

*А.О.Кожевников, д-р. техн. наук, Ю.Л.Кузін канд. техн.наук, О.А.Лексиков
(Україна, Національний гірничий університет)*

ЗАЛЕЖНІСТЬ МІЖ ТЕОРЕТИЧНОЮ МАСОЮ МЕТРА ТРУБИ ТА ТОВЩИНОЮ СТІНКИ

Однією з основних функцій бурильної колони є передача на породоруйнівний інструмент енергії, яка формується за рахунок необхідного осьового навантаження, частоти обертання та подачі промивальної рідини.

Для створення осьового навантаження використовують різні засоби, серед яких найбільш розповсюдженими є надання навантаження за допомогою якогось пристрою у складі бурового верстата або вагою бурильної колони.

Для правильного вибору типорозміру бурильних труб необхідно знати одну із найважливіших характеристик – теоретичну вагу метра труби, яка залежить від кількох факторів, один із яких - товщина стінки труби.

Існуючі методи розрахунку не повністю враховують такий параметр, як збільшення ваги бурильної колони за рахунок належності з'єднувальних елементів та висадки кінців. Розглянемо, яку питому вагу мають ці елементи у загальній вазі бурильної колони.

Теоретична маса метра гладкої частини тіла бурильної труби може бути визначена як [1]

$$q = F \cdot \gamma_m$$

У свою чергу згідно з роботою [2]

$$q = \pi \cdot \delta \cdot (d_{zn} - \delta) \cdot \gamma_m = \pi \cdot \delta^2 \left(\frac{d_{zn}}{\delta} - 1 \right) \cdot \gamma_m,$$

де F – площа поперечного перерізу бурильної труби, м²; γ_m – щільність сталевих бурильних труб, $\gamma_m = 7850$ кг/м³; δ – товщина стінки, м; d_{zn} – зовнішній діаметр бурильної труби, м.

Для збільшення осьового навантаження, зменшення витрат при передачі на породоруйнівний інструмент пропонується використовувати сталеві бурильні труби універсальні (СБТУ) з підвищеною товщиною стінки.

Для прикладу розглянемо декілька типорозмірів бурильних труб, які використовуються при геологорозвідувальному бурінні (СБТ) у порівнянні з СБТУ.

Графік залежності теоретичної маси метра гладкої частини бурильних труб від товщини стінки зображений на рис. 1.

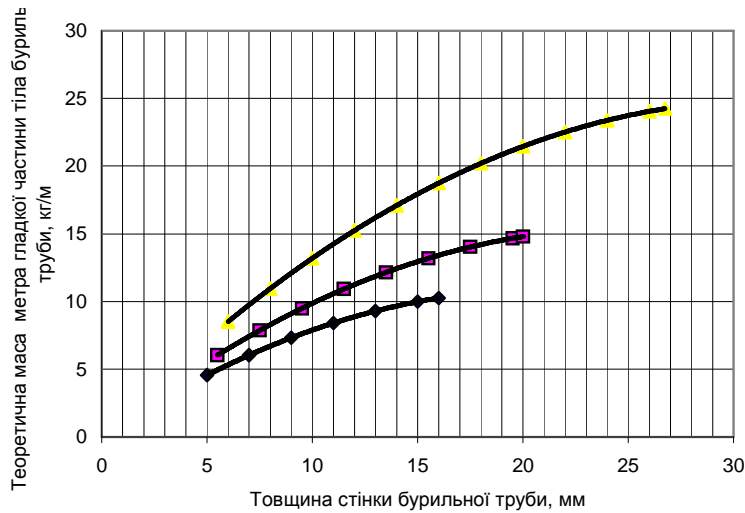


Рис. 1 Залежність між товщиною стінки та теоретичною масою бурильної труби

◆ діаметром 0,042 м ■ діаметром 0,05 м ▲ діаметром 0,0635 м

Що стосується бурильної колони із зовнішнім діаметром 0,042 м, то залежність між товщиною стінки та теоретичною масою бурильної труби може бути описана формулою $y = -0,0247x^2 + 1,0359x - 0,001$ з достовірністю апроксимації $R^2 = 1,0$ (рис. 1), з діаметром 0,05 м - $y = -0,0247x^2 + 1,2331x + 0,0003$, $R^2 = 1,0$, а з діаметром 0,0635 м $y = -0,0247x^2 + 1,5661x - 0,0008$ з $R^2 = 1,0$ відповідно.

У цих рівняннях y – теоретична маса метра гладкої частини тіла бурильної труби, кг/м; x – товщина стінки бурильної труби, мм.

Як видно з графіків, приведених на рис.1, теоретична маса метра гладкої частини тіла бурильної труби збільшується зі збільшенням товщини стінки.

Коефіцієнт зростання теоретичної маси гладкої частини СБТУ відносно до теоретичної маси СБТ

$$K_q = \frac{q_{СБТУ}}{q_{СБТ}}$$

Коефіцієнт зростання товщини стінки СБТУ відносно до товщини стінки СБТ

$$K_\delta = \frac{\delta_{СБТУ}}{\delta_{СБТ}}$$

Різниця між теоретичною масою гладкої частини СБТУ та теоретичною масою гладкої частини СБТ

$$\Delta q = q_{СБТУ} - q_{СБТ}$$

Коефіцієнти зростання та різниця між теоретичною масою гладкої частини СБТУ і теоретичною масою гладкої частини СБТ наведені в табл.1.

Залежність між коефіцієнтом зростання маси гладкої частини бурильної труби та коефіцієнтом зростання площі перерізу бурильної труби зображена на рис.2, з якого бачимо, що вона виражається найбільш точно поліноміальним рівнянням другого ступеня з достовірністю апроксимації, рівною 1.

Однак для конкретних розрахунків теоретична маса гладкої частини труби не є дуже інформативною, оскільки, як правило, бурильна колона складається з труб та їх з'єднань. Унаслідок цього в розрахунки з визначення ваги бурильної колони необхідно вводити коефіцієнт α , який враховує наявність цих з'єднань, а також належність висадки на торцевих частинах труб.

Коефіцієнт α визначається за такою формулою:

$$\alpha = \frac{m_{св}}{l_{св} \cdot q} = \frac{m_{св}}{l_{св} \cdot \pi \cdot \delta \cdot (d_{зн} - \delta) \gamma_m} = \frac{m_{св}}{l_{св} \cdot \pi \cdot \delta^2 \cdot \left(\frac{d_{зн}}{\delta} - 1\right) \gamma_m},$$

Таблица 1

Залежності теоретичної маси гладкої частини труби від товщини стінки бурильної труби

Типорозмір бурильної труби	q , кг/м	K_q	K_δ	$\Delta q = q_{СБТУ} - q_{СБТ}$, кг/м
42 x 5	4,56	1	1	0
42 x 7	6,04	1,32	1,4	1,48
42 x 9	7,32	1,60	1,8	2,76
42 x 11	8,41	1,84	2,2	3,85
42 x 13	9,04	2,04	2,6	4,73
42 x 15	9,99	2,19	3,0	5,43
42 x 16	10,26	2,25	3,2	5,69
50 x 5,5	6,04	1	1	0
50 x 7,5	7,86	1,30	1,36	1,82
50 x 9,5	9,49	1,57	1,73	3,45
50 x 11,5	10,92	1,81	2,09	4,88
50 x 13,5	12,15	2,01	2,45	6,12
50x 15,5	13,19	2,18	2,82	7,15
50 x 17,5	14,03	2,32	3,18	7,99
50 x 19,5	14,67	2,43	3,54	8,63
50 x 20	14,80	2,45	3,64	8,76
63,5 x 6	8,51	1	1	0
63,5 x 8	10,95	1,29	1,33	2,44
63,5 x 10	13,19	1,55	1,67	4,68
63,5 x 12	15,24	1,79	2,0	6,73
63,5 x 14	17,09	2,01	2,33	8,58
63,5 x 16	18,74	2,20	2,67	10,23
63,5 x 18	20,20	2,37	3,0	11,69
63,5 x 20	21,45	2,52	3,33	12,95
63,5 x 22	22,65	2,65	3,67	14,01
63,5 x 24	23,64	2,75	4,0	14,87
63,5 x 26	24,60	2,83	4,33	15,54

Типорозмір бурильної труби	q , кг/м	K_q	K_δ	$\Delta q = q_{СБТУ} - q_{СБТ}$, кг/м
63,5 x 26,75	24,62	2,84	4,46	15,73

де $m_{св}$ – маса свічки у зібраному вигляді, кг (при визначенні маси свічки у зібраному вигляді розглядалась маса свічки, яка зібрана з 4-х бурильних труб довжиною 4,5 м кожна з урахуванням мас з'єднувальних частин); $l_{св}$ – довжина свічки у зібраному вигляді, м; q – теоретична маса метра гладкої частини тіла бурильної труби; δ – товщина стінки бурильної труби, м; $d_{зн}$ – зовнішній діаметр бурильної труби, м; γ_m – щільність матеріалу бурильних труб (сталі); $\gamma_m = 7850 \text{ кг/м}^3$.

Значення коефіцієнту α для різних типорозмірів бурильних труб наведені в таблиці 2 з аналізу якої можна зробити висновок, що збільшення товщини стінки бурильної труби в деяких випадках дозволяє не враховувати збільшення її маси за рахунок належності висадки кінців бурильної труби, а також наявності з'єднувальних елементів оскільки:

1. При вирівнюванні товщини стінки з товщиною висадки необхідність в урахуванні її відпадає.
2. При збільшенні товщини стінки труби до розмірів товщини стінки з'єднувальних елементів їх ввід навіть знижує загальну масу метра труби.

Таблиця 2

Коефіцієнт α для різних типорозмірів бурильних труб ніпельного та муфтового-замкового з'єднання

Типорозмір бурильної труби	Наявність висадки		Коефіцієнт α	
	Ніпельне з'єднання	Муфтово-замкове з'єднання	Ніпельне з'єднання	Муфтово-замкове з'єднання
Ø 42×5	є	є	1,0195	1,0923
Ø 42×7	є	є	0,9941	1,0495
Ø 42×9	без висадки	є	1,0129	1,0264
Ø 42×11	без висадки	Без висадки	1,0070	1,0474
Ø 42×13	без висадки	Без висадки	1,0032	1,03997
Ø 42×15	без висадки	Без висадки	1,0007	1,0351
Ø 42×16	без висадки	Без висадки	0,9998	1,0333
Ø 50×5,5	є	є	1,0125	1,0909
Ø 50×7,5	без висадки	є	1,0200	1,0480
Ø 50×9,5	без висадки	є	1,0107	1,0236
Ø 50×11,5	без висадки	без висадки	1,0048	1,0472
Ø 50×13,5	без висадки	без висадки	1,0009	1,0388
Ø 50×15,5	без висадки	без висадки	0,9982	1,0329

Типорозмір бурильної труби	Наявність висадки		Коефіцієнт α	
	Ніпельне з'єднання	Муфтово-замкове з'єднання	Ніпельне з'єднання	Муфтово-замкове з'єднання
Ø 50×17,5	без висадки	без висадки	0,9962	1,0288
Ø 50×19,5	без висадки	без висадки	0,9949	1,0259
Ø 50×20,5	без висадки	без висадки	0,9946	1,0254
Ø 63,5×6	—	є	—	1,1319
Ø 63,5×8	—	є	—	1,0786
Ø 63,5×10	—	є	—	1,0471
Ø 63,5×12	—	без висадки	—	1,0684
Ø 63,5×14	—	без висадки	—	1,0564
Ø 63,5×16	—	без висадки	—	1,0477
Ø 63,5×18	—	без висадки	—	1,0412
Ø 63,5×20	—	без висадки	—	1,0363
Ø 63,5×22	—	без висадки	—	1,0326
Ø 63,5×24	—	без висадки	—	1,0298
Ø 63,5×26	—	без висадки	—	1,0278
Ø 63,5×26,75	—	без висадки	—	1,0272

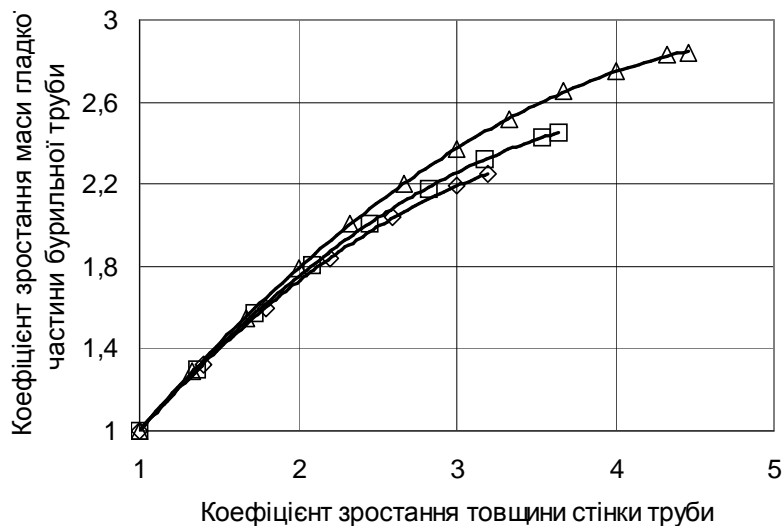


Рис.2. Залежність між коефіцієнтом зростання маси бурильної колони та коефіцієнтом зростання площі перерізу труби

◇ діаметром 42 мм

□ діаметром 50 мм

△ діаметром 63,5 мм

Крім того, в деяких випадках вплив коефіцієнта α настільки зменшується, що також відпадає необхідність у його врахуванні.

Список літератури

1. Воздвиженский Б.И., Васильев М.Г. Буровая механика. – М.: Госгеолтехиздат, 1954. – 492 с.
2. Залежності геометричних характеристик бурильної труби від товщини стінки/ С.В.Гошовський, А.О.Кожевников, Ю.Л.Кузін і др.// Наук. вісник НГУ.- 2004. - № 4. С.58-62.