

## **ОЦІНКА ВПЛИВУ ЖОРСТКОСТІ ТА ДЕМПФУВАННЯ КОМПОНОВКИ НИЗУ БУРОВОГО ІНСТРУМЕНТУ НА СЕРЕДНЄ ЗНАЧЕННЯ ОБЕРТОВОГО МОМЕНТУ ПІД ЧАС БУРІННЯ ШАРОШКОВИМИ ДОЛОТАМИ**

**Р.Б. Щербій**

*ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42264,  
e-mail: public@iung.edu.ua*

*Для оцінки впливу параметрів компоновки низу бурового інструменту, жорсткості та демпфування на середнє значення обертового моменту на долоті (моментосмність) на буровому стенді ІФНТУНГ було проведено тринадцять серій досліджень за класичним планом. Жорсткість бурового інструменту встановлювалась на трьох рівнях – 225, 1700 і 6000 кН/м, коефіцієнт демпфування також на трьох рівнях – 0,1, 40 та 70 кН·с/м.*

*Для порівняння статистичних характеристик вибірок із миттєвими значеннями обертового моменту, одержаних для різних рівнів жорсткості та коефіцієнта демпфування, був застосований метод „Статистична перевірка параметричних гіпотез”.*

*За результатами цих досліджень встановлено: 1) зміна жорсткості від 225 до 6000 кН/м, незалежно від типорозміру долота, збільшує моментосмність процесу буріння. Імовірність прийняття такого рішення – 0,95; 2) збільшення демпфування із 0,1 до 70 кН·с/м зменшує середнє значення обертового моменту на долоті, імовірність прийняття такого рішення – 0,95; 3) зміна діаметра долота не впливає на середнє значення обертового моменту; 4) конструктивні особливості озброєння долота впливають на моментосмність процесу буріння; 5) із збільшенням частоти обертання моментосмність процесу буріння зменшується незалежно від типорозміру долота; 6) із збільшення твердості гірської породи за штампом моментосмність процесу буріння зменшується.*

*Ключові слова: буровий стенд, коефіцієнт демпфування, класичний експеримент, параметри процесу буріння, вибірки, статистичні характеристики, параметричні гіпотези*

*Для оценки влияния параметров компоновки низа бурового инструмента, жесткости и демпфирования на среднее значение вращательного момента на долоте (моментоемкость) на буровом стенде ИФНТУНГ проведены тринадцать серий исследований по классическому плану. Жесткость бурового инструмента устанавливалась на трех уровнях – 225, 1700 и 6000 кН/м, коэффициент демпфирования так же на трех уровнях – 0,1, 40 и 70 кН·с/м.*

*Для сравнения статистических характеристик выборок с многовыми значениями вращательного момента, полученных для двух уровней жесткости и коэффициента демпфирования, использовался метод “Статистическая проверка параметрических гипотез”.*

*По результатам этих исследований установлено следующее: 1) изменение жесткости от 225 до 6000 кН/м, независимо от типоразмера долота, увеличивает моментоемкость процесса бурения. Вероятность принятия такого решения – 0,95; 2) увеличение демпфирования с 0,1 до 70 кН·с/м уменьшает среднее значение вращательного момента на долоте, вероятность принятия такого решения – 0,95; 3) изменение диаметра долота не влияет на среднее значение вращательного момента; 4) конструктивные особенности вооружения долота влияют на моментоемкость процесса бурения; 5) с увеличением частоты вращения моментоемкость процесса бурения уменьшается независимо от типоразмера долота; 6) с увеличением твердости горной породы по штампу моментоемкость процесса бурения уменьшается.*

*Ключевые слова: буровой стенд, коэффициент демпфирования, классический эксперимент, параметры процесса бурения, выборки, статистические характеристики, параметрические гипотезы*

*For estimation of the influence of parameters for making cracker line of the drilling tool, rigidity and damping coefficient on the average value of torque on the bit 13 series of investigations have been carried out due to the standard plan at the drilling bedstead of IFNTUOG. The regality of drilling tools was set at 3 levels – 225, 1700, 6000 kN/m, as well as the damping coefficient was also established at 3 levels – 0.1, 40 and 70 kN·s/m.*

*To compare statistical characteristics of torque, obtained for different levels of rigidity and damping coefficient the “statistical checking of parameter hypotheses” method was applied.*

*Due to the results of these studies it was determined the following: 1) the change of rigidity from 225 to 6000 kN/m, irrespective of a standard size of a bit increases the torque value on a bit during the process of drilling. The probability of making such decision is 0,95; 2) the growth of damping coefficient from 0,1 to 70 kN/m decreases the average value of torque on the bit. The probability of making such decision is 0,95; 3) the change of a bit diameter didn't influence on the average value of the torque; 4) design peculiarities of drilling bit cutting structure influence on the average value of the torque on a bit during the process of drilling; 5) growth of the rock hardness according to the mark leads to decreasing the average value of the torque during the process of drilling.*

*Key words: drilling bedstead, damping coefficient, classical investigation, parameters of the drilling process, torques, statistical characteristics, parameter hypotheses*

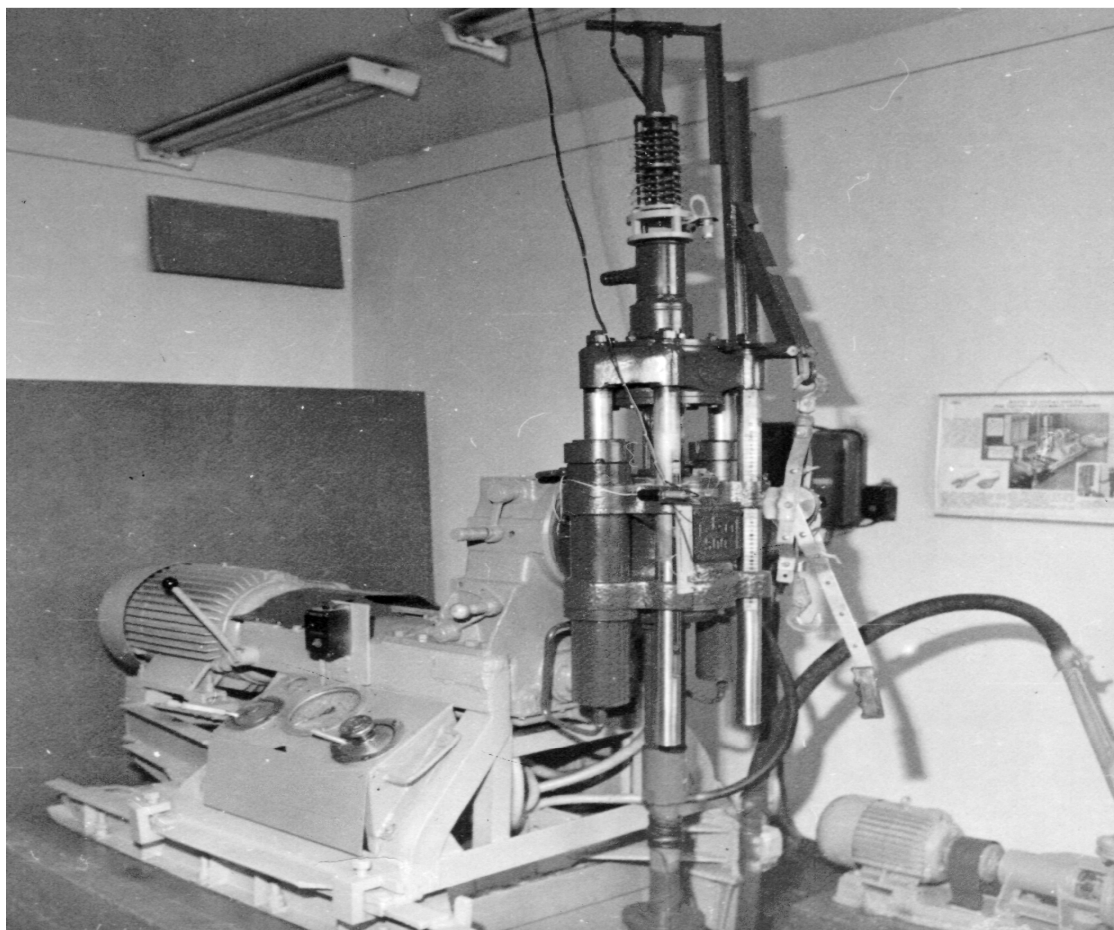


Рисунок 1 – Загальний вигляд бурового стенда

Основним показником, що характеризує ефективність використання енергії, підведеної до вибою свердловини, є енергоємність руйнування гірських порід. За [2] енергоємність визначається за формулою:

$$A_V = \frac{A_0}{\pi \cdot R_D^2 \cdot \delta_0} = \frac{G\delta_0 + 2 \cdot \pi \cdot T}{\pi \cdot R_D^2 \cdot \delta_0} = \frac{G}{\pi \cdot R_D^2} + \frac{2 \cdot T}{R_D^2 \cdot \delta_0}, \quad (1)$$

де  $A_0$  – робота долота за один оберт;  
 $G$  – осьове статичне навантаження на долото;

$\delta_0$  – проходка за один оберт долота;

$R_D$  – радіус долота;

$T$  – середнє значення обертового моменту на долоті.

Обертовий момент на долоті, який за рівнянням (1) є одним з основних параметрів, що визначають енергоємність процесу буріння, як правило, в процесі буріння не відомий, за винятком спеціальних досліджень у свердловині і під час використання вимірювача обертового моменту, що буває досить рідко. В той же час обґрунтований вибір параметрів процесу буріння неможливий без достатньо точних знань про зміну обертового моменту на долоті. За результатами досліджень, наведених у [1, 3, 4], був встановлений ступінь впливу на обертовий

момент статичного осьового навантаження на долото, частоти обертання долота та фізико-механічних властивостей гірської породи. Водночас дослідження з вивчення впливу на обертовий момент параметрів компоновки низу бурильного інструменту, жорсткості та коефіцієнта демпфування не проводились.

Такі дослідження з метою встановлення функціональних залежностей між моментом та параметрами компоновки були проведені на експериментально-вимірному стенді, створеному на базі бурового верстата СБА-500 (див. рис. 1).

Для оцінки впливу жорсткості компоновки бурильного інструменту на середнє значення обертового моменту було проведено дванадцять серій експериментальних досліджень за класичним планом. Величини керованих параметрів процесу буріння під час проведення цих досліджень наведені в таблицях 1,2. В таблицях 3,4 наведені статистичні характеристики вибірок миттєвих значень обертового моменту.

Для порівняння статистичних характеристик двох вибірок зі значеннями миттєвих значень обертового моменту  $T_{CP.X,i}$  і  $T_{CP.Y,i}$ , одержаних для різних рівнів жорсткості компоновки (порівнюються дисперсії і середні значення вибірок), висувається гіпотеза про рівність цих характеристик –  $D_{T_X} = D_{T_Y}$  і  $\bar{T}_{CP.X} = \bar{T}_{CP.Y}$ . Ця гіпотеза називається нульовою –  $H_0$ . Проти

Таблиця 1 – Серії 1...11 класичного плану експериментальних досліджень впливу параметрів компоновки бурильного інструмента на середнє значення обертового моменту, некеровані фактори для всіх серій таблиці: осьове статичне навантаження на долото –  $F_{CT}=25$  кН, розхід промивальної рідини(вода) –  $Q=7$ л/с

№ серії та кількість паралельних дослідів	Постійні параметри					Змінний параметр
	$F_{CT}$ , кН	$n$ , хв <sup>-1</sup>	$\beta$ , кН·с/м	Долото	$p_{ш}$ , МПа	$C$ , кН/м
1 (225_3,6000_3)	25	82	0,1	93С	білий вапняк, 2300	225, 6000
2 (225_3,6000_3)	25	82	0,1	93Т	пісковик воротищенської свити, 1440; 2050	225, 6000
3 (225_4,6000_4)	25	82	0,1	93Т	пісковик стрийської свити, 2500	225, 6000
4 (225_4,6000_7)	25	82	0,1	76ОК	граніт, 3120	225, 6000
5 (225_3,6000_3)	25	82	0,1	93С	граніт, 3120	225, 6000
6 (225_3,6000_3)	25	82	0,1	93Т	граніт, 3120	225, 6000
7 (225_3,6000_3)	25	82	0,1	93ОК	граніт, 3120	225, 6000
8 (225_3,6000_3)	25	133	0,1	93С	граніт, 3120	225, 6000
9 (225_3,6000_3)	25	133	0,1	93Т	граніт, 3120	225, 6000
10 (225_3,1700_3)	25	82	40	93Т	пісковик воротищенської свити, 2050	225, 1700
11 (225_4,6000_7)	25	82	70	93Т	пісковик воротищенської свити, 2050	225,1 700

Таблиця 2 – Дванадцята серія класичного плану експериментальних досліджень впливу параметрів компоновки бурильного інструмента на середнє значення обертового моменту. Розхід промивальної рідини(вода) –  $Q=7$ л/с

№ серії та кількість паралельних дослідів	Постійні параметри					Змінний параметр
	$F_{CT}$ ,кН	$n_{дв}$ , хв <sup>-1</sup>	$C$ , кН/м	Долото	$p_{ш}$ , МПа	$\beta$ , кН·с/м
1 (0,1_3, 40_3, 70_3)	25	82	225	93Т	пісковик воротищенської свити, 2050	0,1
2 (0,1_3, 40_3, 70_3)			1700			40

цієї гіпотези висувається альтернативна (конкуруюча) гіпотеза  $H_A$ , згідно з якою стверджується, що ці вибірки не відносяться до одної генеральної сукупності, тобто -  $D_{T_X} \neq D_{T_Y}$  і  $\bar{T}_{CP.X} > \bar{T}_{CP.Y}$ , за умови  $C_X < C_Y$ . В цьому випадку критична область прийняття гіпотез – правостороння. Цей метод має назву "Статистична перевірка параметричних гіпотез".

За цим методом спочатку порівнюються вибіркові дисперсії вибірок за статистичним критерієм  $F$ . Умова прийняття нульової гіпотези про рівність дисперсій для вибраного рівня значущості  $\alpha$  має вигляд –  $F_{ем} < F_{кр}$  де  $F_{ем}$  – експериментальне (емпіричне) значення критерію,

обчислене за значеннями вибірових дисперсій,  $F_{кр}$  – критичне значення розподілу Фішера – Снедекора, яка відділяє критичну область від області прийняття нульової гіпотези  $H_0$ .

Емпіричне значення  $F_{ем}$  визначаємо за формулою:

$$F_{ем} = \frac{D_{T_X}}{D_T}, D_{T.X} > D_{T.Y} \quad (1)$$

Критичне значення  $F_{кр}$  визначаємо залежно від прийнятого рівня значущості  $\alpha$  та степенем вільності  $k_1$  і  $k_2$ .

$$k_1 = N_X - 1; k_2 = N_Y - 1. \quad (2)$$

Таблиця 3 – Статистичні характеристики вибірок миттєвих значень обертового моменту, серії 1...11

№ серії	Тип долота	ρ <sub>ш</sub> , МПа	С, кН/м	№ вибірки	Об'єм вибірки N	Статистичні характеристики вибірок	
						Середнє значення $\bar{T}_{CP}$ , Н·м	Дисперсія D, (Н·м) <sup>2</sup>
1	93С	2300	225	1/1	389	172,47	2732
		<2300	6000	1/2	245	148,59	2035
				1/2_1	324	162,29	2166
2	93Т	1440	225	2/1	169	202,23	5885
			6000	-	-	-	-
		2050	225	2/2	249	186,98	3997
			6000	2/3	1535	156,93	2052
3	93Т	2500	225	3/1	425	169,72	4763
			6000	3/2	689	145,14	2098
4	76ОК	3120	225	4/1	881	135,45	2679
			6000	4/2	1561	95,42	1173
5	93С		225	5/1	255	161,13	2172
			6000	5/2	249	146,41	2802
6	93Т		225	6/1	228	148,64	1921
			6000	6/2	463	128,25	2615
7	93ОК	225	7/1	127	129,79	2771	
		6000	7/2	212	99,1	2435	
8	93С	3120	225	8/1	575	143,3	1777
			6000	8/2	505	129,1	1855
9	93Т	3120	225	9/1	505	123,07	1681
			6000	9/2	502	97,73	2005
10	93Т	2050	225	10/1	1209	154,84	1025
			1700	10/2	500	133,98	1938
11			225	11/1	528	137,67	2038
			1700	11/2	612	122,51	635

Таблиця 4 – Статистичні характеристики вибірок миттєвих значень обертового моменту, серії 12...13

№ серії	Тип долота	ρ <sub>ш</sub> , МПа	С, кН/м	β, кН·с/м	№ вибірки	Об'єм вибірки N	Статистичні характеристики вибірок	
							Середнє значення $\bar{T}_{CP}$ , Н·м	Дисперсія D, (Н·м) <sup>2</sup>
12	93Т	2050	225	0,1	12/1	249	186,98	3997
				40	12/2	1209	154,84	1025
				70	12/3	528	137,67	2038
13			1700	0,1	13/1	410	152,95	2062
				40	13/2	500	133,98	1938
				70	13/3	612	122,51	635

За підтвердження гіпотези  $H_0$  під час порівняння дисперсій проводиться перевірка гіпотези  $H_0$  про рівність середніх значень вибірок за статистичним критерієм  $T$ . Умова прийняття нульової гіпотези про рівність середніх значень вибірок для вибраного рівня значущості  $\alpha$  має вигляд –  $T_{ем} < T_{кр}$ , де  $T_{ем}$  – експериментальне (емпіричне) значення критерію, обчислене за середніми значеннями вибірок,  $T_{кр}$  – критичне

значення розподілу Стюдента, яка відділяє критичну область від області прийняття нульової гіпотези  $H_0$ . Ймовірність випадкової похибки між середніми значеннями вибірок за прийнятого рівня значущості  $\alpha$  для правосторонньої області, визначається за формулою:

$$P|\bar{T}_{CP.X} - \bar{T}_{CP.Y}| = 1 - S(t). \quad (3)$$

де  $S(t)$  – значення ймовірності відсутності випадкової похибки між середніми значеннями згідно з розподілом Стюдента.

Для встановлення фізичного змісту статистичної характеристики процесу розподілу миттєвих значень обертового моменту, яка називається дисперсією, розглянемо послідовність утворення аналогового запису цього процесу. Ця послідовність: 1) під дією обертового моменту на долоті в первинному перетворювачі виникає деформація кручення; 2) наслідком зміни цієї деформації є зміна напруження електричного сигналу на виході повного тензометричного моста перетворювача; 3) система реєстрації процесу зміни обертового моменту на долоті фіксує цей процес на діаграмі самописця або на магнітній стрічці магнітографа. Миттєве значення потужності електричного сигналу на виході первинного перетворювача

$$W_i = \frac{U_i}{R}, \quad (4)$$

де  $U_i$  –  $i$ -е значення дискретного електричного сигналу, мВ;

$R$  – вхідний опір вимірювального тракту, Ом.

Середнє значення потужності дискретного сцентрованого електричного сигналу від первинного перетворювача моменту

$$\Delta U_i = U_i - U_{CP}, \quad (5)$$

$$W_{CP} = \frac{\sum_{i=1}^N W_i}{N} = \frac{\sum_{i=1}^N \Delta U_i^2}{R \cdot N}. \quad (6)$$

Під час переходу значень сцентрованого процесу зміни обертового моменту на долоті від значень в вольт до значень в Н·м

$$F_{дин.} = K(U_i - U_{cp}) = K \cdot \Delta U_i, \quad (7)$$

де  $K$  – коефіцієнт переходу від мВ електричного сигналу перетворювача сили до величини моменту в Н·м.

Процес зміни обертового моменту на долоті – це сцентрована ергодична стаціонарна випадкова функція. Дисперсія  $D_T$  такої функції визначається за наступними формулами

$$m_1 = \frac{\sum_{i=1}^N T_i}{N} = 0, \quad (8)$$

$$m_2 = \frac{\sum_{i=1}^N T_i^2}{N}, \quad (9)$$

$$D_T = \frac{(m_2 - m_1^2) \cdot N}{N - 1} = \frac{\sum_{i=1}^N T_i^2}{N - 1}. \quad (10)$$

З врахуванням формули (8)

$$D_T = \frac{\sum_{i=1}^N T_i^2}{N - 1} = \frac{K^2 \sum_{i=1}^N \Delta U_i^2}{N - 1}. \quad (11)$$

В формулах (6) і (11) постійними величинами є вирази  $\frac{K^2}{N-1} = const$  і  $\frac{1}{R \cdot N} = const$ . Позначимо:  $A = \frac{K^2}{N-1}$  і  $B = \frac{1}{R \cdot N}$ .

$$A = \frac{K^2}{N-1} \quad \text{і} \quad B = \frac{1}{R \cdot N}.$$

За вищезазначеним

$$D_T = A \cdot \sum_{i=1}^N \Delta U_i^2, \quad (12)$$

$$W_{CP} = B \cdot \sum_{i=1}^N \Delta U_i^2, \quad (13)$$

$$D_T = \frac{A}{B} \cdot W_{CP}. \quad (14)$$

Аналіз рівняння (14) свідчить про однаковий фізичний зміст дисперсії  $D_T$  і потужності  $W$  електричного сигналу. За цим висновком у подальших викладах матеріалу замість виразу "дисперсія обертового моменту" будемо застосовувати вираз "потужність процесу зміни обертового моменту на долоті". За сказаним вище, на підтвердження гіпотези  $D_{T_x} = D_{T_y}$  з імовірністю, яка відповідає прийнятому рівню значущості, можна стверджувати про відсутність впливу відповідного параметра на потужність процесу зміни обертового моменту на долоті, і при не підтвердженні гіпотези – про наявність впливу.

В таблиці 5 наведені результати перевірки гіпотез  $D_{T_x} = D_{T_y}$  за статистичними характеристиками одинадцяти серій. Критерій значущості –  $\alpha=0,01$ .

За таблицею 5 для семи серій (серії 1...4, 6, 10, 11) зміна жорсткості впливає на потужність процесу зміни обертового моменту на долоті, для чотирьох (серії 5, 7...9) можна зробити протилежний висновок. За цим однозначно стверджувати про вплив жорсткості на дисперсію моментоемкості (середнє значення обертового моменту) процесу буріння не можна. Однією із причин відсутності такого висновку, очевидно, є вплив на цей процес інших факторів: типорозміру долота, коефіцієнта демпфування компоновки бурильного інструменту, характеристик гірської породи та частоти обертання долота.

В таблиці 6 наведено результати перевірки моментоемкостей процесу буріння, за гіпотезою  $\bar{T}_{CP,X} > \bar{T}_{CP,Y}$  та статистичними характеристиками одинадцяти серій. Критерій значущості –  $\alpha=0,025$ .

Емпіричне значення критерію Стюдента, який застосовується для порівняння середніх значень вибірок, визначалось за формулою:

$$T_{EM} = \frac{|m_{1,1} - m_{2,2}|}{\sqrt{D_1/N_1 + D_2/N_2}}. \quad (15)$$

Ступінь вільності під час визначення критичної точки розподілу Стюдента  $T_{kp}$

$$k = N_1 + N_2 - 2. \quad (16)$$

Таблиця 5 – Результати перевірки гіпотез  $D_{T_x} = D_{T_y}$  за статистичними характеристиками одинадцяти серій

№ серії	Тип долота	№ вибірки	C, кн/м	D <sub>T</sub>	N	F <sub>ем</sub> <F <sub>кр</sub>	$D_{T_x} = D_{T_y}$
1	93С	1/1	225	2732	389	1,343>1,334	Не підтверджена
		1/2	6000	2035	245		
2	93Т	2/2	225	3997	249	1,948>1,253	Не підтверджена
		2/3	6000	2052	1535		
3	93Т	3/1	225	425	4763	2,270>1,238	Не підтверджена
		3/2	6000	689	2098		
4	76ОК	4/1	225	2679	881	2,284>1,115	Не підтверджена
		4/2	6000	1173	1561		
5	93С	5/1	225	2172	255	1,290<1,360	Підтверджена
		5/2	6000	2802	249		
6	93Т	6/1	225	1921	228	1,361>1,325	Не підтверджена
		6/2	6000	2615	463		
7	93ОК	7/1	225	2771	127	1,138<1,452	Підтверджена
		7/2	6000	2435	212		
8	93Т	8/1	225	1777	575	1,044<1,255	Підтверджена
		8/2	6000	1855	505		
9	93Т	9/1	225	1681	505	1,193<1,24	Підтверджена
		9/2	6000	2005	502		
10	93Т	10/1	225	1025	1209	1,891>1,182	Не підтверджена
		10/2	6000	1938	500		
11	93Т	11/1	225	2038	528	3,209>1,222	Не підтверджена
		11/2	6000	635	612		

Таблиця 6 – Результати перевірки моментосмкостей процесу буріння за гіпотезою  $\bar{T}_{CP.X} > \bar{T}_{CP.Y}$

№ серії	Тип долота	№ вибірки	T <sub>CP</sub> , Н·м	N	T <sub>EM</sub> >T <sub>KP</sub>	$\bar{T}_{CP.X} > \bar{T}_{CP.Y}$	S(t)	Імовірність випадкової похибки
1	93С	1/1	172,47	389	3,40>1,98	Підтверджена	0,99966	0,00034
		1/2	148,59	245				
2	93Т	2/2	186,98	249	7,21>1,98	Підтверджена	0,99999	0,00001
		2/3	156,93	1535				
3	93Т	3/1	169,72	425	6,51>1,98	Підтверджена	0,99999	0,00001
		3/2	145,14	689				
4	76ОК	4/1	135,45	881	20,56>1,98	Підтверджена	0,99999	0,00001
		4/2	95,42	1561				
5	93С	5/1	161,13	255	3,31>1,98	Підтверджена	0,9995	0,0005
		5/2	146,41	249				
6	93Т	6/1	148,64	228	5,44>1,98	Підтверджена	0,99999	0,00001
		6/2	128,25	463				
7	93ОК	7/1	129,79	127	5,32>1,98	Підтверджена	0,99999	0,00001
		7/2	99,1	212				
8	93Т	8/1	143,3	575	5,46>1,98	Підтверджена	0,99999	0,00001
		8/2	129,1	505				
9	93Т	9/1	123,07	505	9,36>1,98	Підтверджена	0,99999	0,00001
		9/2	97,73	502				
10	93Т	10/1	154,84	1209	9,60>1,98	Підтверджена	0,99999	0,00001
		10/2	133,98	500				
11	93Т	11/1	137,67	528	6,85>1,98	Підтверджена	0,99999	0,00001
		11/2	122,51	612				

Таблиця 7 – Результати перевірки гіпотез  $D_{T_x} = D_{T_y}$

№ серії	Тип долота	№ вибірки	$\beta$ , кН·с/м	$D_T$	N	$F_{ем<F_{кр}}$	$D_{T_x} = D_{T_y}$
12	93Т	12/1	0,1	3997	249	3,90>1,266	Не підтверджена
		12/2	40	1025	1209		
		12/1	0,1	3997	249	1,961>1,30	Не підтверджена
		12/3	70	2038	528		
		12/2	40	1025	1209	1,988>1,178	Не підтверджена
		12/3	70	2038	528		
13	93Т	13/1	0,1	2062	410	1,064<1,257	Підтверджена
		13/2	40	1938	500		
		13/1	0,1	2062	410	3,247>1,248	Не підтверджена
		13/3	70	635	612		
		13/2	40	1938	500	3,247>1,222	Не підтверджена
		13/3	70	635	612		

Таблиця 8 – Результати перевірки моментоемкостей процесу буріння за гіпотезою  $\bar{T}_{CP.X} > \bar{T}_{CP.Y}$

№ серії	Тип долота	№ виб	$T_{CP}$ , Н·м	N	$T_{EM}>T_{KP}$	$\bar{T}_{CP.X} > \bar{T}_{CP.Y}$	S(t)	Імовірність випадкової похибки
12	93Т	12/1	186,98	249	7,82>1,98	Підтверджена	0,99999	0,00001
		12/2	154,84	1209				
		12/1	186,98	249	11,05>1,98	Підтверджена	0,99999	0,00001
		12/3	137,67	528				
		12/2	154,84	1209	7,91>1,98	Підтверджена	0,99999	0,00001
		12/3	137,67	528				
13	93Т	13/1	152,95	410	6,36>1,98	Підтверджена	0,99999	0,00001
		13/2	133,98	500				
		13/1	152,95	410	12,36>1,98	Підтверджена	0,99999	0,00001
		13/3	122,51	612				
		13/2	133,98	500	5,17>1,98	Підтверджена	0,99999	0,00001
		13/3	122,51	612				

За таблицею 6 можна стверджувати, що для всіх одинадцяти серій зменшення жорсткості з 6000кН/м до 225кН/м є причиною збільшення моментоемкості (середнє значення обертового моменту) процесу буріння. Імовірність прийняття такого рішення –  $\beta=1-\alpha=1-0,025=0,975$ .

Імовірність випадкової похибки між значеннями моментоемкості для різних рівнів жорсткості коливається від 0,00034 до 0,00001 відсотка, тобто практично похибка відсутня.

В таблиці 7 наведені результати перевірки гіпотез  $D_{T_x} = D_{T_y}$  за статистичними характеристиками 12-13 серій. Критерій значущості –  $\alpha=0,01$ .

За таблицею 7 для п'яти варіантів вибірок дванадцятої серії, що порівнюються, зміна коефіцієнта демпфування впливає на потужність процесу зміни обертового моменту на долоті. Імовірність прийняття такого рішення –

$\beta=1-\alpha=1-0,01=0,99$ . Для одного варіанту цей висновок не отримав підтвердження. З врахуванням всіх варіантів вибірок, що порівнюються, імовірність впливу коефіцієнта демпфування на дисперсію обертового моменту –  $\beta=5/6=0,833$ .

В таблиці 8 наведені результати перевірки моментоемкостей процесу буріння, за гіпотезою  $\bar{T}_{CP.X} > \bar{T}_{CP.Y}$  та статистичними характеристиками вибірок 12-13 серій. Критерій значущості –  $\alpha=0,025$ .

За таблицею 8 можна стверджувати, що для всіх варіантів вибірок дванадцятої серії за збільшення коефіцієнта демпфування з 0,1 кН·с/м до 70 кН·с/м середнє значення обертового моменту на долоті зменшується. Імовірність прийняття такого рішення –  $\beta=1-\alpha=1-0,025=0,975$ . Імовірність випадкової похибки між значеннями моментоемкості для різних рівнів коефіцієнта демпфування 0,00001 відсотка, тобто похибка практично відсутня.

**ВИСНОВКИ**

1. Зміна жорсткості компоновки (зменшення з 6000 до 225 кН/м) збільшує моментоемію процесу буріння, незалежно від типорозміру долота. Імовірність прийняття такого рішення – 99,95 відсотка.

2. Зробити однозначний висновок про вплив жорсткості на потужність процесу зміни обертового моменту на долоті, за результатами цих досліджень, неможливо.

3. Зменшення жорсткості компоновки з 0,1 кН·с/м до 70 кН·с/м зменшує моментоемію процесу буріння. Імовірність прийняття такого рішення – 0,975.

4. Зміна коефіцієнта демпфування впливає на потужність процесу зміни обертового моменту на долоті. Імовірність прийняття такого рішення – 0,833.

*Література*

1 Григорян Н.А. Анализ процесса турбинного бурения [Текст] / Н.А.Григорян, Р.Е.Багиров. – М.: Недра, 1982. – 207 с.

2 Спивак А.И. Разрушение горных пород при бурении скважин [Текст] / А.И.Спивак, А.Н.Попов. - М.: Недра, 1979. – 239 с.

3 Потапов Ю.Ф. Разрушение горных пород трехшарошечными долотами малого диаметра [Текст] / Ю.Ф.Потапов, В.В. Симонов. – М.: Гостоптехиздат, 1961. – 86 с.

4 Мавлютов М.Р. Некоторые результаты экспериментального исследования колебаний осевой и моментной нагрузок на шарошечном долоте [Текст] / М.Р.Мавлютов, Р.Х.Санников // Труды УНИ, вып. VIII, 1972. – С.33-41.

*Стаття надійшла до редакційної колегії  
27.03.12*

*Рекомендована до друку професором  
Коцкуличем Я.С.*