

Код МРНТИ 52.47.19

М.С. Молдабеков¹, *М.С. Бөкенова², М. Биржанов¹¹Satbayev University (Алматы қ., Қазақстан),²Қ.И. Сәтбаев атындағы Геологиялық ғылымдар институты (Алматы қ., Қазақстан)

НҰРАЛЫ МҰНАЙ-ГАЗ КЕН ОРНЫНЫҢ ҰҢҒЫМАЛАРЫНДА ПЛУНЖЕРЛІ ЛИФТІНІ ҚОЛДАНУ ТӘЖІРИБЕСІН ТАЛДАУ

Аннотация. Мақаланың мақсаты – Нұралы мұнай-газ кен орнында плунжерлі лифтіні қолдануды жан-жақты қарастыру, плунжерлік көтеру жүйелерін талдау, әртүрлі технологиялық жағдайларда ұңғымалардың тиімді жұмыс істеуін көрсету және оларды ары қарай дамыту потенциалын қадағалау болатын. Сондай-ақ, плунжерлік лифт технологиясының жұмыс істеу қағидаларын және оны пайдалануды, оның артықшылықтарын, кемшіліктерін талдай отырып, плунжерлік технология жүйесін Нұралы мұнай-газ кен орнындағы ұңғымаларда плунжерлік лифтіні қолданудың аналитикалық тұрғыдан тиімділігін қарастыру болып табылады. Сулануы жоғары, «өзін-өзі басатын», газ факторы айтарлықтай ұңғымаларда плунжерлік лифт технологиясын дұрыс қолдану, плунжердің барып-келу санын азайту және оны ұстап қалатын автоматтандыру жүйесін жақсарту ұңғымалардың өнімділігін арттыратыны анықталды.

Түйінді сөздер: ұңғыма, плунжерлі лифт, газ факторы, сорпалық-компрессорлық құбырлар, лақтыру желісі, қысым, дебит.

Analysis of the experience of using a plunger lift in wells of the Nuraly oil-gas field

Abstract. The purpose of the article was a comprehensive review of the use of plunger lifts at the Nuraly oil and gas field, analysis of plunger lift systems, demonstration of the efficient operation of wells under various technological conditions, and monitoring of the potential for their further development. In addition, considering the principles of operation of the system and its use, as well as its advantages and disadvantages, it is necessary to analyze from an analytical point of view the effectiveness of using a plunger lift in the wells of the Nuraly oil and gas field. It has been established that in wells with high water cut, with «self-suppression» and a significant gas factor, the correct use of plunger lift technology, a reduction in the number of plunger descents and an improvement in the automation system that holds the plunger in place can increase well productivity.

Key words: well, plunger lift, gas factor, tubing, pressure line, pressure, flow rate.

Анализ опыта применения плунжерного лифта на скважинах нефтегазового месторождения Нуралы

Аннотация. Цель статьи – комплексное рассмотрение применения плунжерных подъемников на нефтегазовом месторождении Нуралы, анализ плунжерных подъемных систем, демонстрация эффективной работы скважин в различных технологических условиях, а также мониторинг потенциала их дальнейшего освоения. Кроме того, рассматривая принципы работы системы и ее использования, а также ее преимущества и недостатки, необходимо с аналитической точки зрения проанализировать эффективность применения плунжерного лифта на скважинах нефтегазового месторождения Нуралы. Установлено, что в скважинах с высокой обводненностью, с «самозаглушением» и значительным газовым фактором правильное использование технологии плунжерного подъема, сокращение количества спусков плунжера и совершенствование системы автоматизации, удерживающей плунжер на месте, позволяет повысить производительность скважин.

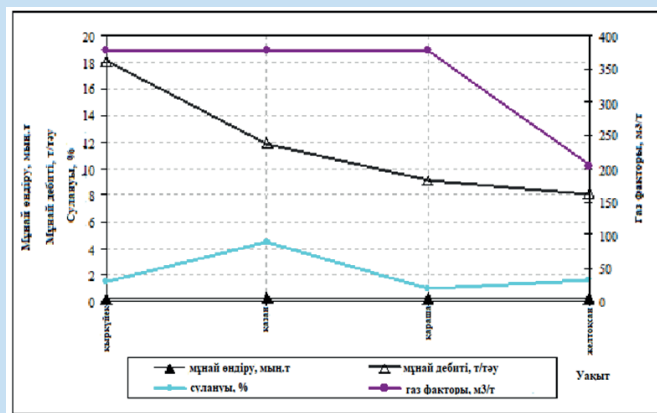
Ключевые слова: скважина, плунжерный лифт, газовый фактор, насосно-компрессорные трубы, напорная линия, давление, дебит.

Кіріспе

Оңтүстік Торғай шөгінді бассейнінің оңтүстік-батыс бөлігінде орналасқан Нұралы кен орнының құрылымы 1983 жылы ашылған. Құрылым Ақшабұлақ кен орнынан 35 км қашықтықта орналасқан және 350 шаршы километр ауданды алып жатыр. Ең алғашқы мұнай 1987 жылы анықталған, ал өндіру 1996 жылы басталған. Нұралы мұнай-газ кен орны мұнай қоры және өндіру көлемі бойынша «Қазгермұнай БК» ЖШС-нің екінші кен орны. 2023 жылы М-П-4 горизонтындағы № 417, 418 ұңғымаларды бұрғылау нәтижелерінің жаңа геологиялық-геофизикалық және геологиялық-кәсіпшілік мәліметтері негізінде ҚМГ Инжиниринг ЖШС-тің «Нұралы кен орнының М-П-4 горизонтындағы қорлардың ұлғаюы» жобасы жасалған¹. Ол жобаға сәйкес кен орнының жаңа мүмкіндіктері көрсетілген, жалпы кен орнында 110 ұңғыма бұрғыланған. Соңғы жылдардың есебіне қарасақ Нұралы кен орнында 12 өнімді горизонт пен 8 өндіру нысандары анықталған және алғашқы анықталған қорлардан өндіру 80%-ды, өнімнің қазіргі сулануы 92% құрайды [1]. Яғни, Нұралы кен орнын игеру экономикалық тиімділіктің шеткі мәнінде тұр, бірақ 2023 жылғы жаңа геология-геофизикалық мәліметтердің негізінде Нұралы кен орнының қоры артқаны байқалады.

Солтүстік Нұралы кен орнының белгілі-бір №X ұңғымасы бойынша 2021 жылғы жұмыстық параметрлері 4 ай бойы жұмыс істегенде ұңғымадан мұнайдың шығымы тәулігіне 18,1 тоннадан 8,1 тоннаға, ал сұйықтықтың шы-

ғымы тәулігіне 18,3 тоннадан 8,2 тоннаға дейін азайған. Мұнайдың сулану деңгейі 1%–4,5% дейін өзгерген және газ факторы 377 м³/тоннадан 204 м³/тоннаға азайған (1 сурет). Сол қарастырылған уақытқа дейін №X ұңғымасын игеру барысында 8700 тонна мұнай, 29 0000 м³ ілеспе газ және 8900 тонна сұйықтық өндірілген [1].



Сурет 1. Нұралы мұнай-газ кен орны №X ұңғымасының 2021 жылғы сипаттамасы.

Figure 1. Characteristics of well No. X of the Nuraly oil and gas field for 2021.

Рис. 1. Характеристика скважины №X нефтегазового месторождения Нуралы за 2021 г.

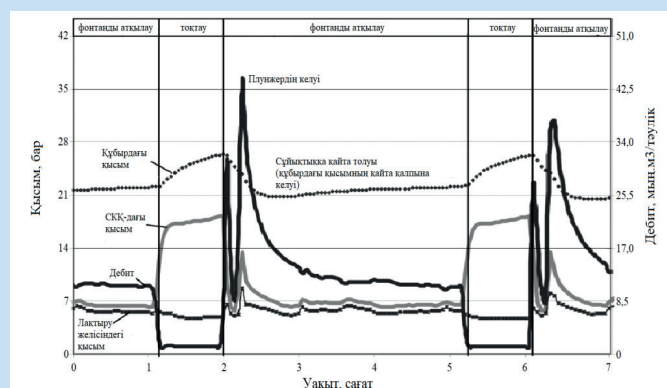
¹«Нұралы кен орнын игеру жобасына толықтыру» жұмыс жобасына «Мүмкін әсерлер туралы есеп» жобасы. P-OVOS.02.2105 – 07/5/1 – 31.12.2023. https://www.gov.kz/uploads/2023/9/26/42747517320229f060db62df4ff059a8_original.5192715.pdf (қараған күні: 20.01.2025). Қол жеткізу тәртібі: тіркелген қолданушыларға

Экономикалық тиімділікті арттыру мақсатында Нұралы кен орнын игеруші «Қазгермұнай» Біріккен кәсіпорны жұмысты ары қарай екі бағытпен жалғастыруды жоспарлады: біріншісі – жер үстіндегі инфрақұрылымды үлкейтіп, қолданылып жатқан ұңғымалардың жұмыс істеуін жақсарту болса, екіншісі кәсіпшілікте жаңа ұңғымалар бұрғылап, қорды кеңейтуге жаңадан келешегі бар аудан қарастыру үшін жұмыс жүргізу. Басқаша жолы – бұрғыланып қойған ұңғымаларда әдеттегі механикалық технологияны плунжерлік лифт технологиясына алмастырумен ұңғымадағы қысымды ұстап тұрумен олардың жұмысқа жарамдылық мерзімін ұзарту [1, 2] болып табылады.

Зерттеу әдістері

Плунжерлік лифтінің жұмыс істеу технологиясына сәйкес кейбір ұңғымалардың жағдайлары бойынша газдың қабаттық энергиясын қолданатын, сондай-ақ газдың ұлғаюына бағытталған қабат өнімін шығарудың тиімді әдісі болып табылатын газлифтінің бір түрі. Бұл қабаттағы газдың энергиясынан туындаған қысымды ұңғымадағы сұйықты жер бетіне көтеруге бағыттаушы қондырғы болып табылады. Осы технологияның маңызды құрылғысы плунжер. Үздіксіз әрекет ететін қондырғыларда плунжер көтеру бағанасында жоғары және төмен үздіксіз қозғалыста болады, ал периодты әрекеттегі қондырғыларда ол оператор белгілеген уақыт аралығында газ ағындары немесе механикалық ұстағыштар арқылы ұңғы түбінде немесе сағада ұсталады.

Плунжерлік лифтімен жұмыс істеу кезінде ұңғыма ішіндегі қысымның ауытқуы жұмыстық айналымды қалыптастыруға ықпал етеді. 2-суреттегі [3] сызба плунжерлік технологияны қолдануда пакері жоқ сораптық-компрессорлық құбырдың (СКҚ) қалыпты жұмыс жағдайын түптегі, СКҚ, құбыраралық қысымдары бойынша білуге болады. 2 суретте шегендеуші құбырдағы, СКҚ-дағы, лақтыру желісіндегі қысымдар қалай өзгереді және сәйкесінше уақыттағы плунжерлік лифтінің айналым бойынша дебит мәндері сипатталған [3].



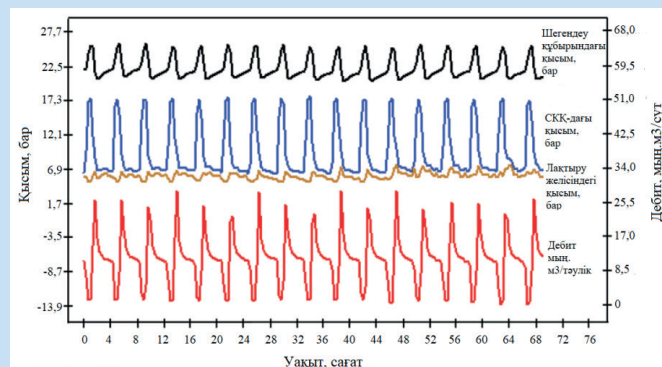
Сурет 2. Плунжер лифтінің қалыпты тәртіптегі жұмыс айналымы.

Figure 2. Plunger lift duty cycle in normal mode.

Рис. 2. Рабочий цикл плунжерного лифта при нормальном режиме.

Жоғарыдағы көрсетілген сызбада (2-сурет) белгілі-бір уақыт ішіндегі әртүрлі технологиялық жұмыс кезеңдерін-

дегі қысым өзгерістері көрсетілген. Бұл сызбаға сәйкес тоқтаудың аяқталуына жақын құбыраралық кеңістікте ең жоғары қысым мәніне жетеді, СКҚ-дағы қысым болса шегендеу тізбегіндегі қысым мәнінен кіші болады. Ал қысымдардың арасындағы айырма құбыр ішіндегі сұйықтың гидростатикалық қысым мәніне тең түседі. Ұңғыманың сағасы ашық жағдайда СКҚ-дағы қысымның мәні лақтыру тізбегіндегі (ұңғыма түбіндегі) қысым мәніне жылдам азаяды да, құбыраралық қысым плунжердің жоғары жеткенінше аздап кішірейеді. Плунжердің жақындауына байланысты үстіңгі бөліктегі сұйық лақтыру құбырымен кетіп, қысым мен шығын мәндері жылдам өзгереді байқалады. Осы үрдіс плунжердің жоғары жеткеніне дейін болады. Плунжердің жер бетіне жетуімен қатар шығынның айтарлықтай өсуі сораптық-компрессорлық құбырдағы қысым мәнінің артуына жеткізеді, сол мезеттен бастап құбыраралық қысым сораптық-компрессорлық тізбектегі қысым мәніне азаяды. Құбыраралық кеңістіктегі қысымның мәні плунжердің жетуімен немесе одан кейін азайып, ұңғыманың сораптық-компрессорлық тізбектегі сұйығының төменгі шамасымен жұмыс істеуінде салыстырмалы аз мөлшеріне барады. Ал ұңғыма ішіндегі (3-сурет) [3] ағын жылдамдығы ең төменгі мөлшерден жоғары күйінде тұрса, құбыраралық тізбектегі қысымның мәні нақты жағдайда өзгеріссіз болады, кей жағдайда азаюы да кездеседі [4]. Газдың ағысы ең шеткі мөлшерден азайса, ұңғыманың түпкі аймағында сұйықтың бітелуі орын алады да құбыраралық тізбекте қысымның шамасы көтеріледі.



Сурет 3. Плунжерлік лифтінің тұрақты үрдіс кезіндегі жұмыстық сипаттамасы.

Figure 3. Operating characteristics of the elevator plunger during steady-state process.

Рис. 3. Эксплуатационная характеристика плунжерного лифта при установившемся процессе.

Кейінгі уақытта электронды контроллерлердің және микропроцессорлардың қолданысқа енуі плунжерлік жүйені нығыздауға, жылдамдық шамасының өзгерістерін жан-жақты зерттеулер жасау мен газды өңдеуге жіберудің маңыздылығы артуы плунжерлік лифтіні көбірек қолдануға мүмкіндік берді [5–7]. Құрылыс жетілдірілген электронды контроллерлердің және микропроцессорлардың болуы автоматизация үрдісін жоғарылатып, плунжерлік технология үрдісінің сенімді жұмысын қамтамасыз етеді. Алдыңғы буын бақылау аспаптары құбырдың ішіндегі қысым мәні ауыспалы, плунжерлердің ескіруі, сұйықтың

тұрақсыз шығыны мен жалпы қондырғының жарамсыз болып қалуы секілді қалыпты жұмыстық үрдістердің ауысуына қарай жылдам түзетуді талап ететін уақытпен қосып-өшіру реттегіштері немесе қысым мәнінің ауытқуына тәуелді жұмыс істеді. Осы жағдай мұнай-газ кәсіпшіліктеріндегі плунжерлік технологияға деген сенімділікті азайтты, кейде плунжерлік лифтіні қолданудың сәтсіз жағдайларына жеткізді.

Кейінгі буын контроллерлерінде плунжерлік лифтідегі істен шығуларды табатын және жылдам оны түзетін компьютерлік жүйелер орнатылған. Жаңадан шыққан телеметриялық жүйелер, «ақылды ұңғыма» қондырғылары цифрлық мәліметтерді жинастыру мен істен шығуларды жөндеу бойынша компьютерлік бағдарламамен қамтамасыз ету плунжерлік қондырғылардың қолданысқа енуін арттырды.

Нәтижелері

«Қазгермұнай» біріккен кәсіпорнының ұңғымаларындағы плунжерлік технологияны өнеркәсіпте сынақтан өткізу бойынша «Нұралы», «Ақсай-53» пен «Ақсай-54» ұңғымаларының өнеркәсіптік зерттеу нәтижелері негізінде мәліметтер берілген [8].

Плунжерлік технологияны қолдану келесі келеңсіз жағдайларда бұл жүйенің қандай өзгерістер әкеле алатынын анықтау мақсатында жасалды:

1) газ факторы жоғары болуымен сипатталатын штангалық сораптық жабдықтар немесе ортадан тепкіш сорапты электрлік қондырғылары (ОТСЭЖ) орнатылған ұңғымалар;

2) мерзімділікпен және жұмысы тұрақсыздығымен ерекшеленетін атқылауы азайған ұңғымалар. Бұл ұңғымаларды таңдап алудың бас критеріі – газ факторы өте аз ауыспайтындарын (1000 м тереңдікке 300 м³) анықтау болды.

Ұңғымалардың техникалық сипаттамалары талданғаннан кейін бір-біріне ұқсайтын көрсеткіштері бар ұңғыма қатары таңдалды:

- қолдану әдісі – атқылау немесе ОТСЭЖ;
- өнімді қабаттағы қысым 8–9 МПа;
- ұңғымалардың тереңдігі 1600–2100 м аралығында;
- ұңғыманы пайдаланудың тұрақты кезеңінде өнімнің газ факторы ең аз дегенде 1000 м³/м³;
- ұңғыманың жұмыстық айырмашылығы – қысымы азайған атқылау, «өзін-өзі басу» эффектісінің болуы.

Төменгі 1 кестеде «Нұралы-37», «Ақсай-53», «Ақсай-54» ұңғымаларындағы плунжерлік технологияны орнатқаннан бастап мұнай шығымының іс жүзіндегі алынған мәліметтері берілген [8]. Осы кестеге сәйкес плунжерлік технологияны орнатқаннан кейін «Нұралы-37» ұңғыма бойынша 1,5 тонна, «Ақсай-54» ұңғыма бойынша 4,9 тонна, ал «Ақсай-53» ұңғыма бойынша 2,9 тонна тәулігіне өсу құрайды, ал дренаждық кезенді ескермегенде орта есеппен орташа 2,96 тонна береді.

Нәтижелерді талқылау

Плунжерлік лифтіні ұңғымаларға енгізу бойынша тәжірибе-кәсіпшілік зерттеулердің нәтижесіне сәйкес негізгі техника-экономикалық негіздеме жасалған. «Нұралы-37», «Ақсай-53», «Ақсай-54» ұңғыма қатарында қадағалай отырып осы технологияны пайдаланудың тиімді жақтары мұнай өндірудің көлемін арттырудан түскен пайданы есепке ала отырып, қондырғыны орнатуға және оны күтіп ұстауға, қызмет көрсетуге кететін шығындармен салыстыру арқылы анықталған. Алынған жоғары экономикалық тиімділік қондырғының өзін-өзі ақтау мерзімін есептеулер нәтижесіне негізделген [8]. Плунжерлік лифтінің үлкен кемшілігі ретінде түптік манометрлерді және иілгіш СКҚ тізбегін орнатудың мүмкін болмауы. Бірақ мұнай өнімділігінің жоғарылауы және газ энергиясын ұтымды қолдану ол кемшіліктердің орнын толтырады. Плунжерлік технологияны кәсіпшіліктерге енгізудің кешеуілдеп тұрғанының басты себебі – осы технологияны орнатудың жеткіліксіз дәрежеде зерттелуі². Осы кезге дейін плунжерлік лифт

Кесте 1

Салыстырмалы шығым көрсетулері

Table 1

Comparative flow rates

Таблица 1

Сравнительные показатели дебита

Қондырғыны орнату алдында					Қондырғыны орнатудан кейін				Өсімі, тонна/тәу
Ұңғыма атауы	Өндіру түрі	Q_c , тонна/тәулік	Q_m , тонна/тәулік	Суының мөлшері, %	Өндіру түрі	Q_c , тонна/тәулік	Q_m , тонна/тәулік	Суының мөлшері, %	
Нұралы-37	Штангалы терең сорап	2,1	1,5	11	Плунжерлік жүйе	4	3	21	1,5
Ақсай-54	Фонтандық	1,5	1	22	Плунжерлік жүйе	11,7	5,9	39	4,9
Ақсай-53	Ортадан тепкіш электрлік қондырғы	0	0	0	Плунжерлік жүйе	3,8	2,9	6	2,9

²Бейкер Хьюз ресми сайты. <https://www.bakerhughes.com/completions/gas-lift-systems/intelligent-gas-lift-optimization-system> (қараған күні: 24.01.2025). Қол жеткізу тәртібі: тіркелген қолданушыларға

жүйесімен қолданысқа берілген ұңғымалардың басым бөлігі – газ факторы жоғары мұнай ұңғымалары, соған қарамастан келешекте газ ұңғымаларында орнатуды қарастыру мүмкіндігі бар.

Қорытынды

Плунжерлік лифт технологиясына өткізілген кәсіпшілік сынақтарын негізге ала отырып төмендегідей қорытынды шығаруға болады:

- Біріншіден, плунжерлік технологияны пайдалану газ факторы жоғары, шығымы төмен ұңғымаларда газ энергиясын қолдану нәтижесінде электр энергиясын үнемдеу есебінен тиімді болады.

- Екіншіден, плунжерлік лифт жұмыс істемей тұрған ұңғымалардан мұнай өндіруді жаңғыртуға жағдай жасайды, сондай-ақ дебиті аз ұңғымалардың өнімділігін көбейтуге мүмкіндік ашылады.

- Үшіншіден, газ факторы жоғары мұнай ұңғымаларында, атқылауы азайған, оқпаны қисайған ұңғымаларда қолдану және ұңғымалардағы парафинді шөгінділерін тазалау үшін ұсынылады.

Сонымен қатар, плунжердің келіп-кету санын азайту, автоматиканың дұрыс уақытында жұмыс істеуі сулануы мен газ факторы жоғары, «өзін-өзі басатын» ұңғымаларда оның өз энергиясын қолданып, өнімділікті арттыруға мүмкіндік береді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Мұнай мен газ өндіруге арналған энергияны үнемдейтін инновациялық шешім. Плунжер лифт технологиясы / Абасов А.А. [және т. б.] // Мұнай және газ. 2021. № 4. 120–124 б. (орыс тілінде)
2. Белфройд С. және т. б. Сұйықтықпен толтырылған газ ұңғымаларының басталуын және динамикалық әрекетін болжау // SPE жыл сайынғы техникалық конференциясы мен көрмесі, Денвер, 2008. № 3. Б. 245–256 (ағылшын тілінде)
3. Джеймс Ли, Генри Никенс, Майкл Уэллс. Су басқан газ ұңғымаларын пайдалану: ұңғымалардан сұйықтықты шығарудың технологиялық шешімдері / ағылшын тілінен аудармасы: М.: Премиум Инжиниринг, 2008. 365 б. (орыс тілінде)
4. Борегар Э., Морроу С. Плунжерді көтеру жүйесінің жаңа және әдеттен тыс қолданбалары // Өндірістік операциялар бойынша SPE симпозиумы, Оклахома Сити. № 2. 1989. Б. 362–372 (ағылшын тілінде)
5. Андраде Дж., Хименес Дж.Л., Парада М.С.М. Жетілген кен орындары, Тибу кен орнында плунжерлі көтеру жүйелерін қолдану арқылы мұнай ұңғымаларын оңтайландыру // Америкадағы мұнай мен газды жасанды қалпына келтіру бойынша SPE конференциясы, Картахена, 2018. № 12. Б. 159–168 (ағылшын тілінде)
6. Бернс М. Газ плунжерлі көтергіш және плунжерлі плунжерлі көтергіш // SPE Artificial Lift конференциясы және көрмесі, Вудлендс. 2018. № 5. Б. 229–234 (ағылшын тілінде)
7. Чарсин У.Дж.Э. Үзілісті газ плунжерлі көтергіш қондырғыларын модельдеу және оңтайландыру // SPE Алдыңғы технологиялар сериясы. SPE-23683-PA. 1994. № 1. Б. 25–33 (ағылшын тілінде)
8. Жасұлан Нұрқас. Плунжерді көтеру жүйесі бұрын тасталған газ конденсатын ұңғысынан өндіруді қалпына келтіреді // SPE Алдыңғы технологиялар сериясы. SPE 182551-MS. 2016. № 4. Б. 21–28 (ағылшын тілінде)

REFERENCES

1. Innovacionnoe energoeffektivnoe reshenie po dobyche nefi i gaza. Tehnologiya plunzher lift [Innovative energy efficient solution for oil and gas production. Plunger lift technology], Abasov A.A. [et al.], Neft' i gaz [Neft' I Gaz]. 2021. No 4. 120–124 pp. (in Russian)
2. Belfroid S. et al. Prediction onset and dynamic behavior of liquid loading gas wells // SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Denver, 2008. No. 3. 245–256 pp. (in English)
3. James Lee, Henry Nickens, Michael Wells. Ekspluatatsiya obvodnyayushchikhsya gazovykh skvazhin: tekhnologicheskie resheniya po udaleniyu zhidkosti iz skvazhin [Operation of Flooded Gas Wells: Technological Solutions for Removing Fluid from Wells], translation from English: Moscow: Premium Inzhiniring, 2008. 365 p. (in Russian)
4. Beauregard E., Morrow S. New and Unusual Applications for Plunger Lift System. // SPE Production Operations Symposium, Oklahoma City, 1989. No. 2. 362–372 pp. (in English)
5. Andrade J., Jimenez J.L., Parada M.S.M. Mature fields, oil well optimization using plunger lift systems in Tibu Field // SPE Artificial Lift Conference-Americas, Cartagena, 2018. No. 12. 159–168 pp. (in English)
6. Burns M. Plunger-Assisted Gas Lift and Gas-Assisted Plunger Lift // SPE Artificial Lift Conference and Exhibition, Woodlands, 2018. No. 5. 229–234 pp. (in English)
7. Charcin U.J.E. Modeling and optimization of intermittent gas-plunger lift installations // SPE Advanced Technology Series. SPE-23683-PA. 1994. No. 1. 25–33 pp. (in English)

8. Zhassulan Nurkas. Plunger Lift System Restores Production in previously abandoned Gas Condensate Well // SPE Advanced Technology Series. SPE 182551-MS. 2016. No. 4. 21–28 pp. (in English)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Инновационное энергоэффективное решение по добыче нефти и газа. Технология плунжер лифт / Абасов А.А. [и др.] // Нефть и газ. 2021. № 4. С. 120–124 (на русском языке)
2. Белфройд С. и др. Прогнозирование начала и динамического поведения газовых скважин с жидкостной нагрузкой // Ежегодная техническая конференция и выставка SPE, Денвер, 2008. № 3. С. 245–256 (на английском языке)
3. Джеймс Ли, Генри Никенс, Майкл Уэллс. Эксплуатация обводняющихся газовых скважин: технологические решения по удалению жидкости из скважин / пер. с английского: М.: Премиум Инжиниринг, 2008. 365 с. (на русском языке)
4. Борегар Э., Морроу С. Новые и необычные применения плунжерной подъемной системы // Симпозиум SPE по производственным операциям, Оклахома Сити, 1989. № 2. С. 362–372 (на английском языке)
5. Андраде Дж., Хименес Дж.Л., Парада М.С.М. Зрелые месторождения, оптимизация нефтяных скважин с использованием систем плунжерного подъема на месторождении Тибу // Конференция SPE по искусственной добыче нефти и газа в Северной и Южной Америке, Картахена, 2018. № 12. С. 159–168 (на английском языке)
6. Бернс М. Газовый подъемник с плунжерным приводом и плунжерный подъемник с плунжерным приводом // Конференция и выставка SPE Artificial Lift, Вудлендс. 2018. № 5. С. 229–234 (на английском языке)
7. Чарсин У.Дж.Э. Моделирование и оптимизация прерывистых газоплунжерных подъемных установок // SPE Серия передовых технологий. SPE-23683-PA. 1994. № 1. С. 25–33 (на английском языке)
8. Жасулан Нуркас. Система плунжерного подъемника восстанавливает добычу на ранее заброшенной газоконденсатной скважине // SPE Серия передовых технологий. SPE 182551-MS. 2016. № 4. С. 21–28 (на английском языке)

Авторлар туралы мәліметтер:

Молдабеков М.С., Ph.D докторы, «Мұнай инженериясы» кафедрасының қауым. профессоры, Satbayev University (Алматы қ., Қазақстан), m.moldabekov@satbayev.university; <https://orcid.org/0000-0002-1623-0324>

Букенова М.С., техника ғылымдарының магистрі, ғылыми қызметкер, Қ.И. Сәтбаев атындағы Геологиялық ғылымдар институты (Алматы қ., Қазақстан), bukenova77@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2224-6453>

Биржанов М., «Мұнай инженериясы» кафедрасының магистранты, Satbayev University (Алматы қ., Қазақстан), maga.byrzhan69@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0005-9660-2114>

Information about the authors:

Moldabekov M.S., Ph.D, Associate Professor at the Department of Petroleum engineering, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

Bukenova M.S., Master of Technical Sciences, researcher, Institute of geological sciences named after K.I. Satpayev (Almaty, Kazakhstan)

Birzhanov M., master's student of the Department of Petroleum engineering, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

Сведения об авторах:

Молдабеков М.С., доктор Ph.D, ассоц. профессор кафедры «Нефтяная инженерия», Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)

Букенова М.С., магистр технических наук, научный сотрудник, Институт геологических наук им. К.И. Сатпаева (г. Алматы, Казахстан)

Биржанов М., магистрант кафедры «Нефтяная инженерия», Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)