

Білецький В.С., д.т.н.,  
Сергєєв П.В., д.т.н.,  
Потапенко С. Ю., магістрант  
Донецький національний технічний університет

## **ЗАДАЧА ВИЗНАЧЕННЯ ДІАМЕТРА ЦЕНТРАЛЬНОГО ЗЕРНА СТРУКТУР «ЯДРО-ОБОЛОНКА» ПРИ МАСЛЯНІЙ АГЛОМЕРАЦІЇ ВУГІЛЛЯ**

**Постановка проблеми і стан її вивчення.** Сьогодні в галузі вугільних технологій продовжуються дослідження і активно ведеться пошук технічних рішень по збереженню коксівних властивостей вугілля під час його дальнього магістрального гідротранспорту. Зокрема, про це свідчать останні роботи Уханьського проектного і науково-дослідницького інституту вугільних технологій (Wuhan Design & Research Institute of China Coal Technology & Engineering Group) WDRI – провідного проектного та науково-дослідницького вугільного інституту Китаю. За останні 20 років WDRI було спроектовано близько двадцяти трубопроводів для транспортування вугілля, зокрема: «Meizhou – Shantou», «Shenmu – Beijing», «Changcheng», «Zuoquan and Heshun-Wuhan», «Pingdingshan – Wuhan», «Shen-Wei» і т.д. [1].

В попередніх роботах нами показано, що одним з ефективних рішень по усуненню факторів гідротранспорту, що негативно впливають на технологічні характеристики коксівного вугілля: подрібнення вугілля під час його гідравлічного транспортування, обволікання (блокування) вугільних зерен розмоклими глинами, окиснення вугільної поверхні може бути застосування спеціального методу збагачення і зневоднення вугілля – масляної агломерації [2, 3]. Особливий інтерес у цьому плані викликає режим масляної агломерації, який забезпечує отримання структур типу «ядро-оболонка», в яких більш крупні вугільні зерна виступають центрами агрегатоутворення, а більш дрібні утворюють навколо них своєрідну «подушку»-оболонку, яка захищає від руйнування (подрібнення) та ін. перерахованих чинників. Такі вуглемасляні структури були одержані Донецьким національним технічним університетом і НВО «Хаймек» раніше, але умови їх отримання і область режимних параметрів досліджені недостатньо.

**Мета статті** – визначення умов отримання структур типу «ядро-оболонка» при масляній агломерації, які можуть бути ефективно використані при збереженні коксівних властивостей вугілля під час його дальнього магістрального гідротранспорту.

**Виклад основного матеріалу.** Базуючись на розвинутих [4, 5] і підтверджених нами для умов масляної агрегації вугілля уявленнях про домінуючу роль інерційного та дифузійного механізмів агрегатоутворення для полідисперсного вугілля (особливо для класів крупності  $d_3 > 0,05$  мм), проаналізуємо закономірності утворення структур типу „ядро - оболонка“.

Співвідношення числа зустрічей вугільних зерен в одиниці об'єму турбулентного потоку рідини в одиницю часу по інерційному  $K_i$  та дифузійному  $K_d$  механізмам визначається виразом [4, 5]:

$$\frac{K_i}{K_d} \cong \frac{\rho_B \cdot d_3}{2\rho_0 \cdot \lambda_0} \quad (1)$$

де  $\rho_B$ ,  $\rho_0$  – відповідно густина вугілля та води;  $\lambda_0$  – внутрішній масштаб турбулентних пульсацій.

Згідно [4]:

$$\lambda_0 \cong \frac{l_M}{Re^{3/4}} \quad (2)$$

При  $K_i=K_d$  імовірність зустрічі дрібних зерен між собою та крупних зерен з дрібними однакова. Відповідаючий цьому стану граничний діаметр частинок  $d_{r3}$  знаходимо по рівнянням (1) та (2):

$$d_{r3} \cong \frac{2\rho_0 \cdot l_M}{\rho_B \cdot Re^{3/4}} \quad (3)$$

За виразом (3) в координатах  $d_{r3}(Re)$  можна одержати зони інерційного та дифузійного механізмів зустрічей вугільних зерен (рис. 1).

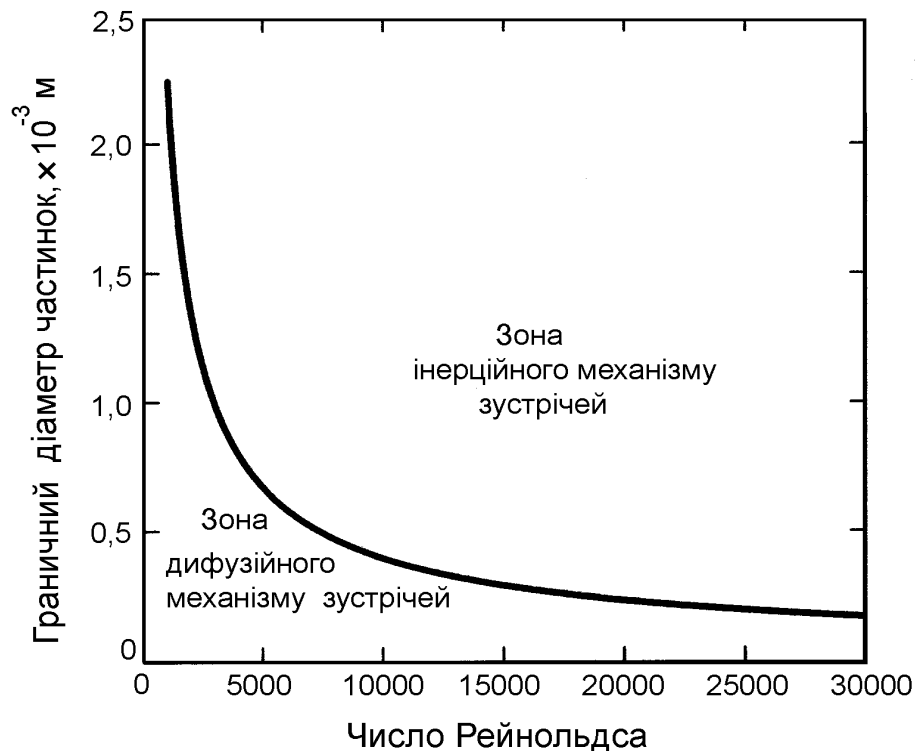


Рис. 1. Крива  $d_{r3}(Re)$ , що відповідає однаковій імовірності зустрічі дрібних зерен між собою та крупних зерен з дрібними і розмежує зони інерційного та дифузійного механізму зустрічі зерен у турбулентному потоці.

Для частинок  $d_3 > d_{r3}$  переважає інерційний механізм зустрічі, а для частинок  $d_3 < d_{r3}$  – дифузійний. Згідно експериментальних даних в умовах турбулентного потоку рідини кількість зустрічей в одиницю часу за інерційним механізмом в  $(0,4...10) \cdot 10^3$  раз перевищує кількість дифузійних зустрічей [5, 3, 6]. Тому при агрегації полідисперсного вугілля створюються умови для виникнення гетерогенних структур типу „ядро - оболонка“, центрами яких є зерна  $d_3 > d_{r3}$ . Імовірність одержання таких структур при агрегації полідисперсного вугілля по коалесцентному механізму значно більша, ніж відносно гомогенних структур із зерен  $d_3 < d_{r3}$ .

На рис. 2 показано фрагменти структур типу „ядро - оболонка“ одержані при масляній агломерації вугілля на головному терміналі гідротранспортної системи (до гідравлічного транспортування).

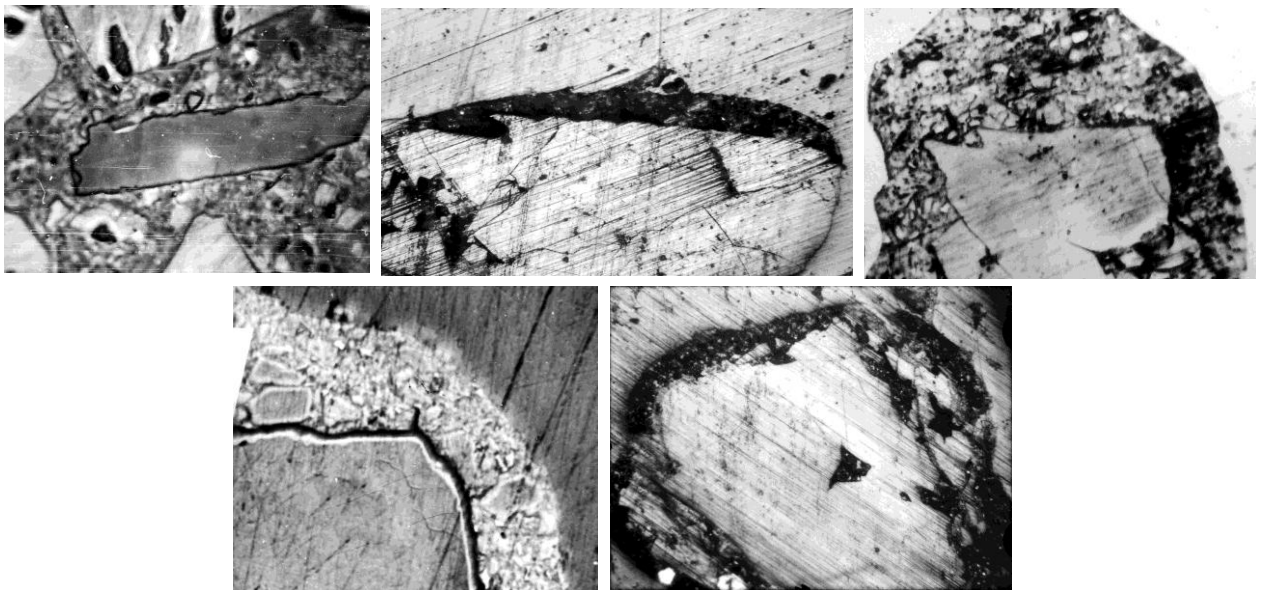


Рис.2. Фрагменти структур типу „ядро - оболонка“ одержані в зоні інерційного механізму зустрічей вугільних зерен.

Характерною особливістю технології є продовження процесу агрегатоутворення в процесі гідротранспортування гідросуміші „вуглемасляні агрегати – вода“. На рис. 3. показано процес гідротранспорту у скляному трубопроводі при концентрації гідросуміші 10% і 40%.

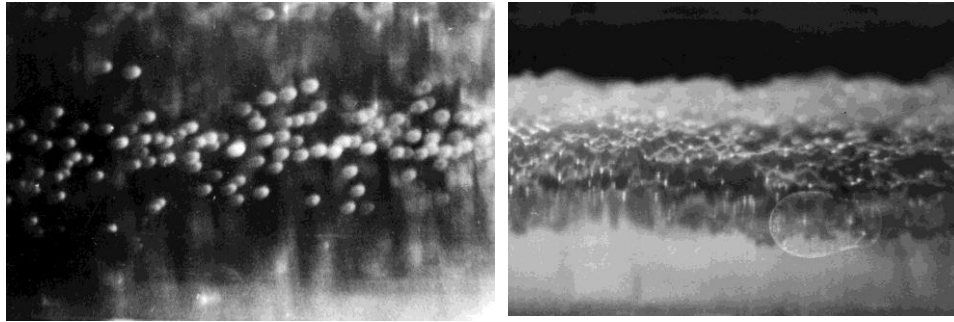


Рис. 3. Процес гідротранспорту у скляному трубопроводі НВО «Хаймек» при концентрації гідросуміші 10% і 40%.:структура потоку вуглемасляних агрегатів.

Чітко простежується структура потоку вуглемасляних агрегатів – якщо у першому випадку вони зосереджуються в центрі потоку (де швидкість максимальна), то в другому випадку утворюють (при малих швидкостях) суцільне грануляційне тіло з ланцюжками гранул.

#### **Висновки.**

1. Аналіз механізмів зустрічі вугільних зерен в умовах турбулентного потоку рідини дозволив виділити зону за числом  $Re$ , в якій при масляній агломерації відбувається переважно виникнення гетерогенних структур типу „ядро - оболонка“, центрами яких є вугільні зерна  $d_3 > d_{r3}$ .

2. Одержані результати можуть бути застосовані при підготовці коксівного вугілля до дальнього магістрального гідротранспорту із застосуванням технології його масляної агрегації, а також для підбору раціональних режимів течії водо-вугільної (агломераційної) суміші у магістральному трубопроводі.

У подальших дослідженнях необхідно вивчити структурні особливості гетерогенних структур типу „ядро - оболонка“ в залежності від числа  $Re$ , а також розкрити механізм вторинного агрегатоутворення безпосередньо у гідротранспортному трубопроводі.

#### **Література**

1. Wuhan Design & Research Institute of China Coal Technology & Engineering Group, 2014 – Електронний ресурс. Режим доступу: [<http://www.zmwhy.com.cn/en/gczs/gdsm.asp>]
2. Сохранение технологических свойств коксующегося угля при гидравлическом транспортировании / В. С. Белецкий, А. Кхелуфи // Кокс и химия. – М., 1996. – № 4. – С. 9–10. – Библиогр.: 6 назв.
3. Білецький В. С. Теорія і практика селективної масляної агрегації вугілля / В. С. Білецький, П. В. Сергєєв, Ю. Л. Папушин. – Донецьк : Грань, 1996. – 264 с.

4. Левич В.Г. Физико-химическая гидродинамика. - М.: Издат. физ.-мат. литер., 1959. - 700 с.
5. Самыгин В.Д., Барский А.А., Ангелова С.М. О механизме взаимной флокуляции частиц различной крупности// Коллоидный журнал. - 1968. - Т. 30, вып. 4 - С. 581-586.
6. Білецький В.С. Адгезійні взаємодії у вугламасляних гранулах // Геологія та геохімія. - 1996. - № 4.
7. Адгезійні взаємодії "вугілля–реагент" в процесі селективної агрегації вугілля / В. С. Білецький // Геологія і геохімія горючих копалин. – 1996, № 1/2 (94/95). – С. 125–130.

*Білецький В.С., д.т.н., Сергеев П.В., д.т.н., Потапенко С. Ю., магістрант  
Донецький національний технічний університет*

### ***Задача визначення діаметра центрального зерна структур «ядро-оболонка» при масляній агломерації вугілля***

*Виконано аналіз механізмів зустрічі вугільних зерен в умовах турбулентного потоку рідини. Виділена зона за числом  $Re$ , в якій при масляній агломерації відбувається переважно виникнення гетерогенних структур типу „ядро - оболонка“. Одержані результати можуть бути застосовані при підготовці коксівного вугілля до дальнього магістрального гідротранспорту.*

*Ключові слова: коксівне вугілля, масляна агломерація, гідравлічний транспорт вугілля.*

*V. Beletsky , Dr. Ph.D, Sergeev , Dr. Ph.D., Potapenko S. , undergraduate  
Donetsk National Technical University*

### ***Problem of determining the diameter of the central grain structures of "core - shell " in oil agglomeration of coal***

*The analysis of the mechanisms of meeting carbon grains under conditions of turbulent fluid flow. The selected area by number  $Re$ , which in oil agglomeration is mainly the emergence of heterogeneous structures of " core - shell ". The results obtained can be used in the preparation of coking coal to distant main pipeline transport .*

*Keywords: coking coal , oil agglomeration, hydraulic transport of coal.*

*Белецький В.С., д.т.н. , Сергеев П.В., д.т.н., Потапенко С.Ю.,  
магістрант  
Донецький національний технічний університет*

***Задача определения диаметра центрального зерна структур «ядро - оболочка» при масляной агломерации угля***

*Выполнен анализ механизмов встречи угольных зерен в условиях турбулентного потока жидкости. Выделенная зона по числу  $Re$ , в которой при масляной агломерации происходит преимущественное возникновение гетерогенных структур типа "ядро - оболочка". Полученные результаты могут быть применены при подготовке коксующегося угля к дальнему магистральному гидротранспорту.*

*Ключевые слова: коксующийся уголь, масляная агломерация, гидравлический транспорт угля.*