

ӘОЖ 621.548

Макашев Е.П., Нурпейсова А.Р.*

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан Республикасы, Алматы қ.

*E-mail:a.nurpeissova@mail.ru

Құбыр арқылы мұнайды тасымалдаудағы насостар жұмысын есептейтін компьютерлік бағдарлама

Бұл мақалада құбыр арқылы мұнайды тасымалдау шарттарына байланысты әртүрлі режимде істейтін насостар жұмысының бағдарламасы ұсынылып отыр. Жұмыста реологиялық қасиеті жағынан күрделі мұнайды тасымалдау тиімділігін арттыру көзделген. Қазіргі кезде құбырлар циклдік режимде жұмыс істейді, сондықтан мұнайды құбырға насос арқылы жібергенде бастапқы қысым құбырға тиесілі максималды қысымнан артып кетпеуі тиіс. Осыдан, экономикалық тұрғыдан мұнайды тасымалдауға оптималды технологияны таңдау өзекті мәселе болып табылады.

Түйін сөздер: магистральды құбыр, реологиялық қасиеттер, депрессорлық қоспа, тұтқырлық, сыртқа тебуші насос.

Makashev E.P., Nurpeisova A.R.

The computer program of calculation operation pumps for pumping of oil on the pipeline

The article offers pumps, which operate in different modes depending on the conditions of pumping oil for each pipeline, as well as optimization of the cost of its use, so that the total cost of transport rheological complex oil were minimal. Currently, pipelines often work in cyclic modes associated with frequent stops. For this purpose it is necessary to ensure that the work of the pipeline, when it is run after stopping starting pressure has not exceeded the maximum allowable. Thus, the problem of choosing the optimal from economic point of view technologies for pumping rheological complex of oils is important.

Key words: magistral pipeline, rheological properties, depressor additive, viscosity, centrifugal pump.

Макашев Е.П., Нурпейсова А.Р.

Компьютерная программа расчета работы насосов для перекачки нефти по трубопроводу

В статье предлагается программа работы насосов, которые работают в различных режимах в зависимости от условий перекачки нефти для каждого участка трубопровода, а также оптимизация затраты на ее применение с тем, чтобы суммарные затраты на транспорт реологически сложной нефти были минимальными. В настоящее время трубопроводы часто работают в циклических режимах, связанных с частыми остановками. Для этого необходимо обеспечить такую работу насосов, чтобы при запуске его и после остановки пусковое давление в трубопроводе не превысило предельно допустимого. Таким образом, задача выбора оптимальных с экономической точки зрения технологий для перекачки реологически сложных нефтей является актуальной.

Ключевые слова: магистральный трубопровод, реологические свойства, депрессорная присадка, вязкость, центробежный насос.

Қазақстан, Ресей және басқа да елдерде мұнай өзінің жоғарғы тұтқырлығы сияқты күрделі физикалық-химиялық қасиеттерімен ерекшеленеді. Құбыр арқылы сұйықтықты тасымалдаудағы ең негізгі мәселелердің бірі құбырдың тоқтау уақытын болжау болып табылады. Себебі сұйықтық құбырдың қандай да бір бөлігінде қатып қалуын

болдырмау қажет. Ол үшін сұйықтыққа қосымша жылу энергия қосып немесе химиялық жолмен әсер ету керек. Бұл арнайы технологияларды қолдануды қажет етеді, мысалы, мұнайды пеш арқылы қыздыру, мұнайдың физика-химиялық қасиетін арттыратын депрессорлық қоспа енгізу және т.б. Қазіргі кезде құбырлар циклдік режимде жұмыс істейді, сондықтан мұнайды құбырға насос арқылы жібергенде бастапқы қысым құбырға тиесілі максималды қысымнан артып кетпеуі тиіс. Осыдан экономикалық тұрғыдан мұнайды тасымалдауға тиімді технологияны таңдау өзекті мәселе болып табылады. Жұмыстың мақсаты - тасымалданатын мұнайдың көлемі мен құбырдың өнімділігін арттыру мақсатында әр станциядағы насосқа сәйкес тасымалдау технологиясын таңдау болғандықтан, келесі тапсырмалар жоспарланып іске асырылуы қажет болды:

- 1 Мұнайдың тұтқырлығын ескере отырып әртүрлі типті насостар жұмысының математикалық моделін құру;
- 2 өнімділікті арттыру мақсатында насостардың тиімді жұмыс режимін есептеу;

Жасалған жұмыстың нәтижесінде насостың өнімділігін арттыру, энергоресурстардың қолданылуын азайту, құбырлардың сенімділігі мен қауіпсіздігін қамтамасыз ету жөніндегі нұсқаулар көрсетіледі. Технологиялық операциялар кезінде қоршаған ортамен жылу алмасу жағдайы өзгереді. Сонымен, құбырды қоршаған ортаның (топырақ, ауа) температурасы жыл бойы өзгереді. Осыдан, айдалатын мұнай өнімінің физикалық қасиеті өзгереді, бұл насос жұмысының технологиялық режимдеріне әсер етеді. Технологиялық жобалау нормаларына сәйкес насостың жұмыс істеу қабілеті ең қолайсыз жағдайда қамтамасыз етілуі керек, яғни қоршаған ортаның ең төменгі температурасында. Құбырдың гидравликалық және жылу есептерінде топырақ пен ауаның температуралары бойынша орташа айлық көп жылғы деректер пайдаланылады [1-5]. Бұл деректер климатологиялық анықтамалар немесе құбыр өтетін трассаның аумағындағы өңірлердің метеостацияларынан алынады. Көбінесе бұрынғы КСРО аудандарында топырақтың ең төменгі температурасы наурыз-сәуір, ал ең жоғары - тамыз-қыркүйек айларында болады. Құбырларды жобалау және пайдалану тәжірибесі бойынша құбыр жердің 0,8 м тереңдігінде орналасса, жыл бойы құбырдың механикалық мықтылығы мен тұрақтылығы барысында ауаның ең төменгі температурасы есепке алынады.

Мұнай құбырлары және мұнай базаларының насостары. Негізінде мұнайды және мұнай өнімдерін құбырмен айдау үшін сыртқа тебуші (центробежные) насостар пайдаланылады. Олардың сипаттамалары арнайы каталогтарда беріледі. Олар бір-біріне тәуелді қысым (H), қуат (N), П.Ә.К. (η), насосқа берілетін сұйық көлемі (Q) және кавитациялық қордан (Δh_{DOP}) тұрады. Сыртқа тебуші насостар каталогін пайдалану мүмкіндігі әрқашан болмайтындықтан, олардың сипаттамалары мынадай аналитикалық түрде беріледі:

$$H = H_0 + a * Q - b * Q^2 \quad (1)$$

$$\Delta h_{DOP} = \begin{cases} \Delta h_{DOP}, & 0,5 * Q_{НОМ} \leq Q \leq Q_{НОМ} \\ a_0 * Q_*^{b_0}, & Q > Q_{НОМ} \end{cases} \quad (2)$$

$$\eta_H = c_0 + c_1 * Q + c_2 * Q^2 \quad (3)$$

мұнда (H) , (Δh_{DOP}) , $(\eta)_H$ - сұйықты айдаушы күш, рұқсат етілетін кавитациялық қор, насостың П.Ә.К.-і, $H_0, a_0, b_0, b, c_0, c_1, c_2$ - эмпирикалық коэффициенттер; Q_* - насосқа берілетін сұйықтық ауқымсыз шамасы [5]. (1) - (3) формулалардағы параметрлер мынадай өлшемдерден тұрады: $[H] = m$; $[\eta] =$ бірлік үлесі; $[\Delta h_{DOP}] = m$; $[Q] = m^3 / \text{сағ}$. Насос электрқозғалтқышпен жасақталмағанда, электрқозғалтқыштың қуатына байланысты таңдалады. Насос электрқозғалтқышпен жасақталмағанда, электрқозғалтқыштың қуатына байланысты таңдалады.

$$N_{neobxod} = k_m * N \quad (4)$$

мұнда k_m - насостың қуатына тәуелді қор коэффициенті, және ол мынаған тең:

$$N = \frac{Q * \rho * g * H}{3600 * \eta_{mex} * \eta_{el}} * 10^{-3} \quad (5)$$

η_{mex} - механикалық берудің П.Ә.К.-і, $\eta_{mex} \approx 0,99$, η_{el} - электрқозғалтқыштың П.Ә.К.-і. k_m - коэффициентінің мәні мынаған тең: егер $N < 20kBT$ болса, онда $k_m = 1,25$; егер $20kBT < N < 50kBT$ болса, онда $k_m = 1,2$; егер $50kBT < N < 300kBT$ онда $k_m = 1,15$; егер $N > 300kBT$ онда $k_m = 1,1$.

Насостардың жұмысын сипаттайтын негізгі параметрлерді есептеу. Мұнай және мұнай өнімдерін айдайтын насостардың жұмысын есептеу үшін келесі түрдегі сыртқа тебуші насостардың төмендегі теңдеуі жиі қолданылады

$$H = A - B * Q^{2-m} \quad (6)$$

мұнда A, B - эмпирикалық коэффициенттер. Бұл коэффициенттерді есептеу үшін, келесі алгоритм қолданылады. (2) теңдеуден насостың судағы максималды П.Ә.К.-іне сәйкес келетін насосқа жіберілетін судың көлемі анықталады

$$Q_{B.opt} = -\frac{C_1}{2 * C_2} \quad (7)$$

Насостың жұмыс аймағының шекарасы есептеп шығарылады

$$Q_1 = 0,8 * Q_{НОМ}; Q_2 = 1.2 * Q_{НОМ} \quad (8)$$

мұнда $Q_{НОМ}$ - насосқа берілетін номиналды судың көлемі. Лейбензонның m коэффициенті таңдалғаннан кейін келесі коэффициенттер есептеледі.

$$B_* = \frac{(Q_2 - Q_1) * [-a + b * (Q_1 + Q_2)]}{Q_2^{2-m} - Q_1^{2-m}} \quad (9)$$

$$A = H_0 + a * Q_2 - b * Q_2^2 + B_* * Q_2^{2-m} \quad (10)$$

Жеке жағдай ретінде, айдау күші бірқалыпты төмендейтін ($a = 0$) сорғыштар үшін $m = 0$ кезінде $B = b$; $A = H_0$. қысымдар балансы теңдеуінен B коэффициентінің өлшемі $(c/m^3)^2 * 1/$ болады. Оны келесі формула бойынша есептеуге болады

$$B = 3600^{2-m} * B_* \quad (11)$$

Судан тұтқырлы мұнайға ауысу үшін сыртқа тебуші насостар сипаттамаларын қайта есептеу. Каталогтарда суда түсірілген сыртқа тебуші насостардың сипаттамалары келтірілген. Тұтқырлығы төмен мұнай мен мұнай өнімдерін тасымалдау кезінде бұл сипаттамалар өзгеріске ұшырамайды. Алайда, айдалатын сұйықтықтың тұтқырлығы өскен сайын нашарлайды. H_ν, Q_ν, η_ν мұнайды айдау кезінде насостың жұмыс параметрлерін есептеуге арналған формулалар.

$$H_\nu = k_H * H_B; Q_\nu = k_Q * Q_B; \eta_\nu = k_\eta * \eta_B \quad (12)$$

мұнда k_H, k_Q, k_η - айта есептеу коэффициенттері, судан тұтқырлы мұнайға ауысқандағы насос қысымына, насосқа жіберілетін су көлеміне және насостың П.Ә.К.-іне сәйкес келеді. Магистральды сыртқа тебуші насостардың сипаттамаларын қайта есептеу әдістемесінде дөңгелектегі оның ағысын сипаттайтын параметр ретінде Рейнольдс саны қолданылады

$$Re_H = \frac{n * D_2^2}{\nu} \quad (13)$$

мұнда n - насос роторының айналымдар саны (бір сағатта). Судан тұтқыр мұнайға ауысу сипаттамаларын қайта есептеу Re_H мөлшері Re_P Рейнольдс өтпелі санының мөлшерінен артқан жағдайда қажет, және ол келесі формула бойынша есептеледі [5]

$$Re_P = 3.16 * 10^5 * n_S^{-0.305} \quad (14)$$

мұнда n_S - насостың жұмыс жасау жылдамдығының коэффициенті, ол төмендегі формуламен есептеледі

$$n_S = 3.65 * n * \frac{(Q_{B.opt}/K_{BC})^{0.5}}{(H_{B.opt}/K_{CT})^{0.75}} \quad (15)$$

мұнда $Q_{B.opt}, H_{B.opt}$ - П.Ә.К. - і максималды насостың айдайтын су көлемі (m^3/c) және суды айдау күші (m); K_{BC}, K_{CT} - жұмыс дөңгелегінің сору сатылары мен насос сатыларының саны. Бұл жағдайда, судан тұтқырлы мұнайға көшу үшін қысымның, айдайтын мұнай көлемнің және насостың П.Ә.К. - ін қайта есептеу коэффициенттерін төмендегі формуламен анықтаймыз

$$k_H = 1 - 0.128 * \lg \frac{Re_n}{Re_B} \quad (16)$$

$$k_Q = k_H^{1.5} \quad (17)$$

$$k_\eta = 1 - \alpha_\eta * \lg \frac{Re_{gr}}{Re_H} \quad (18)$$

мұнда Re_{gr} - Рейнольдстың шекаралық саны; α_η - түзету коэффициенті. Re_{gr} және α_η мәндері n_s функциясы болып табылады. k_η, k_Q, k_H - ты біле отырып, (1), (3) формулалардағы тұтқырлы мұнаймен жұмыс жасау кезіндегі аппроксимациялық коэффициенттердің мәнін есептеуге болады [5]:

$$H_{O\nu} = k_H * H_{OB}; a_\nu = a_B * \frac{k_H}{k_H}; B_\nu = B_B * \frac{k_H}{k_Q^2} \quad (19)$$

$$c_{O\nu} = k_\eta * C_{OB}; C_{1\nu} = C_{1B} * \frac{k_\eta}{k_Q}; C_{2\nu} = C_{2B} * \frac{k_\eta}{k_Q^2}$$

Құбырдың технологиялық жұмысын есептеу. Құбырларды технологиялық есептеу міндетіне құбырдың оңтайлы өлшемдерін (құбырдың диаметрі, насос станцияларының айдау қысымы, құбыр қабырғасының қалыңдығы, насос станцияларының саны); құбырлардың трасса бойымен орналасуын анықтау; құбырды пайдалану режимдерін есептеу кіреді. Құбырды технологиялық есептеуге арналған шығыс деректері:

- 1 G_g - жоспар бойынша бір жылда айдалатын мұнай көлемі (млн.т/жылына);
- 2 Мұнайдың қасиеті (тығыздық, тұтқырлық, қаныққан бу қысымы және басқалары);
- 3 Мұнай құбыры орналасқан тереңдегі жердің температурасы;
- 4 Құбырлардың және насос жабдықтарының сипаттамасы;
- 5 Мұнай құбыры трассасының кескіні;
- 6 Мұнай құбырының және насос станцияларының сызықтың бөлігін пайдалану және құрылымның техникалық-экономикалық көрсеткіштері;

Технологиялық есеп келесі реттілікте орындалады: Мұнай құбыры өтетін жердің қатты қабатының орташа температурасы анықталады

$$T_O = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^n T_{oi} l_i \quad (20)$$

мұнда T_O - ұзындығы l_i құбыр төселген жердің температурасы. Мұнай құбырының сағаттық мұнайды айдау мүмкіндігі есептеледі

$$Q_s = \frac{G_r}{24 N_p \rho_p} \quad (21)$$

мұнда N_p - мұнай құбырының жұмыс істеген тәулік саны. Q құбырдың сағаттық мұнайды айдау мүмкіндігіне сәйкес насос станцияларында орналасқан насостар төмендегі шарт орындалатындай таңдалады

$$0,8 Q_{НОМ} \leq Q_{САФ} \leq 1,2 Q_{НОМ} \quad (22)$$

мұнда $Q_{НОМ}$ - ең жоәры П.Ә.К. кезінде таңдалған насос. Негізгі насос станциясынан шығардағы қысым төмендегі формуламен есептеледі

$$P = \rho_p g * (m_{MH} * h_{MH} + H_2) \quad (23)$$

мұнда g - еркін тусу үдеуі, $g = 9,81/2$, m_{MH} - кезек-кезек іске қосылған магистральдық насостардың саны ($m_{MH} = 3$); h_{MH}, H_2 - $Q_{САФ}$ кезінде магистральдық және тірек

насостардың қысымы. Табылған P өлшемі тірек арматураның беріктігіне байланысты анықталатын мүмкін болатын P_{∂} қысымынан төмен болмауы тиіс. Егер шарт $P \leq P_{\partial}$ орындалмаса, онда магистральдық насостардың санын азайту қажет немесе диаметрі кішірек ауыстырмалы роторларды пайдалану қажет.

Қорытынды. Жоғарыда көрсетілген математикалық әдісті пайдаланып, әртүрлі типті насостар үшін есептелген нәтиже барлық шарттарды қанағаттандырды. Төменде Құмкөл станциясында орналасқан CNS300/540 насосы үшін есептелген бағдарламаның нәтижесі көрсетілген (1- сурет). Алынған нәтиже насостың мінездемелік параметрлері мен тасымалдау шарттарына сәйкес келді. Құбырдың сенімділігін арттырып, насостың өнімділігін жоғарылатуға мүмкіндік пайда болды.

```

C:\Users\Админ\Desktop\Диссер\NASOS\NS_Kymkol\NS_Kymkol\Debug\NS_Kymkol.exe
ns = 73.00
MAGISTRAL'NYI NASOS CNS300/540
Ren = 323869.85
Rep = 85383.43
Regm = 116349.36
kn = 1.07411160
kQ = 1.11320235
ketta = 1.15
H0ny = 642.76
bnny = 0.00184794
c0ny = 1.93994418
c1ny = 0.55166226
c2ny = -0.00102123
Hnopt = 476.45
Qnopt = 270.10
Hnopt = 507.95
ettan = 76.44
P = 40.78
k = 1
PP = 0.00
PM = 40.78
  
```

1-сурет – CNS300/540 насосы үшін есептелген бағдарламаның нәтижесі

Әдебиеттер

- [1] Черкасский В.М. Насосы, вентиляторы, компрессоры: учебное пособие для вузов. - М.: "Энергия".1977.-424 с.
- [2] Угинчус А.А. Гидравлика и гидравлические машины: учебник для вузов.-Харьков: изд. Харьковского университета, 1970.-396 с.
- [3] Барулин Е.П., Гусев Е.В., Сливченко Е.С., М.И. Кручини; Расчеты гидравлических сетей и гидромашин: учебное пособие.
- [4] Шерстюк А.Н. Насосы, вентиляторы и компрессоры: учебное пособие для вузов. - М. : "Высшая школа 1972.-344 с.
- [5] Тугунов П.И., Новоселов В.Ф., Коршак А.А., Шаммазов А.М. Типовые расчеты при проектировании и эксплуатации нефтебаз и нефтепроводов. Учебное пособие для ВУЗов. - Уфа: ООО "Дизайн - ПолиграфСервис".2002.-658 с.

References

- [1] Cherkasskii V.M. Nasosi, ventilyatori, kompressori: Uchebnoe posobie dlya vuzov. - M.: "Energiya 1977.-424 s.
- [2] Uginchus A.A. Gidravlika I gidravlicheskie mashini: uchebnik dlya vuzov. - Har'kov: izd. Har'kovskogo universiteta,1970.-396 с.
- [3] Barulin E.P., Guseev E.V., Slivchenko E.S., Kruchini M.I. Rassheti gidravlicheskih setei I gidromashin: uchebnoe posobie
- [4] Sherstuk A.N. Nasosi, ventilyatori I kompressori: uchebnoe posobie dlya vuzov. - M.: "Visshaya shkola 1972.-344 s.
- [5] Tugunov P.I., Novoselov V.F., Korshak A.A., Shammazov A.M. Tipovie rasshety pri proektirovanii i ekspluatatsii neftebaz i nefteprovodov. Uchebnoe posobie dlya VUZov. - Ufa: ООО "Dizain-PoligrafServis 2002.-658 s.