

УДК 622.278

**Янкін Д.В.** аспірант кафедри гірничої інженерії та освіти**Науковий керівник: Саїк П.Б.** доцент кафедри гірничої інженерії та освіти*(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)*

### ПАРАМЕТРИЗАЦІЯ КЕРОВАНОГО ТРУБОПРОВОДУ ПРИ ПІДЗЕМНІЙ ГАЗИФІКАЦІЇ ВУГІЛЛЯ

При вивченні процесів водневоорієнтованої технології підземної газифікації вугілля, перш за все, необхідно дослідити умови формування основних гідродинамічних моделей. Вони допомагають визначити розподіл температури, тиску, швидкості та концентрацій реагентів у підземному газогенераторі, що є важливими параметрами для ефективності процесу. Підведення дуттьових сумішей (повітряної, пароповітряної, парокисневої та ін.) до площини вогневого вибою здійснюється через експлуатаційні свердловини, що пробурені до вугільного пласта (див. рис.1). Аналіз наведеної принципової схеми газифікації вугілля характеризує напрямок руху дуттьових сумішей по експлуатаційним свердловинам та вогневому вибої. Орієнтація процесу газифікації вугілля на отримання водню забезпечується шляхом подачі пароповітряної суміші. Ці процеси досить детально вивчені при дослідженні впливу водяної пари на повітряну газифікацію деревного вугілля та деревини [1, 2], при плазмовій пароповітряній газифікації донного мулу та гумової крихти [3] та ін.

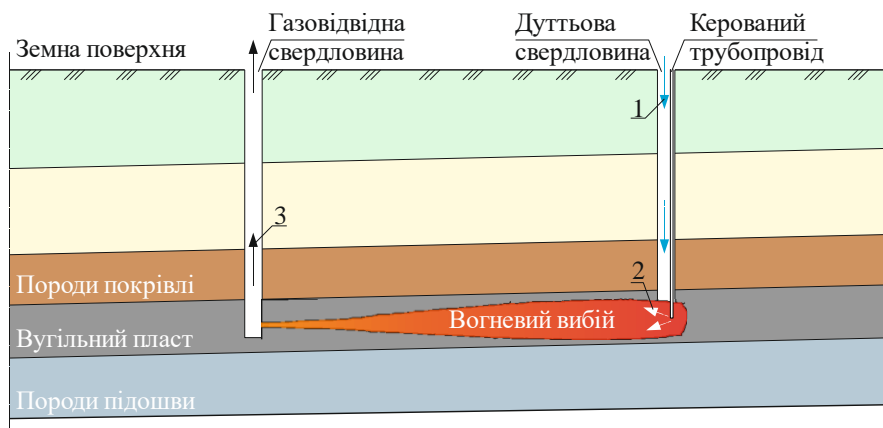


Рисунок 1 – Принципова схема газифікації вугільного пласта: 1, 2 – напрямок руху дуттьових сумішей відповідно по дуттьовій свердловині та керованому трубопроводі, 3 – напрямок руху газовідвідних сумішей

Водночас у низці наукових праць [4, 5] зазначається, що орієнтація роботи підземного газогенератора на отримання водню забезпечується шляхом подачі пароповітряної суміші до площини підземного газогенератора по керованому трубопроводі. Тому важливими, перш за все, є знання параметри даного трубопроводу, зокрема його довжина та діаметр. Довжина керованого трубопроводу при газифікації вугільних стовпів визначається з врахуванням умов залягання підземного газогенератора і у загальному вигляді описується формулою (1):

$$L_{к.т.} = L_1 + L_p + L_{ст.} \text{ м} \quad (1)$$

де  $L_1$  – довжина керованого трубопроводу до радіуса його кривизни, м;  $L_p$  – довжина кривизни керованого трубопроводу, м;  $L_{ст.}$  – довжина стовпа газифікації, м.

У загальному схема до визначення параметру  $L$  наведено на рис.2.

Вертикальна складова трубопроводу ( $L_1$ ) визначається за формулою (2):

$$L_1 = H - km - h, \text{ м} \quad (2)$$

де  $H$  – глибина залягання вугільного пласта, м;  $m$  – потужність вугільного пласта, м;  $h = R \sin \beta$  – вертикальна проекція набору зенітного кута свердловини [6], м;  $k$  – показник положення керованого трубопроводу відповідно до потужності вугільного пласта (0,2 – 0,3 м).

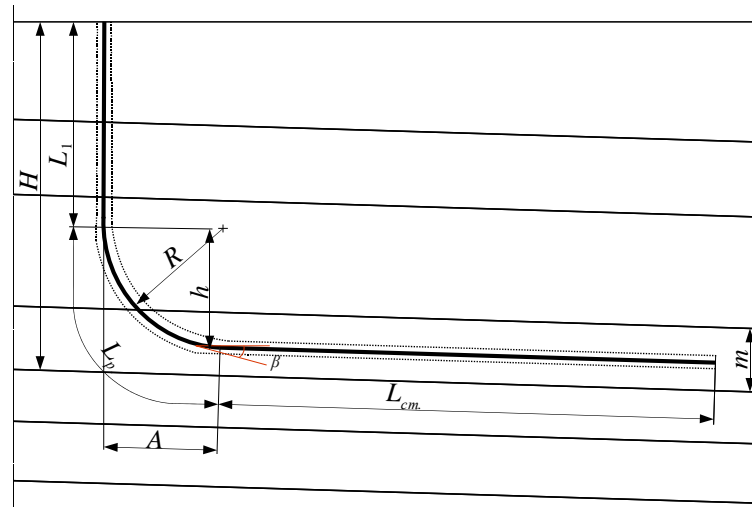


Рисунок 2 – Принципова схема для визначення довжини керованого трубопроводу  
Кривизна керованого трубопроводу ( $L_p$ ) визначається за формулою (3):

$$L_p = \frac{2\pi R}{4}, \text{ м} \quad (3)$$

де  $\pi$  – число Пі (3,14);  $R = \frac{A}{(1 - \cos \beta)}$  – радіус кривизни ділянки профілю керованого трубопроводу, м;  $A$  – зміщення траєкторії закладання керованого трубопроводу від вертикалі, м;  $\beta$  – зенітний кут входу керованого трубопроводу в експлуатаційну свердловину, град.

Згідно з дослідженнями [6, 7] зміна тиску подачі дугтьової суміші залежить від параметрів формування вигазованого простору підземного газогенератора та концентрації газів у генераторному газі. Тому важливими є знання про параметри втрат тиску  $\Delta P$  у кінці керованого трубопроводу. Для визначення яких застосовано рівняння Дарсі-Вейсбаха. Його застосування дозволяє розрахувати втрати тиску в керованому трубопроводі для пару на основі різниці між тиском на вході та виході. Це допомагає інженерам оцінити ефективність роботи трубопроводу та оптимізувати його розміри для забезпечення необхідної швидкості та тиску в підземному газогенераторі. Тому для наших умов рівняння Дарсі-Вейсбаха для потоку пару при газифікації вугілля має наступний вигляд (4):

$$\Delta P = \lambda \frac{L_{к.т.} \rho v^2}{2D_{к.т.}}, \text{ Па}, \quad (4)$$

де  $\lambda$  – коефіцієнт опору тертя;  $L_{к.т.}$ ,  $D_{к.т.}$  – довжина та діаметр відповідно керованого трубопроводу, м;  $\rho$  – густина пари, кг/м<sup>3</sup>;  $v$  – швидкість потоку, м/с.

Таким чином, вищезазначений алгоритм дозволяє встановити втрати тиску при подачі пароповітряної суміші по керованому трубопроводі. Але проведення аналітичних досліджень вимагає внесення заздалегідь відомих величин. Як ми бачимо з аналізу формул (4) усі параметри є змінними. Довжина керованого трубопроводу ( $L_{к.т.}$ ) залежить від гірничо-геологічних умов залягання вугільного пласта, діаметр ( $D_{к.т.}$ ) – від необхідної

кількості дуттьової суміші, що підводиться до вогневого вибою, коефіцієнт опору тертя ( $\lambda$ ) – від матеріалу з якого виготовлено дуттьовий трубопровід, його внутрішньої шорсткості та швидкості потоку дуттьової суміші, густина пари ( $\rho$ ) – від температури та тиску її подачі за умови врахування рівняння ідеального газу. При тому вищезазначені параметри впливають на швидкість потоку подачі пароповітряної суміші ( $v$ ) до площини підземного газогенератора. Тому найдоцільнішим є визначення даного параметра шляхом дослідження параметрів подачі дуттьової суміші до площини вогневого вибою та виходу горючих генераторних газів, зокрема  $H_2$  при проведенні лабораторних досліджень.

**Вдячність.** Представлені результати отримано у рамках виконання науково-дослідної роботи ГП-516 «Науково-практичні засади технології газифікації низькосортного вугілля» (№ держреєстрації 0123U101757).

#### Список використаних джерел:

1. Gasification of Wood and Torrefied Wood with Air Oxygen, and Steam in a Fixed-Bed Pilot Plant. (n.d.). <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.6b00126.s001>
2. Gomes, H. G. M. F., Matos, M. A. A., & Tarelho, L. A. C. (2023). Influence of Oxygen/Steam Addition on the Quality of Producer Gas during Direct (Air) Gasification of Residual Forest Biomass. *Energies*, 16(5), 2427. <https://doi.org/10.3390/en16052427>
3. Дудник, О. М., Жовтянський, В. А., & Остапчук, М. В. (2022). Плазмова пароповітряна газифікація донного мулу та гумової крихти. Відновлювана енергетика та енергоефективність у ХХІ столітті: матеріали ХХІІ міжнародної науково-практичної конференції, Київ, 19-20 травня 2022 р. Інститут відновлюваної енергетики НАНУ, 277-278.
4. Дичковський, Р.О. (2015). Формування двошарової штучно створеної оболонки георектора при свердловинній підземній газифікації вугілля. *Науковий вісник Національного гірничого університету*, (5), 37-42.
5. Фальштинський, В.С., Кошка, О.Г., & Сулаєв, В.І. (2019). Стендові дослідження технології свердловинної підземної газифікації вугілля (СПГВ). *Збірник наукових праць Національного гірничого університету*, (57), 64-74.
6. Bazaluk, O., Lozynskyi, V., Falshtynskyi, V., Saik, P., Dychkovskyi, R., & Cabana, E. (2021). Experimental Studies of the Effect of Design and Technological Solutions on the Intensification of an Underground Coal Gasification Process. *Energies*, 14(14), 4369. <https://doi.org/10.3390/en14144369>
7. Wu, F., Huang, S., Jiang, Q., & Jiang, G. (2023). Effects of pressure and heating rate on coal pyrolysis: A study in simulated underground coal gasification. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 175, 106179. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2023.106179>