2}}}{C_{i\ l.n}} \frac{s_{+1}}{u_{i\ l+1.n}} j^{m-\frac{1}{2}} = - \frac{s_j^{m-\frac{1}{2}}}{F_{i\ l.n}} ;$$

бу ерда:

$$\begin{aligned} A_{i\ l.n}^{sj\ m-\frac{1}{2}} &= \frac{1}{2hL} q_{1\ l.n}^{\xi} f_{i\ l.n}^{m-1} u_{i\ l.n}^{2^{m-1}} + \frac{1}{\alpha_i} \left(1 + \frac{\delta_j^2}{3} \right) \times \\ &\times \frac{1}{h^2 L^2} q_{1\ l.n}^{\xi} f_{i\ l.n}^{m-1}; \\ B_{i\ l.n}^{sj} &= -\frac{1}{\Delta t} q_{1\ l.n}^{\xi} f_{i\ l.n}^{m-1} - \frac{1}{2hL} q_{1\ l.n}^{\xi} f_{i\ l.n}^{m-1} u_{i\ l.n}^2 - \\ &- \frac{1}{2Lh} \sum_{i=1}^2 \left(q_{1\ l.n}^{\xi} f_{i\ l.n}^{m-1} u_{i\ l.n}^{2^{m-1}} - q_{1\ l-1.n}^{\xi} f_{i\ l-1.n}^{m-1} u_{i\ l-1.n}^{2^{m-1}} \right) - \\ &- \frac{1}{\alpha_i} \left(1 + \frac{\delta_j^2}{3} \right) \frac{1}{h^2 L^2} q_{1\ l+1.n}^{\xi} f_{i\ l+1.n}^{m-1} + q_{1\ l.n}^{\xi} f_{i\ l.n}^{m-1} - \frac{1}{2\text{Re}_i} q_{1\ l.n}^{\xi} K; \\ C_{i\ l.n}^{sj\ m-\frac{1}{2}} &= \frac{1}{\alpha_i} \left(1 + \frac{\delta_j^2}{3} \right) \frac{1}{h^2 L^2} q_{1\ l+1.n}^{\xi} f_{i\ l+1.n}^{m-1}; \\ F_{i\ l.n}^{sj\ m-\frac{1}{2}} &= \frac{1}{\Delta t} q_{1\ l.n}^{\xi} f_{i\ l.n}^{m-1} u_{i\ l.n}^{j^{m-1}} + \frac{1}{\alpha_i} \left(1 - \frac{5}{3} \delta_j^k \right) \times \\ &\times \frac{1}{hh_1 L} \left(q_{1\ l+1.n}^{\xi} f_{i\ l+1.n}^{m-1} \left(u_{i\ l+1.n}^{3-j^{m-1}} - u_{i\ l+1.n+1}^{3-j^{m-1}} \right) - \right. \\ &- \left. q_{1\ l.n}^{\xi} f_{i\ l.n}^{m-1} - \left(u_{i\ l.n}^{3-j^{m-1}} - u_{i\ l-1.n}^{3-j^{m-1}} \right) \right) - \\ &- \frac{1}{\alpha_i} q_{1\ l.n}^{\xi} f_{i\ l.n}^{m-1} \frac{\delta_j^2}{h(L)^{\delta_j^2}} (P_{l+1.n} - P_{l.n}) + \\ &+ \frac{1}{2\alpha_i} \xi \phi_i^{j\ m-\frac{1}{2}} + \frac{F_2}{2} q_{1\ l.n}^{\xi} f_{i\ l.n}^{m-\frac{1}{2}} + \frac{1}{2\text{Re}_i} q_{1\ l.n}^{\xi} K u_{3-i\ l.n}^{j\ m-\frac{1}{2}}; \end{aligned}$$

Аналитик тарзда $K=1$ бўлганда (7)-(10) тенгламалардан бутун кадам учун чекли айирмалар аппроксимациясини олиш мумкин.

Аппроксимацион система бутун ва ярим қадамларда $\xi=0$ бўлганда икки фазали муҳитларнинг ҳаракатининг чекли тенгламалар системасининг декарт координалалар системасидаги ҳаракатига ўтади. Шунинг учун модели тенгламалар системаси Фруд сонини инобатга олган.

Шундай қилиб, ўзгарувчан йўналишли метод асосида ишлаб чиқилган универсал алгоритм, икки фазали муҳитларнинг параметрларини осесимметрик ва текис ҳолатдаги вертикал қувурларда ҳаракатини тадқиқот қилиш имконини беради.

Ўзгарувчан йўналиш методи асосида икки фазали ёпишқоқ аралашмаларнинг қувурлардаги ҳаракатини тадқиқот қилишимизда олинган натижаларнинг тўғрилагини текшириш учун уларни экспериментал ишлар билан солиштириш керак. Лекин ҳозирги кунга қадар бундай экспериментал тадқиқотлар бажарилмаганлиги учун биз юқорида келтирилган тенгламалар системасини марш методи асосида ечиб, уни олдинги ўзгарувчан йўналишли метод асосида олинган натажалар билан солиштириш имкониятига эга бўламиз.

Маълумки, ҳозирги кунда хусусий ҳосилали дифференциал тенгламани тақрибий ечиш бўйича кўплаб сонли усуллар ишлаб чиқилган. Ушбу усулларнинг аксарияти хусусий ҳосилали тенгламалар системасини алгебраик тенгламалар системасига аппроксимация қилиш орқали ўтқазишга ва топилган коэффицентлар асосида прогонка усулини қўллаш орқали масалани ечишга асосланган.

Биз олдинги бўлимда ўлчамсиз ҳолга келтирилган тенгламалар системасини ечишда марш методини қўллаймиз / 24/.

Ушбу усулга кўра бизнинг тенгламамиздаги айрим ҳадларни қуйидагича аппроксимация қиламиз:

$$A \frac{\partial F}{\partial t} \Big|_{i,j} = A_{i,j}^S \frac{F_{i,j}^{S-1} - F_{i,j}^S}{\Delta t}$$

$$A \frac{\partial F}{\partial \xi} \Big|_{i,j} = A_{i,j}^S \frac{F_{i,j}^{S+1} - F_{i-1,j}^{S+1}}{\Delta \xi}$$

$$A \frac{\partial F}{\partial \eta} \Big|_{i,j} = A_{i,j}^S \frac{F_{i,j+1}^{S+1} - F_{i,j-1}^{S+1}}{2\Delta \eta}$$

$$\frac{\partial}{\partial \eta} \left(A \frac{\partial F}{\partial \eta} \right) \Big|_{i,j} = \frac{A_{i,j+1}^S (F_{i,j+\frac{1}{2}}^{S+1} - F_{i,j}^{S+1}) - A_{i,j-\frac{1}{2}}^S (F_{i,j}^{S+1} - F_{i,j-1}^{S+1})}{\Delta \eta^2}$$

$$\frac{\partial}{\partial \eta} \left(A \frac{\partial F}{\partial \xi} \right) \Big|_{i,j} = \frac{A_{i,j+1}^S (F_{i+1,j+1}^S - F_{i-1,j+1}^{S+1}) - A_{i,j+1}^S (F_{i+1,j-1}^S - F_{i-1,j+1}^{S+1})}{4\Delta \eta \Delta \xi}$$

$$\frac{\partial}{\partial \xi} \left(A \frac{\partial F}{\partial \eta} \right) \Big|_{i,j} = \frac{A_{i+1,j+1}^S (F_{i+1,j+1}^S - F_{i+1,j-1}^S) - A_{i-1,j}^S (F_{i-1,j+1}^{S+1} - F_{i-1,j-1}^{S+1})}{4\Delta \xi \Delta \eta}$$

$$\frac{\partial}{\partial \xi} \left(A \frac{\partial F}{\partial \xi} \right) \Big|_{i,j} = \frac{A_{i+\frac{1}{2},j}^S (F_{i+1,j}^S - F_{i,j}^{S+1}) - A_{i-\frac{1}{2},j}^S (F_{i,j}^{S+1} - F_{i-1,j}^{S+1})}{\Delta \xi^2}$$

Бу ерда $\eta - x_2$; $\xi - x_1$;

A ва F – концентрация, тезликлар, босим ва айрим константаларнинг турли комбинациялари.

Айрим ҳадлар қуйидагича ҳисобланади:

$j+1$ – ҳисобловчи қатлам ҳисобланади.

$$A_{i+\frac{1}{2},j} = 0.5(A_{i+1,j} + A_{i,j})$$

$$A_{i-\frac{1}{2},j} = 0.5(A_{i,j} + A_{i-1,j})$$

$$A_{i,j+\frac{1}{2}} = 0.5(A_{i,j+1} - A_{i,j})$$

$$A_{i,j-\frac{1}{2}} = 0.5(A_{i,j} - A_{i,j-1})$$

Аппроксимация қилинадиган ҳадлар итерация жараёнида ўзгарадиган ўзгарувчиларнинг қийматларини учта кўндаланг қатламда аниқлашни талаб қилади.

Олдинги бўлимда келтирилган тенгламалар системаси ушбу ифодалар асосида аппроксимация қилингандан сўнг, биз прогонка коэффициентларини аниқлаймиз ва прогонка усулини қўллаб номаълумларни қатламларда аниқлаб борамиз.

Номаълумлар қуйидаги кетма-кетликда аниқланади.

$f_1 + f_2 = 1$ тенгликдан биринчи фазанинг концентрацияси аниқланади.

Иккинчи фаза учун ёзилган узлуксизлик тенгламасидан умумий босим топилади. Ҳаракат тенгламаси U_1, U_2, V_1, V_2 - лар учун алоҳида очиб ёзилган ҳолда ҳар бири ўз тенгламаси орқали аниқланади.

Яқинлашиш қуйидаги мезон асосида аниқланади:

$$\left| U_{1i,j}^{n\Delta t+m} - U_{1i,j}^{\Delta\Delta t} \right| < \varepsilon ;$$

Бу ерда $\varepsilon = 10^{-3}$;

n-вақт бўйича қадам;

m-циклни айланиш даври;

Юқорида келтирилган аппроксимация формулалари асосида тенгламалар системаси алгебраик тенгламалар системасига келтирамиз ва қўйилган масаланинг моҳиятига қараб бошланғич ва чегаравий шартлар қўйилади. Белгиланган бошлашғич ва чегаравий шартлар асосида алгебраик тенгламалар системаси учун Паскал алгоритмик тилида дастур тузилди. Дастур листинги иловада келтирилган.

II-боб бўйича хулоса

Ушбу бобда математик моделлаштириш ва унинг фан-техника тараққиётидаги ўрни таҳлил этилди. Математик моделлаштириш соҳасида дунё олимлари билан бир қаторда ўзбек олимларидан академиклар С.Х.Сирожиддинов, Ҳ.А.Рахматулин, М.Салоҳиддинов, В.К.Кобулов, А.Н.Пирмухаммедовларнинг илмий ишлари диққатга сазоввор эканлиги таъкидланди.

Гидродинамика масалаларни ечишда, хусусан суюқлик ва газларнинг ҳамда кўп фазали муҳитларнинг ҳаракати, диффузия ҳодисаси, туташ муҳитлар механикасидаги турли тебранишлар ва шунга ўхшаган масалалар математика тилига ўтказилганда дифференциал тенглама ёки тенгламалар системасига келишини ҳисобга олиб, ҳозирги пайтда кенг қўлланилаётган чекли айирмалар усули таҳлил этилди.

Дунё олимлари томонидан кўп фазали муҳитлар оқимларини тадқиқот қилишда математик моделлаштиришнинг аҳамияти ва хусусий ҳосилали дифференциал тенгламаларни сонли ечиш методлари мисолларда ўрганиб чиқилди. Бу соҳада ўзбек олимлари ҳам муносиб ҳисса қўшиб келганликлари белгиланди. Айниқса, Ҳ.А. Рахматуллин, Д. Ф. Файзуллаев, А.И. Умаров, А.А.Хамидов, С.И.Худойкуловларнинг илмий ишлари кўп фазали муҳитлар механикаси соҳасида катта амалий аҳамият касб этиши таъкидланди.

Нефт сткажиналардаги бурғулаш жараёнидаги гидродинамик параметрларни аниқлаш масалаларини тадқиқот қилишда буюк ўзбек олими академик Ҳ.А. Рахматулин томонидан ишлаб чиқилган математик модель асос қилиб олинди.

Шунингдек, мазкур моделни чекли айирмалар назариясига асосланиб, ўзгарувчан йўналишли метод асосида ечиш алгоритми ишлаб чиқилди. Икки фазали ёпишқоқ муҳитларнинг қувурлардаги ҳаракатини сонли моделлаштириш бир қатор масалаларни ечишда ва вертикал қувурлардаги пульсацияли ва ламинар оқимни тадқиқот қилишда ва гидродинамик параметрларни аниқлашда асос қилиб олинди.

Қўйилган ностационар икки ўлчовли хусусий ҳосилали дифференциал тенгламаларни чекли айирмаларга ўтказилиб, уларни ечиш учун ўзгарувчан йўналишлар усули қўлланилди ва прогонка методи асосида ечимлар аниқланди.

Олинган натижаларни нефт скважиналарида кечадиган гидродинамик параметрларни тадқиқот қилишда ҳамда оқим структурасини аниқлашда фойдаланиш мумкин.

III. боб. Нефт аралашмаларининг вертикал қувурлардаги ҳаракатини тадқиқот қилиш

1. Икки фазали нефт аралашмаларининг вертикал қувурлардаги ламинар ҳаракатини тадқиқот қилиш

Бизга вертикал оқим бўйлаб диаметри ўзгармас бўлган нефт қувури берилган бўлиб, унда икки фазали қовушқоқ муҳит (аралашма) оқаётган бўлсин. Оқим Пуазейл, яъни кириш қисмида қандайдир босим градиенти текис ҳолда берилган. Оқим парабола кўринишида бўлгандан сўнг уни ностационар, беқарор оқим, яъни вақтга боғлиқ равишда параметрлари ҳам ўзгарувчан деб ҳисоблаймиз.

Деворлари ўтказувчанликка эга бўлмаган қувурлардаги икки фазали муҳитларнинг Пуазейл ҳаракатини қараймиз. Пуазейл оқимлар гидродинамикаси фазаларнинг ўзгарувчи ҳажмий ҳиссали беқарор икки ўлчовли ҳаракат ва узлуксизлик тенгламалари ёрдамида ўрганилади. Олдинги бобда таъкидлаганимиздек, икки фазали муҳитларнинг ўзаро киришувчи модели цилиндрик координаталарда симметрик ҳолдаги оқимини ўлчовсиз тенгламалар системасини қуйидагича ёзамиз.

$$x_1^\xi f_i \frac{\partial u_i^j}{\partial t} + \sum_{k=1}^2 x_1^\xi f_i u_i^k \frac{1}{L \delta_k^2} \frac{\partial u_i^j}{\partial x_k} = -\frac{M}{a_i} x_i^j f_i \frac{1}{L \delta_k^2} \frac{\partial P}{\partial x_j} +$$

$$+ \frac{1}{a_i} \sum_{k=1}^2 \left(1 + \frac{\delta_j^k}{3}\right) \frac{1}{L^2 \delta_k^2} \frac{\partial}{\partial x_k} \left(x_1^\xi f_i \frac{\partial u_i^j}{\partial x_k}\right) +$$

$$+ \frac{M}{Re_i} x_1^\xi K(u_{3-j}^j - u_i^j) + Fr_2 x_1^\xi f_i; \quad (1.1)$$

$$\frac{\partial f_i}{\partial t} + \sum_{k=1}^2 \frac{\partial (f_i U_i^k)}{\partial x_k} + \xi \frac{f_i U_i^j}{x_1} = 0; \quad (1.2)$$

Бу ерда a -заррача радиуси

$Re_i = RU_{cp} / \nu_i$ - Рейнольдснинг i -фаза учун ўлчамсиз сони

$Fr_2^{-1} = gR / U_{cp}$ - иккинчи фазанинг Фруд сони

$M = \mu_1 / \mu_i$ - ўлчамсиз сон

X_1, X_2 - бўйлама ва кўндаланг координаталар

δ_j^k - Кронекер сони

L – физик соҳани бирлик квадратга келтирувчи ўлчовсиз қиймат.

Олдинги бобда (1.1-1.2) тенгламалар системаси учун ҳисоблаш алгоритми тузилган эди. Унда иккинчи даражали аниқликдаги аппроксимацияга эга чекли айирмалар схема қурилган.

Ҳосил бўлган алгебраик тенгламалар системаси ўзгарувчан йўналишлар кетма-кет яқинлашиш усули билан ечилди.

(1.1) тенгламадан тезликлар майдони аниқланади. Биринчи фаза концентрацияси f_1 биринчи фаза учун ёзилган узлуксизлик тенгламасидан топилади. Иккинчи фаза концентрацияси f_2 эса $f_1 + f_2 = 1$ ифодадан топилади. Босим эса иккинчи фаза учун ёзилган узлуксизлик тенгламасидан топилади.

Ҳосил бўлган универсал алгоритм асосида ҳисоблаш дастури тузилди.

(1.1-1.2) тенгламалар системаси учун бошланғич ва чегаравий шартларни ёзамиз. Бошланғич ҳолда икки фазали оқим тинч турибди деб ҳисоблаймиз. $t > 0$ дан бошлаб оқимнинг беқарорлигини берувчи даврий формадаги босим градиенти ҳосил бўлади.

Агар бунга қувур деворига суюқликни ёпишиш шартини ва қувур ўқидаги симметриклик шартини қўшадиган бўлсак, бошланғич ва чегаравий шартлар қуйидагича ёзилиши мумкин:

$t=0$ да : $U_i^j = 0, f_i = f_{0i} \quad 0 < x_1 < 1 ; 0 < x_2 < 1$ учун

$t > 0$ да : $x_2 = 0, P = A_0, U_i^j = 0, f_i = f_{0i}, \quad 0 < x_1 < 1$ учун

$x_2 = 1$: $\frac{\partial u_i^2}{\partial x_2} = 0, u_i^1 = 0 \quad 0 < x_1 < 1$ учун

$x_1 = 1$: $u_i^j = 0, \quad 0 < x_2 < 1$ учун

$x_2 = 0$: $\frac{\partial u_i^2}{\partial x_2} = 0, u_i^1 = 0 \quad 0 < x_1 < 1$ учун

Тадқиқот босим градиентининг қуйидаги ҳоллари учун олиб борилган:

Пуазейл оқим учун $P = A_0$

Ҳисоблашларни қуйидаги бошланғич қийматларда бажарамиз: а)
суюқлик+қаттиқ заррачалар

$$\rho_{1i} = 101,7 \frac{\hat{e} \tilde{A} \tilde{n}^2}{i^4},$$

$$\rho_{2i} = 109,1 \frac{\hat{e} \tilde{A} \tilde{n}^2}{i^4},$$

$$\mu_1 = 1,024 \cdot 10^{-4} \frac{\hat{e} \tilde{A} \tilde{n}^2}{i^4},$$

$$\mu_2 = 12,8 \cdot 10^{-4} \frac{\hat{e} \tilde{A} \tilde{n}^2}{i^4}$$

б) суюқлик+қаттиқ заррачалар

$$\rho_{1i} = 101,7 \frac{\hat{e} \tilde{A} \tilde{n}^2}{i^4}, \quad \rho_{2i} = 233,9 \frac{\hat{e} \tilde{A} \tilde{n}^2}{i^4}$$

$$\mu_1 = 1,024 \cdot 10^{-4} \frac{\hat{e} \tilde{A} \tilde{n}^2}{i^4}, \quad \mu_2 = 16,3 \cdot 10^{-4} \frac{\hat{e} \tilde{A} \tilde{n}^2}{i^4}, L = 1i$$

$R = 0,01$ м, $f_2 = 0,1 - 0,3$, $k = 50 \div 900$

а) $\mu_1 / \mu_2 = 0,008$ б) $\mu_1 / \mu_2 = 0,062$

Пуазейл ҳаракатида оқим тезлиги вақт бўйича ўзгаради. Бундай пайтларда Рейнольдс сони ҳам ўзгарувчи бўлиб қолиши муносабати билан, бу сон энди бошқа оқимларни кўргандаги сингари аҳамиятга эга ва ўлчовсиз

катталик бўлмай қолади. Ана шундай ҳолларда ностационар қовушқоқ аралашмалар учун ўлчовсиз тенгламалар системасига бирор бир характерли катталикни киритиш керакки, улар инерция ва қовушқоқлик кучлар нисбатини вақтга боғлиқ равишда бера олсин.

Оқимнинг характерли сонларига қараб дастур ҳисоблашларида тезликлар майдони тадқиқ қилинди. Натижалар таҳлили шуни кўрсатмоқдаки, суюқлик фазасининг кичик Уомерслей қийматларда фазанинг бўйлама тезлик компоненталари сифат жаҳатдан бир хил, формаси бўйича параболик кўринишга эга. Бундай оқим аралашмаларнинг стационар ламинар ҳаракати учун характерли ҳисобланади.

1-расмда фазаларининг тезлик профиллари қувурнинг 3 та кесимидаги ҳисоблашлар натижалари бўйича келтирилмоқда:

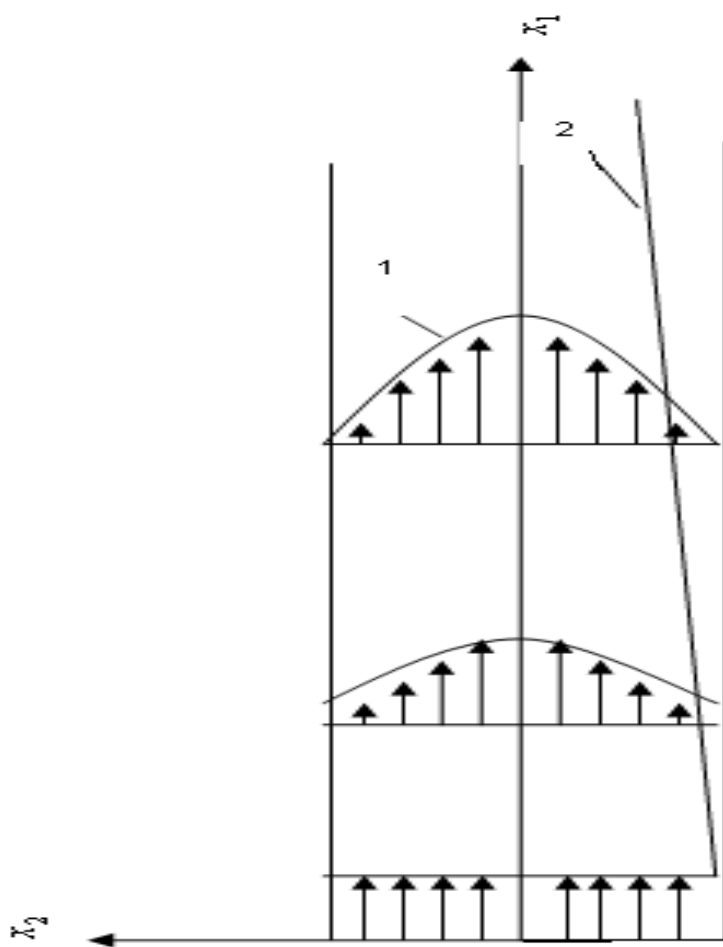
Бунда $\omega t = \pi/6$

$\alpha_1 = 7, \alpha_2 = 2,7, \mu_1/\mu_2 = 0,062, Re_1 = 350, Re_2 = 50, K = 50$ қувурларнинг координаталар бошидан бошлаб $x=0,005$; $x=0,2$; $x=0,4$ кесимларидан келтирилган.

Расмдан кўринадикки, Пуазейл оқимида тезликлар профили қувур бўйлаб параболик кўринишга эга бўлади. Қувур деворида чегаравий шартларга биноан ёпишқоқлик шarti қўйилгани муносабати билан қувур деворида тезлик қиймати нолга тенг. Қувур бошига яқин жойларда ҳали бу таъсир камроқ бўлади. Қувур бошланиш жойидан узоқлашган сайин бу таъсир энди катталаша боради ва қувур ўрталаридаги тезлик қийматлари қувур девори яқинидаги қийматлардан катталашиб боради. Қаттиқ заррачалар қувур девори яқинида тўпланиши кўринадикки ва у қувур бўйлаб катталашиб боради. Босим ҳам қувур бошидан узоқлашган сайин катталашиб, тезлик эса камайиб боради.

Чегаравий катлам қувур бошидан узоқлашган сайин қовушқоқлик кучлари таъсири ортида оқим ичкарисига силжийди.

Таҳлиллар шуни кўрсатмоқдаки вақт ўтиши билан тезлик максимум қувур деворидан ўққа қараб силжийди ва шу муносабат билан чегаравий катлам узунлиги камайиб боради.



1-расм. Қувурда Пуазейл ҳаракати

Муҳандислик амалиётида ва жумладан нефт саноатида тизимнинг қувур бўйлаб аралашмани оқишини унумли таъминлашнинг бир неча усуллари маълум. Қизиқарли эффектлар суёқликни магнит билан қайта ишлаганда ҳам аниқланган. Шу нарса аниқланганки, суёқлик магнит билан қайта ишланганда унинг ковушоқлиги ўзгаради ва суёқлик ўтиш сарфи 1,5 бараварга ошади. Бошқа бир усул бу суёқликка суёлтирувчи полимерларни қўшишга асосланган. Ҳар хил ана шундай полимерларни қўшганда гидравлик қаршилиқ камайиши ва суёқликнинг қувур бўйлаб оқиш қобилияти ошиши аниқланган.

2. Нефт аралашмаларининг қувурлардаги пульсацияли ҳаракатини тадқиқот қилиш

Олдинги бўлимда биз вертикал нефт қувурларида ламинар оқимнинг юзага келишини таҳлил қилган эдик. Ушбу жараён бўйича олиб борилган тадқиқотлар шуни кўрсатдики, вақт ўтиши билан тезлик максимум қувур деворидан ўққа қараб силжиши ва шу муносабат билан чегаравий қатлам узунлиги камайиб бориши аниқланган эди.

Ушбу бўлимда биз икки фазали муҳитларнинг вертикал қувурларда пульсацияли ҳаракатини тадқиқот қилиб, унинг концентрацияга таъсирини таҳлил қиламиз. Экспериментал тадқиқотлар шуни кўрсатадики, оқим ламинар ҳолатдан пульсацияли ҳолатга ўтиши учун Уомерсли сони 5 ва ундан катта бўлиши керак.

Пульсацияли оқимлар гидродинамикасида фазаларнинг ўзгарувчи ҳажмий ҳиссали беқарор икки ўлчовли ҳаракат ва узлуксизлик тенгламалари ёрдамида ўрганилган. Икки ўлчовли ҳолда икки фазали муҳитларнинг ўзаро киришма модели цилиндрик кординаталарда симметрик ҳолдаги оқим учун ўлчовсиз тенгламалар системасини қуйидагича ёзиш мумкин.

$$\begin{aligned}
 x_1^\xi f_i \frac{\partial u_i^j}{\partial t} + \sum_{k=1}^2 x_1^\xi f_i u_i^k \frac{1}{L \delta_k^2} \frac{\partial u_i^j}{\partial x_k} = & -\frac{M}{a_i} x_i^j f_i \frac{1}{L \delta_k^2} \frac{\partial P}{\partial x_j} + \\
 + \frac{1}{a_i} \sum_{k=1}^2 \left(1 + \frac{\delta_j^k}{3}\right) \frac{1}{L^2 \delta_k^2} \frac{\partial}{\partial x_k} \left(x_1^\xi f_i \frac{\partial u_i^j}{\partial x_k}\right) + & \\
 + \frac{1}{a_i} \sum_{k=1}^2 \left(1 - \frac{5}{3} \delta_j^k\right) \cdot \frac{\partial}{L \partial x_k} \left(x_1^\xi f_i \frac{\partial u_i^{3-j}}{\partial x_{3-k}}\right) + & \\
 + \frac{1}{a_i} \phi_i^j + \frac{M}{Re_i} x_1^\xi K(u_{3-j}^j - u_i^j) + Fr_2 x_1^\xi f_i; &
 \end{aligned} \tag{2.1}$$

$$\frac{\partial f_i}{\partial t} + \sum_{k=1}^2 \frac{\partial (f_i U_i^k)}{\partial x_k} + \xi \frac{f_i U_i^j}{x_1} = 0; \tag{2.2}$$

Бу ерда a -заррача радиуси, φ_f - қисилиш коэффициенти

$a_i = R\sqrt{\varpi/\nu_i}$ - Уомерслейнинг i -фаза учун тебраниш параметри

$Re_i = RU_{cp}/\nu_i$ - Рейнольдснинг i -фаза учун ўлчамсиз сони

$Fr_2^{-1} = gR/U_{cp}$ - иккинчи фазанинг Фруд сони

$M = \mu_1/\mu_i$ - ўлчамсиз сон

X_1, X_2 - кўндаланг ва бўйлама координаталар

δ_j^k - Кронекер сони

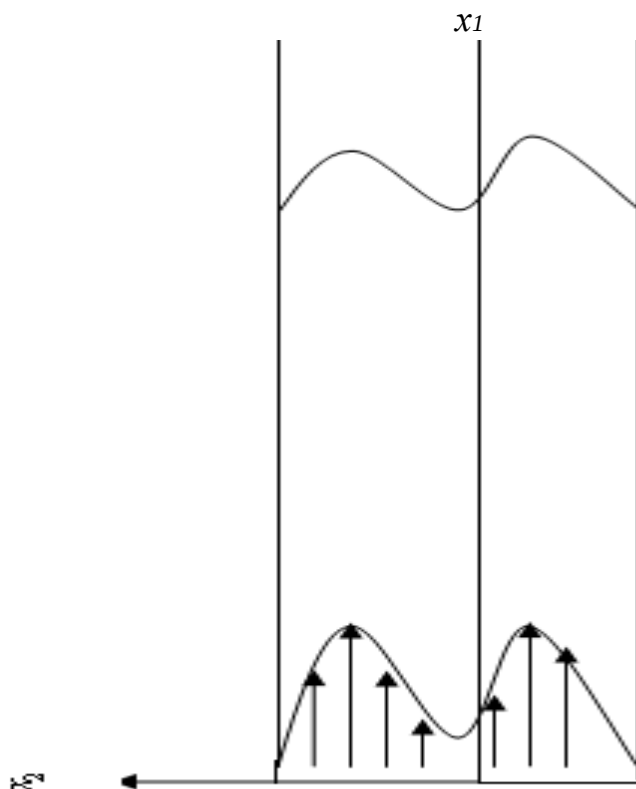
Ψ_i^j - тебранишларнинг айланили частотаси

L – физик соҳани бирлик квадратга келтирувчи ўлчовсиз қиймат.

(2.1-2.2) тенгламалар системаси учун ҳисоблаш алгоритми тузилган. Иккинчи даражали аниқликка эга аппроксимацияга эга чекли айирмали схема қурилган. Ҳосил бўлган алгебраик тенгламалар системаси ўзгарувчан йўналишлар кетма-кет яқинлашиш усули билан ечилди.

(2.1) тенгламадан тезликлар майдони аниқланади. Биринчи фаза концентрацияси f_1 биринчи фаза учун ёзилган узлуксизлик тенгламасидан топилади. Иккинчи фаза концентрацияси f_2 эса $f_1 + f_2 = 1$ ифодадан топилади. Босим эса иккинчи фаза учун ёзилган узлуксизлик тенгламасидан топилади.

Ҳосил бўлган универсал алгоритм асосида ҳисоблаш дастури иловада келтирилган.



2.1-расм. Қувурдаги пульсацияли оқимнинг бўйлама тезлиги профили

(2.1-2.2) тенгламалар системаси учун бошланғич ва чегаравий шартларни ёзамиз. Бошланғич ҳолда икки фазали оқим тинч турибди деб ҳисоблаймиз. $t > 0$ дан бошлаб оқимнинг беқарорлигини берувчи даврий формадаги босим градиенти ҳосил бўлади. Агар бунга қувур деворига суюқликни ёпишиш шартини ва қувур ўқидаги симметриклик шартини қўшадиган бўлсак, бошланғич ва чегаравий шартлар қуйидагича ёзилиши мумкин:

$$t=0 \text{ да : } U_i^j = 0, \quad f_i = f_{0i} \quad 0 < x_1 < 1; \quad 0 < x_2 < 1 \text{ учун}$$

$$t > 0 \text{ да : } x_2 = 0, \quad P = A_0 + A_1 \cdot \cos \omega t, U_i^j = 0, \quad f_i = f_{0i}, \quad 0 < x_1 < 1 \text{ учун}$$

$$x_2 = 1 : \quad \frac{\partial u_i^2}{\partial x_2} = 0, u_i^1 = 0 \quad 0 < x_1 < 1 \text{ учун}$$

$$x_1 = 1 : \quad u_i^j = 0, \quad 0 < x_2 < 1 \text{ учун}$$

$$x_2=0: \frac{\partial u_i^2}{\partial x_2} = 0, u_i^1 = 0 \quad 0 < x_1 < 1 \quad \text{учун}$$

Таҳлил босим градиентининг қуйидаги ҳоллари учун қилинган:

$$\text{Пульсацияли оқим учун} \quad P = A_0 + A_1 \cos \omega t$$

Ҳисоблашларни қуйидаги бошланғич қийматларда бажарамиз: а) суюқлик+қаттиқ заррачалар

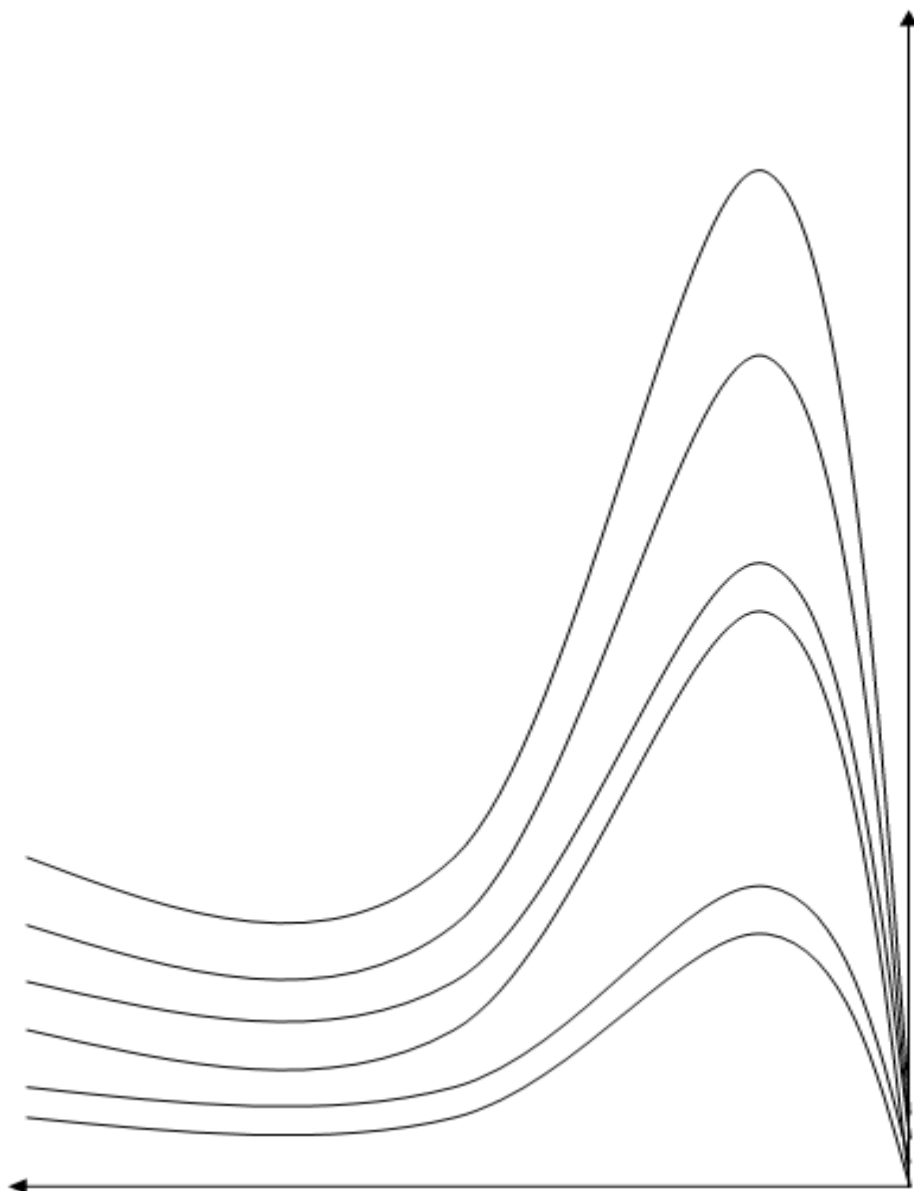
$$\begin{aligned} \rho_{1i} &= 101,7 \frac{\hat{e} \tilde{A} \tilde{n}^2}{i^4}, & \rho_{2i} &= 109,1 \frac{\hat{e} \tilde{A} \tilde{n}^2}{i^4}, \\ \mu_1 &= 1,024 \cdot 10^{-4} \frac{\hat{e} \tilde{A} \tilde{n}^2}{i^4}, & \mu_2 &= 12,8 \cdot 10^{-4} \frac{\hat{e} \tilde{A} \tilde{n}^2}{i^4} \end{aligned}$$

б) суюқлик+қаттиқ заррачалар

$$\begin{aligned} \rho_{1i} &= 101,7 \frac{\hat{e} \tilde{A} \tilde{n}^2}{i^4}, & \rho_{2i} &= 233,9 \frac{\hat{e} \tilde{A} \tilde{n}^2}{i^4} \\ \mu_1 &= 1,024 \cdot 10^{-4} \frac{\hat{e} \tilde{A} \tilde{n}^2}{i^4}, & \mu_2 &= 16,3 \cdot 10^{-4} \frac{\hat{e} \tilde{A} \tilde{n}^2}{i^4}, L = 1i \end{aligned}$$

$$R=0,01 \text{ м}, \quad f_2=0,1-0,3, \quad k=50 \div 900$$

$$\text{а) } \mu_1/\mu_2 = 0,008 \quad \text{б) } \mu_1/\mu_2 = 0,062$$



2.2-расм. Бошланғич босимнинг ҳар хил қийматларида 2-фаза концентрациясининг кўндаланг кесим бўйлаб ўзгариши.

Пульсацияни ҳаракатда оқим тезлиги вақт бўйича ўзгаради. Бундай пайтларда Рейнольдс сони ҳам ўзгарувчи бўлиб қолиши муносабати билан, бу сон энди бошқа оқимларни кўргандаги сингари аҳамиятга эга ўлчовсиз катталиқ бўлмай қолади. Ана шундай ҳолларда ностационар қовушоқ аралашмалар учун ўлчовсиз тенгламалар системасига бирор бир ҳарактерли

катталикини киритиш керакки, улар инерция ва қовушоқлик кучлар нисбатини пульсацияли частотаси ва вақтга боғлиқ равишда бера олсин.

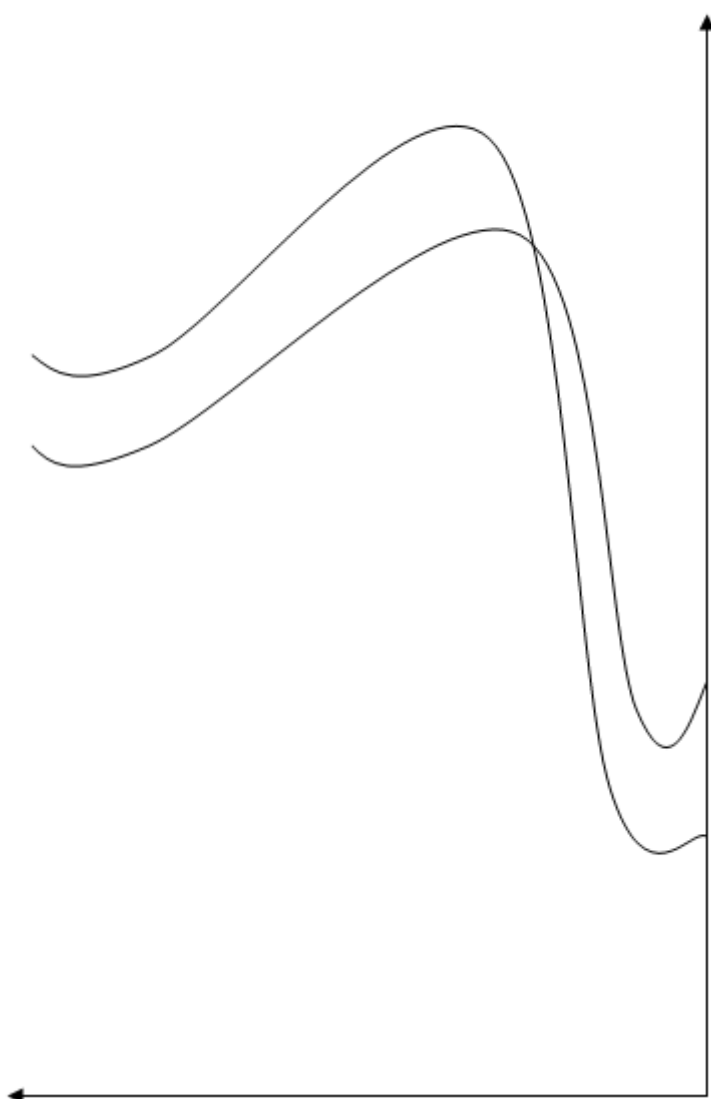
Оқимнинг характерли сонларига қараб дастур ҳисоблашларида тезликлар майдони тадқиқ қилинди. Натижалар таҳлили шуни кўрсатмоқдаки, суюқлик фазасининг кичик Уомерслей кийматларда фазанинг бўйлама тезлик компоненталари сифат жағатдан бир хил, формаси бўйича параболик кўринишга яқин. Бундай оқим аралашмаларнинг стационар ламинар ҳаракати учун характерли ҳисобланади. Уомерслей сони $\alpha_1 \geq 5$ дан бошлаб фазанинг тезлик профиллари параболик кўринишини йўқота бориб, М - образли кўриниш кашф эта боради.

2.4- расмда биринчи ва иккинчи фазаларининг бўйлама тезлик пробиллари қувурнинг 3 та кесимидаги ҳисоблашлар натижалари бўйича келтирилмоқда:

Бунда $\omega t = \pi/6$ $\alpha_1 = 7, \alpha_2 = 2,7, \mu_1/\mu_2 = 0,062, Re_1 = 350, Re_2 = 50, K = 50$ қувурларнинг координаталар бошидан бошлаб $x=0,005; x=0,2; x=0,4$ кесимларидан келтирилган.

Расмдан кўринадики, ҳар бир кўндаланг кесимда қовушоқлиги юқори бўлган фаза қовушоқлиги кичик бўлган фазадан орқага қолади. Қувур бошидан узоқлашган сайин бу фарқ катталашиб боради. Ўзаро таъсир коэффиценти К-нинг катталашиб бориши билан фазалар тезликлари айирмаси $u_1 - u_2$ кўндаланг кесим ва қувур узунлиги бўйлаб камаяди. Сонли ҳисоблашлар шуни кўрсатаяптики ҳар бир фазанинг Уомерский параметри катталашиши билан фазаларнинг максимал тезликлари айирмаси жойлашган нуқта қувур деворига яқинлашиб боради.

$\alpha_1 < 1$ бўлган даврда яъни фазаларнинг тезликлари компоненталари парабола формасини сақлаган пайтларда фазаларнинг кўндаланг тезликлари унчалик катта ўзгаришга учрамайди.



2.3-чизма. Бошланғич босим қийматларига қараб 2-фаза
концентрациясининг оқим бўйлаб ўзгариши.

$\alpha_1 \geq 5$ дан бошлаб фазаларнинг кўндаланг тезликлари ўсади. Фазалар тезликларининг катта ўзгариши кувур девори яқинида кузатилади. Бундан келиб чиқадики, Уомерскей параметрининг таъсир даражаси фазаларнинг кўндаланг тезликларига юқори экан. Фазаларнинг тезликларини ўзини тутиши оқим структураси ўзаришига катта таъсир ўтказди. Фазаларнинг тезлик

профиллари бўйлама ва кўндаланг қатламлари бўйлаб 2×2 нуктали квадрат катакларда ва $\Delta x_1 = \Delta x_2 = 0,05$ фазавий кадамда қараймиз.

Чегаравий қатлам қувур бошидан узоқлашган сайин қовушоқлик кучлари таъсири ортида оқим ичкарасига силжийди.

Қувурнинг ҳар бир кўндаланг қатлампидан вақтнинг бирор қийматида бир хил катталиқдаги аралашма оқиб ўтиши керак, шунинг учун қувур девори яқинида қовушоқлик кучлари таъсирида сарфнинг камайиши оқим ядроси яқинида сарфнинг камайишига олиб келади. Ана шунинг учун ҳам расмдаги тезликлар графиги бир-биридан фарқ қилади. Қувур бошидан узоқлашган сайин бўйлама тезлик профиллари қатламдан қатламга ўтишда кам ўзгаришга учрайди. Шундай қилиб, α - Уомерслей параметрларининг катталашиб бориши билан пульсацияли оқимга чегаравий қатлам қалинлиги камайиб боради.

Бундан ташқари α - параметрининг бирор берилган қийматида тезликлар профиллари ωt - қийматига мос равишда ўзгаради. Таҳлиллар шуни кўрсатмоқдаки, вақт ўтиши билан тезлик максимум қувур деворидан ўққа қараб силжийди ва шу муносабат билан чегаравий қатлам узунлиги камайиб боради.

Юқорига ҳаракатланаётган тезлик профили М –формани эгаллаганда қаттиқ жинсларнинг концентрацияси девордан 0,2 бирлик юқорига қараб йиғилади. Бу ўз новбатида қаттиқ жинсларнинг суюқлик ичидан ўтиб оқишига яхши таъсир ўтказади ва нефтнинг юқорига отилиб чиқишига ижобий таъсир ўтказади.

III боб бўйича хулоса

Ушбу бобда нефт аралашмаларининг вертикал қувурлардаги ҳаракати тадқиқот қилинди. Жумладан, икки фазали нефт аралашмаларининг вертикал қувурлардаги ламинар ҳаракати ва нефт аралашмаларининг қувурлардаги пульсацияли ҳаракати ўрганилди ва айрим хулосалар қилинди.

Натижалар таҳлили шуни кўрсатдики, суюқликнинг кичик Уомерслей кийматларида фазанинг юқорига ҳаракат қиладиган тезлиги компоненталари сифат жаҳатдан бир хил, формаси бўйича эса параболик кўринишга эга бўлар экан. Бундай оқим аралашмаларнинг стационар ламинар ҳаракати учун характерли ҳисобланади. Уомерслей сони $\alpha_1 \geq 5$ дан бошлаб фазанинг тезлик профиллари параболик кўринишдан, M - формали кўринишга ўтади ва концентрация қувурнинг деворларидан ўққа қараб ҳаракат қилади ҳамда суюқликнинг оқим тезлигига ижобий таъсир ўтказади.

Нефт қувурларида икки фазали ёпишқоқ муҳитларнинг қувурлардаги пульсацияли ҳаракатини тадқиқот қилиш натижасида оптимал оқим параметрларини аниқлашга эришилди. Оптимал параметрлар қаттиқ жинсларни девор атрофидан ўққа қариб силжишини таъминлайди ва нефтнинг отилиб чиқиш жараёнини яхшилайдди.

Икки фазали аралашмаларнинг пульсациялир ҳаракатида қувурнинг қаршилиқ коэффициенти таҳлил этилди. Қувурнинг қаршилиқ коэффициенти ламинар ҳамда пульсацияли оқимлар учун турлича бўлади. Шуниндек, пульсацияли ҳаракатда иккинчи фазанинг концентрацияси қувур деворларидан ўққа қараб йиғилиши кузатилди.

Олинган натижалар нефт скважиналарини лойиҳалашда муқобил гидродинамик параметрларни таъминлашда фойдаланили мумкин..

Хулоса

Менинг магистрликлик диссертациямдаги кўрилган масалалар, шунингдек уни бажариш жараёнидаги изланишлар нефт скважиналар ишини автоматлаштириш ва икки фазали оқимларнинг вертикал қувурлардаги оқимларини тадқиқ қилишга бағишланди.

Магистрлик диссертациясини бажариш натижаларига кўра қуйидаги умумий хулосаларни чиқариш мумкин:

1. Бурғулаш технологик жараёни, уни олиб бориш усуллари тўлиқ таҳлил қилинди, қудуқлар тузилиши, уни элементлари геометрик ўлчамлари, ишлатиладиган материаллар ўрганилди.

2. Ҳозирги кунда бурғулаш технологик жараёнини олиб боришдаги уни автоматлаштирилганлик ҳолати таҳлил қилинди. Ишлаб турган бошқарув тизимлари ўрганилди.

3. Бурғулаш технологик жараёнини электрон ҳисоблаш машинасидан фойдаланиб бошқариш усуллари таҳлил қилинди, унинг афзалликлари ва самарадорлиги ўрганилди.

4. Бурғулаш технологик жараёнини ЭҲМ ёрдамида бошқаришдаги бошқарув тизими элементларини асосий бажарадиган функциялари таҳлил қилинди.

5. Бурғулаш жараёни учун амалий масалаларни ечишда, хусусан кўп фазали муҳитларнинг ҳаракати масалалари математика тилига ўтказилганда дифференциал тенглама ёки тенгламалар системасига келишини ҳисобга олиб, ҳозирги пайтда кенг қўлланилаётган чекли айирмалар усули таҳлил этилди.

6. Дунё олимлари томонидан кўп фазали муҳитлар оқимларини тадқиқот қилишда математик моделлаштиришнинг аҳамияти ва хусусий ҳосилали дифференциал тенгламаларни сонли ечиш методлари мисолларда ўрганиб чиқилди.

7. Нефт скважиналаридаги бурғулаш жараёнидаги гидродинамик параметрларни аниқлаш масалаларини тадқиқот қилишда буюк ўзбек олими академик Ҳ.А. Рахматулин томонидан ишлаб чиқилган математик модел асос қилиб олинди.

8. Моделни чекли айирмалар назариясига асосланиб, ўзгарувчан йўналишли метод асосида ечиш алгоритми ишлаб чиқилди.

9. Икки фазали ёпишқоқ муҳитларнинг қувурлардаги ҳаракатини сонли моделлаштириш бир қатор масалаларни ечишда ва вертикал қувурлардаги пульсацияли ва ламинар оқимни тадқиқот қилишда ва гидродинамик параметрларни аниқлашда асос қилиб олинди.

10. Суюқликнинг кичик Уомерслей қийматларида фазанинг юқорига ҳаракат қиладиган тезлиги компоненталари сифат жаҳатдан бир хил, формаси бўйича эса параболик кўринишга эга бўлар экан. Бундай оқим аралашмаларнинг стационар ламинар ҳаракати учун характерли ҳисобланади. Уомерслей сони $\alpha_1 \geq 5$ дан бошлаб фазанинг тезлик профиллари параболик кўринишдан, М - образли кўринишга ўтади ва концентрация қувурнинг деворларидан ўққа қараб ҳаракат қилади ва суюқликнинг оқим тезлигига ижобий таъсир ўтказади.

11. Нефт қувурларида икки фазали ёпишқоқ муҳитларнинг қувурлардаги пульсацияли ҳаракатини тадқиқот қилиш натижасида оптимал оқим параметрларини аниқлашга эришилди. Оптимал параметрлар қаттиқ жинсларни девор атрофидан ўққа қараб силжишини таъминлайди ва нефтнинг отилиб чиқиш жараёнини яхшилайдди.

Олинган натижалардан нефт скважиналарини лойиҳалашда, уларни автоматлаштиришда ҳамда уларда кечадиган жараёнларни таҳлил этишда фойдаланиш мумкин.

ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ

1. Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус таълим вазирлигининг 2012 йил 29 октябрда тасдиқланган 418-сонли буйруғи (“Магистратура тўғрисида Низом”, Адлия Вазирлигида 2012 йил 18 декабрда 2405-рақам билан рўйхатдан ўтган).
2. Каримов И.А. Баркамол авлод –Ўзбекистон тараққиётининг пойдевори. –Т.: Шарқ, 1999. -15 б.
- 3.Шульга В.Г., Бухаленко Е.И. Устьевое оборудование нефтяных и газовых скважин: Справочная книга. – М.: Недра, 1978. – 235 с.
- 4.Технологические основы освоения и глушения нефтяных и газовых скважин: Учеб. для вузов/Ю.М. Басарыгин, В.Ф. Будников, А.И. Булатов, Ю.М. Проселков. – М.: Недра, 2001. – 543 с.
- 6.Уильям Л. Леффлер. Переработка нефти. ЗАО «Олимп-бизнес». – М.: 2001. 244с.
- 7.Дональд Л. Бардик, Уильям Л. Леффлер. Нефтьёкимё. Перевод с английского. – М.: 2001, 416с.
- 8.Щелкачев В.Н. Отечественная и мировая нефтедобыча – история, современное состояние и прогнозы. – М.: Недра 2002. 132с.
- 9.Сорокин Я.Г. Безотходное производства в нефтеперерабатывающий промышленности, М., Химия, 1989.
10. Богомолов А.И., Гайле А.А., Громова В.В. и др. Химия нефти и газа. – СПб.: Химия, 1995.–448 с.
11. Альбом технологических схем процессов переработки нефти и газа./ под ред. Б.И. Бондаренко. –М.: Химия, 1983. – 128 с.
12. Рудин М. Г., Драбкин А. Е. Краткий справочник нефтепереработчика.– Л.: Химия, 1980. – 328 с.
13. Проектирование систем автоматизации технологических процессов. Справочное пособие под ред. А.С. Ключева 2-е издание, переработанное и дополненное Москва Энергоатомиздат 1990г.

14. Абросимов А.А. Экологические аспекты производства и применения нефтепродуктов.– М.: ВАС, 1999.–731с.
15. Эмирджанов Р.Т., Лемберанский Р.А. Основы технологических расчетов в нефтепереработке и нефтехимии. – М.: Химия, 1989. – 191с.
- 16.А.И. Умаров, Ш.Х. Ахмедов Двумерные задачи гидродинамики многофазных сред. Ташкент, 1989, 94с.
17. Д.Ф. Файзуллаев Ламинарное движение многофазных сред в трубопроводах. Ташкент, 1966, 220с.
18. Л.Г. Лойцянский Механика жидкости и газа. Москва, Наука, 1978, 736с.
- 19.О.А.Ладиженская Математические вопросы динамики вязкой несжимаемой жидкости. Москва, Наука, 1970. 286с.
- 20.Р.И. Нигматулин Основы механики гетерогенных сред. М.: Наука. 1978, 336с.
- 21 .Д.Ф. Файзуллаев, К.Н Наврузов Гидродинамика пульсирующих потоков. Ташкент: Фан, 1986. 192с.
- 22.Дж. Хаппель, Г. Бреннер. Гидродинамика при малых числах Рейнольдса. М.: МИР. 1976. 630с.
23. Ҳ.А. Рахматулин Основы газодинамики взаимопроникающих движений. ПММ. Т. 20. вып 2. 1956.
24. Д. Андерсон и др. Вычислительная гидродинамика и тепло-обмен. М.: МИР. 1990.
25. К.З. Абидов, Ш.Х. Ахмедов. Исследование ламинарного пульсирующего течения смеси в трубах с постоянным сечением//. Проблемы механики. № 5. 1992.
- 26.Самарский А.А. Теория разностных схем. М.: Наука. 1977. 664с.
- 27.Д.Ф. Файзуллаев. Ламинарное движение многофазных сред в трубопроводах. Т. ФАН 1966.
- 28.Н.А. Слеэкин. Динамика вязкой несжимаемой жидкости. М.: Гостехиздат. 1955.
- 29.А.Н. Тихонов, А.А. Самарский. Уравнение математической физики.М.:

Наука. 1966.

30.И.А. Гарный. Неустановившийся движение реальной жидкости в трубах.

М.: Недра. 1975.

31.В.Г. Литвинов. Движение нелинейной вязкой жидкости. М.: Наука.

1994.

www.ziyonet.uz

www.bilim.uz

www.edu.uz

www.olam.uz

www.mediaobrazovaniye.ru

ИЛОВА

Дастур листинги

```
{Procedure vxod;}
LABEL 7,57,566,60,70,370;
Var
u11,u1r,u21,u2r,v11,v1r,v21,v2r,f11,f1r,f21,f2r,p1,pr:
  array[1..11,1..11] of real;
Au1,au2,av1,av2,bu1,bu2,bv1,bv2,cu1,cu2,cv1,cv2,fu1,fu2,f
v1,fv2,alu1,
alu2,alv1,alv2,beu1,Beu2,bev1,bev2,RN:array[1..11] of
real;
nx,ny,nx1,ny1,J,I,KK,LX,LY,JJ:integer;
eps,dx,dy,dt,bk,dl,r,l2,nul,dat,tau,dtau,s1,s2,s3,s4,s5,z
1,z2,z3,z4,
z5,sh,sl,un1,un2:real;
e,a11,a12,re1,re2,dy2,dx2,dxy4,jet,iter,shag,w12:real;
t1,t1r,mb:array[1..11,1..11] of real;
kb,pi1,pi2,ee,ak,t0,X,Y:real;
F10,F20,U10,U20,UM,TT,U1B,U2B,RO1,RO2,SMY1,SMY2,HY,P0,PM:
REAL;
BKM,PROM,QQ1,QQ2,DTE,DDD:REAL;
F11PJ,F11PI,F11MJ,F11MI,FQ1,FQ2,VV1:REAL;
F21PJ,F21PI,F21MJ,F21MI,SST1,SST2,SMAX,DEL:REAL;
procedure vxod;
begin
NUL:=1;
DAT:=1.;
NX:=11;
NY:=11;
DT:=0.01;
SL:=1.;
R:=0.05;
EPS:=0.001;
SHAG:=21.;
F10:=0.7;
F20:=0.3;
U10:=0.01;
U20:=0.01;
UM:=U10;
TT:=1.;
U1B:=U10/UM;
U2B:=U20/UM;
RO1:=101.7;
```

```

RO2:=109.1;
SMY1:=1.024E-04;
SMY2:=SMY1/0.08;
W12:=SMY1/SMY2;
W12:=1.;
UN1:=U20/U10;
UN2:=U10/U20;
RE1:=(RO1*U10*R)/SMY1;
RE2:=(RO2*U20*R)/SMY2;
RE1:=100.;
RE2:=30.;
SH:=R/(U20*TT);
SH:=1.;
HY:=SMY1/RO1;
P0:=100.;
PM:=(RO1*U10*HY)/R;
P0:=P0/PM;
P0:=100.;
BK:=5.;
BKM:=(RO1*U10)/(R*RE1);
BK:=BK/BKM;
BK:=48.;
DL:=SL/R;
TAU:=0.;
DTAU:=0.5;
NX1:=NX-1;
NY1:=NY-1;
DX:=1./NX1;
DY:=1./NY1;
E:=0.01;
AL1:=RE1;
AL2:=RE2;
DY2:=DY*DY;
DX2:=DX*DX;
DXY4:=4*DX*DY;
L2:=0;
JET:=0;
ITER:=0;
PI1:=1;
PI2:=1;
EE:=1;
AK:=1;
T0:=50;
S1:=4./(3.*AL1*DL*DL);
S2:=2./(3.*AL1*DL);

```

```

S3:=1./(AL1*DL);
S4:=4./(3.*AL1);
Z1:=4./(3.*AL2*DL*DL);
Z2:=2./(3.*AL2*DL);
Z3:=1./(AL2*DL);
Z4:=4./(3.*AL2);
S5:=1./(3.*AL1*DY);
Z5:=1./(3.*AL2*DY);
for J:=1 to NY do
RN[J]:=J*DY;
{26 CONTINUE}
{do 4 J=1,NY1}
for j:=1 to ny1 do begin
U11[1,J]:=U1B;
U1R[1,J]:=U1B;
U21[1,J]:=U2B;
U2R[1,J]:=U2B;
V11[1,J]:=0.;
V1R[1,J]:=0.;
V21[1,J]:=0.;
V2R[1,J]:=0.;
P1[1,J]:=P0;
PR[1,J]:=P0;
F11[1,J]:=F10;
F1R[1,J]:=F10;
F21[1,J]:=F20;
F2R[1,J]:=F20;
{T1[1,I]:=T0;
T1R[1,I]:=T0;}
end;
{4 CONTINUE}
F11[1,NY]:=F10;
F1R[1,NY]:=F10;
F21[1,NY]:=F20;
F2R[1,NY]:=F20;
P1[1,NY]:=P0;
PR[1,NY]:=P0;
U11[1,NY]:=0.;
      U1R[1,NY]:=0;
      U21[1,NY]:=0;
      U2R[1,NY]:=0;
T1[1,NY]:=T0;
T1R[1,NY]:=T0;
{DO 5 I=1,NX;}
for i:=1 to nx do begin

```

```

U11[I,NY]:=0.;
U1R[I,NY]:=0.;
U21[I,NY]:=0.;
U2R[I,NY]:=0.;
V11[I,NY]:=0.;
V1R[I,NY]:=0.;
V21[I,NY]:=0.;
V2R[I,NY]:=0.;
F11[I,NY]:=F10;
F1R[I,NY]:=F10;
F21[I,NY]:=F20;
F2R[I,NY]:=F20;
T1[I,NY]:=T0;
T1R[I,NY]:=T0;
{C          V11(I.1)=0.;
C          V1R(I.1)=0.;
C          V21(I.1)=0.;
C          V2R(I.1)=0.;}
{5      CONTINUE}
end;
{***H"<.....*****}
{DO  6  I=2, NX
DO  6  I=1, NY}
for i:=1 to nx do
for j:=1 to ny1 do begin
P1[I,J]:=P0+(J*DY)*40;
PR[I,J]:=P0+(J*DY)*40;
P1[I,J]:=P0;
PR[I,J]:=P0;
T1[I,J]:=T0;
T1R[I,J]:=T0;
V11[I,J]:=0.;
V1R[I,J]:=0.;
V21[I,J]:=0.;
V2R[I,J]:=0.;
u11[i,j]:=u1b;
u1r[i,j]:=u1b;
U21[I,J]:=U2B;
U2R[I,J]:=U2B;
F11[I,J]:=F10;
F1R[I,J]:=F10;
F21[I,J]:=F20;
F2R[I,J]:=F20;
F11[I,NY]:=F10;
F1R[I,NY]:=F10;

```

```

F21[I,NY]:=F20;
F2R[I,NY]:=F20;
P1[I,NY]:=P1[I,NY-1];
PR[I,NY]:=PR[I,NY-1];
T1[I,NY]:=T1[I,NY-1];
T1R[I,NY]:=T1R[I,NY-1];
U11[I,1]:=U11[I,2];
U1R[I,1]:=U1R[I,2];
U21[I,1]:=U21[I,2];
U2R[I,1]:=U21[I,2];
U11[NX,J]:=U11[NX1,J];
U1R[NX,J]:=U1R[NX,J];
U21[NX,J]:=U21[NX1,J];
U2R[NX,J]:=U2R[NX1,J];
V11[NX,J]:=0.;
V21 [NX,J]:=0.;
V2R [NX,J]:=0.;
F11[NX,J]:=F11[NX1,J];
F1R[NX,J]:=F1R[NX1,J];
F21[NX,J]:=F21[NX1,J];
F2R[NX,J]:=F2R[NX1,J];
P1[NX,J]:=P1[NX1,J];
PR[NX,J]:=PR[NX1,J];
F11[I,1]:=F10;
F1R[I,1]:=F10;
F21[I,1]:=F20;
F2R[I,1]:=F20;
P1[I,1]:=P0;
PR[I,1]:=P0;
T1[I,1]:=T0;
T1R[I,1]:=T0;
end;
      { 6 CONTINUE}
      {if nul=0 then goto 7;}
      {IF(NUL.EQ.0) GOTO 7}
      for i:=1 to nx do begin
      {DO 8 I:=1.NX}
      X:=(I-1)*DX;
      WRITELN('X= ', ' ',X:7:4);
      {WRITE (6.10) X
      WRITE (7.10)X
      FORMAT(4X,'Y',5X, 'U1', 5X,'U2',5X, 'V1',5X, 'V2', 6X,
      'P', 'F1',)
      *6X,'F2'/3X,F5.2}
      for j:=1 to ny do BEGIN

```

```

y:=(ny-j)*dy;
writeLN('Y= ',y:5:2,' U= ',u11[i,j]:5:2,' V=
',v11[I,J]:5:2,' P= ',
P1[I,J]:5:2,' F11= ',F11[I,J]:5:2,' F21=
',F21[I,J]:5:2);END;
READLN;
END;
end;{***** PROCEDURE VXOD TUGADI *****}
{7:}
{COND prosedurasi }
PROCEDURE COND;
BEGIN
for i:=2 to nx1 do
for j:=2 TO ny1 do begin
PROM:=(F21[I,J+1]*RN[J+1]*V21[I,J+1]-F21[I,J-1]*RN[J-
1]*V21[I,J-1])/
(2*RN[J]*DY)+(F21[I,J]*U21[I,J]-F21[I-1,J]*U21[I-
1,J])/(DL*DX);
QQ1:=(F11[I,J+1]*RN[J+1]*V11[I,J+1]-F11[I,J-1]*RN[J-
1]*V11[I,J-1])/
(2*RN[J]*DY);
QQ2:=(F11[I,J]*U11[I,J]-F11[I-1,J]*U11[I-1,J])/(DL*DX);
PR[I,J]:=P1[I,J]-DT/(E*SH)*(QQ1+QQ2+PROM);
F1R[I,J]:=F11[I,J]-DT/SH*(QQ1+QQ2);
F2R[I,J]:=1.-F1R[I,J];
DTE:=DT/(E*SH);
DDD:=DT/SH;
END;
{10 Continue}
FOR I:=2 TO NX DO BEGIN
PR[I,1]:=PR[I,2];
F1R[I,1]:=F1R[I,2];
F1R[I,1]:=F1R[I,2];
PR[I,NY]:=PR[I,NY1];
F1R[I,NY]:=F1R[I,NY1];
F2R[I,NY]:=F2R[I,NY1];
{123 CANTINUE}
end;
{DO 122 J=2,NY1}
FOR J:=2 TO NY1 DO BEGIN
PR[NX,J]:=2.*PR[NX1,J]-PR[NX1-1,J];
F1R[NX,J]:=2.*F1R[NX1,J]-F1R[NX1-1,J];
F2R[NX,J]:=2.*F2R[NX1,J]-F2R[NX1-1,J];
{122 CONTINUE}
END;

```

```

PR[NX,NY]:=PR[NX,NY1];
F1R[NX,NY]:=F1R[NX,NY1];
F2R[NX,NY]:=F2R[NX,NY1];
{RETURN}
END;
PROCEDURE SKOR1;
BEGIN
{***** SKOR1*****}
ALU1[1]:=1.;
BEU1[1]:=1.;
FOR I:=2 TO NX1 DO BEGIN
X:=(I-1)*DX;
FOR J:=2 TO NY1 DO BEGIN
F11PJ:=(F11[I,J+1]+F11[I,J])/2;
F11PI:=(F11[I+1,J]+F11[I,J])/2;
F11MJ:=(F11[I,J-1]+F11[I,J])/2;
F11MI:=(F11[I-1,J]+F11[I,J])/2;
AU1[J]:=(F11[I,J]*V11[I,J])/(2*DY)+F11MJ/(AL1*DY2)-
F11[I,J]/
(2.*AL1*RN[J]*DY);
BU1[J]:=-(SH*F11[I,J])/DT-(F11[I,J]*U11[I,J])/(DL*DX)-
(S1*F11PI)/
DX2-(S1*F11MI)/DX2-F11PJ/(AL1*DY2)-F11MJ/(AL1*DY2)-
BK/RE1;
CU1[J]:=-(
F11[I,J]*V11[I,J])/(2*DY)+F11PJ/(AL1*DY2)+F11[I,J]/(2*AL
1*RN[J]*DY);
FQ1:=- (SH*F11[I,J]*U11[I,J])/DT-(F11[I,J]*U11[I,J]*U1R[I-
1,J])/
(DL*DX)+(F11[I,J]*PR[I,J])/(AL1*DL*DX)-(F11[I,J]*PR[I-
1,J])/
(AL1*DL*DX)-(S1*F11PI*U11[I+1,J])/DX2-(S1*F11MI*U1R[I-
1,J])/
DX2+(S2*F11[I+1,J]*V11[I+1,J+1])/DXY4-(S2*F11[I+1,J]*
V11[I+1,J-1])/DXY4-(S2*F11[I-1,J]*V1R[I-1,J+1])/DXY4;
FQ2:=(S2*F11[I-1,J]*V1R[I-1,J-
1])/DXY4+(S2*F1R[I,J]*V1R[I,J])/
(RN[J]*DX)-(S2*F1R[I-1,J]*V1R[I-1,J])/(RN[J]*DX)-
(S3*F11[I,J+1]*
V1R[I+1,J+1])/DXY4+(S3*F11[I,J+1]*V1R[I-1,J+1])/DXY4+
(S3*F11[I,J-1]*V11[I+1,J-1])/DXY4-(S3*F11[I,J-1]*V1R[I-
1,J-1])/
DXY4-(S3*F11[I,J]*(V1R[I,J]-V1R[I-1,J]))/(RN[J]*DX)-
(UN1*BK*U21[I,J])/RE1;
FU1[J]:=FQ1+FQ2;

```

```

ALU1[J]:=-CU1[J]/(AU1[J]*ALU1[J-1]+BU1[J]);
BEU1[J]:=(FU1[J]-AU1[J]*BEU1[J-1])/(AU1[J]*ALU1[J-1]+BU1[J]);
END;
FOR J:=1 TO NY1 DO BEGIN
KK:=NY-J;
U1R[I, KK]:=ALU1[KK]*U1R[I, KK+1]+BEU1[KK];
END; END;
FOR J:=1 TO NY1 DO
U1R[NX, J]:=2.*U1R[NX1, J]-U1R[NX1-1, J];
ALV1[1]:=1.;
BEV1[1]:=0.;
FOR I:=2 TO NX1 DO BEGIN
FOR J:=2 TO NY1 DO BEGIN
F11PJ:=(F11[I, J+1]+F11[I, J])/2.;
F11PI:=(F11[I+1, J]+F11[I, J])/2.;
F11MJ:=(F11[I, J-1]+F11[I, J])/2.;
F11MI:=(F11[I-1, J]+F11[I, J])/2.;
{*****5 BET TUGADI *****}
AV1[J]:=(F11[I, J]*V11[I, J])/(2.*DY)+(S4*F11MJ)/DY2+(S5*F1
R[I, J-1])/
RN[J-1]-F11[I, J]/(AL1*RN[J]*DY);
BV1[J]:=-(SH*F11[I, J])/DT-(F11[I, J]*U11[I, J])/(DL*DL)-
(S4*F11PJ)/
DY2-(S4*F11MJ)/DY2-F11PI/(AL1*DL*DL*DX2)-
F11MI/(AL1*DL*DL*DX2)-
(2.*F11[I, J])/(AL1*RN[J]*RN[J])-BK/RE1;
CV1[J]:=-(F11[I, J]*V11[I, J])/(2.*DY)+(S4*F11PJ)/DY2-
(S5*F1R[I, J+1])/
/RN[J+1]+F11[I, J]/(AL1*RN[J]*DY);
VV1:=-(SH*F11[I, J]*V11[I, J])/DT-(F11[I, J]*U11[I, J]*V1R[I-
1, J])/
(DL*DX)+(F11[I, J]*PR[I, J+1])/(2.*AL1*DY)-
(F11[I, J]*PR[I, J-1])/
(2.*AL1*DY)+(S2*F11[I, J+1]*U11[I+1, J+1])/DXY4-
(S2*F11[I, J+1]*
U1R[I-1, J+1])/DXY4-(S2*F11[I, J-1]*U11[I+1, J-1])/DXY4+(S2*
F11[I, J-1]*U1R[I-1, J-1])/DXY4-
(S3*F11[I+1, J]*U11[I+1, J+1])/DXY4;
FV1[J]:=VV1+(S3*F11[I+1, J]*U11[I+1, J-1])/DXY4+(S3*F11[I-
1, J]
*U1R[I-1, J+1])/DXY4-(S3*F11[I-1, J]*U1R[I-1, J-1])/DXY4-
(F11PI*V11[I+1, J])/(AL1*DX2*DL*DL)-(F11MI*V1R[I-
1, J])/(AL1*
DX2*DL*DL)-(UN1*BK*V21[I, J])/RE1;

```

```

ALV1[J]:=-CV1[J]/(AV1[J]*ALV1[J-1]+BV1[J]);
BEV1[J]:=(FV1[J]-AV1[J]*BEV1[J-1])/(AV1[J]*ALV1[J-1]+BV1[J]);
END;
FOR J:=1 TO NY1 DO BEGIN
KK:=NY-J;
V1R[I, KK]:=ALV1[KK]*V1R[I, KK+1]+BEV1[KK];END;
END;
FOR J:=1 TO NY1 DO
V1R[NX, J]:=2.*V1R[NX1, J]-V1R[NX1-1, J];
end;
{***** SKOR1 TUGADI *****}
{***** SKOR2 *****}
procedure skor2;
BEGIN
ALU2[1]:=1.;
BEU2[1]:=0.;
FOR I:=2 TO NX1 DO BEGIN
X:=(I-1)*DX;
FOR J:=2 TO NY1 DO BEGIN
F21PJ:=(F21[I, J+1]+F21[I, J])/2.;
F21PI:=(F21[I+1, J]+F21[I, J])/2.;
F21MJ:=(F21[I, J-1]+F21[I, J])/2.;
F21MI:=(F21[I-1, J]+F21[I, J])/2.;
AU2[J]:=(F21[I, J]*V21[I, J])/(2.*DY)+F21MJ/(AL2*DY2)-
F21[I, J]/
(2.*AL2*RN[J]*DY);
BU2[J]:=-(SH*F21[I, J])/DT-(F21[I, J]*U21[I, J])/(DL*DX)-
(Z1*F21PI)/
DX2-(Z1*F21MI)/DX2-F21PJ/(AL2*DY2)-F21MJ/(AL2*DY2)-
(W12*BK)/RE2;
CU2[J]:=-(F21[I, J]*V21[I, J])/(2.*DY)+F21PJ/(AL2*DY2)+
F21[I, J]/(2.*AL2*RN[J]*DY);
FQ1:=(SH*F21[I, J]*U21[I, J])/DT-(F21[I, J]*U21[I, J]*U2R[I-1, J])/
(DL*DX)+(UN2*W12*F21[I, J]*PR[I, J])/(AL2*DL*DX)-
(UN2*W12*F21[I, J]*PR[I-1, J])/(AL2*DL*DX)-
(Z1*F21PI*U21[I+1, J])/DX2-(Z1*F21MI*U2R[I-1, J])/
DX2+(Z2*F21[I+1, J]*V21[I+1, J+1])/DXY4-(Z2*F21[I+1, J]*
V21[I+1, J-1])/DXY4-(Z2*F21[I-1, J]*V2R[I-1, J+1])/DXY4;
FQ2:=(Z2*F21[I-1, J]*V2R[I-1, J-1])/DXY4+(Z2*F2R[I, J]*V2R[I, J])/
(RN[J]*DX)-(Z2*F2R[I-1, J]*V2R[I-1, J])/(RN[J]*DX)-
(Z3*F21[I, J+1]
*V2R[I+1, J+1])/DXY4+(Z3*F21[I, J+1]*V2R[I-1, j+1])/DXY4+

```

```

(Z3*F21[I,J-1]*V21[I+1,J-1])/DXY4-(Z3*F21[I,J-1]*V2R[I-
1,J-1])/
DXY4-(Z3*F21[I,J]*(V2R[I,J]-V2R[I-1,J]))/(RN[J]*DX)-
(UN2*W12*BK*U11[I,J])/RE2;
FU2[J]:=FQ1+FQ2;
ALU2[J]:=-CU2[J]/(AU2[J]*ALU2[J-1]+BU2[J]);
BEU2[J]:=(FU2[J]-AU2[J]*BEU2[J-1])/(AU2[J]*ALU2[J-
1]+BU2[J]);
END;
FOR J:=1 TO NY1 DO BEGIN
KK:=NY-J;
{43 }
U2R[I,KK]:=ALU2[KK]*U2R[I,KK+1]+BEU2[KK];
END; END;
{ 41 CONTINUE}
for J:=1 to NY1 do
U2R[NX,J]:=2.*U2R[NX1,J]-U2R[NX1-1,J];
ALV2[1]:=1.;
BEV2[1]:=0.;
{DO 44 1=2,NX1
DO 45 J=2,NY1}
for i:=2 to NX1 do begin
for J:=2 TO NY1 do BEGIN
F21PJ:=(F21[I,J+1]+F21[I,J])/2.;
F21PI:=(F21[I+1,J]+F21[I,J])/2.;
F21MJ:=(F21[I,J-1]+F21[I,J])/2.;
F21MI:=(F21[I-1,J]+F21[I,J])/2.;
AV2[J]:=(F21[I,J]*V21[I,J])/(2.*DY)+(Z4*F21MJ)/DY2+(Z5*F2
R[I,J-1])
/RN[J-1]-F21[I,J]/(AL2*RN[J]*DY);
BV2[J]:=-(SH*F21[I,J])/DT-(F21[I,J]*U21[I,J])/(DL*DX)-
(Z4*F21PJ)/
DY2-(Z4*F21MJ)/DY2-F21PI/(AL2*DL*DL*DX2)-
F21MI/(AL2*DL*DL*DX2)-
(2.*F21[I,J])/(AL2*RN[J]*RN[J])-(W12*BK)/RE2;
CV2[J]:=-(F21[I,J]*V21[I,J])/(2.*DY)+(Z4*F21PJ)/DY2-
(Z5*F2R[I,J+1])
/RN[J+1]+F21[I,J]/(AL2*RN[J]*DY);
VV1:=- (SH*F21[I,J]*V21[I,J])/DT-(F21[I,J]*U21[I,J]*V2R[I-
1,J])/
(DL*DX)+(UN2*W12*F21[I,J]*PR[I,J+1])/(2.*AL2*DY)-
(UN2*W12*F21[I,J]
*PR[I,J-
1])/ (2.*AL2*DY)+(Z2*F21[I,J+1]*U21[I+1,J+1])/DXY4-(Z2*

```

```

F21[I,J+1]*U2R[I-1,J+1])/DXY4-(Z2*F21[I,J-1]*U21[1+1,J-1])/DXY4+
(Z2*F21[I,J-1]*U2R[I-1,J-1])/DXY4-
(Z3*F21[I+1,J]*U21[I+1,J+1])/DXY4;
FV2[J]:=VV1+(Z3*F21[I+1,J]*U21[1+1,J-1])/DXY4+(Z3*F21[I-1,J]
*U2R[I-1,J+1])/DXY4-(Z3*F21[I-1,J]*U2R[I-1,J-1])/DXY4-
(F21PI*V21[I+1,J])/(AL2*DX2*DL*DL)-(F21MI*V2R[I-1,J])/(AL2*DX2*DL*DL)-(UN2*W12*BK*V11[I,J])/RE2;
ALV2[J]:=-CV2[J]/(AV2[J]*ALV2[J-1]+BV2[J]);
BEV2[J]:=(FV2[J]-AV2[J]*BEV2[J-1])/(AV2[J]*ALV2[J-1]+BV2[J]);
{45 CONTINUE}
END;

{DO 4 6 J=1,NY1}
FOR J:=1 TO NY1 DO BEGIN
KK:=NY-J;
V2R[I,KK]:=ALV2[KK]*V2R[I,KK+1]+BEV2[KK]; END; END;
{44 CONTINUE}
{DO 750 J=1,NY1}
FOR J:=1 TO NY1 DO
V2R[NX,J]:=2.*V2R[NX1,J]-V2R[NX1-1,J];
END;
{RETURN
END
SUBROUTINE TEMPI}
PROCEDURE TEMP1;
{DO 193 I=2,NX1
DO 193 J=2,NY1 }
BEGIN
FOR I:=2 TO NX1 DO BEGIN
FOR J:=2 TO NY1 DO BEGIN
SST1:=(T1[I+1,J]+T1[I,J])/2*(DL*DL*DX*DX)+(T1[I-1,J]*T1R[I-1,J])/
(DL*DL*DX*DX)+(T1[I,J+1]+T1[I,J])*T1R[I,J+1]/(DY*DY)+(T1[I,J-1]+
T1[I,J])*T1R[I,J]/2*(DY*DY)+T1R[I-1,J]/DT+PI1*(T1R[I,J+1]-
T1R[I,J-1])/2*DY+PI2*T1R[I,J];
SST2:=1/DT+(T1[I+1,J]+T1[I,J])/(DL*DL*DX*DX)+(T1[I-1,J]+T1[I,J])/
2*(DL*DL*DX*DX)+(T1[I,J+1]+T1[I,J])/(2*DY*DY)+(T1[I,J-1]+
T1[I,J])/(2*DY*DY);
T1R[I,J]:=SST1/SST2;

```

```

MB[I,J]:=AK*EXP(-AK*T1R[I,J]);
END; END;
{193 CONTINUE}
{DO 918 1=2,NX}
FOR I:=2 TO NX DO BEGIN
T1R[I,1]:=T1R[I,2];
T1R[I,NY]:=T1R[I,NY1];
{918 CONTINUE}
END;
{DO 981 J=2,NY1}
FOR J:=2 TO NY1 DO
T1R[NX,J]:=2.*T1R[NX1,J]-T1R[NX-1,J];
{981 CONTINUE}
T1R[NX,NY]:=T1R[NX,NY1];
end;
{RETURN END}
{SUBROUTINE OTVET}
procedure otvet;
LABEL 57,566,60,70,370,100,691,472;
BEGIN
{IF (NUL=0) THEN GOTO 57;
IF(JET<>ITER) THEN GOTO 57;
JET:=JET+SHAG;
IF(DAT=0) THEN GOTO 566;
WRITE('ITER= ',ITER);}
{DO 58 1=1,NX}
FOR I:=1 TO NX DO BEGIN
X:=(I-1)*DX;
{IF (DAT=0) THEN GOTO 577;
WRITE[7,50] X 577 WRITE[6,50] X
50 FORMAT[4X, 'Y',7X, 'U1',7X, 'U2',8X, 'VI',8X,
'V2',8X, 'P',9X, 'F1' , *6X,'F2',6X,'T1'/2X,'X=',F5.2]
DO 58 J=1,NY Y=[NY-J]* DY
IF[DAT.EQ.0] GOTO 926
WRITE[7,59]
Y,U1R[I,J],U2R[I,J],VIR[I,J],V2R[I,J],PR[I,J], *F1R[I,J]
,F2R[I,J] , T1R [I, J]
92 6 CONTINUE
58 WRITE[6,59]
Y,U1R[I,J],U2R[I,J],VIR[I,J],V2R[I,J],PR[I,J],
*F1R[I,J],F2R[I,J],T1R[I,J] 5 9
FORMAT[IX,F4.2,4[2X, F8 . 5] , 2X,F8.3,3[IX,F8.4]]
57 CONTINUE }
END;
57:

```

```

L2:=0;
SMAX:=ABS(U1R[2,2]-U11[2,2]);
  {DO 60 1=2,NX1
  DO 60 J=2,NY1}
FOR I:=2 TO NX1 DO BEGIN
FOR J:=2 TO NY1 DO BEGIN
DEL:=ABS(U1R[I,J]-U11[I,J]);
IF(DEL<SMAX) THEN GOTO 60;
SMAX:=DEL;
LX:=I;
LY:=J;
{ DEL=ABS([U1R[I,J]-U1i[I,J] ]/[dt*U1R{I,J}]) }
{ IF[DEL.LE.EPS] GOTO 61}
{L2 = 1 C61 CONTINUE}
{ 60 CONTINUE}
END;END;
60:
{IF (DEL<=EPS) THEN GOTO 70;}
{IF (DAT=0) THEN GOTO 370;}
{WRITE [7, 923] ITER, LX, LY, SMAX}
370: WRITE(ITER,LX,LY,SMAX);
{IF[L2.EQ.0] GOTO 70}
ITER:=ITER+1;
TAU:=TAU+DTAU;
{DO 71 1=2,NX
DO 71 J=2,NY}
FOR I:=2 TO NX DO BEGIN
FOR J:=2 TO NY DO BEGIN
U11[I,J]:=U1R[I,J];
U21[I,J]:=U2R[I,J];
V11[I,J]:=V1R[I,J];
V21[I,J]:=V2R[I,J];
F11[I,J]:=F1R[I,J];
F21[I,J]:=F2R[I,J];
P1[I,J]:=PR[I,J];
{ 71 CONTINUE} END; END;
{GOTO 100;}
{ 7 0 CONTINUE}
70:
L2:=0;
{IF(DAT=0) THEN GOTO 691;
WRITE(ITER,TAU);
691:WRITE(ITER,TAU);}
{ FOR 88}
FOR I:=1 TO NX DO BEGIN

```

```

{IF(DEL=0) THEN GOTO 472;}
{WRITE[7,80] X}
472: WRITEln('x= ',X*I*0.1:5:2);
FOR J:=1 TO NY DO BEGIN
Y:=(NY-J)*DY;
WRITEln(Y:5:2,' ',U2R[I,J]:6:3,' ',V2R[I,J]:6:3,'
',PR[I,J]:6:3,' ',
F1R[I,J]:6:3,' ',F2R[I,J]:6:3,' ',T1R[I,J]:6:3);
{822 CONTINUE}
{88 WRITE(6,89)Y, U1R [I, J] ,
U2R[I,J],VIR[I,J],V2R[I,J],PR[I, J] ,
*F1R[I,J],F2R[I,J],T1R[I,J] 8 9
FORMAT[IX,F4.2,4[2X,F8.5],2X,F8.3,3[IX,F8.4]] 100
RETURN}
END;
READLN;
END;
{100 RETURN}
100:END;
begin
VXOD;
COND;
SKOR1;
SKOR2;
TEMP1;
OTVET;
FOR JJ:=1 TO 5 DO BEGIN
cond;
SKOR1;
SKOR2;
TEMP1;
END;
OTVET;
end.

END.

```