

## DEVELOPMENT OF AN APPLICATION FOR THE THERMAL TREATMENT OF OIL SLIME

Balakayeva G.T.<sup>1</sup>, Kalmenova G.B.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

\*e-mail: kalmenova.g.b@gmail.com

### Abstract

The oil refining and production activities of oil and gas-producing enterprises necessarily have an anthropogenic impact on the environment, therefore, environmental issues and the rational use of natural resources are important. The most dangerous pollutants of all components of the natural environment are oil waste, and one of the most effective cleaning methods is thermal treatment. The task of neutralizing oil waste by thermal treatment of oil slime was set. Research is carried out using the methods of mathematical and numerical modeling of heat treatment, the results of which describe the change in temperature and mass flow over time. Numerical simulation is carried out by using the alternating-direction implicit method in an implicit iterative scheme until the convergence condition is met.

The purpose of this work is to create an application for solving scientific and practical problems of thermal processing of oil slime.

**Keywords:** oil slime, software, heat treatment, alternating direction method, Dash.

### Аннотация

Г.Т. Балакаева<sup>1</sup>, Г.Б. Калменова<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Казахский Национальный университет им. Аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

## РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НЕФТЕШЛАМА

Нефтеперерабатывающая и производственная деятельность нефтегазодобывающих предприятий обязательно оказывает антропогенное воздействие на окружающую среду, поэтому важны вопросы экологии и рационального использования природных ресурсов. Наиболее опасными загрязнителями всех компонентов природной среды являются нефтяные отходы, а одним из эффективных способов переработки является термическая обработка. Была поставлена задача обезвреживания нефтеотходов путем термической обработки нефтешламов. Исследования проводятся методами математического и численного моделирования термообработки, результаты которых характеризуют изменение температуры и массы потока во времени. Численное моделирование проводится методом использования переменных направлений в неявной итерационной схеме до выполнения условия сходимости.

Целью работы является создание приложения для решения научных и практических задач переработки нефтеотходов.

**Ключевые слова:** нефтешлам, программное обеспечение, термообработка, метод переменного направления, Dash.

### Аңдатпа

Г.Т. Балакаева<sup>1</sup>, Г.Б. Калменова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан

## МҰНАЙ ШЛАМЫН ТЕРМИЯЛЫҚ ӨНДЕУГЕ АРНАЛҒАН ҚОСЫМШАНЫ ӨЗІРЛЕУ

Мұнай өңдеу және мұнай және газ өндіруші кәсіпорындардың өндірістік қызметі қоршаған ортаға міндетті түрде антропогендік әсер етеді, сондықтан экологиялық мәселелер мен табиғи ресурстарды ұтымды пайдалану маңызды. Табиғи ортадағы барлық компоненттердің ең қауіпті ластаушылары мұнай қалдықтары, ал өндеудің тиімді әдістерінің бірі термиялық өңдеу болып табылады. Мұнай шламын термиялық өңдеу арқылы мұнай қалдықтарын залалсыздандыру міндеті қойылды. Зерттеулер термиялық өндеуді математикалық және сандық модельдеу әдістерімен жүргізледі, оның нәтижелері уақыт бойынша температура мен ағынның массасының өзгеруін сипаттайды. Сандық модельдеу конвергенция шарты орындалғанға дейін жасырын итеративті схемадағы айнымалы бағыттарды қолдану әдісімен жүзеге асырылады.

Бұл жұмыстың мақсаты мұнай қалдықтарын өндеудің ғылыми-практикалық мәселелерін шешуге арналған қосымшаны құру болып табылады.

**Түйін сөздер:** мұнай шламы, бағдарламалық қамтамасыз ету, термиялық өңдеу, айнымалы бағыт әдісі, Dash.

### **Кіріспе**

Біздің планетамыздың экологиялық жағдайы көптен бері алаңдаушылық туғызып келеді. Қоршаған ортаға антропогендік әсер ету оған орны толмас зиян келтіреді және мұнай өңдеу, өнеркәсіпте қоршаған ортаны ластаудың елеулі көздерінің бірі болып табылады. Қазіргі әлемдік экономика энергия ресурстарының орасан зор көлемін талап етеді, оның негізгі көзі мұнай болып табылады, ал экология көбінесе екінші планға ысырылады. Өндірілетін көмірсутектердің қазіргі заманғы көлемі және оларды өңдеу кәсіпорындарының қуаттылығы қоршаған ортаны қорғау мәселелерін бірінші орынға қояды.

Мұнай өнеркәсібі гетерогенді қалдықтардың көп мөлшерінің түзілуіне байланысты қоршаған ортаға әсер ету деңгейі бойынша жетекші салалардың арасында бірінші орындардың бірін алады. Солардың бірі мұнай шламы – мұнайдың жоғары молекулалы қосылыстарының, әртүрлі құрамдағы минералды бөлшектердің және қабат суларының коллоидты жүйесі. Бұл мұнай өндіру және өңдеу өнеркәсібінің химиялық құрамының күрделілігімен сипатталатын және тұрақты түрлену процесіндегі ең ірі қалдықтары. Шлам мұнай және газ ұнғымаларын салу кезінде, мұнай өңдеу кен орындарын далалық пайдалану кезінде, ағынды суларды бұру кезінде, сондай-ақ резервуарларды және басқа жабдықтарды тазалау кезінде пайда болады. Мұнай шламының әртүрлі түрлері энергетикалық кешен объектілері, көлік, машина жасау, химия, металлургия кәсіпорындары үшін де кең таралған қалдықтар болып табылады. Бұл салаларда олардың қалыптасу сипаты негізінен мұнай өнеркәсібіндегі қалдық түзу процестеріне ұқсас. Құрамында мұнай бар қалдықтардың ең көп мөлшері жылу электр станцияларының, әуежайлардың, вокзалдардың, металлургиялық зауыттардың резервуар парктерін тазалау кезінде түзіледі. Вагон-цистерналарды булау станциялары мен тазарту құрылыстары да әртүрлі фазалық және химиялық құрамды көмірсутекті суспензиялардың үлкен сыйымдылығының көздері болып табылады. Төтенше мұнай төгілу кезінде ластанған топырақ түзілетіндіктен, құрамында мұнай бар қалдықтардың мұндай түріне ерекше назар аудару керек. Олардың мұнай шламынан негізгі айырмашылығы көмірсутектердің төмен концентрациясы болып табылады. Төгілген мұнайдың тұтқырлығының төмендеуі оның рельеф бетінде мономолекулалық қабықшалы қабат түзуіне әкеледі. Егер оның қалыңдығы 10 мм-ден аспаса, онда оттегінің енуі шамамен 5-10% кешіктіріледі, бұл микроорганизмдердің өмірлік белсенділігіне айтарлықтай әсер етпейді. Мұнай қабатының оттегінің сіңіру қабілеті 80-90% болған жағдайда фотосинтез процесі тежеледі, бұл топырақтағы оттегі концентрациясының төмендеуіне әкеледі және организмдердің олардың соңғы өліміне дейін тіршілік әрекетінің басылуына ықпал етеді.

Мұнай шламын өңдеу және кәдеге жарату маңызды экологиялық және экономикалық міндет болып табылады. Майлы шламды өңдеудің ең тиімді әдістерінің бірі термиялық өңдеу болып табылады. Мұнай шламын өңдеудің термиялық әдістері мұнай өнімдерінің термиялық ыдырау процестеріне негізделген [1]. Мұнай өнімдерінің толық термиялық ыдырауы нәтижесінде соңғы ыдырау өнімдері – CO<sub>2</sub> және H<sub>2</sub>O – түзіледі. Ол сондай-ақ металдар мен тұздар сияқты бейорганикалық заттардың көлемін айтарлықтай азайтады және қалдықтарды тиімді жоюға мүмкіндік береді.

### **Зерттеудің мақсаты мен міндеттері**

Зерттеудің мақсаты – мұнай шламының сипаттамаларын және процестің физикалық-химиялық негіздерін зерттеуден бастап, мұнай шламын өңдеуді талдау үшін бағдарламалық кешенді әзірлеу.

Мұнай шламын термиялық өңдеу арқылы мұнай қалдықтарын залалсыздандыру міндеті қойылды. Конвективтік қыздыруды қолдану арқылы мұнай шламын өңдеу моделі әзірленді, ол мұнай қалдықтарын қыздыратын ағынның температурасы мен жылдамдығына байланысты қыздырудың тиімділігі мен біркелкілігін бағалауға мүмкіндік береді. Стационар емес, біртекті емес жылуөткізгіштік есебін сандық шешу алгоритмінің бағдарламалық іске асырылуы конвергенция шарты орындалғанға дейін жасырын итеративті схема бойынша айнымалы бағыттарды қолдану әдісімен жүзеге асырылды.

### **Материалдар мен тәсілдер**

*Математикалық және сандық модельдеу.* Модельдеу қазіргі әлемде зерттеу жүргізудің негізгі құралдарының бірі болып табылады. Ол теориялық эксперименттерді тез және үнемді, зерттелетін объектілерді ең сенімді түрде көрсетуге мүмкіндік береді.

Есептеуіш техника мүмкіндіктерінің артуы процестер мен құбылыстарды зерттеуге барған сайын көбірек перспективалар мен мүмкіндіктер ашады.

Математикалық модель [2] және жылуөткізгіштік процесін компьютерлік модельдеу және модель нәтижелерін графикалық түрде бейнелейтін программалық кодты жүзеге асыру, яғни процестің

цифрлық моделін құру, кейіннен модуль ретінде пайдалану, мұнда деректердің графикалық көрінісін өңдеуді қоса сипатталған. Осы мақсатқа жету үшін келесі міндеттер шешіледі:

- Ғылыми мазмұндағы әртүрлі ақпарат көздерін (кітаптар, мақалалар, зерттеу жұмыстары және т.б.) пайдалана отырып, пәндік саланы талдау.

- Айнымалы коэффициенттері бар уақыт бойынша екі өлшемді кеңістікте жылудың таралуының математикалық моделін құру.

- Уақыт бойынша температураның өзгеру процесін модельдейтін және нәтижелерді графикалық түрде көрсететін бағдарламалық өнімді әзірлеу.

Мұнай қалдықтарын термиялық өңдеудің математикалық моделін жасау кезінде өнім қабатының қызуын қарастырамыз. Процестің математикалық моделі жылулық және массалық теңдеулермен сипатталады және екінші ретті сызықты емес дифференциалдық теңдеулер жүйесін құрайды. Бастапқы және шекаралық шарттары Дирихле және Нейман шарттары арқылы берілді. Шешім конвергенция шарты орындалғанға дейін жасырын айырымдық схемасы бойынша айнымалы бағыттар әдісі арқылы жүзеге асырылады [3].

Сандық жылу алмасу - бұл өткізгіштік, конвекция және/немесе сәулелену жылу алмасуын сипаттайтын дифференциалдық (және кейде интегралдық) теңдеулерді жуықтайтын алгебралық теңдеулер жиынтығын компьютерде шешу процедураларын білдіретін кең термин. Кез келген жылу беруді есептеудегі әдеттегі мақсат - қандай да бір бетке немесе объектіге немесе одан жылу беру жылдамдығын анықтау. Өткізгіштік есептерде бұл материалдың бетіндегі температура градиентін табуды талап етеді [4].

Айқын және жасырын схемалардың дәлдік реті бірдей. Жаңа қабаттағы айқын схема үшін барлық түйіндердегі әрекеттер саны тор түйіндерінің санына  $(N-1)^2$  пропорционал:

$$Q_{\text{explicit}} = O\left(\frac{1}{h^2}\right)$$

Жасырын схема жағдайында  $(N-1)^2$  теңдеулер жүйесін шешу қажет. Бұл нақты схеманы қолданғаннан гөрі әлдеқайда көп қадамдарды қажет етеді:

$$Q_{\text{explicit}} = O\left(\frac{1}{h^4}\right)$$

Тұрақтылық тұрғысынан жасырын схема кез-келген  $t$  және  $h$  мәндерінде тұрақты, ал айқын схема тек тұрақты болған кезде ғана тұрақты болады

$$\tau \leq \frac{1}{4}h^2$$

Үнемді айырымдық схемалары, соның ішінде айнымалы бағыт схемасы, жасырын және айқын схемалардың артықшылықтарын біріктіреді [5]. Физика мен техникадағы бірнеше күрделі мәселелерге арналған үнемді схемалар сандық модельдің шешімін табуға мүмкіндік береді [6]. Мұндай әдістердің негізгі идеясы жолдар мен бағандар бойынша бір өлшемді есептерді дәйекті түрде шешу болып табылады. Бойлық-көлденең схема (бағыттарды ауыстырудың жасырын әдісі) бұл идеяны айқын көрсетеді. Жылу өткізгіштік теңдеуі үшін шекаралық есептерді шешудің әртүрлі әдістері бар, соның ішінде айнымалы бағыт әдісі. Айнымалы бағыт әдісінің схемасында барлық бөлу әдістерінде көрсетілгендей, тәуелсіз кеңістіктік айнымалылар саны (екі өлшемді жағдайда екі) уақыт кезеңін  $\tau$  бөледі. Бөлшектердің уақытының әр қабатында кеңістіктік дифференциалдық операторлардың бірі жасырын түрде жуықталады (скалярлық қудалау тиісті координатаға қарай орындалады), ал қалғандары жасырын. Келесі бөлшек қадамда дифференциалдық оператордың келесі айналымы анық орындалмайды, ал қалғандары анық орындалады [7]. Бұл схема көбінесе Писман-Ричфорд схемасы деп аталады (оны алғаш ұсынған авторлардың атымен). Мұнда  $n$  қабатынан  $n + 1$  қабатына өту  $\tau/2$  екі кезеңде жүзеге асырылады. Екі өлшемді жағдайда айнымалы бағыт әдісінің схемасы абсолютті тұрақты екенін көрсетуге болады [8].

Тұрақты коэффициенттері бар жылу теңдеуін шешу үшін  $(n + 1)$  уақыт қабатындағы дифференциалдық операторды айырымы операторымен жуықтау арқылы құрылатын жасырын

айырым схемасын қолдануға болады. Айырымдық схемасы  $O(\Delta\tau + h^2)$  тәртібімен теңдеуді жуықтайды.  $\Delta\tau/h^2 = r$  (1) түрінде қайта жазамыз:

$$A_k T_{k+1} + B_k T_k + C_k T_{k-1} = F_k \quad (1)$$

Максималды принцип бойынша тізбектің тұрақтылығын тексеру үшін:

$$A_k = r > 0, C_k = r > 0, -B_k = 1 + 2r > A_k + C_k$$

Соңғы теңсіздік әрқашан орындалады. Бұл жасырын схеманың абсолютті тұрақты екенін білдіреді.

Айнымалы бағыт әдісінің артықшылығы жоғары дәлдік болып табылады, өйткені әдіс уақыт бойынша дәлдіктің екінші ретіне ие. Кемшілікке кеңістіктік айнымалылар саны екіден көп болғанда шартты тұрақтылықты жатқызуға болады [9]. Сонымен қатар, айнымалы бағыт әдісі абсолютті тұрақты. Мұнай қалдықтарын термиялық өңдеу нәтижесінде алынған математикалық модель уақыт бойынша ағынның температурасы мен массасының өзгеруін сипаттайды және оны басқаруға мүмкіндік береді.

Математикалық физикада жылу өткізгіштіктің көптеген әртүрлі есептерін табуға болады, олар процестің шарттарымен ерекшеленеді, бірақ компьютерлік модельдермен жұмысты зерттеу үшін айнымалы коэффициенттері бар екі өлшемді жылуөткізгіштік теңдеуі таңдалды.

Бұл теңдеуді шешу үшін есептеулер үшін қажетті келесі енгізу параметрлері пайдаланылады:

- $\tau$  – уақыт қадамы;
- $h$  – тор қадамы;
- $x_1, x_2, y_1, y_2$  - ОХ және ОУ осьтерінің бойындағы сызықтардағы аймақтың шектерін сипаттайтын мәндер;
- $t$  – болжалды уақыт;
- $N_x, N_y$  – тордағы түйіндер саны.

Кіріс параметрлері негізінде температура мәні торға  $h$  қадамымен біркелкі таралады және екі кеңістік осінің бойымен  $x_1, x_2, y_1$  және  $y_2$  шекараларымен шектеледі. Ішкі және сыртқы жылу өткізгіштік параметрлерінің мәндеріне әсер ететін көптеген себептер бар [10].

Теңдеуді шешу кезінде келесі параметрлерді алу керек:

- $(x, y)$  – жазықтықтағы координаталар.
- $T(x, y, t)$  -  $t$  уақытындағы  $(x, y)$  нүктесіндегі температура мәні.

Табылған параметр мәндеріне сүйене отырып, пайдаланушының әрі қарай талдауы және пайдалануы үшін графикалық дисплей жасалынды.

Зерттеулер термиялық өңдеуді математикалық және сандық модельдеу әдістерімен жүзеге асырылады, оның нәтижелері уақыт бойынша температура мен масса ағынының өзгеруін сипаттайды. Айнымалы параметрлері бар ауқымды есептеулер мұнай шламын термиялық өңдеу кезінде жылу және масса алмасу ағындарын оңтайландыруға мүмкіндік береді.

Талдау және шешу әдістерін зерттеу кезінде теңдеуді сандық шешудің келесі алгоритмі анықталды екі өлшемді кеңістікте жылу және масса алмасу мәндерін есептеу қадамдарының реттілігі сипатталған:

- Бастапқы шарттар мәндері енгізіледі.
- Жергілікті бір өлшемді схема мен формулаларды қолдану арқылы есептеулер айнымалы бағыт әдісі арқылы орындалады.

Есептеулер нәтижесі  $t$  есептелген уақытта берілген жазықтықтағы  $T(x, y, t)$  мәндері және сәйкес координаталар  $(x, y)$  болып табылады.

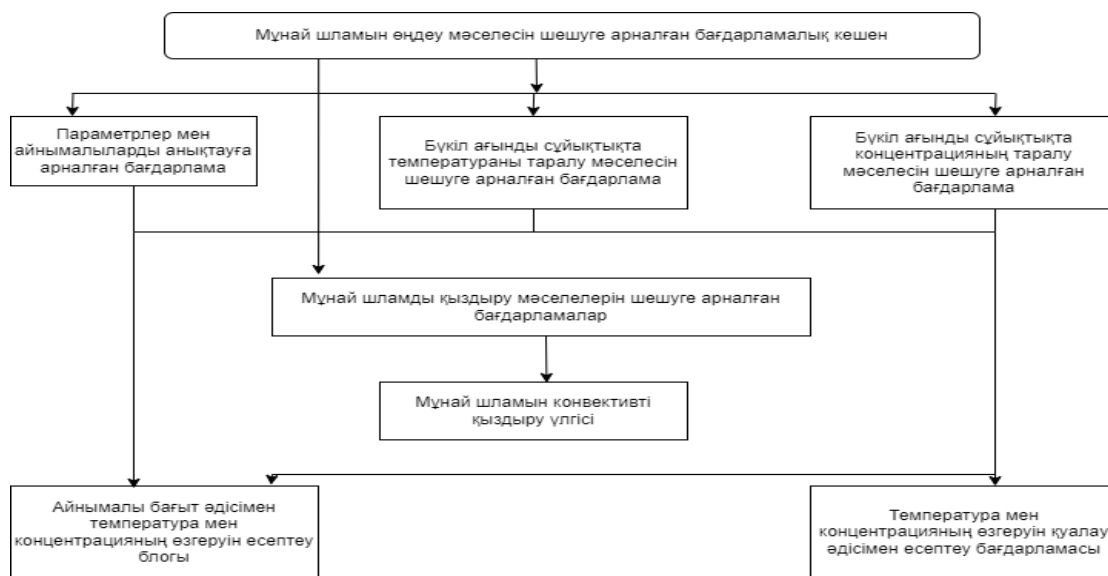
*Қолданбаның сипаттамасы.* Есептеу техникасының мүмкіндіктерінің үнемі артуы қоршаған дүниенің процестері мен құбылыстарын зерттеуге үлкен перспективалар ашады. Компьютерлік модельдеу, шын мәнінде, компьютерлік технологияны қолдану арқылы жүзеге асырылатын модельдеу.

Компьютерлік модельді құрастыру зерттелетін объектіден абстракциялауға негізделген. Компьютерлік модельде неғұрлым маңызды сипаттар анықталып пайдаланылса, осы үлгіні пайдаланатын жүйенің мүмкіндіктері соғұрлым көп болуы мүмкін. Компьютерлік модельдеу компьютерде бірқатар есептеу эксперименттерін жүргізуден тұрады, оның мақсаты нәтижелерді объектінің нақты әрекетімен талдау, түсіндіру және салыстыру, содан кейін қажет болған жағдайда модельді нақтылау.

Компьютерлік модельдеу бірқатар мүмкіндіктер мен артықшылықтарды береді:

- Өткен және болашақ құбылыстарды, нақты жағдайда қайталанбайтын объектілерді, қайталанбайтын құбылыстарды және т.б. қамтитын объектілердің кең ауқымын зерттеу;
- Абстрактілі объектілер мен табиғат объектілерін бейнелеу;
- Модельдің бірнеше сынақтарын өткізу;
- Адамдарға немесе қоршаған ортаға теріс салдар қаупінсіз эксперименттер жүргізу;
- Сынақ үлгілерін жасамай, объектінің оңтайлы дизайнын табу.

Мұнай шламын өңдеу мәселелерін шешуге арналған әзірленген бағдарламалық кешен 1-суретте көрсетілген құрылымға ие.



Сурет 1. Мұнай шламын өңдеу мәселелерін шешуге арналған әзірленген бағдарламалық кешен

Тапсырманы компьютерлік модельдеудің негізгі кезеңдері мыналар:

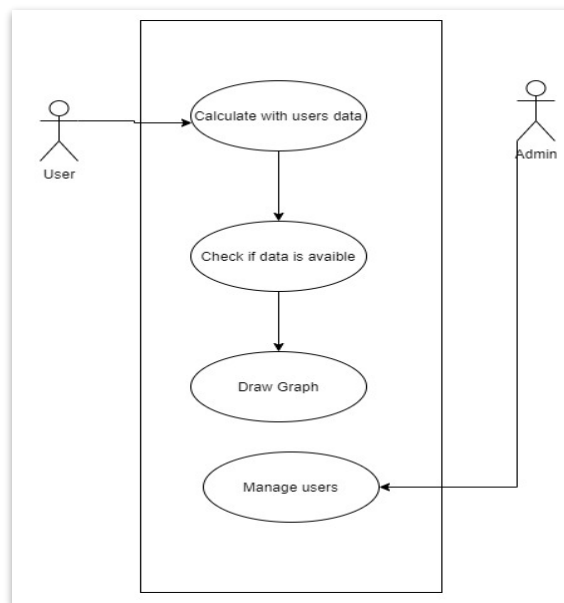
1. Мәселенің қойылуы және оны талдау (құру мақсаты, бастапқы мәліметтерді анықтау);
2. Ақпараттық модельді құру (параметрлер мен олардың байланысын анықтау, параметрлер арасындағы математикалық байланысты сипаттау);
3. Компьютерлік модельдерді жүзеге асырудың әдісі мен алгоритмін құру (бастапқы мәліметтерді алу әдісін таңдау, тиімді алгоритмді құру, алгоритмнің дұрыстығын тексеру [11]);
4. Компьютерлік модельді құру (бағдарламалық құралдарды таңдау, өңдеу);
5. Эксперимент жүргізу (зерттеу жоспарын құру, эксперимент, нәтижелерді талдау).

Эксперимент барысында компьютер үлгісіне өзгертулер, нақтылаулар немесе жақсартулар енгізу қажет екені анық болуы мүмкін. Бұл жағдайда бірінші кезекте анықталған проблемаға немесе тапсырмаға әсер ететін кезеңге оралу қажет.

Бағдарлама үш негізгі бөлімнен тұрады:

- мұнай шламының құрамы бойынша мәліметтер базасы;
- стационарлық емес жағдайларда ағындар мен температураларды және олардың әр түрлі әсер ету кезіндегі динамикалық өзгерістерін есептеуге арналған теңдеулер мен алгоритмдерді қамтитын бағдарламалық қамтамасыз ету;
- шарттарды енгізуге және есептеулердің нәтижелерін көруге мүмкіндік беретін пайдаланушы интерфейсі.

Төмендегі 2-суретте қолданбаның функционалдығы мен әрекеті сипатталған.



Сурет 2. Қолданбаның функционалдығы мен әрекетінің сипаттамасы

Бағдарламалық қамтамасыз ету Python объектіге бағытталған бағдарламалау ортасында жүзеге асырылады. Бағдарламаны құру кезінде мыналар қолданылады: жылу алмасу теориясы, қарапайым дифференциалдық теңдеулерді шешудің сандық әдістері, айнымалы бағыттар әдісі және т.б.

Өзірленген қосымша экологиялық тәуекелдерді одан әрі азайту мақсатында топыраққа сіңген мұнай шламьындағы жылу мен масса алмасуды және қоршаған ортаға ластаушы заттардың таралуын компьютерлік модельдеуге мүмкіндік береді.

Flask-SQLAlchemy арқылы Flask-Login көмегімен кеңейтілген аутентификация арқылы дерекқорлармен өзара әрекеттесу орындалды.

Ол үшін қажетті кітапханалар пайдаланылды: sqlalchemy, flask-sqlalchemy, flask-login, werkzeug және configparser.

app.py файлында Dash қолданбасының коды пайдаланушы тіркелгісін жасауға, жүйеге кіруге және графикалық деректерді көрсетуге арналған бірнеше түрлі орналасудан тұрады.

users\_mgt.py файлы дерекқор болып табылады және пайдаланушы атын, құпия сөзді және электрондық пошта мекенжайын пайдаланушылар кестесінде сақтайды. Пайдаланушы құпия сөздерін қорғау үшін пароль werkzeug кітапханасы арқылы хэштеледі. Werkzeug — жетілдірілген веб-сервер шлюзі интерфейсі (WSGI) утилиталарының кітапханасы. Flask-Login конфигурациясы config.py файлында сақталды.

Ақпараттық визуализация – бұл деректің мағынасын түсінуге көмектесетін кескіндер түрінде дерексіз деректерді ұсыну процесі. Деректерді визуализациялау үлкен және күрделі деректер жиынын қарапайым және көрнекі түрде көрсетуге көмектеседі. Жобаның соңында техникалық білімі жоқ кәсіпқой емес адамдар үшін де бәрі түсінікті болатындай нәтижелер ұсына білу маңызды [12].

Деректерді визуализациялау қолданбаның ажырамас бөлігі болып табылады. Ол интерактивті графиктермен жұмыс істеуге ғана емес, сонымен қатар оларды веб-сайтта көрсетуге мүмкіндік беретін Python-Dash-те деректерді визуализациялау құрылымын сипаттайды. Dash қолданбасының коды декларативті, бұл көптеген интерактивті элементтерді қамтитын күрделі қолданбаларды құруды жеңілдетті [13]. Dash пайдаланушы интерфейсінің кітапханасы деректерді талдау, зерттеу, визуализация, модельдеу және есеп беру үшін Python қолданатындар үшін пайдалы болды [14].

Dash деректерді талдау үшін GUI (Графикалық пайдаланушы интерфейстері) жасауды әлдеқайда жеңілдетеді.

Dash қолданбасы веб-шолғышта жұмыс істеп тұрған кезде JavaScript немесе HTML кодын жазудың қажеті болмады. Dash интерактивті веб-құрамдастардың бай жиынтығын ұсынады. Dash деректерді талдау кодын Dash UI интерфейсіне байланыстыру үшін қарапайым реактивті декораторды ұсынады. Енгізу элементі өзгерген кезде (мысалы, ашылмалы тізімде элемент таңдалғанда немесе жүгірткі жылжытылғанда), Dash декораторы Python кодын жаңа енгізу мәнімен қамтамасыз етеді.

Бағдарлама барысында қаралып жатқан мұнай шламын термиялық өңдеу мәселесі бойынша есептеулер жүргізілді. Бағдарламаның нәтижелері графикалық (3-5-сурет) формаларда көрсетілді. Бағдарлама жұмысында  $\tau = 0,1$ ,  $h = 1 = 0,5$  м,  $t = 30$ ,  $N_x * N_y = 100 * 100$  пайдаланылды.

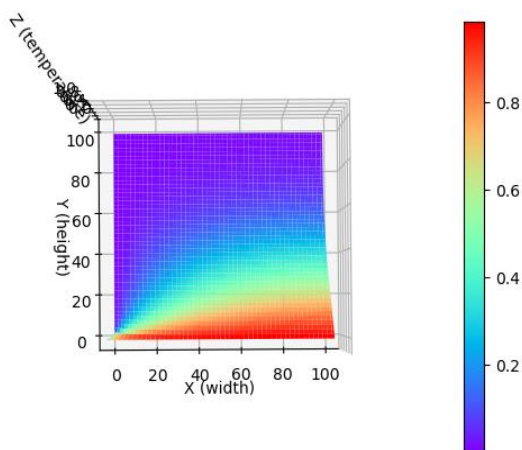
Нәтижелерді ұсынудың негізгі тәсілі - есептеу нәтижелерінің мәніне байланысты бүкіл аумақты графикке салу және бояу.

Графикалық элементтерді құру үшін Dash кескінін генерациялау кітапханасы пайдаланылды. Сондай-ақ, жазбаша бағдарламада құрылыс нәтижелерін .png растрлық кескін пішімінде сақтау, сюжетті png ретінде жүктеп алу, масштабтау, панорамалау, орбиталық айналдыру, айналмалы табақты айналдыру, камераны әдепкіге қайтару, камераны соңғы сақтау үшін қалпына келтіру, меңзердегі ең жақын деректерді көрсету ауыстырып-қосқыш. Нәтижелерді ұсынудың бұл жолдары модельденетін процестің барысын жақсырақ бағалауға көмектеседі: оның жылдамдығы мен берілген шарттардағы таралу аймағы.

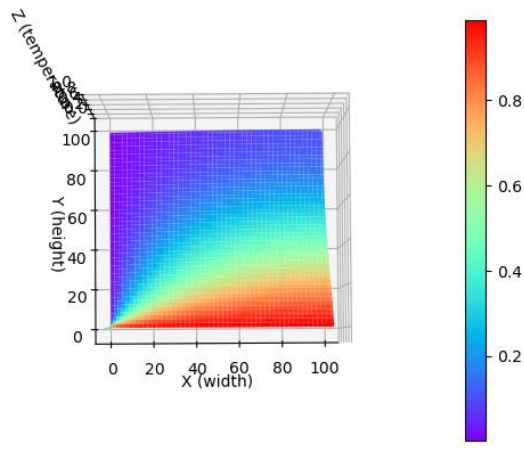
Графиктер графиктік нысандар деп аталатын арнайы нысандар бар plotly.graph\_objects модулінде салынған. Бұл нысандар фигураларды көрсету үшін де пайдаланылуы мүмкін және олардың сөздіктерге қарағанда кейбір артықшылықтары бар:

- Графикалық объектілер нақты деректерді тексеруді қамтамасыз етеді. Жарамсыз сипат атауы немесе мәні көрсетілсе, мәселенің нақты сипаттамасы бар ерекше жағдай шығарылады;
- Функциядан return операторын пайдаланып, ол fig мәнін қайтарады. Графикалық нысандарда толық API сілтемесі бар Python құжаттамасы бар. Сондықтан, әзірлеу ортасында қол жетімді қасиеттер туралы білу оңай.
- Графикалық объектілердің қасиеттеріне сөздіктегі кілт арқылы (сур.) немесе нүктелік шақыруды (fig.layout) іздеу арқылы қол жеткізуге болады;
- Графикалық нысандар бұрыннан салынған кескіндерді жаңартуға арналған жоғары деңгейлі көмекші функцияларды қолдайды (.update\_layout (), .add\_trace (), т.б.);

3-5-суреттерде көрсетілген массалық жоғалу тарихы әрқайсысында жалпы ауа ағынының температурасы мен плита өлшемі тұрақты сақталатын жағдайлар үшін сызылған. Осылайша, графиктер масса алмасу процесіне ағын жылдамдығының әсерін көрсетеді. Конвективтік қыздыру кезінде жылдамырақ қозғалатын сұйықтық жүйедегі жылу беру сипаттамаларын жақсартады, демек, қыздырылған май шөгінділерінің ішіндегі булану және диффузиялық жетектерді күшейтеді.

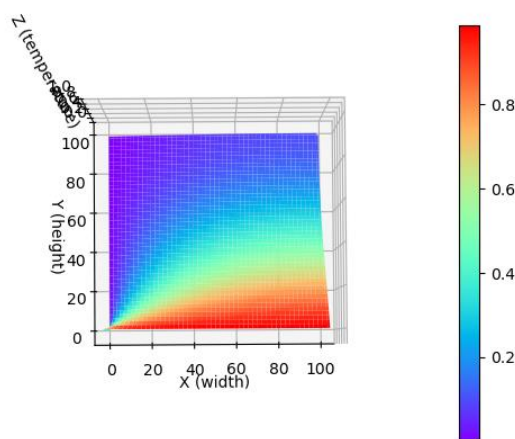


Сурет 3. Мұнай шламының температурасы  $250^{\circ}\text{C}$  температурада  $0,83$  м/с жылдамдықпен өзгеру графигі



Сурет 4. Мұнай шламының температурасы  $250^{\circ}\text{C}$  температурада  $1,6$  м/с жылдамдықпен өзгеру графигі

Сондай-ақ, қыздырылған плитадағы сұйықтықтардың жылдамдығы неғұрлым жоғары болса, бет олардың импульсі жоғарырақ буларды тартады. Бұл ағынның жоғары жылдамдығымен алынған ұшпаланудың салыстырмалы түрде жоғары қарқынына әкелді.



Сурет 5. Мұнай шламының температурасы 250°C температурада 2,7 м/с жылдамдықпен өзгеру графигі

Массалық жоғалтудың соңғы шектеріне ағын жылдамдығы әсер етпейді деп күтілуде, өйткені бұл шектеулер тек жүйеде ақырында қол жеткізілетін максималды температуралармен басқарылады. Дегенмен, үш графикте байқалатын шамалы әсер, кем дегенде ішінара, ағынның жоғары жылдамдықтарымен байланысты жақсартылған жылу беру жағдайларымен байланысты.

Осы мәселені әрі қарай тексеру үшін осы зерттеуде мұнай шламдары 150 °C, 250 °C, 350 °C және 450°C температурада және ағын жылдамдығы 0,83, 1,6 және 2,7 м/с ауа ағындарына тексерілді.

### Қорытынды

Зерттеу барысында мұнай шламын өңдеу әдістері мен технологияларының талданып, оның негізінде қалдықтардың қоршаған ортаға әсерін барынша азайту мақсатында мұнай шламын өңдеудің термиялық әдісі таңдалды. Мұнай шламының қабатынан зиянды заттардың булануы кезіндегі жылу және масса алмасу процестерін сипаттайтын математикалық модель құрастырылды. Берілген дифференциалдық теңдеудің математикалық есептеулері оны шешу әдістерін қолдана отырып, теңдеулер жүйесі түріндегі сандық шешімге келтіру арқылы жүзеге асырылды.

Жасалған компьютерлік модель уақыт бойынша екі өлшемді кеңістікте жылудың таралуын есептеуді ғана емес, сонымен қатар кестелер мен графиктер түрінде алынған нәтижелердің графикалық көрінісін құруды қамтиды. Бұл пайдаланушыға алынған модельді бірнеше жолмен қарауға мүмкіндік береді және әртүрлі тәсілдер арқылы алынған нәтижелерді талдауға мүмкіндік береді.

Өзірленген қосымша мұнай-газ саласы үшін өңдеу процестерінде басқару шешімдерінің үлгілері мен алгоритмдерін жүзеге асырады және болашақта өнеркәсіптік мұнай-газ секторында пайдалануға болатын желілік интерфейсті қамтамасыз етеді.

Мұнай шламын өңдеуге арналған бұл ұсыныс экологиялық мәселелерді шешу үшін тиімді технологияларды қолдануды қолдайды.

### Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

- 1 Xianyong Zhang, Kai Li, and Aiguo Yao. *Thermal Desorption Process Simulation and Effect Prediction of Oil-Based Cuttings*, ACS Omega, 7 (25), 21675-21683, 2022. DOI: 10.1021/acsomega.2c01597
- 2 Balakayeva, G., Darkenbayev, D. *The solution to the problem of processing big data using the example of assessing the solvency of borrowers*, Journal of Theoretical and Applied Information Technology, 2020, 98(13), 2659-2670.
- 3 Anderson, Tannehill, and Pletcher, (1977) *Computational Fluid Mechanics and Heat Transfer*. – 2nd ed., Taylor & Francis, 1977. ISBN 1-56032-046-X
- 4 De Vahl Davis. *Graham. Numerical Heat Transfer*, DOI: 10.1615/AtoZ.n.numerical\_heat\_transfer
- 5 Chang, M. J., Chow, L. C., Chang, W. S. *Improved alternating-direction implicit method for solving transient three-dimensional heat diffusion problems*, Numerical Heat Transfer, Part B: Fundamentals, 19 (1):P. 69–84.
- 6 G.T. Balakayeva, C. Phillips, D.K. Darkenbayev, M. Turdaliyev. *Using NoSQL for processing unstructured BigData*, News of the Republic of Kazakhstan series of Geology and Technical sciences, ISSN 2224-5278 Volume 6, Number 438 (2019), pp.12 – 21



- 7 Shan Zhao, A Matched. Alternating Direction Implicit (ADI) Method for Solving the Heat Equation with Interfaces, *Journal of Scientific Computing*, Volume 63-Issue 1 -pp 118–137, April, 2015.
- 8 Балакаева Г.Т., Калменова Г.Б. Мұнай қалдықтарын өңдеудің моделін жасау. *Вестник КазНПУ, Физико-математические науки*, 2019, №3, стр 552-555.
- 9 N. Jadidi, B. Roozbehani, A. Saadat. The Most Recent Researches in Oily Sludge Remediation Process, *American Journal of Oil and Chemical Technologies*, 2(10), 340-348, 2019.
- 10 Г.Т. Балакаева, Е. Микебаев, М. Сафонов, Е.К. Онгарбаев, С.Ж. Тетенев. Численное моделирование тепломассопереноса в реакторе непрерывного движения окисления нефтешламов, *Химический вестник Казахского национального университета*, 3, стр. 47-55, 2000
- 11 Joldasbayev, S., Balakayeva, G. Joldasbayev, O., “Application of load balancing algorithms to improve the quality-of-service delivery using modifications of the least connections algorithm”, *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 98(12), 2063-2077, 2020.
- 12 Python interface to Tcl/Tk // Python Documentation URL:<https://docs.python.org/3/library/tkinter.html> 28.08.2019
- 13 A foreign function library for Python// Python Documentation URL:<https://docs.python.org/2/library/ctypes.html> 19.10.2022
- 14 Dash User Guide // URL: <https://dash.plotly.com/> 01.09.2022

#### References:

- 1 Xianyong Zhang, Kai Li, and Aiguo Yao. Thermal Desorption Process Simulation and Effect Prediction of Oil-Based Cuttings, *ACS Omega*, 7 (25), 21675-21683, 2022. DOI: 10.1021/acsomega.2c01597
- 2 Balakayeva, G., Darkenbayev, D. 2020. The solution to the problem of processing big data using the example of assessing the solvency of borrowers, *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 98(13), 2659-2670.
- 3 Anderson, Tannehill, and Pletcher, (1977) *Computational Fluid Mechanics and Heat Transfer*. – 2nd ed., Taylor & Francis, 1977. ISBN 1-56032-046-X
- 4 De Vahl Davis. Graham. *Numerical Heat Transfer*, DOI: 10.1615/AtoZ.n.numerical\_heat\_transfer
- 5 Chang, M. J.; Chow, L. C.; Chang, W. S. “Improved alternating-direction implicit method for solving transient three-dimensional heat diffusion problems”, *Numerical Heat Transfer, Part B: Fundamentals*, 19 (1):P. 69–84.
- 6 G.T. Balakayeva, C. Phillips, D.K. Darkenbayev, M. Turdaliyev. (2019) Using NoSQL for processing unstructured BigData, *News of the Republic of Kazakhstan series of Geology and Technical sciences*, ISSN 2224-5278 Volume 6, Number 438, pp.12 – 21
- 7 Shan Zhao, A Matched, “Alternating Direction Implicit (ADI) Method for Solving the Heat Equation with Interfaces”, *Journal of Scientific Computing*, Volume 63-Issue 1 -pp 118–137, April, 2015.
- 8 G.B. Kalmenova, G.T. Balakayeva, (2019) Developing a model of oil slime processing”, *Bulletin of KazNTU. Series Physics and mathematics*. №3, 552-555pp, Almaty.
- 9 N. Jadidi, B. Roozbehani, A. Saadat, “The Most Recent Researches in Oily Sludge Remediation Process”, *American Journal of Oil and Chemical Technologies*, 2(10), 340-348, 2019.
- 10 G.T. Balakayeva, E. Mikebaev, M. Safonov, E.K. Ongarbaev, S.Zh. Tetenov, (2000) “Numerical modeling of heat and mass transfer in a reactor for continuous movement of oxidation of oil slime” *Chemical Bulletin of Kazakh National University*, 3, pp 47-55, (in Russian).
- 11 Joldasbayev, S., Balakayeva, G. Joldasbayev, O. (2020). “Application of load balancing algorithms to improve the quality-of-service delivery using modifications of the least connections algorithm”, *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 98(12), 2063-2077,
- 12 Python interface to Tcl/Tk // Python Documentation URL:<https://docs.python.org/3/library/tkinter.html> 28.08.2019
- 13 A foreign function library for Python// Python Documentation URL:<https://docs.python.org/2/library/ctypes.html> 19.10.2022
- 14 Dash User Guide // URL: <https://dash.plotly.com/> 01.09.2022