**ӘӨЖ 65.011.56/004.942** **DOI 10.52167/1609-1817-2025-136-2-376-392**

**Г.Д. Бәзіл[1], С.С. Жусупбеков[1], А.С. Ербосынова[2], Г.У. Калкабаева**
[1] Energo University, Алматы, Қазақстан
[2] Mukhametzhan Tynyshbayev ALT University, Алматы, Қазақстан
E-mail: g.bazil@aues.kz

# МҰНАЙ САҚТАУ РЕЗЕРВУАРЛАРЫНДА ЖЕҢІЛ ФРАКЦИЯЛАРДЫ ҰСТАУ ЖҮЙЕСІНДЕ МЕМБРАНАЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯНЫ АВТОМАТТАНДЫРУ ӘДІСІ

**Аңдатпа.** Мақалада мұнайдың булану процесі кезінде жеңіл фракцияларды ұстау процесін оңтайлы реттеуді қамтамасыз ететін резервуарлардағы мұнайдың жеңіл фракцияларын ұстауға арналған қондырғыларды автоматты басқару жүйесі қарастырылған. Жұмыстар шетелдік және отандық ғылыми әдебиеттер, математикалық модельдеу, автоматты басқару теориясы, Matlab бағдарламалық пакеті, имитациялық модельдеудің Simulink графикалық ортасын қолдана отырып орындалған.

Ғылыми-зертте у жұмысы мембраналық технология негізінде жеңіл фракцияларды ұстау процесін басқаруды модельдеуден тұрады; математикалық модель негізінде эксперименттік нәтижелерді қолдана отырып оптималды параметрлерді анықтау; қаныққан мұнай буының қысымын тыныс алу клапаны арқылы реттеу моделі.

Алынған нәтижелер: 1) резервуарлардағы мұнайдың булану процесінің басқару объектісі ретінде мембраналық модулі бар жеңіл ұшпа құрамдас бөліктерді ұстау жүйесінің математикалық моделі әзірленді;

2) әзірленген математикалық модель негізінде мембраналық модульдің және қаныққан мұнай буы қысымының оптималды мәндері анықталды, нәтижесінде мұнайдың жеңіл фракцияларын ұстаудың ең жоғары тиімділігіне қол жеткізілді;

3) мұнай резервуарларының жеңіл құрамдас бөліктерінің шығынын төмендетуге мүмкіндік беретін қаныққан будың оңтайлы қысымын ұстап тұру үшін тыныс алу клапанын автоматты басқару моделі Simulink ортасында әзірленеді.

**Түйінді сөздер.** Булану, жеңіл фракцияларды ұстау қондырғылары, мембраналық технология, қаныққан бу қысымы, математикалық модельдеу, ұстау процесін автоматты басқару жүйесі.

## Кіріспе.

Қазақстанның экология жағдайларында булану кезінде атмосфераға бөлінетін зиянды жеңіл ұшпа құрамдас бөліктерді ұстау маңызды болып табылады. Аймақтардағы температураның тәуліктік ауытқуы және жаз мезгіліндегі жоғары температура резервуарлардағы мұнайдың булануының жоғарылауына ықпал етеді, бұл экономикалық шығындар мен экологиялық проблемаларға әкеледі. Булану процесінің бастапқы кезеңінде-ақ атмосфераға мұнайдың жеңіл ұшпа фракциялары шығарылады. Бұл фракциялар Қазақстан экологиясы үшін зиян, ал мұнай өнеркәсібінде өте бағалы болғандықтан, шығынды азайту қажеттілігі туындайды.

Мұнай мен мұнай өнімдерінің резервуарлардан булануынан болатын шығындарды анықтау бойынша алғашқы теориялар Белоконь Н. И., Черникина В. И., Чарный И. А. және Константинова Н. Н. жұмыстарында келтірілген. Содан кейін шығындарды есептеу теориясы мен практикасын одан әрі дамыту және тасымалдау, сақтау, қабылдау және босату кезінде мұнай мен мұнай өнімдерінің жоғалуын азайту және жою саласындағы ғылыми зерттеулер Абузова Ф. Ф., Ашкинази М. И., Бобровский С. А., Бунчук В. А., Галеев В. Б., Гумеров А. Г., Душин В. А., Едигаров С. Г., Коршунова Е. С., Лури М. В,

Марон В. И., Новоселов В. Ф., Нечваль В. М., Тугунова П. И,. Юфина В. А және т.б еңбектерінде кездеседі.

Левин С. Н. еңбектерінде [1] резервуарларда мұнай өнімдерін сақтау кезінде мұнай өнімдерінің ықтимал шығындарын азайту мәселесі бойынша идеялары қозғалған. Сонымен қатар, мұнай өнімдерін сақтау кезінде буланудан болатын шығындармен күресудің қазіргі жағдайларына талдау жасалған. Жұмыс барысында мұнай мен мұнай өнімдерінің булану бетін жабу үшін шарларды пайдалану идеясы келтірілген. Мұнайдың жеңіл фракцияларының жоғалуын азайту үшін қаныққан булардың қысымын төмендету үшін мұнайға аз мөлшерде қосылатын бос май қышқылдарын қолдану ұсынылды, бірақ бұл әдіс мұнай өнімдері үшін тиімсіз.

Зоря Е. И., Лощенкова О. В. [2,3] мұнай өнімдерінің резервуарлардағы буланудан жоғалуын анықтаудың жалпыға қолжетімді технологиялары мен әдістеріне талдау жасап, тиімді тұстарын көрсеткен. Өз зерттеу жұмыстарында АҚШ-тағы мұнай өнімдерінің шығындарын есепке алу үшін қолданылатын американдық мұнай институтының (API) – AP 42 стандарттарының әдістемесі және Константинов Н. Н. Әзірлеген әдістеме қарастырылған. Алынған мәндер Ресей Федерациясында сақату кезіндегі мұнай өнімдерінің табиғи кему нормаларымен салыстырылған. Сақтау кезінде тік болат резервуарлардан көмірсутектердің жеңіл фракцияларын ұстаудың жалпыға қол жетімді технологияларының тиімділігі де бағаланған.

Сондай-ақ, сақтау кезінде буланудан болатын көмірсутектердің жоғалуын есептеу әдістері бар, олар Константинов Н. Н., Черникин В.И., Коршак А. А., Абузова Ф. Ф. сияқты авторлар ұсынған. Бұл әдістер практикалық қолдануға бейімделмеген, өйткені олар артық ақпаратпен шамадан тыс жүктелген, ең бастысы - ресми нормативтік құжаттар мәртебесіне ие емес.

Баев К. Е. өз зерттеулерінде [4] мұнай және мұнай өнімдерінің оларды өндіру, тасымалдау және сақтау процесстеріндегі шығындарды талдау туралы келтіреді. Зерттеу жұмыстарында өндіру, тасымалдау және сақтау кезіндегі мұнай шығындарының әртүрлі түрлері, сондай-ақ олардың азаюына әкелетін шығындармен күресудің заманауи әдістері қарастырылады. Мұндағы негізгі әдісі – жабдықты үнемі тексеріп отырудың арқасында жүйелерді ұтымды ету және оларды оңтайлы күйде ұстау деп келтіреді.

Хермаван Ю. Д. [5] мұнай-газ өнеркәсібіндегі мұнай жоғалту проблемаларын қарыстырған. Ол мұнай шығындарының екі категориясы бар, олар жеке және топтық шығындар деп бөліп көрсеткен. Жеке шығын бір жүк жөнелтушінің майы басқа майлармен әлі араласпаған кезде пайда болады. Бұған эмульсия мен буланудың жоғалуы жатады. Топтық шығындар бір сақтау ыдысында немесе құбырда майларды араластыру кезінде пайда болады. Сонымен қатар, мұнай шығынының себептерін біле отырып, мұнай шығынын азайту жолын анықтауға болатындығы туралы келтірген.

Ең алғаш рет «үлкен және кіші» тыныс алулардан болатын шығындарды Валявский есептеді. Кейіннен бұл формуланы Черникин В. И. өзгертіп, қолдануға ыңғайлы етті [6]. Ал «Кіші» тыныс алулар кезінде шығын Константинова Н. Н. формуласы бойынша есептеледі [7].

Резервуарлардағы булану процессі кезіндегі жеңіл ұшпа құрамдас бөліктердің жоғалу мөлшерін анықтаудағы өзекті мәселе, газ кеңістігіндегі бу-ауа қоспасындағы көмірсутектердің орташа концентрациясын табу болып саналды. Осы мақсатта Константиновна Н. Н. булану коэффициентін қолдануды ұсынды, оның мәні әрбір технологиялық операция үшін тұрақты болып қабылданады.

Жоғарыда аталған формулаларды қолдану үшін процестің басында және соңында мұнай буының концентрациясын білу қажет. Жалпы жағдайда процестің соңындағы концентрациялар критерийлік масса беру теңдеулері арқылы есептеледі [8, 9]. Булану процессі кезінде мұнай шығынын есептеу барысында ұқсастық критерийін қолдану

тәжірибелеріне сүйенсек, есептеудің орташа квадраттық қателігі 26,5% - дан аспайтынын көруге болады. Сондықтан бұл критерийді қолдану булану кезінде мұнай өнімдерінің жоғалуын есептеу кезінде қателіктерді едәуір азайтады деп саналады.

Әдебиеттерге шолу барысында жұмыстың мақсаты келесідей анықталады – мұнайдың булану процесі кезінде мұнайдың жеңіл ұшпа құрамдас бөліктерінің атмосфераға шығарылуын азайту барысында ұстау қондырғылары үшін автоматты басқару жүйесін әзірлеу.

Осы мақсатқа жету үшін төмендегідей міндеттер қойылды:

- мұнайдың булану процессін таңдалған жүйе негізінде математикалық модельдеу;
- таңдалған жүйенің оптималды параметрлерін анықтау;
- булану процессі кезінде қаныққан мұнай буының қысымының температураға тәуелділігін және оптималды қаныққан бу қысымын анықтау;
- процесті сипаттайтын толық математикалық модельді Matlab Simulink оратсында әзірлеу.

**Материалдар мен тәсілдер.**

Мұнайдың булану процессін мембраналық модулі бар жеңіл фракцияларды ұстау жүйесі негізінде математикалық модельдеу.

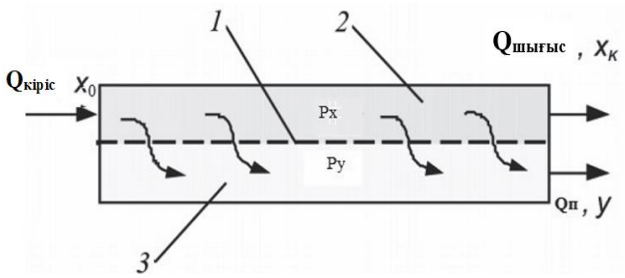
Жеңіл фракцияларды ұстау жүйесі – бұл атмосфераға «дем шығарғанға» дейін резервуардың газ кеңістігіндегі қысым жоғарылаған кезде мұнайдың жеңіл фракцияларын бөліп іріктеу мен жоюды іске асыратын технологиялық құрылғылардың кешені.

Жеңіл фракцияларды ұстау жүйесі дәстүрлі құралдарға қарағанда шығындарды азайтуды қамтамасыз етеді (понтондар, қалқымалы шатырлар, газ байламдары, газ теңестіру жүйелері), бірақ олардың құны әдетте жоғары, өйткені олар энергияны тұтынатын жабдықты, автоматты басқару жүйесін және кейбір жағдайларда мұнай мен мұнай өнімдерінің бу сіңіргішін қалпына келтіру жүйесін қамтиды [12].

Соңғы онжылдықтарда мембраналық технологиялар қарқынды дамып келеді. Газ бөлетін мембраналарды мұнай газ саласында ауа мен көмірсутек қоспасын бөлу және соңғысының буланудан шығынын азайту үшін пайдалануға болады.

Газ бөлетін мембраналық модульді есептеу әдістемесі.

Мембрана арқылы өтетін газ қоспасының әрбір компонентінің мөлшеріне екі негізгі фактор әсер етеді: ішінара қысым айырмашылығы және S мембрана бетінің ауданы. Қажетті параметрлер 4.2 суретте көрсетілген. Бұл параметр мәндері неғұрлым үлкен болса, соғұрлым көбірек молекулалар пермеат ағыны пайда болатын дренаждық каналға өтеді.




1 – мембрана, 2 – мембраналық кеңістік, 3 – дренажды канал, $Q_{кіріс}$, $Q_{шығыс}$, $Q_п$ - тиісінше шикізат, ретентат және пермеат ағындарының көлемдік шығындары, Px, Py – мембрана үстіндегі және дренаждық каналдағы қысым, $x_0$, $x_к$,y – шикізат, ретентат және пермеат ағындары компоненттерінің концентрациясы.

1 сурет – Мембраналық модульдің сұлбасы

Біз мембранадан өтетін әрбір компонент ағыны үшін төмендегідей теңдеу жаза аламыз:

$$Q_{пi}=K_i S, \quad (1)$$

мұндағы $K_i$ – i-ші компоненттің мембрана арқылы өткізгіштік коэффициенті.

Мұнайдың булану процесі кезінде бу-ауа қоспасы көптеген компоненттерден емес, екі компоненттен тұрады деп қарастырсақ, көмірсутектер — 1 және ауа — 2. Содан кейін пермеат ағынындағы компоненттер шығыны:

$$Q_{п1} = Q_п y; \quad (2)$$

$$Q_{п2} = Q_п(1-y), \quad (3)$$

мұндағы x және y – мембраналық кеңістіктегі 1-нші компоненттің (көмірсутектердің) концентрациясы.

(2) - ні (3) - ге бөліп, мембрана күйінің теңдеуін аламыз [13]:

$$\alpha\frac{x-\varphi y}{1-x-\varphi}=\frac{y}{1-y}, \quad (4)$$

мұндағы $\alpha=K_1/K_2$ - мембрананың өлшемсіз селективтілік коэффициенті;

$\varphi = P_y/P_x$ – мембранадан кейінгі және оған дейінгі қысымның қатынасы.

Алайда x мембранасының үстіндегі көмірсутектердің концентрациясы тұрақты шама емес. Ол $x_0$ мембраналық модуліне кірудегі концентрациядан одан шығуға дейін $x_k$ өзгереді. Сол себептен, $x = (x_0 + x_k)/2$ және теңдеуді түрлендіреміз:

$$\alpha=\frac{y}{1-y}. \quad (5)$$

Газды бөлу модулін есептеу үшін бізге келесі екінші теңдеу қажеттілігі туындайды. Бұл теңдеу массаның сақталу заңы. Бұл теңдеу көмірсутек буының концентрациясы мен бу-ауа қоспасының массалық шығыны арқылы жазылады, бу-ауа қоспасының көлемдік шығыстары мен тығыздының көбейтіндісіне тең:

$$\bar{x}_0 \cdot Q_{кіріс} \cdot \rho_x - \bar{y} \cdot Q_п \cdot \rho_y = \bar{x}_k (Q_{кіріс} \cdot \rho_x - Q_п \cdot \rho_y). \quad (6)$$

Бу-ауа тығыздығы мен оның молярлық массасын аддитивті шамалар деп қарастырсақ, ал мембрана ішіндегі температура тұрақты шама. Осыдан Менделеев — Клапейрон теңдеуі негізінде (6) теңдеуді бу-ауа қоспасындағы компоненттердің молярлық массасы мен концентрациясы, мембранаға дейінгі және кейінгі қысым арқылы жазылады:

$$\frac{x_0 \cdot \mu}{1+x_0 \cdot (\mu-1)} Q_{кіріс} \cdot P_x - \frac{y \cdot \mu}{1-y \cdot (\mu-1)} Q_п \cdot P_y =$$

$$= \frac{x_k \cdot \mu}{1+x_k \cdot (\mu-1)} (Q_{кіріс} \cdot P_x (x_0 \cdot M_k + (1-x_0) \cdot M_a - Q_п \cdot P_y (y \cdot M_k + (1-y) \cdot M_a)), \quad (7)$$

мұндағы $\mu=M_k/M_a$ – көмірсутектер мен ауаның молярлық массаларының қатынасы.

(7) теңдеуді өлшемсіз коэффициенттер енгізу арқылы жеңілдетуге болады. Бұлар: қысым қатынасы φ, молярлық масса қатынасы μ және ағын коэффициенті $\theta = \frac{Q_п}{Q_{кіріс}}$.

Қажетті түрлендірулерді орындағаннан кейін, φ және θ коэффициенттері арқылы $x_0$, $x_к$ және y көмірсутектердің концентрациясын байланыстыратын тәуелділікті аламыз:

$$x_к - x_0 = \theta\varphi(x_к - y). \quad (8)$$

Алынған екі теңдеу, яғни (6) және (8) теңдеулері мембраналық модульдегі екі компонентті қоспаны бөлу процесін сипаттайтын жүйені құрайды:

$$\begin{cases} \alpha\frac{x_0+x_к-2\varphi y}{\varphi(1-y)} = \frac{y}{1-y}, \\ x_к - x_0 = \varphi(x_к - y). \end{cases} \quad (9)$$

*Мембраналық модульдің параметрлерін анықтау.*

Жоғарыда көрсетілген (9) жүйесінің теңдеулері арқылы екі компонентті газ қоспасының мембраналық бөлінуіне байланысты есептерді шешуге болады.

Біздің жағдайда, жеңіл ұшпа құрамдас бөліктерді ұстаудың мембраналық жүйесінің параметрлерін анықтаймыз. Бұл жүйе буланудан болатын мұнай шығынын азайтуға көмектеседі.

$x_0$ көмірсутектердің концентрациясы ретінде мұнайдың қаныққан буының концентрациясын аламыз. Бұл мән үшін бу қоспасы идеалды газдардан тұрады және компрессорда сығылған кезде олардың концентрациясы өзгермейді деп қарастырамыз.

Мұнайдың қаныққан буының концентрация төмендегі формула бойынша анықталады:

$$C_м = \frac{P_Г - P_к}{R \cdot T}, \quad (10)$$

мұндағы $P_Г$ - қысым клапаны ашылған кезде газ кеңістігіндегі қысым (атмосфералық клапаннан 2000 Па артық);

$P_к$ – қаныққан бу қысымы;

R – универсалды газ тұрақтысы;

T – резервуардың газ кеңістігіндегі температура.

Мембраналық модуль үшін екі компонентті қоспаны бөлу процесі кезінде газ кеңістігіндегі булардың бастапқы концентрациясы:

$$x_0 = \frac{P_к}{P_Г}. \quad (11)$$

Бұл теңдеулер буланудан мұнай шығынын азайтатын мембраналық жүйе үшін қажетті параметрлерді анықтауға көмектеседі.

Қаныққан бу қысымы газ кеңістігіндегі температураға, резервуардағы газ бен сұйық фазалардың арақатынасына, Рейд бойынша мұнайдың қаныққан буының қысымына тәуелді:

$$P_к = 1.2P_R \cdot e^{-b(311-T_г)} \cdot f\left(\frac{V_г}{V_c}\right); \quad (12)$$

$$f\left(\frac{V_г}{V_c}\right) = \begin{cases} 1{,}4-0{,}2\cdot\left(\frac{V_г}{V_c}\right)^{0,3}, \frac{V_г}{V_c} \le 4 \\ 1{,}1-0{,}06\cdot\left(\frac{V_г}{V_c}\right)^{0,62}, \frac{V_г}{V_c} > 4 \end{cases}, \quad (13)$$

мұндағы $P_R$ - Рейд бойынша қаныққан бу қысымы;

$T_г$ – резервуардың газ кеңістігіндегі температура;

$b$ – мұнай және мұнай өнімдері үшін 0,034 $K^{-1}$;

$f\left(\frac{V_г}{V_с}\right)$ – бу фазасының көлемінің сұйық фазаның көлеміне қатынасына байланысты функция.

Жалпы жағдайда резервуарлардағы мұнайдың булануы кезінде компрессорда сығылған кезде газдың көлемдік шығыны мұнай резервуарға айдау шығынынан аз болатынын ескеру қажет. Сығылған кезде газдың температурасы көтеріледі. Сол себептен компрессордағы қысу процесін адиабатты деп санаймыз:

$$Q_{кіріс} = Q_{айдау}\left(\frac{P_Г}{P_х}\right)^{\frac{1}{k}} \approx Q_{айдау}(\varphi)^{\frac{1}{k}}; \quad (14)$$

$$T_х = T_Г\left(\frac{P_Г}{P_х}\right)^{\frac{1-k}{k}} \approx Q_{айдау}(\varphi)^{\frac{1-k}{k}}, \quad (15)$$

мұндағы $P_х$- Рейд бойынша қаныққан бу қысымы;

k – бу-ауа қоспасының адиабаттық көрсеткіші (k=1.4).

Бу-ауа қоспасының бастапқы ағынының жартысы мембрана арқылы өтеді, яғни (14) және (15) формулаларды ескере отырып:

$$\frac{Q_п}{Q_{айдау}} = \frac{Q_п(\varphi)^{\frac{k-1}{k}}}{Q_{кіріс}(\varphi)^{\frac{1}{k}}} = \theta\varphi = 0.5.$$

Осыдан, ағын коэффиценті:

$$\theta = \frac{0.5}{\varphi}.$$

Осыдан, мұнайдың буланудан болатын шығындарын азайту тиімділігі төмендегі формула бойынша анықталады.

$$E = \left(1 - \frac{y \cdot Q_п(\varphi)^{\frac{k-1}{k}}}{x_0 \cdot Q_{кіріс}(\varphi)^{\frac{1}{k}}}\right) \cdot 100\%. \quad (16)$$

*Жеңіл фракцияларды ұстау үшін мембрана параметрлерін есептеу.*

Мұнайдың булануы кезінде пайда болатын газ қоспасының тиісті компонентінің мөлшері мембрана арқылы 0,1 МПа қысым айырмашылығымен уақыт бірлігінде (сағ) өтетінін көрсететін мембрана параметрлерін толық есептеу 1 кестеде көрсетілген.

1 кесте - Мембраналық модуль үшін параметрлерді есептеу нәтижелері

| Параметр | Мәні | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Температура, К | 200 | 230 | 260 | **290** | 320 | 350 | 380 | 410 | 440 | 470 |
| Қысым, МПа | 0,002 | 0,02 | 0,131 | **0,576** | 1,9 | 4,86 | 10,78 | 21,579 | 38,928 | 65,199 |
| Көмірсутек концентрациясы (y) | 0,05 | 0,08 | 0,11 | **0,14** | 0,17 | 0,20 | 0,23 | 0,26 | 0,29 | 0,32 |
| Селективтілік коэффициенті (α) | 0,162 | 0,323 | 0,585 | **1,094** | 2,5 | 25 | -4,42 | -2,321 | -1,686 | -1,379 |
| Мембрананың қажетті селективтілігі, 1/α | 6,16 | 3,1 | 1,71 | **0,9143** | 0,4 | 0,04 | -0,23 | -0,431 | -0,593 | -0,725 |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Өткізгіштік (K1S, м³/(Па·сағ)) | 17,14 | 27,43 | 37,71 | **48** | 58,29 | 68,57 | 78,86 | 89,143 | 99,429 | 109,71 |
| Өткізгіштік (K2S, м³/(Па·сағ)) | 285 | 276 | 267 | **258** | 249 | 240 | 231 | 222 | 213 | 204 |
| Шығындарды азайту тиімділігі , % | 93,88 | 90,2 | 86,52 | **82,84** | 79,17 | 75,49 | 71,81 | 68,137 | 64,461 | 60,784 |

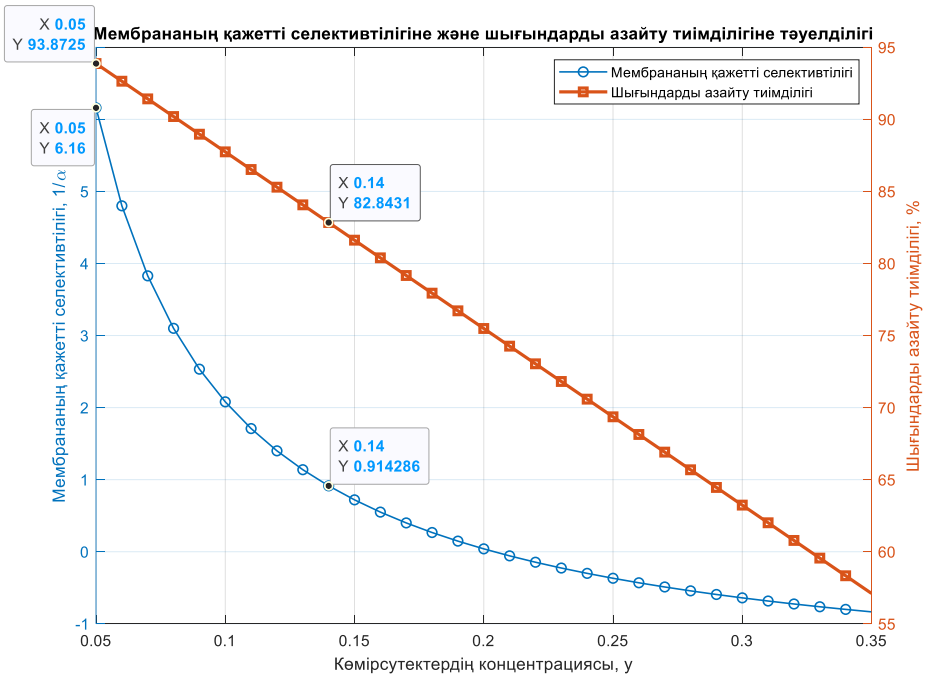
Көмірсутектердің концентрациясы үшін оңтайлы мәндер y=0.05, жоғары тиімділік 93.87% тең және қолайлы селективтілік мәні 6.16 тең, бірақ жүйенің тұрақты жұмыс жағдайы мүмкін емес.

Оңтайлы мән y=0.14:

1) Шығындарды азайту тиімділігі $y$=0.14 кезінде $E$=82.84% бұл тиімділіктің жақсы көрсеткіші.

2) Мембрананың қажетті селективтілігі $1/\alpha$=0,91 бұл мембрананың қолайлы селективтілігін көрсетеді. Мән тым жоғары емес, бұл мембрананы техникалық және экономикалық тұрғыдан мүмкін етеді.

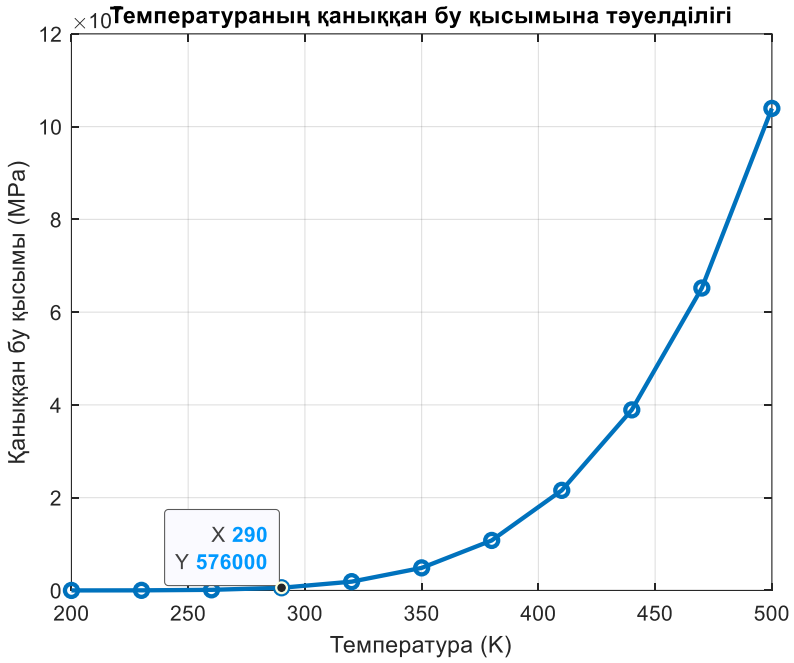
$\alpha$ селективтілік коэффициентінің мәні бірліктен неғұрлым алыс болса, мұндай мембрананы жасау соғұрлым қиын болады. Кесте деректеріне сүйене отырып, 4.3 суретте мембраналық кеңістіктегі қысымның жоғарылауымен α мәні бірлікке жақындайтындығын көруге болады, бірақ қажетті селективтілік коэффициентінің өзгеру жылдамдығы айтарлықтай төмендейді, бұл қысымның одан әрі көтерілуін практикалық емес етеді.




2 сурет – Мембрананың қажетті селективтілігіне және шығындарды азайту тиімділігіне тәуелділігінің графигі

Мембраналық модуль үшін бу-ауа қоспасының кіріс қысымы әдетте 0,5-1,3 МПа аралағында болады. Бұл қысым газдардың мембрана арқылы өтуіне мүмкіндік беретін және олардың тиімді бөлінуін қамтамасыз ететін жеткілікті қозғаушы күш құру үшін қажет.

3 суреттегі булану температурасының қаныққан бу қысымына тәуелділігінен қаныққан бу қысымының оптималды мәні 0.576 МПа, бұл орташа мән және жүйенің тұрақты жұмыс жағдайларын қамтамасыз етеді.




3 сурет – Булану температурасының қаныққан бу қысымына тәуелділік графигі

75% жоғары шығындарды азайту тиімділігін және мембрананың қолайлы селективтілігін (1/α тым жоғары емес) қамтамасыз ететін қаныққан бу қысымының оңтайлы мәндері диапазоны жүйенің қысымның өзгеруіне сезімталдығына байланысты 0,5 МПа < $P_{опт}$ < 1,3 МПа.

*Булану процессі кезінде қаныққан мұнай буының қысымының температураға тәуелділігін анықтау әдістемесі.*

Мұнайдың қаныққан буының қысымы - бұл бу мұнайдың сұйық фазасымен термодинамикалық тепе-теңдікте болатын қысым. Бұл қысым температураның функциясы болып табылады және егер бұл қоспалар мұнайда еруі қиын болса, бу көлеміне немесе басқа газ тәрізді қоспалардың қысымына тәуелді емес [16].

Қаныққан будың температурасы мен қысымы арасындағы қатынасты шығару үшін сұйықтықтар әдетте бір моль заттың бір фазадан екінші фазаға тұрақты қысым мен температурада тепе-теңдік ауысуын қарастырады.

Изобарлық потенциалдар ($G_i$) тепе-теңдіктегі бір компонентті жүйенің екі фазасындағы таза заттың массалық бірліктері, егер сұйық және бу фазаларындағы компоненттің моль саны бірлікке тең болса, бір-біріне тең болады [16]:

$$G_1 = G_2.$$

Екі тепе-теңдік фазадағы бір моль таза заттың изобарлық потенциалдары үшін толық дифференциалдық теңдеулер келесідей:

$$dG_1 = V_1dp - dT.$$

$$dG_2 = V_2dp - dT.$$

Бізге белгілі:

$$S_2\text{-}S_1 = \frac{\Delta H_{фа}}{T}, \quad (17)$$

мұндағы $\Delta H_{фа}$ – фазалық ауысу жылуы.

(17) және (19) теңдеулеріне сүйене отырып, біз таза заттардың барлық фазалық ауысуларына қолданылатын жалпы термодинамикалық теңдеу болып табылатын Клаузиус Клапейрон (19) теңдеуін аламыз:

$$\frac{dp}{dT} = \frac{\Delta H_{фа}}{T(V_2\text{-}V_1)}. \quad (18)$$

Мұнайдың булану процесі үшін Клаузиус-Клапейрон теңдеуі келесідей:

$$\frac{dp}{dT} = \frac{\Delta H_{булану}}{T(V_{бу}\text{-}V_c)}, \quad (19)$$

мұндағы $\Delta H_{булану}$ - фазалық ауысу жылуы (булану);

T – абсолютті температура;

$V_{бу}, V_c$ - бу және сұйық фазалардың молярлық көлемі.

Бұл теңдеу температураның өзгеруі қаныққан бу қысымына қалай әсер ететінін сипаттайды.

Іс жүзінде, критикалық температурадан едәуір төмен температурада $V_c$ сұйық фазаның көлемі $V_{бу}$ көлемімен салыстырғанда өте аз, сол себептен оны елемеуге болады. Осының әсерінен теңдеу жеңілдетіледі:

$$\frac{dp}{dT} = \frac{\Delta H_{булану}}{TR}, \quad (20)$$

мұндағы R - универсалды газ тұрақтысы.

Булану кезінде температураның әр қадамы үшін қысымды есептеу кезінде Клаузиус-Клапейрон теңдеуіндегі туындыны интеграциялау үшін теңдеудің дискретті аналогы қолданылды:

$$P_i = P_{i-1} \cdot e^{\left(\frac{\Delta H_{булану}}{R}\left(\frac{1}{T_{i-1}} - \frac{1}{T_i}\right)\right)}. \quad (21)$$

Буланудан жоғалған масса мәні бастапқы мәннен қысымның өзгеруі негізінде бағаланды:

$$P_i = \left(\frac{P_i - P_0}{P_0}\right) \cdot \rho \cdot \frac{V}{1000}, \quad (22)$$

мұндағы $P_0$ – қаныққан бу қысымының бастапқы мәні;

$\rho$ – мұнайдың тығыздығы;

V – буланған мұнай көлемі.

Бұл теңдеулер температура жағдайының өзгеруі қаныққан будың қысымына және сәйкесінше булану салдарынан мұнай жоғалту көлеміне қалай әсер ететінін талдауға мүмкіндік береді.

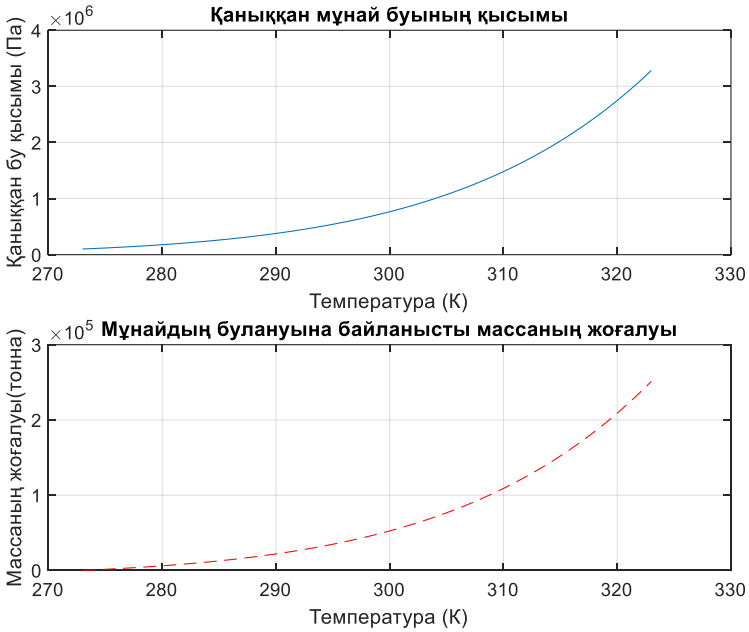
Мұнай резервуарларындағы «кіші» және «үлкен» тыныс алу процестерін зерттеу мұнай өнімдерінің булануына әсер ететін механизмдерді тереңірек түсінуге және

атмосфераның ластану деңгейіне әсер ететін негізгі факторларды анықтауға мүмкіндік берді. Қаныққан булардың қысымын және оның температураға тәуелділігін зерттеуге ерекше назар аударылады, бұл сақтау процесінде мұнай өнімдерінің шығынын азайту стратегияларын әзірлеу үшін өте маңызды.

Matlab ортасында математикалық модель әзірленді және тексерілді. Модельдеу нәтижелері резервуарлардың температурасын жеткілікті түрде басқару булану көлемін айтарлықтай төмендетуі мүмкін екенін 4 суретте көруге болады, бұл экономикалық шығындармен қоса, көмірсутектер шығарындыларын азайту арқылы қоршаған ортаға теріс әсерді төмендетеді.

Қаныққан мұнай буының қысымы графигіне талдау: График бойынша температураның жоғарылауымен қаныққан мұнай буының қысымы артады. Бұл күтілетін нәтиже, өйткені температураның жоғарылауы молекулалардың кинетикалық энергиясын арттырады, бұл олардың сұйық фазадан газға өтуіне ықпал етеді.

Ал қаныққан будың қысымы сызықтық емес жоғарылайды, бұл Клаузиус-Клапейрон теңдеуімен болжанған экспоненциалды тәуелділікті көрсетеді. Бұл өсу жоғары температураға жақындаған сайын маңызды болады.




4 сурет – Мұнай булануының мұнай шығынына тәуелділігі

Мұнайдың булануына байланысты массаның жоғалу графигіне талдау: График бойынша булану салдарынан мұнай массасының жоғалуы температураның жоғарылауымен де артады. Себебі қаныққан будың қысымы жоғары болған кезде сұйықтықтың булануы көбірек болады.

График булану арқылы массаның жоғалуы қаныққан бу қысымына тура пропорционал екенін көрсетеді, бұл анық, өйткені бу қысымының жоғарылауы сұйық фазадан шығатын молекулалардың көбірек санын білдіреді.

Графиктер булануды азайту үшін мұнай өнімдерін сақтау және тасымалдау кезінде температураны бақылаудың маңыздылығын көрсетеді. Температураны тиімді басқару мұнайдың булануымен байланысты экономикалық және экологиялық шығындарды айтарлықтай төмендетуі мүмкін.

Мұнай резервуарларының жеңіл ұшпа құрамдас бөліктерін ұстау жүйесі - бұл мұнай өңдеу зауыттарында және басқа да өндірістік нысандарда қайта өңдеу кезінде

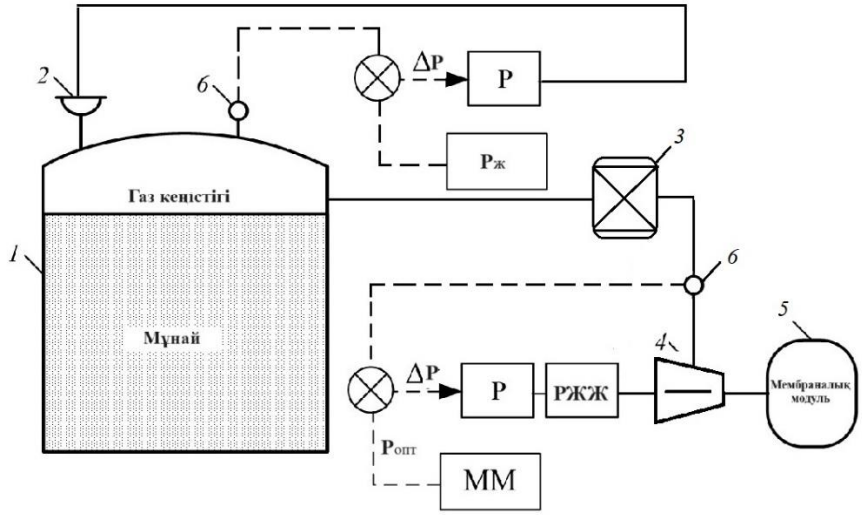
бензол, толуол, ксилол және басқалары сияқты жеңіл ұшпа мұнай компоненттерінің атмосфераға шығарылуын азайтуға бағытталған технологиялық процесс.

Жұмыста ұсынылған әдістер мен тәсілдерді мұнай өңдеу және мұнай-химия өнеркәсібінде мұнай өнімдерін сақтау және тасымалдау процестерін оңтайландырудың тиімді құралы ретінде пайдалануға ұсынылады.

**Нәтижелер және талқылау.**

*Жеңіл ұшпа құрамдас бөліктерді ұстаудың автоматты басқару жүйесін әзірлеу.*

Жеңіл ұшпа құрамдас бөліктерді ұстаудың автоматты басқару жүйесін әзірлеу бойынша алдыңғы бөлімдегі математикалық модель негізінде мұнай резервуарларының жеңіл құрамдас бөліктерінің шығынын төмендетуге мүмкіндік беретін қаныққан будың оңтайлы қысымын ұстап тұру үшін тыныс алу клапанын автоматты басқару моделінің сұлбасы 5 суретте көрсетілген.




1 - резервуар, 2 – тыныс алу клапаны, 3 – газ сепараторы, 4 – вакуумдық компрессор, 5 – мембраналық модуль, 6 – қысым датчигі.
5 сурет – Жеңіл ұшпа құрамдас бөліктерді ұстау жүйесінің басқару жүйесі

Бізде мұнай сақтау резервуарларын ішіндегі шекті қысым мәні 0,07 МПа дейін болады. Ал мембраналық модульдің тиімді жұмысы үшін 0,5-1,3 МПа дейінгі кіріс қысымын қажет ететіндіктен, 0,07 МПа дейінгі қысымды резервуарларды пайдалану жеткіліксіз. Мембраналық модульдер үшін қажетті қысымға жету үшін компрессор қажет болады.

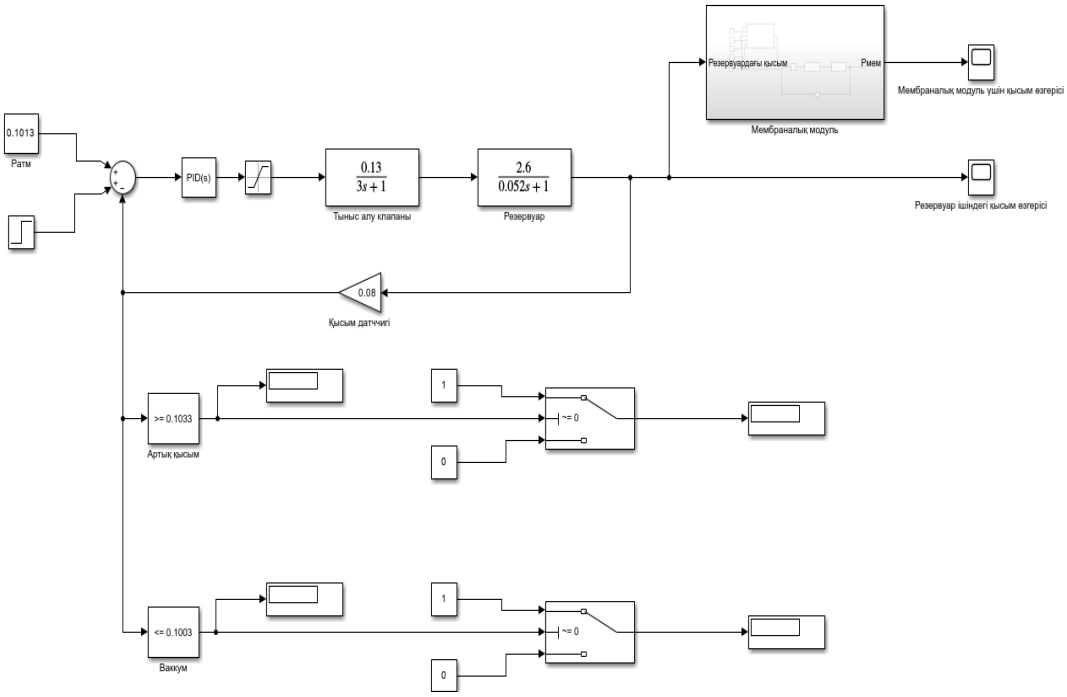
Басқару жүйесінің негізгі компоненттері:

- мұнай резервуары: мұнайды 0,07 МПа дейін артық қысымда сақтайды;
- тыныс алу клапаны: артық қысымды босату үшін резервуар ішіндегі 0,065 МПа қысымнан асып кеткенде ашылады;
- газ сепараторы: сұйық тамшылардан газ ағынынан бөледі.
- газ ағыны қысымын мембраналық модуль үшін 0,5 - 1,3 МПа аралығында қажетті деңгейге дейін көтереді, біздің жағдайда оптималды қысым мәні 0,576 МПа тең;
- мембраналық модуль: газ ағынын мембрана арқылы өткізгіштігіне қарай бөледі;
- қысым датчиктері: резервуар ішіндегі және компрессорға дейінгі қысымды өлшейді;
- реттелетін жиілік жетегі: қажетті қысымды ұстап тұру үшін компрессордың жылдамдығын басқарады;

- тыныс алу клапанына арналған контроллер: резервуардағы қысым датчигіннен алынған мәліметтер негізінде тыныс алу клапанын басқарады;

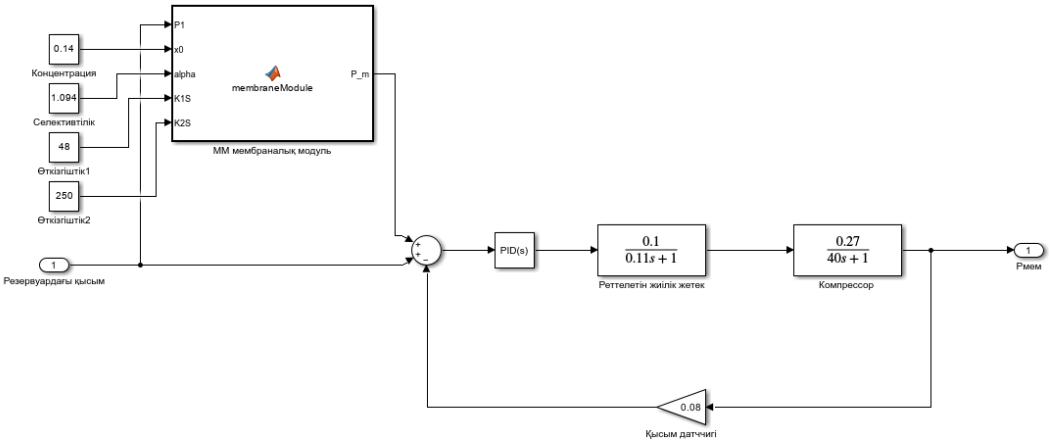
- компрессорға арналған контроллер: мембраналық модульдің алдындағы қысым датчигінен алынған мәліметтер негізінде жиілікті реттейтін жетек арқылы компрессорды басқарады.

Бұл басқару жүйесінің моделі 6 суретте көрсетілген жүйеге берілген кіріс сигналдарға байланысты клапанның ашылуын реттейді. Біздегі ең маңызды кіріс сигнал ол клапанның ашылуын қамтамасыз ететін оптималды қысым мәні.




6 сурет – Басқару жүйесінің моделі

Газ ағынының мембрана өткізгіштігіне қарай бөлу үшін қажетті қысымды реттейтін ішкі жүйесі 7 суретте көрсетілген.



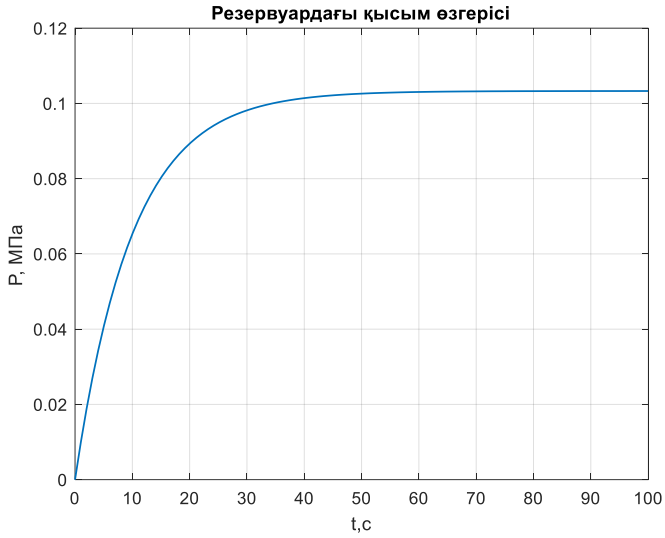

7 сурет – Мембраналық модуль үшін қысымды реттеу

Оптималды қысым диапазоны Saturation блогы үшін 8 суретте көрсетілген. Қажетті параметр мәндері берілгенннен кейін ПИД реттегіш кірісіне жіберіледі.

Қысым датчигі 0,022 тең беріліс функциясымен сипатталды. Бұл дегеніміз 12 кВ қорек көзі негізінде 550кПа дейінгі жұмыс диапазонын сипаттайды.

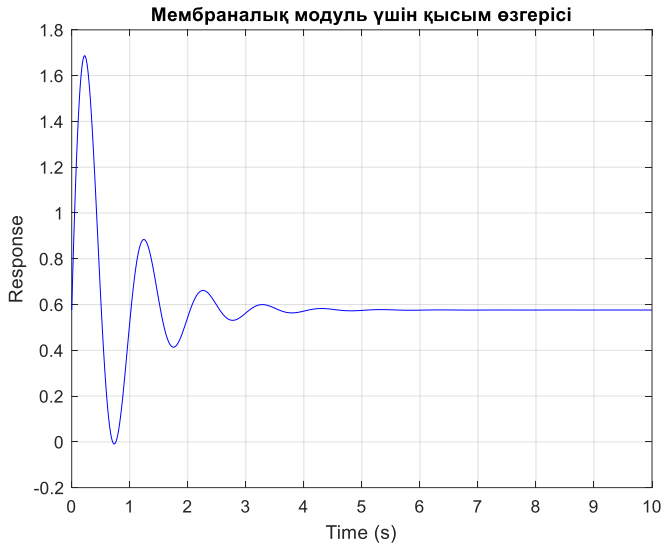
Кіріс сигналдың негізінде жүйеге берілген мәнді ұстап тұру үшін ПИД реттегіш қолданылады. ПИД реттегіш коэффициенттер мәндері «autotune» арқылы алынды.

8 суретте резервуардағы қысым өзгерісі көрсетілген. Резервуардағы қысым датчигіннен алынған мәліметтер негізінде тыныс алу клапанын 0.1013 МПа қысым кезінде ашылуын көрсетеді.




8 сурет – Тыныс алу клапаны арқылы қысымды басқару

9 суретте мембраналық модуль үшін қажетті қысым өзгерісі көрсетілген. Жалпы бұл мембраналық модульдің алдындағы қысым датчигінен алынған мәліметтер негізінде жиілікті реттейтін жетек арқылы компрессорды басқарады.




9 сурет – ПИД реттегіш көмегімен қысымды реттеу графигі

**Қорытынды.**

Жалпы диссертациялық жұмыс барысында мұнайдың булану процесі кезінде атмосфераға шығарылатын қосылыстар шығынын азайта отырып, жеңіл фракцияларды

ұстау процесін оңтайлы реттеуді қамтамасыз ететін резервуарлардағы мұнайдың жеңіл фракцияларын ұстауға арналған қондырғыларды автоматты басқару жүйесін әзірлеу мақсатында жұмыстар жасалды.

Диссертациялық жұмыстың төртінші бөлімінде мұнайдың булану процессін мембраналық модулі бар жеңіл фракцияларды ұстау жүйесі негізінде математикалық модель әзірленді.

Диссертациялық жұмыстың бесінші бөлімінде мұнайдың булану процессі кезіндегі температура мен қаныққан мұнай буы қысымының тәуелділігі негізінде оптималды қысым диапазонын ескере отырып процесстің басқару жүйесі әзірленді.

Жалпы диссертациялық жұмыстағы математикалық модель бойынша төмендегі нәтижелер алынды:

- жеңіл фракцияларды ұстау үшін мембраналық технологияны оптималды параметрлерін анықталды: селективтілік $1/\alpha$=0,91; мембрана сипаттамалары $K1S$=48 м³/(Па·сағ) $K2S$= 258 м³/(Па·сағ);
- булану процессі кезінде қаныққан мұнай буының қысымының температураға тәуелділігін және оптималды қаныққан бу қысымын анықталды: 0,131 МПа < $P_{опт}$ < 1,894 МПа;
- процесті сипаттайтын толық математикалық модельді Simulink ортасында әзірленеді.

## ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Левин С.Н. Анализ современных методов борьбы с потерями нефти и нефтепродуктов/С.Н. Левин, В.М. Писаревский, Е.С. Шацких//Труды РГУ Нефти и Газа (НИУ) имени И.М. Губкина. – 2018. – № 2 (291). – С. 49-59.

[2] Зоря Е.И., Лощенкова О.В. Оценка общедоступных технологий и методов определения потерь нефтепродуктов от испарения из резервуаров при хранении//Нефть. Газ. Химия: ООС.– 2019. – № 2 (291). – С. 49-59.

[3] Зоря Е.И., Орехова И.В., Черезова А.С. Сравнительный анализ методик расчета потерь легких фракций углеводородов из резервуаров хранения (статья). Промышленный сервис. - № 3 (64), 2017. – С. 12-17.

[4] Баев К. Е. Анализ потерь нефти и нефтепродуктов при процессе их добычи, транспорта и хранения//Нефтегазовый терминал. Выпуск 16: сборник научных трудов международной научно-технической конференции имени профессора Н. А. Малюшина// под общ. ред. М. А. Александрова. – Тюмень: ТИУ, 2019. – 320 с. – С. 27-28.

[5] Hermavan Y. D. Oil Losses Problem in Oil and Gas Industries//Crude Oil – New Technologies and Recent Approaches. – 2021.

[6] Чуы В. И. Сооружение и эксплуатация нефтебаз. Издание второе, переработанное и дополненное. – Государственное научно-техническое издательство нефтяной и горно-топливной литературы. - М., 2014. – 312 с.

[7] Константинов Н. Н. Борьба с потерями от испарения нефти и нефтепродуктов. – Государственное научно-техническое издательство нефтяной и горно-топливной литературы. - М., 2016.

[8] Тугунов П.И., Новосёлов В.Ф., Коршак А.А., Шаммазов А.М. Типовые расчеты при проектировании и эксплуатации нефтебаз и нефтепроводов. Учебное пособие для ВУЗов. – Уфа: ООО «ДизайнПолиграфСервис», 2002. – 658 с.

[9] Коршак С. А. Совершенствование методов расчета потерь бензинов от испарения из резервуаров типов РВС и РВСП. Диссертация к.т.н. 25.00.19. – М.: РГБ, 2003.

[10] Анализ нефти и нефтепродуктов : [учеб.-метод. пособие]// Ю. Г. Кирсанов, М. Г. Шишов, А. П. Коняева; [науч. ред. О. А. Белоусова]. М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2016. – 88 с.

[11] Капустин В.М., Махин Д.Ю., Смирнова Л.А., Ершов М.А. Сборник задач по технологии переработки нефти и газа. Часть I. Первичная переработка нефти: Учебное пособие. – М.: Издательский центр РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2020. - 222 с.

[12] Коршак, А.А. Ресурсо- и энергосбережение при транспортировке и хранении углеводородов. - Ростов н/Д: Феникс, 2016. - 411 с.

[13] Патент РФ № 157866. Устройство улавливания нефтепродуктов на АЗС с разделением паровоздушной смеси на мембранах//Варнаков Д.В., Варнаков В.В., Платонов А.В., Варнакова Е.А. 27.03.2015. 2015.

[14] Беккер А.В., Николайчук С.Н. Выбор оптимальных технических решений для улавливания углеводородных паров от резервуарных парков нефти//Проблемы геологии и освоения недр: труды XX Международного симпозиума им. академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 120-летию со дня основания Томского политехнического университета. -Томск: НИТПУ, 2016.- С. 458–459.

[15] Зайнетдинов К.А., Любин Е.А. Система улавливания легких фракций с применением мембранных модулей для сокращения потерь нефтепродуктов от испарения // Нефтегазовое дело. – 2018. – Т. 16, № 5. – С. 81– 88.

[16] Қатиева Т.Қ., Бәзіл Г.Д. Резервуарлардағы мұнайдың булану процесін математикалық модельдеу: Қаныққан мұнай буының қысымы//«Central Asian Scientific Journal» халықаралық ғылыми журнал. - Астана, 2024. – Б.203–209 б.

## REFERENCES*

[1] Levin S.N. Analiz sovremennyh metodov bor'by s poterjami nefti i nefteproduktov/S.N. Levin, V.M. Pisarevskij, E.S. Shackih//Trudy RGU Nefti i Gaza (NIU) imeni I.M. Gubkina. – 2018. – № 2 (291). – S. 49-59.

[2] Zorja E.I., Loshhenkova O.V. Ocenka obshhedostupnyh tehnologij i metodov opredelenija poter' nefteproduktov ot isparenija iz rezervuarov pri hranenii//Neft'. Gaz. Himija: OOS.– 2019. – № 2 (291). – S. 49-59.

[3] Zorja E.I., Orehova I.V., Cherezova A.S. Sravnitel'nyj analiz metodik rascheta poter' legkih frakcij uglevodorodov iz rezervuarov hranenija (stat'ja). Promyshlennyj servis. - № 3 (64), 2017. – S. 12-17.

[4] Baev K. E. Analiz poter' nefti i nefteproduktov pri processe ih dobychi, transporta i hranenija//Neftegazovyj terminal. Vypusk 16: sbornik nauchnyh trudov mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoj konferencii imeni professora N. A. Maljushina// pod obshh. red. M. A. Aleksandrova. – Tjumen': TIU, 2019. – 320 s. – S. 27-28.

[5] Hermavan Y. D. Oil Losses Problem in Oil and Gas Industries//Crude Oil – New Technologies and Recent Approaches. – 2021.

[6] Chuy V. I. Sooruzhenie i jekspluatacija neftebaz. Izdanie vtoroe, pererabotannoe i dopolnennoe. – Gosudarstvennoe nauchno-tehnicheskoe izdatel'stvo neftjanoj i gorno-toplivnoj literatury. - M., 2014. – 312 s.

[7] Konstantinov N. N. Bor'ba s poterjami ot isparenija nefti i nefteproduktov. – Gosudarstvennoe nauchno-tehnicheskoe izdatel'stvo neftjanoj i gorno-toplivnoj literatury. - M., 2016.

[8] Tugunov P.I., Novosjolov V.F., Korshak A.A., Shammazov A.M. Tipovye raschety pri proektirovanii i jekspluatacii neftebaz i nefteprovodov. Uchebnoe posobie dlja VUZov. – Ufa: OOO «DizajnPoligrafServis», 2002. – 658 s.

[9] Korshak S. A. Sovershenstvovanie metodov rascheta poter' benzinov ot isparenija iz rezervuarov tipov RVS i RVSP. Dissertacija k.t.n. 25.00.19. – M.: RGB, 2003.

[10] Analiz nefti i nefteproduktov : [ucheb.-metod. posobie]// Ju. G. Kirsanov, M. G. Shishov, A. P. Konjaeva; [nauch. red. O. A. Belousova]. M-vo obrazovanija i nauki Ros. Federacii, Ural. feder. un-t. – Ekaterinburg: Izd-vo Ural. un-ta, 2016. – 88 s.

[11] Kapustin V.M., Mahin D.Ju., Smirnova L.A., Ershov M.A. Sbornik zadach po tehnologii pererabotki nefti i gaza. Chast' I. Pervichnaja pererabotka nefti: Uchebnoe posobie. – M.: Izdatel'skij centr RGU nefti i gaza (NIU) imeni I.M. Gubkina, 2020. - 222 s.

[12] Korshak, A.A. Resurso- i jenergosberezhenie pri transportirovke i hranenii uglevodorodov. - Rostov n/D: Feniks, 2016. - 411 s.

[13] Patent RF № 157866. Ustrojstvo ulavlivanija nefteproduktov na AZS s razdeleniem parovozdushnoj smesi na membranah//Varnakov D.V., Varnakov V.V., Platonov A.V., Varnakova E.A. 27.03.2015. 2015.

[14] Bekker A.V., Nikolajchuk S.N. Vybor optimal'nyh tehnicheskih reshenij dlja ulavlivanija uglevodorodnyh parov ot rezervuarnyh parkov nefti//Problemy geologii i osvoenija nedr: trudy XX Mezhdunarodnogo simpoziuma im. akademika M.A. Usova studentov i molodyh uchenyh, posvjashhennogo 120-letiju so dnja osnovanija Tomskogo politehnicheskogo universiteta. -Tomsk: NITPU, 2016.- S. 458–459.

[15] Zajnetdinov K.A., Ljubin E.A. Sistema ulavlivanija legkih frakcij s primeneniem membrannyh modulej dlja sokrashhenija poter' nefteproduktov ot isparenija // Neftegazovoe delo. – 2018. – T. 16, № 5. – S. 81– 88.

[16] Қatieva T.Қ., Bəzil G.D. Rezervuarlardağy mұnajdyң bulanu procesin matematikalyқ model'deu: Қanyққan mұnaj buynyң қysymy//«Central Asian Scientific Journal» halyқaralyқ ғylymi zhurnal. - Astana, 2024. – B.203–209 b.

**Gulmira Bazil**, PhD, Energo University, Almaty, Kazakhstan, g.bazil@aues.kz

**Sarsenbek Zhussupbekov**, candidate of technical sciences, professor, Energo University, Almaty, Kazakhstan, s.zhussupbekov@aues.kz

**Anargul Yerbosynova**, PhD, Mukhametzhan Tynyshbayev ALT University, Almaty, Kazakhstan, a.erbosynova@alt.edu.kz

**Gulmira Kalkabayeva**, senior lecturer, Mukhametzhan Tynyshbayev ALT University, Almaty, Kazakhstan, gu_66@mail.ru

## AUTOMATION METHOD OF MEMBRANE TECHNOLOGY IN LIGHT FRACTIONS RETENTION SYSTEM IN OIL STORAGE TANKS

**Abstract.** The article provides an automatic control system of units for keeping light fractions of oil in tanks, which provides optimal regulation of the process of keeping light fractions during the process of oil evaporation. The work was carried out using foreign and domestic scientific literature, mathematical modeling, automatic control theory, Matlab software package, Simulink graphical environment of simulation modeling.

The research work consists of modeling the control of the light fractions retention process based on membrane technology; determination of optimal parameters using experimental results based on a mathematical model; model of saturated oil vapor pressure regulation by a breather valve.

Obtained results: 1) a mathematical model of the light volatile component retention system with a membrane module as a control object of the oil evaporation process in tanks was developed;

2) on the basis of the developed mathematical model, the optimal values of the membrane modulus and saturated oil vapor pressure were determined, as a result of which the highest efficiency of retaining light fractions of oil was achieved;

3) the automatic control model of the breather valve is developed in the Simulink environment to maintain the optimal pressure of the saturated steam, which allows to reduce the consumption of light components of oil tanks.

**Keywords.** Evaporation, light fractions capture units, membrane technology, saturated vapor pressure, mathematical modeling, automatic control system of the capture process.

**Гульмира Базил**, PhD, Energo University, Алматы, Казахстан, g.bazil@aues.kz
**Сарсенбек Жусупбеков**, к.т.н., профессор, Energo University, Алматы, Казахстан, s.zhussupbekov@aues.kz
**Анаргуль Ербосынова**, PhD, Mukhametzhan Tynyshbayev ALT University, Алматы, Казахстан, a.erbosynova@alt.edu.kz
**Гулмира Калкабаева**, сениор-лектор, Mukhametzhan Tynyshbayev ALT University, Алматы, Қазақстан, gu_66@mail.ru

## СПОСОБ АВТОМАТИЗАЦИИ МЕМБРАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ В СИСТЕМЕ УДЕРЖИВАНИЯ ЛЕГКИХ ФРАКЦИЙ В РЕЗЕРВУАРАХ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ НЕФТИ

**Аннотация.** В статье представлена система автоматического управления агрегатами хранения легких фракций нефти в резервуарах, обеспечивающая оптимальное регулирование процесса хранения легких фракций в процессе испарения нефти. Работа выполнялась с использованием зарубежной и отечественной научной литературы, математического моделирования, теории автоматического управления, программного комплекса Matlab, графической среды имитационного моделирования Simulink.

Суть работы заключается в моделировании управления процессом удержания легких фракций на основе мембранной технологии; определение оптимальных параметров по результатам экспериментов на основе математической модели; модель регулирования давления насыщенных паров масла с помощью воздушного клапана.

Полученные результаты: 1) разработана математическая модель системы удержания легких летучих компонентов с мембранным модулем как объекта управления процессом испарения нефти в резервуарах;

2) на основе разработанной математической модели определены оптимальные значения мембранного модуля и давления насыщенных паров нефти, в результате чего достигнута наибольшая эффективность удержания легких фракций нефти;

3) в среде Simulink разработана модель автоматического управления дыхательным клапаном для поддержания оптимального давления насыщенного пара, что позволяет снизить расход легких компонентов нефтяных резервуаров.

**Ключевые слова.** Выпаривание, установки улавливания легких фракций, мембранная технология, давление насыщенных паров, математическое моделирование, система автоматического управления процессом улавливания.

**********

Редакцияға түсті / Поступила в редакцию / Received 17.04.2024
Жариялауға қабылданды / Принята к публикации / Accepted 17.01.2025