

# Фізико-технічні проблеми видобування енергоносіїв

УДК 602.9 (622.24)

## ЕНЕРГЕТИЧНІ ЗАТРАТИ В ПРОЦЕСІ БУРІННЯ СВЕРДЛОВИНИ

І.І. Чудик

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42002  
ndingt@nung.edu.ua

*Приведен анализ расхода механической энергии при бурении скважин различными способами с целью определения оптимальных соотношений между параметрами режима бурения, конструкцией скважины, мощностью привода вращения долота, а также насосов для подачи бурового раствора, что приведет к сокращению себестоимости и энергоёмкости метра проходки. Намечены перспективы дальнейших исследований в данном направлении.*

*There is analysis of mechanical energy expense by different ways well drilling with the aim of optimum ratio determination between drilling technique parameters, well design, bit rotation drive power and mud pump power is advanced. It will reduce prime cost and power intensity of penetration per meter. Perspectives of further researches in this direction are planned.*

Одним з основних технологічних процесів буріння свердловин на значну глибину або в заданому напрямі є проходка, яка характеризує поглиблення гірничої споруди шляхом механічного руйнування гірської породи з одночасним виносом її на поверхню. Незважаючи на широкий спектр існуючих техніко-технологічних основ розробки нафтогазових родовищ, постійно існує потреба у впровадженні науково-обґрунтованих енергетичних проектів шляхом спорудження надглибоких вертикальних (ВС), похило-скерованих (ПСС), горизонтальних свердловин (ГС) і створення власних енергозапасів у вигляді нафти і газу. Питання енергетичної незалежності України перед іншими державами світу є особливо актуальним [1], і розвиток стратегій зменшення витрат виробничої потужності видобувних підприємств із одночасним збільшенням об'ємів вуглеводнів сировини з метою отримання власних джерел нафтогазової енергії є виправданим. Процес буріння свердловини є складовою частиною її будівництва як гірничої споруди та займає перше місце з енергозатрат із цілого загалу. Зважаючи на це, постає питання вирішення проблем передачі максимальної потужності з устя свердловини на вибій і її реалізація з найбільшою ефективністю руйнування та транспортування гірської породи на денну поверхню.

Враховуючи те, що процес буріння залежить від багатьох параметрів, успішне вирішення цих завдань ускладнюється поперечними розмірами свердловини, наявністю в ній забрудненої твердою фракцією промивальної рідини, недостатньою міцністю бурильної колони при значних навантаженнях, викривлення стовла свердловини тощо. Окрім того, з глибиною буріння зростає енергоємність руйнування гірської породи внаслідок зростання гірського і гідростатичного тисків та ущільнення порід на вибої, що також викликає збільшення питомих енергозатрат при поглибленні вибою. У кінцевому результаті це призводить до зниження фактичного значення загальної вибійної потужності та крутного моменту на долоті. У зв'язку з цим виникає необхідність подальших досліджень з метою встановлення і розробки техніко-енергетичних резервів і впровадження заходів щодо зменшення затрат енергії на буріння свердловин. Для цього доцільно розглянути низку таких завдань дослідження:

1. Аналіз інформації загальних техніко-економічних і енергомістких показників буріння свердловини.

2. Генерування гирлової потужності з метою її передачі на вибій свердловини і перетворення в максимально ефективну для використання форму.

3. Оптимальне управління параметрами режиму буріння з метою зменшення енергозатрат і собівартості метра проходки.

Основні затрати енергії при бурінні свердловин припадають на обертання бурильної колони, руйнування гірської породи, промивку (65-90%) і спуско-підймальні операції (СПО) [2, 3]. Загальна потужність привода вибирається, виходячи здебільшого з цих процесів, і може становити величину, діапазоном 1000-2000 кВт, із сумарними затратами енергії при розрахунку на одну свердловину, яка дорівнює мільйонам кіловат-годин, вартістю сотні тисяч гривень [4].

Процес механічного буріння і СПО відрізняються між собою як за технологічним виконанням, так і за енергозатратами. Адже при механічному бурінні важка ручна праця зводиться до мінімуму, і робота над поглибленням свердловини виконується буровими насосами, ротором і вибійними двигунами. При СПО значне місце займає ручна праця (окрім бурових установок, обладнаних комплексами АСП). Кількість рейсів СПО становить сотні разів, залежно від свердловини, а протягом кожного рейсу здійснюється 100–300 однотипних з'єднувань і роз'єднувань бурильного інструменту.

Затрати енергії на процес механічного буріння роторним способом визначається залежністю [4]

$$E_{MB} = \rho \cdot T_{MB} \cdot \frac{N_H + N_P}{\eta}, \quad (1)$$

де:  $N_H$  – потужність, яку розвиває буровий насос;

$N_P$  – потужність, яку розвиває ротор;

$T_{MB}$  – час механічного буріння;

$\rho$  – постійний емпіричний коефіцієнт;

$\eta$  – усереднений ККД ротора і бурових насосів.

Затрати енергії на процес СПО визначається за залежністю

$$E_{СПО} = \frac{q}{2 \cdot \eta_n} \cdot (H_1^2 + H_1^2 + \dots + H_n^2), \quad (2)$$

де:  $\eta_n$  – ККД підйомного комплексу бурової установки;

$q$  – вага погонного метра елементів бурильної колони;

$H_i$  – глибина кожного наступного інтервалу буріння свердловини.

Виходячи з енергетичної задачі процесу буріння свердловини, досягнення відносно найменших затрат енергії можливе при найефективніших значеннях техніко-економічних показників механічної швидкості буріння свердловини  $V$  і проходки  $h$  при заданих  $H$ ,  $q$ ,  $N$ .

Замінивши  $T_{MB}$  на  $\frac{H}{V}$  і  $(N_H + N_P)$  на  $N$ , залежність (1) набуде вигляду

$$E_{MB}(V) = \rho \cdot \frac{N \cdot H}{\eta \cdot V}. \quad (3)$$

Замінивши  $\sum_{i=1}^n H_i^2$  на  $H_{cp}^2$ , залежність (2)

набуде вигляду

$$E_{СПО}(H) = \frac{q \cdot H_{cp}^2 \cdot n}{2 \cdot \eta_n}, \quad (4)$$

де  $n$  – число спусків і підйомів.

Прийнявши  $n = \frac{H}{h_p}$ , де  $h_p$  – проходка за один рейс долота, залежність (4) набуває вигляду

$$E_{СПО}(h_p) = \frac{q \cdot H^3}{2 \cdot \eta_n \cdot h_p}. \quad (5)$$

Виходячи з залежностей (3) і (5), отримуємо функцію, яка виражає сумарні затрати енергії на буріння і СПО, що завжди буде спадаючою при  $V \rightarrow \infty$  і  $h_p \rightarrow \infty$  і поступово наближатиметься до мінімуму:  $E(V, h_p) \rightarrow \min$ .

$$E(V, h_p) = \rho \cdot \frac{N \cdot H}{\eta \cdot V} + \frac{q \cdot H^3}{2 \cdot \eta_n \cdot h_p}. \quad (6)$$

Виходячи з цього, видно, що проходка за рейс і механічна швидкість значною мірою визначають енергоємність буріння свердловини.

При роторному способі буріння свердловини вибійна потужність генерується ротором у вигляді механічного обертання бурильної колони (при певному крутному моменті та кутовій швидкості обертання) і насосами – у вигляді гідравлічної потужності потоку промивальної рідини, яка циркулює в свердловині при певному тиску і температурі. На сучасному рівні розвитку бурової техніки існуючі конструкції роторів дозволяють надавати бурильній колоні необхідну величину потужності для забезпечення її обертання і роботи долота на вибій свердловини. Деяко інша ситуація з буровими насосами, адже гідравлічна потужність, яку вони розвивають, не може задовольнити потреби в бурінні свердловини на значну глибину (надглибокі ВС, ПСС і ГС), особливо при використанні вибійних двигунів. Тому при роторному способі буріння слабкою ланкою передачі енергії є бурильна колона, а при турбінному – буровий насос.

Розглядаючи енергетичне призначення бурильної колони для передачі потужності приводу на долото, слід брати до уваги геометричні параметри свердловини і самої бурильної колони. Здатність бурильної колони передавати долоту необхідну потужність знаходиться в прямій залежності від діаметрів бурильних труб і свердловини. Їхнє збільшення спричиняє знос металу [4, 5] та обмежується ще додатково вантажопідйомністю бурової установки і рентабельністю буріння. При зменшенні діаметрів свердловини та бурильної колони відповідно спадають енергозатрати, витрати металу та інших матеріалів, здатність передавання на вибій необхідної для руйнування гірської породи

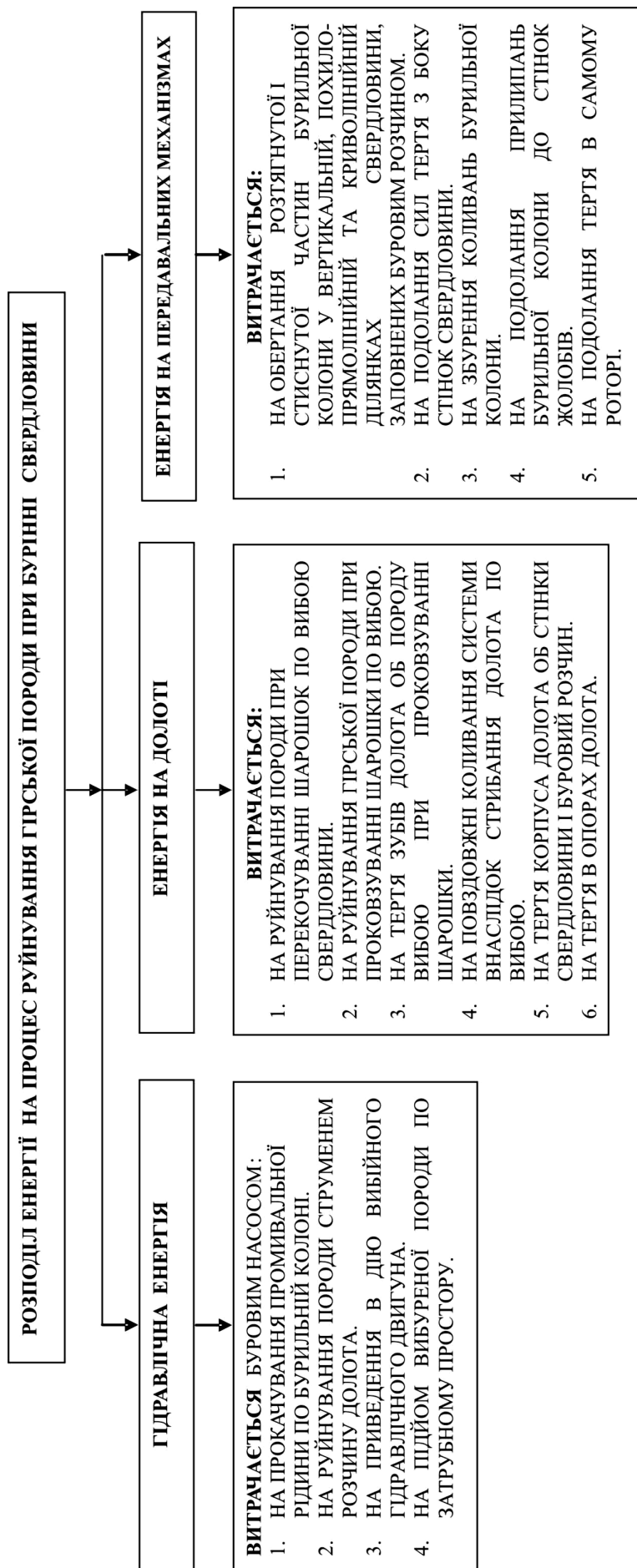


Рисунок 1 — Схема затрат енергії на процес поглиблення вибою свердловини

потужності. Тому, узагальнюючи наведені не-вирішені аспекти процесу буріння свердловини, подальші дослідження спрямовуємо на мінімізацію енергозатрат (рис. 1) при поглибленні вибою свердловин, а саме:

Дослідження форм динамічної рівноваги бурильної колони і зміни в свердловинах різного профілю при зміні режимно-технологічних параметрів буріння.

Дослідження розподілу крутного моменту, осьового навантаження на долото і потужності приводу по довжині бурильної колони, залежно від конструкції свердловини, її профілю і складових елементів передавальних механізмів енергії на долото.

Вибір раціонального способу буріння і встановлення оптимальних величин витрат промивальної рідини, осьового навантаження на долото та швидкості обертання бурильної колони та долота.

Розробка заходів та засобів із зменшення повздовжніх та поперечних коливань бурильної колони і покращання умов роботи долота.

### Література

1 Крижанівський Є. І. Нафтогазова енергетика // Нафтогазова енергетика. – 2006. – № 1. – С. 5-9.

2 Расчет бурильных труб в геологоразведочном бурении / Е.Ф.Епштейн, В.И.Мацейчик, И.И.Ивахнин, А.Ш.Асатурян. – М.: Недра, 1979. – 160 с.

3 Сароян А.Е. Теория и практика работы бурильной колонны. – М.: Недра, 1990. – 264 с.

4 Кирия Т.А. Совершенствование проходки глубоких скважин. – М.: Недра, 1971. – 167 с.

5 Кирия Т. А. Малогабаритное бурение и его моделирование // Нефтяное хозяйство. – 1960. – №9. – С. 162–167.

УДК 620.9+658.567

## ВИКОРИСТАННЯ ЗВАЛИЩНОГО ГАЗУ В ЕНЕРГЕТИЧНИХ ЦІЛЯХ: ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ

<sup>1</sup>Єжи Дудек, <sup>1</sup>Пьотр Клімек, <sup>2</sup>Олег Гвоздевич, <sup>2</sup>Юрій Стефанік

<sup>1</sup> Інститут нафти і газу, Польща, м. Краків, вул. Любіч, 25а, office@inig.pl

<sup>2</sup> Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, м. Львів, вул. Наукова, 3а  
igggk@ah.ipm.lviv.ua

Представлена характеристика газа полигонов твердых бытовых отходов (ТБО), концепция дегазации, а также один из способов ее применения. Проанализировано использование газа полигонов ТБО в процессе производства энергии в когенерационных модулях СНР (Combined Heat and Power). Для этого проведена вероятностная симуляция относительно применения модулей СНР с учетом дебита газа. Данные по симуляции использованы при проведении экономического анализа, который состоит в определении величины прибыли для отдельных вариантов расчетов. В результате вычислений представлены ориентировочные параметры дебита газа, которые делают возможным его использование для экономически обоснованного производства энергии. Изложенные в статье данные касаются работ по проекту „Польско-украинский Центр сотрудничества контроля газа полигонов твердых бытовых отходов”, который осуществляется по Программе Добрососедства Польша-Украина-Беларусь INTERREG IIIA-TACIS ППС.

It is shown the characteristic of the landfill gas, the concept of degassing, and also one of ways of its application. Authors have analyzed an opportunity of use of gas during manufacture of energy in co-generation modules CHP (Combined Heat and Power). For this purpose is carried out probabilistic simulation of an opportunity of use CHP modules in view of the debit of gas. The given simulations are used at carrying out of the economic analysis which consists in definition of the profit for various variants of calculation. As a result of calculations it is described rough parameters to the debit of gas which make possible its use for the economically justified energy output. The data stated in article concern works under project „Polish-Ukrainian Centre for control of landfill gas which is conducted” under Neighborhood Programs Poland-Belarus-Ukraine INTERREG IIIA / TACIS CBC.

### 1. Суттєві елементи при виборі концепції дегазації полігону твердих побутових відходів (ТПВ)

При розробці концепції дегазації полігону ТПВ слід врахувати:

1.1. Властивості звалищного газу.

Теплота згоряння звалищного газу залежить від відсоткової частки метану у його складі і

становить у середньому близько 22 МДж/м<sup>3</sup>. Вона наближена до теплоти згоряння середньокалорійного газу, але значно відрізняється від природного газу, що широко використовується як у комунальному господарстві, так і у промисловості (мінімально 32 МДж/м<sup>3</sup>).

Питома вага звалищного газу залежить від співвідношення в ньому основних складників: метану СН<sub>4</sub> (0,71 кг/м<sup>3</sup>) та двоокису вуглецю