

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РУХУ КОКСУ НА МАСШТАБНІЙ 3D МОДЕЛІ УСГК

Олексій Фідчунов

*"УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ВУГЛЕХІМІЧНИЙ ІНСТИТУТ (УХІН)",
вул. Весніна, 7, м.Харків, 61023, e-mail: fich.aleks@gmail.com*

УСГК конструкції Гіпрококсу вважаються одним з найбільш вдалих варіантів конструктивного оформлення процесу сухого гасіння коксу [1,2]. В даний час в усьому світі за проектами Гіпрококсу або по його ліцензіями працює близько 40 установок, з яких більше половини експлуатуються в СНД [3].

Достоїнствами УСГК системи Гіпрококсу являються висока стабільність параметрів виробляемого пара, суттєвене удешевлення характеристик механічної прочності [4-6], зниження реакційної здатності кокса (CRI) і збільшення його післяреакційної прочності (CSR) [7,8].

Однак експлуатація цих установок виявила ряд проблем, основними з яких є: а) нерівномірний розподіл потоків циркулюючих газів і коксу в різних поперечних перетинах камери гасіння, що погіршує теплообмін між коксом і газами, б) високе значення питомої витрати циркулюючих газів на гасіння коксу, що погіршує показники роботи УСГК.

Труднощі встановлення в чинній УСГК реальної картини розподілу коксу по перетину камери і оцінки впливу на цей розподіл умов завантаження і гасіння коксу призводять до необхідності використання для вирішення цих завдань методу фізичного моделювання. Дослідження на фізичній моделі є хорошим інструментом вивчення впливу на характер розподілу в туша коксі газу-теплоносія, розстановки шибєрів в косих ходах, розмірів і конструкції газорозподільних, завантажувальних і розвантажувальних пристроїв.

При вирішенні цих питань виходили з того, що для виготовлення моделі УСГК реальної конструкції найкраще підходить лиття на 3D-принтері, оскільки така друк найбільш точно відтворює в заданому масштабі всі деталі конструкції УСГК (рис. 1). З урахуванням розмірів реальної УСГК для виготовлення моделі був прийнятий масштаб 1:25, що дозволяє виготовити модель з розмірами, що забезпечують зручність проведення на ній лабораторних досліджень. У цьому масштабі була виконана друк корпусу УСГК, косохотної зони, балки, дуттевої головки і зони розвантаження. Інші елементи конструкції - завантажувальний вагон, завантажувальна воронка - були виконані з жерсті.

Вихідними даними для складання сумішей служили отримані в коксовому цеху № 1 ПрАТ «АКХЗ» дані по ситовому складу валового коксу сухого і мокрого гасіння. На нашу думку, ситовий склад коксу, що завантажується в УСГК, ближче до складу валового коксу мокрого гасіння, так як при такому способі гасіння кокс піддається значно меншим механічним впливам, що змінює його ситовий склад. Тому з урахуванням масштабу моделі для приготування модельних сумішей використовували вузькі класи крупності, отримані при розсіві коксового дріб'язку з розміром зерен 10-6 мм, 6-3 мм і 3-1 мм. Співвідношення між цими класами в суміші було прийнято аналогічним співвідношенням між класами +80 мм, 80-60 мм і суми класів менш 60 мм з табл. 1 для мокрого гасіння (середні значення). В таких умовах утримання в модельній суміші класів 10-6 мм, 6-3 мм і 3-1 мм становило, відповідно, 47,5%, 25,8% і 26,7%.

Оцінка траєкторії частинок коксу в УСГК від завантаження до вивантаження і швидкість їх переміщення визначалася двома способами:

- були використані експериментальні дані, що характеризують послідовність освіти профілів поверхні коксу в УСГК, при видачі рівних порцій коксу.

- визначалася швидкість переміщення коксу різних зон по перетину УСГК за часом від завантаження до вивантаження проб пофарбованого коксу (рис. 2).

Кожна зі сторін УСГК маркувалася різним кольором:

- дріб'язок сторона сектор 1 - синій колір;
- котельня сторона сектор 2 - зелений колір
- бічні сторони 3 і 4 - жовтий і червоний колір.

Досліджувалося два варіанти конструктивного виконання камери гасіння: а) конструкція з одного дугтевої балкою і б) з двома перпендикулярними один одному дугтевими балками.

Вивантаження коксу з моделі УСГК здійснювалося порціями по 9% від максимального обсягу коксу в моделі (80-85 дм³). Після вивантаження кожної порції фіксувався профіль його поверхні в кожному з секторів. На рис. 3 представлені дані за профілями поверхні коксу при вивантаженні його з УСГК, обладнаної однією і двома дугтевими балками. Метод аналізу отриманих результатів наведено нижче.

Дані малюнка 3 за профілем засипу модельного коксу в секторах 1 і 2 (суцільні АВ, ВС) є свідченням практично однаковою швидкості переміщення коксу в форкамері і верхньої частини камери гасіння до А'-D'-В').

Практично відсутність різниці між рівнями А-А' і В-В' і паралельність профілів засипу на проміжних рівнях є ілюстрацією рівності швидкостей вертикального переміщення коксу в секторах 1 і 2. Нижче зони А'-В'-С' спостерігається деяке прискорення сходу коксу в центральній зоні УСГК при збереженні незмінної швидкості опускання коксу в пристіночній зоні, яка починається від половини діаметра камери гасіння. Справді, в інтервалі переміщення коксу від В' до В' і А' до А" (С' до С') величини відрізків В'В' і А'-А' вказують, що швидкість переміщення коксу в центрі більше, ніж в пристіночному шарі на 20%. При цьому в шарі D'-D" (умовна межа пристінкового шару) збільшення швидкості в порівнянні зі швидкістю біля стінки не перевищує 4-5%.

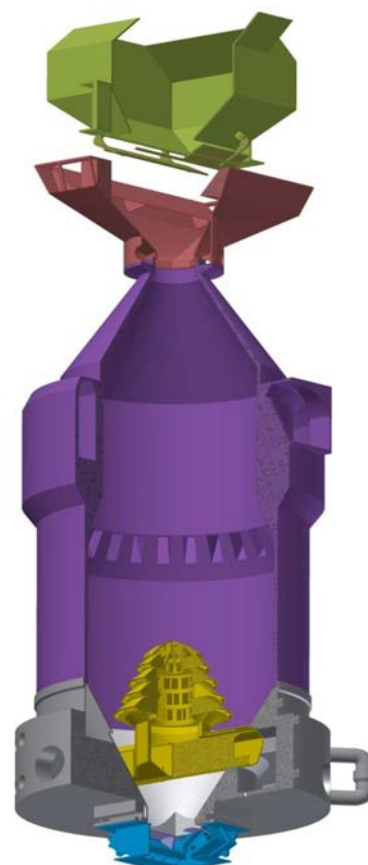


Рис. 1. Масштабна модель УСГК

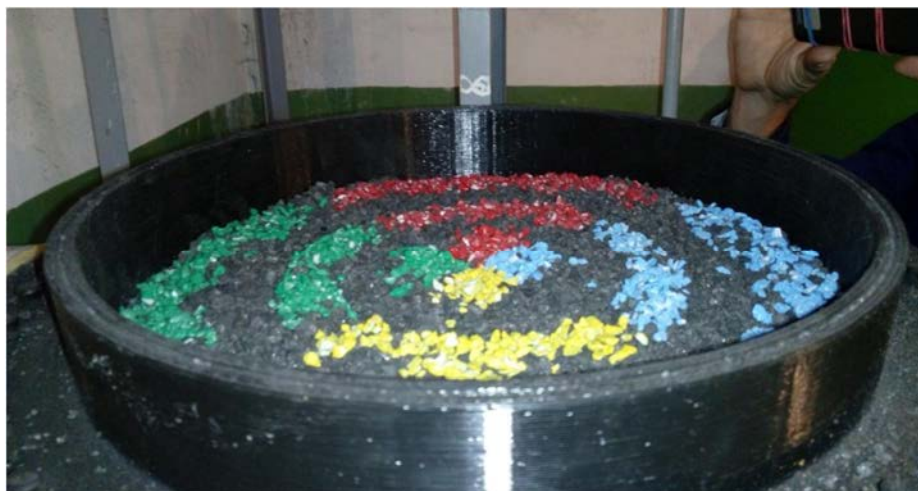
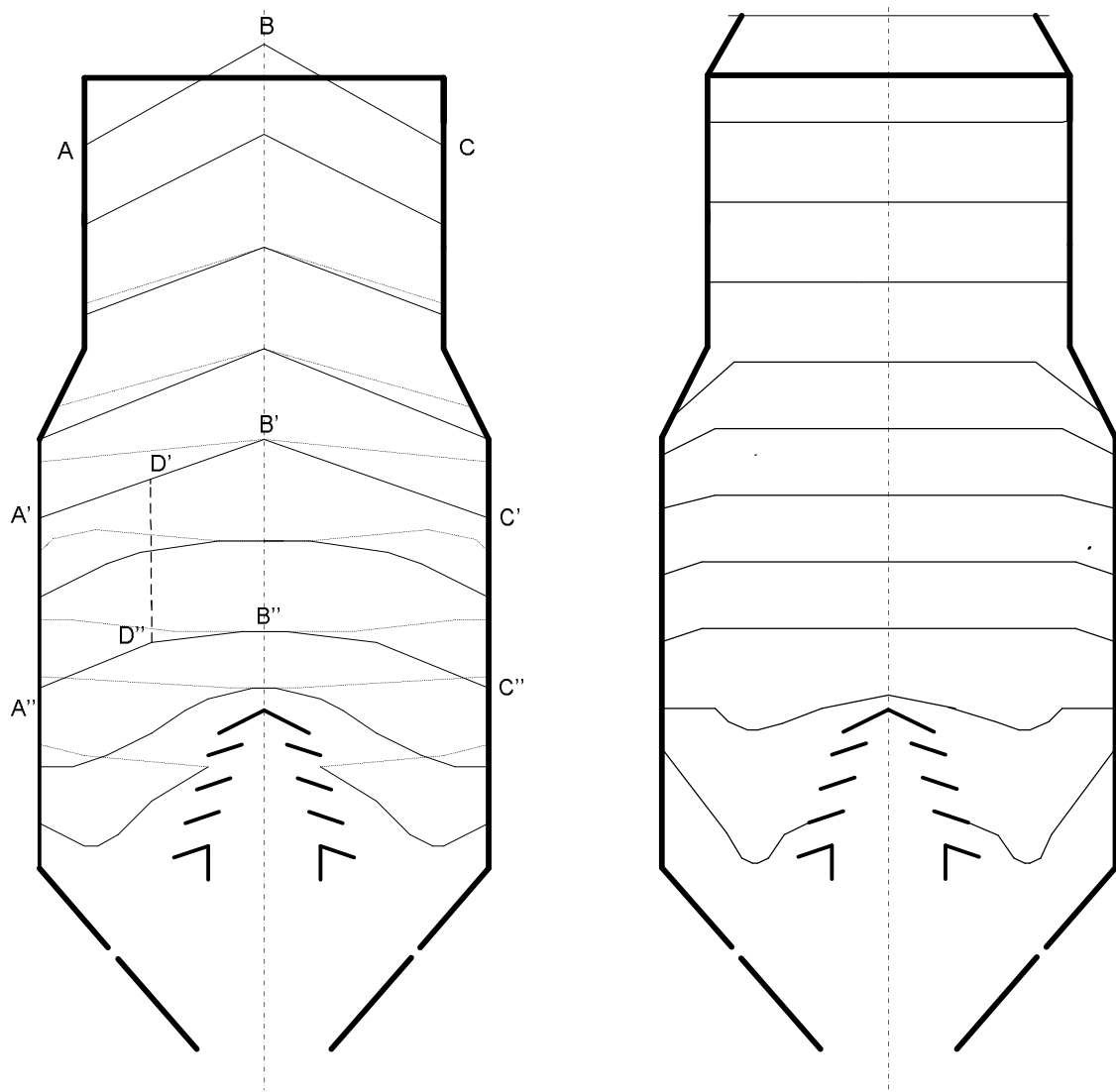


Рис. 2. Приклад використання пофарбованого коксу поміщеного в різні зони на поверхні коксу в УСГК



*Рис. 2 Профіль поверхні коксу при рівномірному спорожненні
однобалочній УСГК (зліва) і двобалочній УСГК (праворуч).
Хмарно - сектори 1 і 2, пунктирна - сектори 3 і 4*

Нижче рівня А'' - В'' - З'' спостерігається різке збільшення швидкостей сходу коксу, обумовлене з одного боку зменшенням перетину вертикального переміщення потоку коксу на величину площі дутцевої головки і, з іншого боку, близькістю розвантажувальних воронки. Максимальне збільшення швидкості сходу спостерігається в точці сектора рівновіддаленою від стінки і дутцевої головки і становить близько 30%.

З даних, представлених на рис. 2 випливає, що в форкамері (по її перетину) розподіл часток залишається практично незмінним при опусканні до рівня низу косих ходів. Нижче цього рівня спостерігається прискорення сходу коксу центральних зон камери гасіння (між D'-D'' і B'-B''). Швидкість сходу коксу в зоні між стінкою камери гасіння та D'-D'' залишається такою ж, як і вище, що підтверджується паралельною профілів поверхні коксу під час його розвантаження. І це сталість швидкості пристінкових шарів зберігається практично до середини висоти камери гасіння.

Однобалочній конструкція камери гасіння, як видно з малюнка 2 має дві зони прискореного сходу коксу, розташовані навпроти дутцевої головки в коксовому і котельному секторах і віддалених від стінки камери гасіння моделі на 55-60 мм або на 0,15 її діаметра. Підтвердженням цього служить воронкоподібний вид ліній профілю (суцільна) поверхні

коксу і відсутність воронок на пунктирних лініях профілю поверхні. При досвіді з однобалочною конструкцією спостерігалися збільшені швидкості сходу коксу з коксової і котельні сторін УСГК (на рис. 2 і 3 суцільні лінії профілю поверхні коксу). Поверхня коксу після вивантаження приблизно 4-х обсягів (в районі косих ходів) починала «ламаються» тобто злам поверхні коксу - це початок прояви формуються зон прискореного сходу коксу.

При використанні двобалочної УСГК (X-подібна конструкція) спостерігається вже 4 зони, що характеризуються підвищеною швидкістю сходу коксу, які розташовуються в освічених дугтьовими балками чвертях рівновіддаленими від цих балок і віддаленими від стінки камери гасіння, як і в попередньому випадку, на 55-60 мм, тобто на 0,15 її діаметра. Швидкість опускання коксу в цих зонах, як і в попередньому досвіді в 1,3 рази більше середньозваженої.

Для двобалочної конструкції камери гасіння поверхню коксу починала «ламаються» тільки після вивантаження 8-ми обсягів, т.е. ефект від впливу формуються зон прискореного сходу коксу почав проявлятися практично після вивантаження 80% коксу з УСГК. Практично постійний протягом 8-й вивантажень профіль поверхні коксу в УСГК свідчить про рівномірний опусканні коксу до рівня дугтевої головки, опусканні з однаковою швидкістю в усіх точках по перерізу камери гасіння.

При такому характері вивантаження коксу з УСГК забезпечуються оптимальні умови для рівномірного розподілу периферійного і центрального потоків теплоносія в масиві туша коксу і розв'язання задачі мінімізації величини питомої витрати теплоносія на гасіння.

Таким чином, швидкість вивантаження коксу в центральній зоні камери гасіння за даними проведеного досвіду в 1,1 рази менше середньозваженої. Швидкість вивантаження коксу в зонах над газоходних балкою (пунктирні лінії) в 1,15 рази менше середньозваженої. При швидкості вивантаження коксу в зонах прискореного сходу в 1,3 рази більшою середньозваженої різниця в швидкостях вивантаження коксу з різних зон камери УСГК становить $1,3 \times 1,15 = 1,5$, тобто має місце полуторна різниця в швидкості вертикального переміщення коксу в різних зонах по перетину камери гасіння.

Література.

- [1] Повышение эффективности работы установок сухого тушения кокса: монография / А.В. Голубев, Е.И. Збыковский, А.А. Топоров, И.В. Шульга, под редакцией И.В. Шульги. – Покровск: ДВНЗ «ДонНТУ», 2017. – 163 с., 23 табл., 32 рис., библ. – 210 наим. Рус. яз.
- [2] Фальков М.И. Энергосбережение и энергоэффективность в проектах Гипрококка на предприятиях черной металлургии Украины / Фальков М.И. // Кокс и химия. 2009. № 7. С.69-72.
- [3] Сравнительная оценка качества кокса сухого и мокрого тушения / Акулов П.С., Лазовский И.М., Шрейдер Э.М. [и др.] // Кокс и химия. 1968. № 9. С. 17-19.
- [4] Ковалевская М.М. Исследование физико-химических и физико-механических свойств кокса сухого тушения / Ковалевская М.М., Борсук В.Н. // Кокс и химия. 1973. № 7. С. 22-24.
- [5] Получение кокса сухого и мокрого тушения с высокой холодной прочностью / Кузнецов В.Я., Буланов Е.А., Зиновьева Л.А., Цекот Ю.Б. // Кокс и химия. 2005. № 8. С. 19-21.
- [6] Производство металлургического кокса на базе трамбования шихты и сухого тушения – эффективная экологически чистая и энергосберегающая технология / Гураль В.В., Кривонос В.В., Рудыка В.И., Тарута А.А. // Кокс и химия. – 2008. – № 8. – С. 23-31.
- [7] Справочник коксохимика. 3-е изд. Т. 2. Производство кокса. – Харьков: ИД ИНЖЭК, 2014. – 725 с.
- [8] Комплексный подход к оценке качества кокса, производимого в условиях ОАО НЛМК / Мизин В.Г., Зиновьева Л.А., Клюкин С.Н. // Кокс и химия. 2009. № 9. С. 44-50.