



ИНЖЕНЕРИЯ ЖӘНЕ ИНЖЕНЕРЛІК ІС
ИНЖЕНЕРИЯ И ИНЖЕНЕРНОЕ ДЕЛО
ENGINEERING AND ENGINEERING

МАШИНАЖАСАУ
МАШИНОСТРОЕНИЕ
MECHANICAL ENGINEERING

DOI 10.51885/1561-4212_2024_3_53
MFTAA 52.47.15

К.А. Ихсанов¹, Г.Е. Калешева², Т.Н. Утеева³, Н.Н. Шаненов⁴

Батыс Қазақстан инновациялық-технологиялық университеті. Орал қ., Қазақстан

¹E-mail: Ikhsanov_k@mail.ru

²E-mail: Kalesheva-gulmira_29_69@mail.ru*

³E-mail: Uteevatoigan@inbox.ru

⁴E-mail: Nauryzshanenov@gmail.com

БҰРҒЫЛАУ ШЫҒЫРЫНЫҢ ТЕЖЕГІШІН САЛҚЫНДАТУ ҮРДІСІНІҢ ЖҰМЫСТЫҚ ПАРАМЕТРЛЕРІН ОҢТАЙЛАСТЫРУ

ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОЧИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ОХЛАЖДЕНИЯ ТОРМОЗА БУРОВОЙ ЛЕБЕДКИ

OPTIMIZATION OF OPERATING PARAMETERS OF THE DRILLING WINCH BRAKE COOLING PROCESS

Аңдатпа. Мақалада бұрғылау шығырының тежегішінің конструктивті-геометриялық параметрлеріне сәйкесті өлшемсіз параметрлерді анықтау бойынша эксперименталды зерттеу нәтижелері сипатталады. Зерттеудің мақсаты жұмыс элементтерінің қызмет ету мерзімін ұлғайту және параметрлерді оңтайландыру, бұрғылау жүкшығырының тежеу жүйесі және өнімділік пен өнімсіз уақытты азайту үшін техникалық факторларды қолдану арқылы бұрғылау процесінің тиімділігін арттырудың ғылыми негіздемесі болып табылады.

Түйін сөздер: ұңғыма, бұрғылау шығыры; тежегіш шкиві; үйкеліс элементтері, жылу шығару; жылу өткізгіштік; эксперимент; параметрлер.

Аннотация. В статье описывается результаты экспериментального исследования по определению безразмерных параметров, соответствующих конструктивно-геометрическим параметрам тормоза буровой лебедки. Целью исследования является научное обоснование повышения эффективности процесса бурения за счет применения технических факторов увеличения срока службы рабочих элементов и оптимизации параметров, тормозной системы буровой лебедки и снижения производительного и непроизводительного времени.

Ключевые слова: скважина, буровая лебедка; тормозной шкив; элементы трения, теплоотвод; теплопроводность; эксперимент; параметры.

Abstract. The article describes the results of experimental research to determine non-chemical parameters corresponding to the design and geometric parameters of a storm winch. The purpose of the study is to scientifically substantiate the increase in the efficiency of the drilling process through the use of technical factors to increase the service life of working elements and optimize parameters, the braking system of the drilling winch and reduce productive and unproductive time.

Keywords: the well, drilling winch; brake pulley; friction elements, heat sink; thermal conductivity; experiment; parameters.

Kipicne. Күрделі тау-кен-геологиялық жағдайларда жатқан мұнай, газ және конденсат қорларының өсу, жаңа кен орындарын игеру және сарқылған кен орындарынан көмірсутектерді алу коэффициентін арттыру проблемаларын шешу үшін, барлау және пайдалану ұңғымаларын бұрғылау көлемін ұлғайту және тоқтап тұрған ұңғымалар қорын қысқарту қажет (Кульчицкий, 2019).

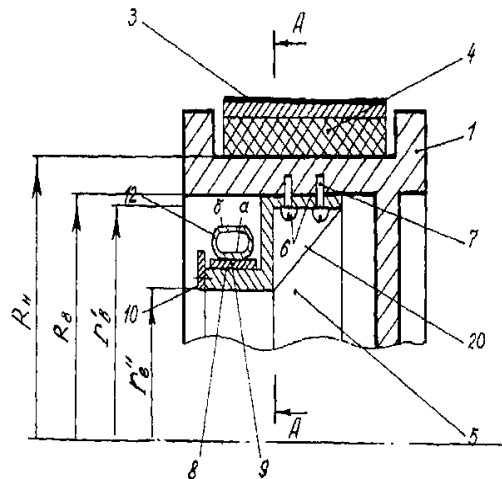
Мұнай-газ ұңғымаларын бұрғылау жұмыстарын одан әрі дамыту олардың құрылыс сапасы мен пайдалану сенімділігін арттыруды қамтамасыз ететін жаңа технологиялар мен техникалық құралдарды әзірлеуді және жетілдіруді талап етеді.

Материалдар мен зерттеу әдістері. Жұмыстың сенімділігін арттыру және тежеу жүйесінің үйкеліс элементтерінің тозуын азайту арқылы бұрғылаудың өнімді және өнімсіз уақытын азайтуға бағытталған зерттеулер, сондай-ақ тежеу жүйесінің үйкеліс элементтерінің жылу кернеулігін төмендету әдістерін дайындау қазіргі уақытта қызығушылық тудырады.

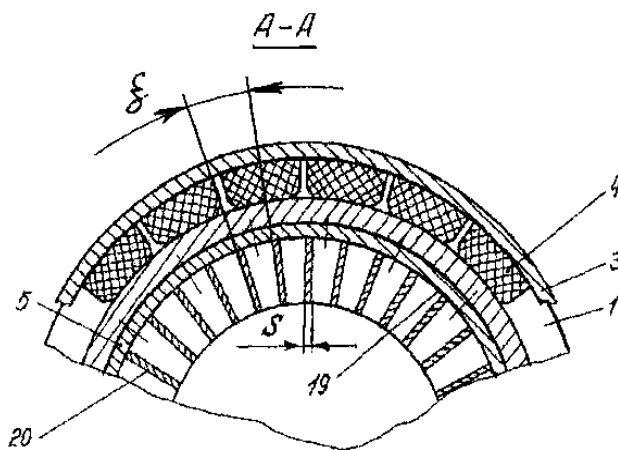
Мұндай кешенді зерттеулерді орындау, бұрғылау шығырларының жұмыс қабілеттілігінің параметрлерін дәл бағалауға және оларды ұтымды пайдалануды ұйымдастыруға мүмкіндік береді, бұл өз кезегінде ұңғымаларды бұрғылау көрсеткіштерінің артуына әсер етеді (Ихсанов, 2023).

Математикалық модельді құру әдістемесіне сүйене отырып, оның артықшылықтарын ескере отырып, негізгі мәселені сәтті шешу үшін тежегіш шкивінің ең жоғары қыздыру аймағынан жылу шығару процесіне көп әсер ететін негізгі факторларды таңдау қажет. Жылу тарату параметрлеріне бір уақытта және өзара байланысты бірнеше факторлар әсер етеді. Сондықтан, тежегіш жүйесін салқындату процесінің нақты физикалық мағынасын сипаттайтын эксперимент нәтижесін алу үшін таңдалған факторларды өзара толық байланыста қарастыру қажет.

Нәтижелері және оларды талқылау. Толық факторлық эксперимент функциядағы факторлардың онтайландыру критерийіне сызықтық, квадраттық және синергетикалық тәуелділігін қамтамасыз етеді. Компьютерлік эксперименттер жасау және аналогтық модельді зерттеу кезінде эксперименттерді ортогональды композициялық жоспарлау әдісі қолданылды, онда бірнеше факторлар алдын ала таңдалды (Маталыцкий, 2017). Олар, априорлық мәліметтерге сәйкес, бұрғылау шығырының таспалы тежегіш шкивінің жұмыс бетінің жылу өткізгіштік коэффициентіне λ_R ең үлкен әсер етеді. Бұл жағдайда, жылу өткізгіштік коэффициенті көбінесе негізгі және қосалқы шкивтердің қимасының қалыңдығының қатынасына k_R , қосалқы шкивтің жылу өткізгіш шеттері арасындағы бұрышқа ζ , жиектердің берілген қалыңдығының көмекші шкивтің жылу өткізгіш бетінің мөлшеріне қатынасына байланысты екендігі анықталды (Ахметов, 2007).



1-сурет. Қосымша жылу тарату факторлары мен өлшемдерін анықтау сұлбасы
 Ескерту – авторлармен құрастырылған



2-сурет. Жылу өткізгіш қабырғалар арасындағы қашықтықты анықтау сұлбасы
 Ескерту – авторлармен құрастырылған

1 және 2-суретке сәйкес k_R коэффициенті келесі өрнекпен анықталады

$$k_R = (R_H - R_B) / (R_B - r'_B), \tag{1}$$

және, физикалық тұрғыдан алғанда, ол негізгі және қосымша шкивтер арасындағы жылу беру процесін анықтайды. Ал, k_r коэффициентін келесі формула бойынша есептейміз

$$k_r = Sn / (r'_B - r''_B), \tag{2}$$

мұндағы n – жылу өткізгіш қабырғалардың саны.

Регрессиялық математикалық модельді құру үшін таңдалған факторлардың өзгеру деңгейлері мен аралықтары 1-кестеде келтірілген.

1-кесте. Факторлар және олардың өзгеру деңгейлері

Өзгеру деңгейлері	Факторлары			Атаулар және оңтайландыру критерийлерінің орташа мәндері
	X_1	X_2	X_3	\bar{Y}
	Негізгі және қосалқы шкивтердің көлденең қималарының қалыңдығының қатынасы K_R	Жылу өткізгіш қабырғалар арасындағы бұрыш, ζ	Берілген қабырға қалыңдығының көмекші шкивтің жылу өткізгіш дөңгелек бетінің өлшеміне қатынасы, k_T	Бұрғылау шығырының таспалы тежегіш шкивінің жұмыс бетінің жылу өткізгіштік коэффициенті, λ_R , Вт/(м*К)
Жоғарғы +	24	15	2,5	
Негізгі 0	16	10	1,5	
Төменгі –	8	5	0,5	
Өзгеру аралығы	8	5,0	1,0	

Ескерту – авторлармен құрастырылған

Эксперименттік зерттеу нәтижелерін факторлық талдаудың міндеті

$$\lambda_R = f(x_1, x_2, x_3) \rightarrow \max, \quad (3)$$

типті математикалық модельді, $40Bm/(m \cdot K) \leq \lambda_R \leq 80Bm/(m \cdot K)$ шектеу шамасында алу болып табылады. λ_R параметрінің көрсетілген шектерден шығуы оң нәтиже бермейді, керісінше жүйені жұмыс істемейтін және мағынасыз етеді.

(3) өрнектен, көлденең қиманың ең қызған бетінің, яғни, бұрғылау шығырының тежегіш шкивінің жиегінен максималды жылу өткізгіштігі қамтамасыз етілетін X_1 , X_2 және X_3 факторларының мәндерін табу керек екенін көруге болады.

Маңызды параметрлерден оңтайландыру критерийі функциясы түрінде жылу таратқыш құрылғының математикалық моделін құру мақсатында эксперименттік ортогоналды жоспарлау матрицасы құрылды. Эксперименттік деректерді өндегеннен кейін екінші ретті математикалық модель құрылды:

$$y = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i x_i + \sum_{i=1}^n a_{ii} x_i^2 + \sum_{i=1}^n a_{ij} x_i x_j, \quad (4)$$

мұндағы y – оңтайландыру критерийі; x_i, x_j – тәуелсіз айнымалы факторлар; a_0, a_i, a_{ii}, a_{ij} – теориялық регрессия коэффициенттері.

Мақсатты функцияның жауап бетін зерттеу үшін келесі формулалар бойынша есептелген регрессия коэффициенттері анықталды:

$$a_0 = a'_0 - \frac{1}{N_0} \sum_{i=1}^{N_0} a_{ii} \sum_{i=1}^{N_0} x_{in}^2,$$

$$a'_0 = \frac{1}{N_0} \sum_{n=1}^{N_0} \bar{Y}_n;$$

$$a_0 a_i = \frac{\sum_{n=1}^{N_0} X_{in} \bar{Y}_n}{\sum_{n=1}^{N_0} (X_{in})^2}, \quad (i \neq 0), \quad (5)$$

$$a_{ij} = \frac{\sum_{n=1}^{N_0} X_{in} X_{jn} \bar{Y}_n}{\sum_{n=1}^{N_0} (X'_{in})^2},$$

$$a_{ii} = \frac{\sum_{n=1}^{N_0} X'_{in} \bar{Y}_n}{\sum_{n=1}^{N_0} (X'_{in})^2},$$

$$X'_{in} = X_{in}^2 - \frac{1}{N_0} \sum_{n=1}^{N_0} X_{in}^2,$$

мұндағы n – тәжірибе нөмірі; i – фактор нөмірі.

Параллель тәжірибелердің дисперсиясы келесі формула бойынша анықталды:

$$S = (Y_i - \bar{Y}) / m - 1, \quad (6)$$

мұндағы \bar{Y} – параллель тәжірибелердегі оңтайландыру критерийінің орташа мәні; m – қайталану саны.

Дисперсиялардың біртектілігі Кохрен критерийі бойынша бағаланды:

$$K_p = \frac{S_{\max}^2}{\sum_{i=1}^N S_i^2}, \quad (7)$$

мұндағы K_p – Кохрен критерийінің есептік мәні; S_{\max}^2 – параллель тәжірибелердің макси-

малды депрессиясы; $\sum_{i=1}^N S_i^2$ – параллель тәжірибелердің депрессиясының қосындысы.

Кохрен критерийінің критикалық мәні бойынша анықталды. Бұл ретте еркіндік дәрежелерінің саны төмендегі шарттан анықталды:

$$\xi_1 = m - 1, \quad \xi_2 = N - 1, \quad (8)$$

мұндағы N – тәжірибелер саны.

Егер $K_p < K_{табл.}$ болса, дисперсия біртекті болып саналды.

Көбею дисперсиясы келесі формуламен анықталды:

$$S(y) = \sum_{i=1}^{N_0} S_i^2 / N. \quad (9)$$

Көбею дисперсиясының еркіндік дәрежелерінің саны формула бойынша есептелді:

$$Z_{\bar{y}} = (m - 1)N. \quad (10)$$

Сәйкестік дисперсиясы келесідей есептелді:

$$S_{a\delta}^2 = m \sum_{i=1}^{N_0} (\bar{Y}_i - \tilde{Y}_i)^2 / (N - \chi), \tag{11}$$

мұндағы χ – теңдеудің маңызды коэффициенттерінің саны; \tilde{Y} – (4) өрнек бойынша есептелген Y теориялық мәні.

Математикалық модельдің сәйкестігі Фишер-Снедекор критерийі бойынша тексерілді:

$$F_p = S_{a\delta}^2 / S^2(Y) \tag{12}$$

келесі шектеу кезінде

$$F_p < F_{табл.} \tag{13}$$

(13) шарттың орындалуы, әзірленіп жатқан модельдің нақты үдеріске сәйкестігінің қанағаттанарлық фактісі болады.

Келтірілген әдістеме негізінде құрылғының оңтайлы құрылымдық-режимдік параметрлерін анықтау мақсатында орталық композициялық ортогоналды жоспарлау әдісімен толық факторлық эксперимент жасалды.

Бұрын оқшауланған, басым деп аталатын факторлар, эксперименттер кезінде бес деңгейде өзгерді. Факторлардың аралықтары мен өзгеру деңгейлері 2-кестеде келтірілген.

Толық факторлық экспериментті қамтамасыз ету үшін таңдалған факторларды ескере отырып матрица жасалды және регрессия теңдеуін алу үшін эксперимент жүзеге асырылды.

2-кесте. Белгіленген факторлардың өзгеру деңгейлері мен аралықтары

Факторлар	Белгіленулер	Деңгейлер					Интервал
		-1, 215	-1	0	1	1,215	
Негізгі және қосалқы шкивтердің қималарының қалыңдығының қатынасы k_R	X_1	2,84	8	16	24	29,16	8
Жылу өткізгіш қабырғалар арасындағы бұрыш, ξ	X_2	1,77	5	10	15	18,23	5,0
Қабырғалардың келтірілген қалыңдығының көмекші шкивтің жылу өткізгіш дөңгелек бетінің мөлшеріне қатынасы, k_T	X_3	-0,04	0,5	1,5	2,5	3,04	1,0
		$-\beta$				β	

Ескерту – авторлармен құрастырылған

Жоспарлау матрицасы және тәжірибелік мәліметтердің нәтижелері жылу өткізгіштік коэффициенті 3-кестеде келтірілген.

3-кесте. Жоспарлау матрицасы және тәжірибелік мәліметтер нәтижелері жылу өткізгіштік коэффициенті

Тәжірибе №	X_0	X_1	X_2	X_3	X_{12}	X_{13}	X_{23}	$X_1^2 - \alpha$	$X_2^2 - \alpha$	$X_3^2 - \alpha$	Жылу өткізгіштік коэффициенті λ_R			
											Y_1	Y_2	Y_3	\bar{Y}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	+	0	0	0	0	0	0	-0,73	-0,73	-0,73	78	76	76	76,6
1	+	-	-	+	+	-	-	0,27	0,27	0,27	38	47	36	40,3

2	+	-	+	-	-	+	-	0,27	0,27	0,27	22	25	31	26,0
3	+	-	+	+	-	-	+	0,27	0,27	0,27	50	58	59	55,6
4	+	+	-	-	-	-	+	0,27	0,27	0,27	69	65	67	67,0
5	+	+	-	+	-	+	-	0,27	0,27	0,27	45	41	38	41,3
6	+	+	+	-	+	-	-	0,27	0,27	0,27	47	48	49	48,0
7	+	+	+	+	+	+	+	0,27	0,27	0,27	37	32	35	34,6
8	+	-	-	-	+	+	+	0,27	0,27	0,27	20	22	21	22,0
9	+	β	0	0	0	0	0	0,745	-0,73	-0,73	62	59	61	60,6
10	+	$-\beta$	0	0	0	0	0	0,745	-0,73	-0,73	4	70	62	45,3
11	+	0	β	0	0	0	0	-0,73	0,745	-0,73	45	44	47	48,6
12	+	0	$-\beta$	0	0	0	0	-0,73	0,745	-0,73	58	60	61	59,6
13	+	0	0	β	0	0	0	-0,73	-0,73	0,745	70	73	74	72,3
14	+	0	0	$-\beta$	0	0	0	-0,73	-0,73	0,745	71	74	77	74,0
Баған квадратының қосындысы	15	10,95	10,95	10,95	8	8	8	4,73	4,73	4,73				
Регрессия коэф-ті	51,98	5,98	-1,80	0,615	-5,62	10,875	2,95	-10,445	-14,592	-2,711	$v(Y)$			
$\alpha=0,73; \beta=1,215$														
<i>Ескерту – авторлармен құрастырылған</i>														

3-кестеде құрастырылған матрица, $N_0 = 2^n + 2n + 1$ формула бойынша есептелген 15-ке тең тәжірибелер санымен толық факторлық экспериментті қамтамасыз етеді. Мұндағы N_0 – тәжірибелер саны; n – факторлар саны.

3-кестеде жылу өткізгіштік коэффициентінің мәндері y_i пайызбен және олардың тәжірибелер $i = 3$ тең қайталанған кездегі орташа мәндері \bar{y}_i .

Эксперименттер кезінде жоспарлау матрицасына енген басқа факторлар оңтайлы деңгейде тіркелді.

\bar{Y} дәрежесінің регрессия коэффициенттері орташа эксперименттік мәндер бойынша анықталды. Алынған мәндерді (4) теңдеуіне қоя отырып, регрессия теңдеуін аламыз:

$$Y = 51,45 + 5,98X_1 - 1,805X_2 + 0,615X_3 - 5,625X_1X_2 - 10,875X_1X_3 + 2,95X_2X_3 - 10,445X_1^2 - 14,592X_2^2 - 2,711X_3^2. \quad (14)$$

Алынған регрессия теңдеуінің нақты физикалық процеске сәйкестігі Фишер-Снедекор критерийі бойынша сәйкестік дисперсиясын бағалау арқылы анықталды. Сәйкестік дисперсиясын есептеу нәтижелері регрессия теңдеулері үшін Фишер критерийінің есептік мәндерін анықтауға мүмкіндік берді:

$$F_{p_0} = 1,92 \text{ и } F_{p_2} = 2,17.$$

Соңғы мәндерді 5 % маңыздылық деңгейіндегі F-критерийінің кестелік мәндерімен салыстыру, теңдеудің сәйкестігін көрсетті. F-критерийінің кестелік мәндері $f_1 = 2$ және $f_2 = 14$ алымының еркіндік дәрежелері санының мәндері үшін алынады (Ахметов, 2007).

Шартты координаттардағы факторлардың оңтайлы мәндерін анықтау үшін 14-теңдеулері бойынша функцияның ішінара туындыларын анықтаймыз:

$$dY/dX_1 = -20,89X_1 - 5,625X_2 - 10,875X_3 + 5,98 = 0,$$

$$dY/dX_2 = -5,625X_1 - 29,184X_2 + 2,95X_3 - 1,805 = 0, \quad (15)$$

$$dY/dX_3 = -10,875X_1 + 2,95X_2 - 5,422X_3 + 0,615 = 0.$$

(15) теңдеуді шешу арқылы компьютерде тәуелсіз оңтайландыру факторларының мәндері табылды:

$$X_1 = 0,06, \quad X_2 = 0,32, \quad X_3 = 2,38.$$

Мақсатты функцияның жауап бетінің шартты координаттары факторлардың физикалық шамаларының өзгерудің нөлдік деңгейінен ығысуын сипаттайды. Бұл координаттар сонымен бірге модельдің жауап бетінің екі өлшемді қималарында критикалық нүктелердің орналасуын анықтайды.

Мақсатты функцияның екі өлшемді қималары үлкен қызығушылық тудырады, өйткені оларды өңдеу арқылы жылу өткізгіштік коэффициентінің негізгі құрылымдық және режимдік параметрлерге тәуелділіктерінің кез-келгенін алуға болады.

Практикалық есептеулер мен көрсеткіштерді бағалау үшін шартты координаттарға қарағанда физикалық айнымалылары бар жылу өткізгіштік процесінің математикалық моделін көрсететін мақсатты функция қолайлы болады.

2-кестеге сәйкес шартты координаттарды аудару келесідей жүзеге асырылады:

$$X_1 = (k_R - 16)/8; \quad X_2 = (\zeta - 10)/5; \quad X_3 = (k_T - 1,5)/0,5;$$

бұдан мынаны аламыз:

$$X_1 = 0,125k_R - 2; \quad X_2 = 0,2\zeta - 2; \quad X_3 = 2k_T - 3. \quad (16)$$

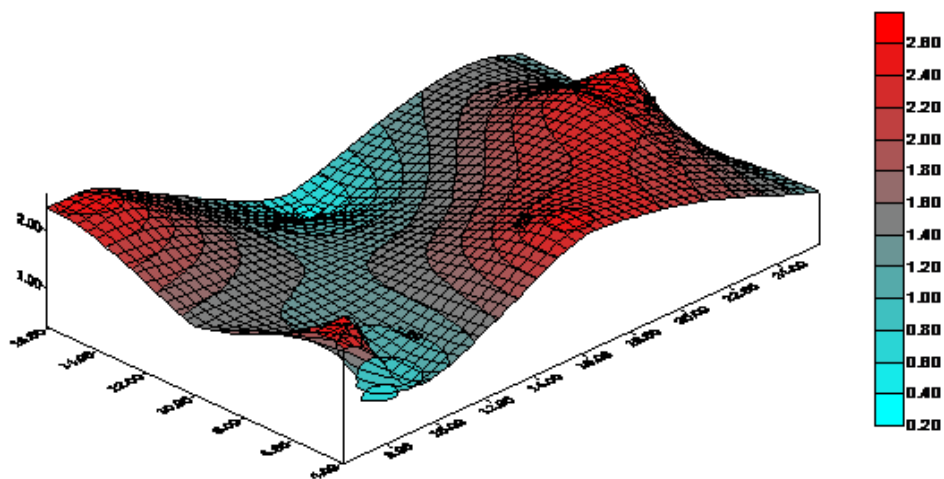
(14) тәуелділікке (16) мәндерін қоя отырып, 2-кестеден физикалық айнымалы факторлардың коэффициенттерін есептейміз, нәтижесінде оңтайлылықтың негізгі критерийіне, яғни жылу өткізгіштік коэффициентіне тәуелділік түрінде жылу өткізгіштік процесінің математикалық моделі алынды, яғни бұрғылау шығырының таспалы тежегішінің құрылымдық-режимдік параметрлеріне қатысты жылуөткізгіштік коэффициенті:

$$\lambda_R = -160,54 + 11,447k_R + 11,21\zeta + 73,43k_T - 0,14k_R\zeta - 2,72k_Rk_T + 1,18\zeta k_T - 0,17k_R^2 - 0,58\zeta^2 - 10,8k_T^2. \quad (17)$$

(15) теңдеуді шешудің нәтижелерін қолдана отырып, екі өлшемді қималар құрылды, олардың көмегімен оңтайландыру критерийінің жұптасқан (синергетикалық) координаттарға тәуелділігі құрылды, бұл таңдалған үш фактордың оңтайлы мәндерін анықтауға мүмкіндік берді, яғни $k_R = 9,6$; $\zeta = 14,2$; $k_T = 0,75$.

Бұл өз кезегінде таңдалған есептік мәндерге пропорционалды жұмыс параметрлерінің оңтайлы мәндерін анықтауға мүмкіндік берді.

3-суретте жоғарыда қарастырылып отырған факторларға байланысты жылу өткізгіштік коэффициентінің өзгеру бетін сипаттайтын процесінің жалпы математикалық моделінің графикалық бейнесі көрсетілген.



3-сурет. Негізгі параметрлерге байланысты жылу тарату процесінің математикалық моделінің графикалық бейнесі

Ескерту – авторлармен құрастырылған

3-суретте қосалқы шкивтің X_1 , X_2 , X_3 факторларына сәйкес жылуды алып кету көрсеткіштеріне $k_R = 9,6$; $\xi = 14,2$; $k_T = 0,75$ байланысты жылу тарату аймақтары көрсетілген. Графиктен қосалқы шкивтің жиектерінде температураның жоғары мәнде болатынын көруге болады.

X_1 – негізгі және қосалқы шкивтердің қималарының қалыңдығының қатынасы k_R ;

X_2 – жылу өткізгіш қабырғалар арасындағы бұрыш, ξ ;

X_3 – қабырғалардың келтірілген қалыңдығының көмекші шкивтің жылу өткізгіш дөңгелек бетінің мөлшеріне қатынасы, k_T .

(1), (2) формуласы бойынша k_R , k_T және ξ коэффициенттерінің мәндерін қолдана отырып, кейбір жұмыс істейтін бұрғылау шығырларының тежегіш жүйесінің қосымша жылу таратқыш шкивінің конструктивті параметрлері анықталды. Есептеу нәтижелері 4-кестеде келтірілген.

4-кесте. Жылу өткізгіш шкивтің құрылымдық параметрлері

Бұрғылау шығырының маркасы	Параметрлері, мм	
	r'_e	r''_e
ЛБ -750	240	107
У2-5-5	290	157
ЛБУ - 1100	265	132

Ескерту – авторлармен құрастырылған

Қорытынды. Теориялық тұрғыдан зерттелген және негізделген бұрғылау шығырының тежегіш жүйесіндегі жылудың таралуының математикалық моделі, бұл физикалық процесті және жылуды неғұрлым қыздырылған элементтен аз қыздырылған элементке беру бағытын қамтамасыз етуге, сондай-ақ тежегіш шкиві мен таспаның өлшемдерін есептеп шығаруға мүмкіндік береді.

Қосымша салқындатуды ескере отырып, бұрғылау шығырының тежеу жүйесіндегі жылу беру процесінің математикалық моделін сипаттайтын регрессия теңдеулері алынды.

Құрылған регрессиялық математикалық-статистикалық модельді өңдеу негізінде компьютерлік экспериментті жүзеге асыру арқылы өлшемсіз k_R , k_T және ξ параметрлерінің

оңтайлы мәндерін анықтауға болады, олар оңтайландыру критерийлері λ_R экстремалды мән-деріне сәйкес келеді. Факторлардың оңтайлы мәндеріне $k_R = 9,6$; $k_T = 0,75$; $\zeta = 14,2$ бұрғылау шығырының тежегішінің құрылымдық-геометриялық параметрлері сәйкес келеді.

Әдебиеттер тізімі

- A. Mani, Tripathi, Oil well drilling activities recognition using a hierarchical classifier, *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 2021, 196, 107883, doi: 10.1016/j.petrol.2020.107883.
- B.A. Bilashev, K.A. Ikhсанov, G.E. Kalesheva, The technology of producing of drilling fluids based on various clays, *Neftyanoe Khozyaystvo - Oil Industry*, 2017, 64-66, doi: 10.24887/0028-2448-2017-4-64-66.
- Samal Akhmetzhan, Bauyrzhan Bilashev, Kairbek Ikhсанov, Gulmira Kalesheva and Ainash Mukambetkaliyeva Human Optimization of Drill Winch Brake Cooling System for Improved Working Process Parameter Engineered Science. Engineered Science Publisher LLC 2023. DOI: <https://dx.doi.org/10.30919/es8d881>
- Ахметов Н.М. (2007). Моделирование процесса охлаждения тормоза буровой лебедки с целью оптимизации рабочих параметров. *Известия НАН РК*. – Серия: физико-математическая. – № 6. – С. 34-37 // Ahmetov N.M. (2007). Modelirovanie processa ohlazhdeniya tormoza burovoj lebedki s cel'ju optimizacii rabochih parametrov // Izvestiya NAN RK. – Serija: fiziko-matematicheskaja. – № 6. – S. 34-37.
- Бокова Л.Г. (2020). Количественная оценка производственной технологичности изделий: Монография / Л.Г. Бокова, П.Ю. Бочкарев, Г.С. Гумаров, К.А. Ихсанов. – Уральск. ТОО «Полиграфсервис», – С. 128 // Bokova L.G. (2020). Kolichestvennaja ocenka proizvodstvennoj tehnologichnosti izdelij: Mono-grafija / L.G. Bokova, P.Ju. Bochkarov, G.S. Gumarov, K.A. Ihsanov. –Ural'sk. ТОО «Poligrafser-vis». – S. 128.
- Зозуля В.П., (2021). Зозуля Н.Е., Магруппов А.М. Промывка скважин. Учебное пособие. Ташкент. Филиал НИУ нефти и газа имени И.М. Губкина в городе Ташкенте, 621 с. // Zozulja V.P., (2021). Zozulja N.E., Magrupov A.M. Promyvka skvazhin. Uchebnoe posobie. Tashkent. Filial NIU nefti i gaza imeni I.M. Gubkina v gorode Tashkente, 621 s.
- Ихсанов К.А. (2023). Бұрғылау процесінің тиімділігін арттыруға әсер ететін жұмыс параметрлерін зерттеу және техникалық құралдарды жетілдіру: монография/ құраст. К.А. Ихсанов. – Орал: БҚИТУ, 2023. – 93 б. // Ikhсанov K.A. (2023). Бұрғылау процесінің тиімділігін арттыруға әсер ететін жұмыс параметрлерін зерттеу және техникалық құралдарды жетілдіру: monografija / құраст. К.А. Ихсанов. – Орал: БҚИТУ, 2023. – 93 б.
- Колемаев В.А. (2017). Калинина В.Н. Теория вероятностей и математическая статистика. Учебник. –М.: ЮНИТИ-ДАНА. – 352 с. -5-238-00560-1. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/71075.html>. –ЭБС «IPRbooks» // Kolemaev V.A. (2017). Kalinina V.N. Teorija verojatnostej i matematicheskaja statistika. Uchebnik. – М.: JuNITI-DANA, 2017. – 352 с. -5-238-00560-1. –Rezhim dostupa: <http://www.iprbookshop.ru/71075.html>. – JeBS «IPRbooks».
- Кульчицкий В.В. (2019). Проектирование строительства нефтяных и газовых скважин. Нормативные требования. Учебно-методическое пособие. М., Издательский центр РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 253 с. // Kul'chickij V.V. (2019). Proektirovanie stroitel'stva neftjanyh i gazovyh skvazhin. Normativnyje trebovanija. Uchebno-metodicheskoe posobie. М., Izdatel'skij centr RGU nefti i gaza imeni I.M. Gubkina, 253 s.
- Маталыцкий, М.А. (2017). М33 Теория вероятностей и математическая статистика: учебник / М.А. Маталыцкий, Г.А. Хацкевич. – Минск: Вышэйшая школа. – 591 с.: ил. // Matalyckij, M.A. (2017). M33 Teorija verojatnostej i matematicheskaja statistika: uchebnik / M.A. Matalyckij, G.A. Hackevich. – Minsk: Vyshhejschaja shkola. – 591 s.: il.

Information about authors

Ikhсанov Kayyrbek – Candidate of Technical Science, West Kazakhstan Innovation and Technological University, Uralsk, Ihsanova 44/1, 87775746360, ikhsanov_k@mail.ru

Kalesheva Gulmira – West Kazakhstan Innovation and Technological University, Uralsk, Ihsanova 44/1, 87754122640, E-mail: Kalesheva-gulmira_29_69@mail.ru*

Uteeva Toigan – Master of Technical Sciences, West Kazakhstan Innovation and Technological University, Uralsk, Ihsanova 44/1, 87752783326, E-mail: Uteevatoigan@inbox.ru

Shanenov Nauryz – West Kazakhstan Innovation and Technological University, Uralsk, Ihsanova 44/1,87074520898, E-mail: Nauryzshanenov@gmail.com
