

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

**І.В. ШУЛЬГА, Д.В. МІРОШНИЧЕНКО, С.В. ПИШ'ЄВ,
О.В. БОГОЯВЛЕНСЬКА**

ВИРОБНИЦТВО КОКСУ

Навчальний посібник

для підвищення кваліфікації виробничих кадрів коксохімічних підприємств

Рекомендовано Вченою радою НТУ «ХПІ»

Харків

НТУ «ХПІ»

2022

УДК 662.74

Ш 95

Рецензенти:

О.Б. Гринишин, доктор технічних наук, професор, Національний Університет «Львівська політехніка», професор кафедри хімічної технології переробки нафти та газу.

Є.І. Малий, доктор технічних наук, професор, професор кафедри металургійного палива та вогнетривів Українського державного університету науки і технологій

Рекомендовано Вченою радою Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» як посібник для підвищення кваліфікації виробничих кадрів коксохімічних підприємств, протокол № 8 від 28 жовтня 2022 р.

Ш 95 І.В. Шульга, Д.В. Мирошніченко, С.В. Пиш'єв, О.В. Богоявленська. Виробництво коксу / – Харків-Тернопіль: НТУ «ХП», «Видавництво Крок», 2020. – 110 с.

ISBN 978-617-692-715-0

У посібнику викладені основні положення технології та устаткування для промислового виробництва коксу з урахуванням сучасних умов роботи коксохімічних підприємств України. Використання цих положень є необхідною умовою забезпечення належних техніко-економічних показників роботи коксохімічної підгалузі.

Для інженерно-технічних працівників та висококваліфікованих робітників коксохімічних підприємств, а також суміжних галузей (вугільної промисловості, металургії тощо), пов'язаних з використанням вугілля та коксу. Також посібник може бути використаний для дистанційного навчання студентів вищів. З цією метою наведені приклади тестових завдань для самоконтролю рівня засвоєння знань.

Іл. 25. Табл. 3. Бібліогр. 55 найм.

УДК 662.74

Ш 95

ISBN 978-617-692-715-0

© І.В. Шульга, Д.В. Мірошніченко,
С.В. Пиш'єв, О.В. Богоявленська
© НТУ ХП, 2022 р.

ПЕРЕДМОВА

У відповідності з п. 2.1 Правил технічної експлуатації коксохімічних підприємств, затверджених наказом УНПА «Укркокс» № 17 від 29.12.2017 (ПТЕ-2017), призначення коксохімічного підприємства – виробництво з суміші кам'яного вугілля (шихти) коксу, коксового газу та супутніх продуктів коксування. На підставі п. 2.2 ПТЕ-2017 за характером підлеглості розрізняють самостійні коксохімічні підприємства та коксохімічні виробництва у складі металургійних комбінатів.

В даний час в Україні працюють 13 коксохімічних підприємств, в т.ч. 8 самостійних коксохімічних заводів та 5 коксохімічних виробництв у складі металургійних підприємств. Загальна кількість працюючих на цих підприємствах сягає 20 тис осіб, більшість з яких є інженерно-технічними працівниками та висококваліфікованими робітниками. Виконання ними своїх виробничих обов'язків потребує певного рівня кваліфікації.

В Україні кадри в галузі хімічної технології палива готує низка вищих навчальних закладів різних рівнів акредитації, найстарішим серед яких є Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут». З ним пов'язані імена таких видатних вчених в галузі хімічної технології переробки палива, як В.О. Геміліан, В.П. Лідов, М.І. Кузнєцов, К.О. Белов, Л.Л. Нестеренко, М.Г. Скляр, Ю.В. Бірюков, Ю.Б. Тютюнников, С.О. Слободської та ін. Випускники кафедри не лише працюють на провідних коксохімічних підприємствах України та інших країн, а й складають основу таких знаних колективів, як одна з найбільших у світі інжинірингових фірм – Державне підприємство «Державний інститут з проектування підприємств коксохімічної промисловості» (ДП «ГИПРОКОКС») і головний галузевий інститут з хімічної технології переробки вугілля - Державне підприємство «Український державний науково-дослідний вуглехімічний інститут» (ДП «УХІН»).

Наприкінці минулого століття в коксохімічній промисловості України відбулися докорінні зміни, пов'язані в першу чергу з переходом до ринкових економічних відносин та загальними світовими тенденціями значного зростання вимог до якості коксу, підвищенню уваги до питань захисту навколишнього середовища. Це, в свою чергу, вимагає відповідного коригування технологічних параметрів виробництва, яке в сучасних умовах має стати значно більш гнучким, щоб найбільшою мірою задовольняти вимогам споживачів продукції.

Виходячи з цього, практичні працівники коксохімічних підприємств мають володіти актуальними знаннями технології та устаткування з

промислового виробництва коксу, що зумовлює необхідність створення та функціонування системи безперервної освіти кадрів відповідної галузі, спрямованої в першу чергу на підвищення кваліфікації працівників, тобто постійне підтримання її відповідності сучасним вимогам. Така система створена та працює на більшості коксохімічних підприємств. Заняття проводять як провідні фахівці самих підприємств, так і залучені працівники ДП «УХІН» та кафедр вищих навчальних заходів відповідного профілю.

Тому створення навчального посібника, в якому викладені основні положення технології та устаткування для промислового виробництва коксу з урахуванням сучасних умов роботи коксохімічних підприємств України є актуальним, оскільки використання цих положень є необхідною умовою забезпечення належних техніко-економічних показників роботи коксохімічної підгалузі.

Через це кафедрою технології переробки нафти, газу та твердого палива НТУ «ХП» зроблена спроба створення навчального посібника з промислового виробництва коксу з урахуванням сучасних умов роботи коксохімічної підгалузі. Посібник певною мірою узагальнює досвід його авторів з викладання відповідних дисциплін на кафедрі, курсах технічного навчання та підвищення кваліфікації працівників коксохімічних підприємств і організацій, а також роботи в головному галузевому інституті з питань хімічної технології переробки вугілля Державному підприємстві «Український державний науково-дослідний вуглехімічний інститут» (ДП «УХІН»), промислових досліджень, виконаних на коксохімічних підприємствах України.

Сподіваємось, що посібник стане в нагоді працівникам не лише коксохімічних підприємств, але і суміжних галузей (вугільної промисловості, металургії тощо), пов'язаних з використанням вугілля та коксу. Вважаємо, що він також може бути корисним професорсько-викладацькому складу, аспірантам та студентами кафедр, що проводять підготовку інженерних кадрів за спеціальностями 161 «Хімічні технології та інженерія», а також 136 «Металургія», 144 «Теплоенергетика», 184 «Гірництво».

1. ЗАСТОСУВАННЯ КОКСУ. ВИМОГИ ДО ВЛАСТИВОСТЕЙ КОКСУ ТА ШИХТИ ДЛЯ ЙОГО ОТРИМАННЯ

1.1 Застосування коксу в доменному процесі

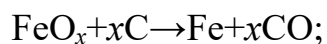
Головними споживачами коксу є чорна та кольорова металургія, ливарне виробництво, хімічна промисловість.

У відповідності з п. 3.2 ДСТУ 2401-94 «Кокс кам'яновугільний та пековий. Терміни і визначення» доменний кокс – міцний кокс певного класу крупності, що отриманий за коксування суміші кам'яного вугілля та використовується в доменному виробництві (п. 3.2 ДСТУ 2401-94). В доменному виробництві використовується близько 85 % всього отриманого коксу, класу крупності не менше 25 мм.

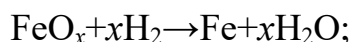
Схематичний розріз доменної печі наведений на рис. 1.1.

За висотою доменної печі (згори донизу) розрізняють кілька зон, в яких відбуваються наступні хімічні реакції:

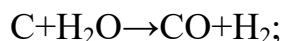
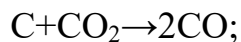
– пряме відновлення заліза з руди, що є сумішшю в різних співвідношеннях оксидів заліза (II) FeO та (III) Fe₂O₃, яку умовно позначають як сполуку змінного складу FeO_x:



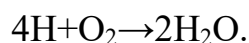
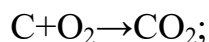
– непряме відновлення заліза:

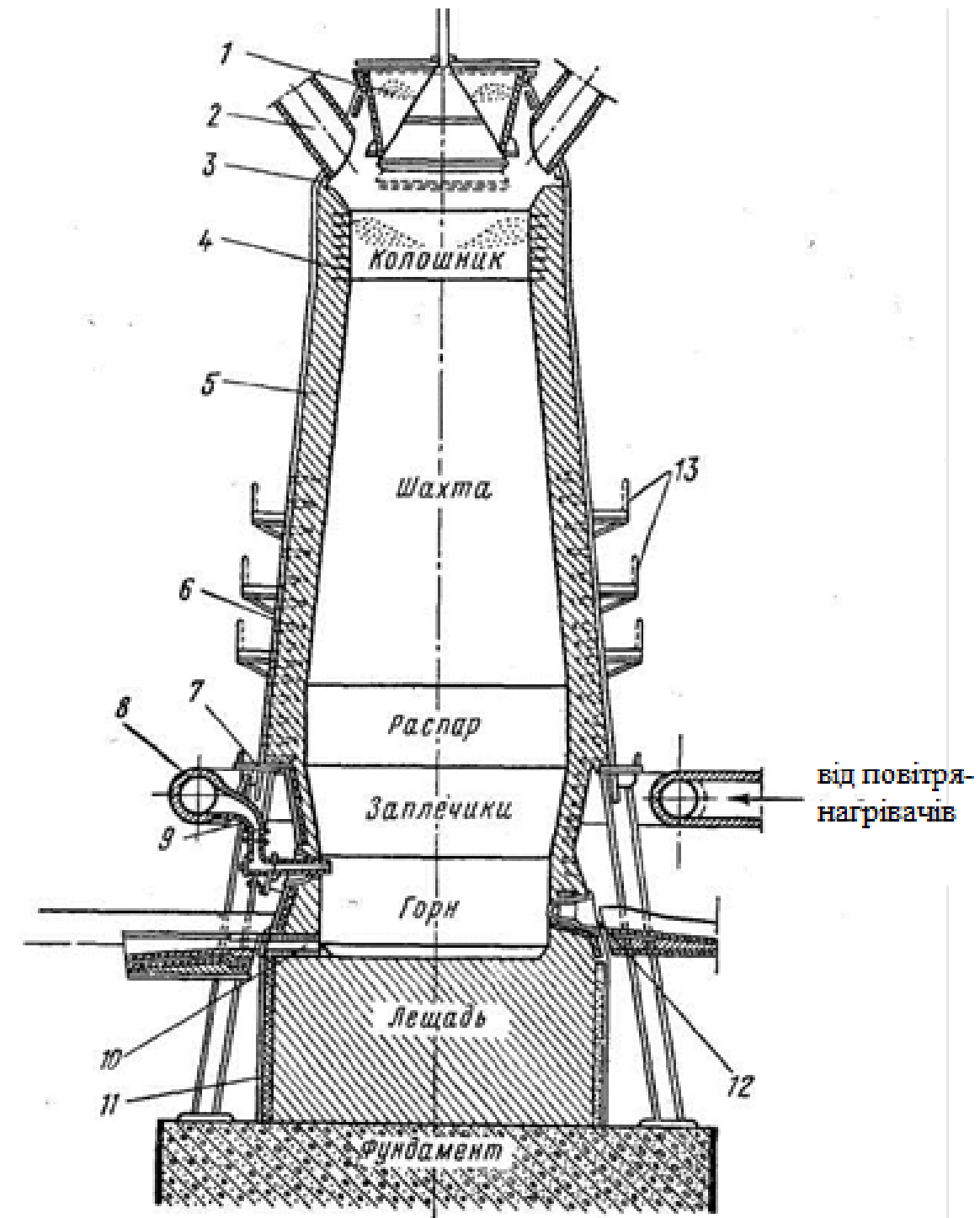


– газифікація:



– горіння в нижній зоні фурм елементних вуглецю та водню, що входять до складу залишку коксу від реакцій прямого відновлення та газифікації:





1 – засипний апарат; 2 - газовідводи; 3 – сталевий кожух; 4,5 – футеровка;
 6 – холодильники; 7 – опорне кільце; 8 – кільцевий повітровід; 9 – фурмений рукав;
 10 – льотка для чавуну; 11 – кожух лещаді; 12 – льотка для шлаку;
 13 – кільцевий майданчик.

Рис. 1.1. Схематичний розріз доменної печі

Непряме відновлення відбувається швидше за пряме, тому для ефективного ведення доменної плавки необхідно, щоб не менше 2/3 заліза відновлювалось непрямым способом, тобто не менше 1/3 має доходити до зони

фурм. Для цього кокс повинен мати низьку реакційну здатність і високу термомеханічну міцність.

Кокс в доменній печі виконує три головні функції:

– джерело тепла для здійснення хімічних реакцій та фазових перетворень матеріалів доменної шихти;

– відновник в хімічних реакціях;

– розпушувач стовпа шихтових матеріалів – єдиний компонент доменної шихти, який залишається в твердій фазі на нижніх горизонтах печі в зоні найвищих температур і забезпечує потрібну газопроникність засипу та дренаж рідких продуктів плавлення.

Кокс є найдорожчим компонентом доменної шихти, тому в сучасному доменному виробництві у великих масштабах використовують інші види палива, які надходять в доменну піч разом з нагрітим дуттям або коксом. Головними видами заміників коксу в світі є:

– пиловугільне паливо;

– природний газ;

– антрацит, коксовий горішок, мазут, кам'яновугільна смола, відновлювальний (генераторний) газ.

1.2 Сучасні вимоги до властивостей коксу

Всі заміники коксу можуть виконувати функції лише відновника та джерела тепла, але неспроможні замінити кокс як розпушувач стовпа шихтових матеріалів – єдиний компонент доменної шихти, який залишається в твердій фазі в нижніх горизонтах коксової печі. Тому при використанні пиловугільного палива та інших заміників зниження витрати коксу супроводжується одночасним зростанням вимог до його якості.

Вимоги до властивостей доменного коксу, що виробляється на підприємствах ТОВ «МЕТІНВЕСТХОЛДІНГ», де отримують найбільшу кількість коксу в Україні, наведені в табл. 1.1.

Як бачимо, властивості коксу марки КДМ1, призначеного для використання в доменних печах одночасно з пиловугільним паливом, суттєво вищі, аніж для марки КДМ2, що використовується для виплавки чавуну без пиловугільного палива.

Таблиця 1.1 – Вимоги до властивостей коксу підвищеної яості (%) за ТУ У 19.1-0019044-065:2015

Показники	Чисельні значення для марок		Методи визначення
	КДМ1	КДМ2	
Зольність сухої маси $A^d \leq$	11,4	11,4	ISO 1171
Сірчистість загальна сухої маси, $S^d \leq$	0,8	1,2	ДСТУ 3528
Вологість робоча, $W^r \leq$	5,0	5,0	ДСТУ ISO 573
Механічна міцність: $M_{25} \geq$ $M_{10} \leq$	88,5 7,2	88,0 7,6	ISO 556
Вміст класів крупності: > 80 мм, \leq < 25 мм, \leq	10 3	12 4	ДСТУ 7602 (ISO 723)
Реакційна здатність, CRI, \leq	34	40	ДСТУ 4703 (ISO 18834)
Післяреакційна міцність, CRS, \geq	50	43	ДСТУ 4703 (ISO 18834)
Вихід летких речовин з горючої маси V^{daf}, \leq	0,8	0,8	ISO 52

1.3 Властивості вугілля та вугільних шихт для отримання високоякісного коксу

Основними класифікаційними параметрами ДСТУ 3472:2015 «Вугілля буре, кам'яне та антрацит. Класифікація» є три показники:

- середня відбивальна здатність вітриніту, %;
- вихід летких речовин з пальної маси V^{daf} , %;
- товщина пластичного шару y , мм.

Принципи класифікації вугілля за ДСТУ 3472:2015 наведені в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Головні марки коксівного вугілля за ДСТУ 3472:2015

Марка	R^o , %	V^{daf} , %	Y , мм
ДГ	0,5-0,8	≥ 35	6-9
Г	0,5-1,0	≥ 33	10-16
Ж	0,85-1,20	≥ 28	≥ 17
К	1,21-1,6	18-28	≥ 13
ПС	1,3-1,9	14-22	6-12

У випадку неможливості визначення марки вугілля за сполученням всіх трьох класифікаційних параметрів до уваги беруть в першу чергу середню відбивальну здатність вітриніту, потім вихід летких речовин і насамкінець – товщину пластичного шару.

З усіх марок вугілля, передбачених ДСТУ 3472:2015 «Вугілля буре, кам'яне та антрацит. Класифікація» для коксування використовуються лише ті, що мають певну спікливість - здатність вугілля утворювати з окремих дотичних зерен за їх нагрівання без доступу повітря спечений кусковий пористий залишок (напівкокс та кокс).

Газове вугілля (Г) має порівняно невелику товщину пластичного шару, високий вихід летких речовин, підвищену пластометричну усадку.

За самотійного коксування газове вугілля взагалі не дає кускового коксу або утворює дрібний та неміцний кокс з високою реакційною здатністю.

Наявність газового вугілля в шихті підвищує усадку коксівного завантаження та сприяє легкій видачі коксового пирога з печі, збільшує вихід газу та хімічних продуктів. Однак вихід коксу при цьому знижується.

Жирне вугілля (Ж) є головним спікливим компонентом шихти, який надає отримуваному коксу високу міцність. Це вугілля має найвищу товщину пластичного шару і добре коксується. Однак за його підвищеного вмісту в шихті, а також за індивідуального коксування жирного вугілля кокс отримується занадто крупний, губчастий, тріщинуватий, а, отже, й недостатньо міцний.

Жирне вугілля дає високі виходи смоли, сирого бензолу та газу.

Коксове вугілля (К) в шихті надає коксу високу механічну міцність та однорідну кускуватість. За самотійного коксування дає доволі крупний рівномірний за розмірами кокс високої міцності з невеликою кількістю тріщин.

Це вугілля з відносно невеликим виходом летких речовин має в своїй структурі переважно короткі бічні ланцюги. Тому за термічної деструкції утворюються парогазові продукти малої густини, що мають великий об'єм. У сполученні з високою в'язкістю пластичної маси це призводить до розвитку в камері коксування значного тиску розпору, небезпечного для збереження кладки коксових печей.

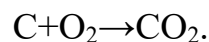
Піснувате спікливе вугілля (ПС) понижує спікливість шихти та робить її менш усадковою. Внаслідок цього зменшується тріщинуватість коксу, а крупність його підвищується. Це вугілля має невелику товщину пластичного шару, тому за самотійного коксування дає недостатньо міцний кокс або не утворює його зовсім. В шихтах вугілля марки ПС та близьких до нього марок (КО, КС, КСН) збільшує стиранність коксу, який стає більш засміченим дрібними класами (менше 25 мм) та нерівномірним за крупністю.

Піснувате спікливе вугілля має невеликий вихід летких речовин, тому воно дає малий вихід газу та хімічних продуктів. В той же час участь такого вугілля в шихті дозволяє збільшити вихід коксу.

У відповідності з Методичними рекомендаціями з виробництва доменного коксу поліпшеної якості, затвердженими Наказом Міністерства промислової політики України № 271 від 27.09.2011, шихта для отримання доменного коксу повинна мати наступний марочний склад (%): Г - ≤ 20 ; Ж - 30-40; К – 20-40; ПС – 10-30. Сумарний вміст марок Ж+К має бути не менше 50 %, товщина пластичного шару $y \geq 14$ мм, величина тиску розпору (частини тиску, що виникає за коксування та передається на вогнетривку кладку) - ≤ 7 кПа, помел шихти (вміст класу менше 3 мм) – 75-82 %.

1.4 Позадоменне використання коксу

Ливарний кокс – крупний міцний кокс, що отриманий за коксування спеціальних сумішей низько сірчистого кам'яного вугілля та використовується в ливарному виробництві (п. 3.3 ДСТУ 2401-94). В ливарному виробництві кокс є головним чином джерелом тепла, необхідного для переплавлення чавуну та брухту. Питома витрата коксу з цією метою становить 8-14 % від маси переплавленого металу:



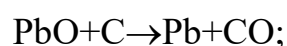
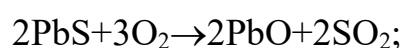
Ливарний кокс повинен мати мінімальну сірчистість, оскільки більша частка сірки за переплавки лишається в металі, погіршуючи його властивості. При цьому сірка із залізом утворює сульфід залізу:

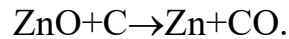
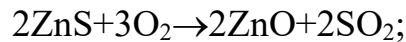
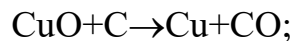
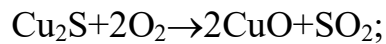
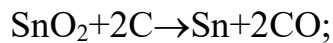


Сульфід залізу, в свою чергу, утворює із залізом евтектику, що плавиться за температури 950 °С. Це спричинює таке негативне явище, як червоноламкість, яка унеможлиблює використання високо-сірчистих сплавів за підвищених температур (наприклад, як матеріалу для виготовлення різального інструменту).

Споживання крупного коксу в ливарних цехах становить близько 6 % від його виробництва.

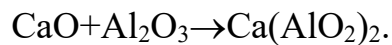
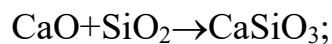
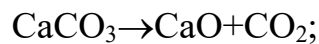
Кокс застосовують також в кольоровій металургії для відновлення свинцевих, олов'яних, мідних та цинкових руд:



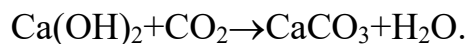
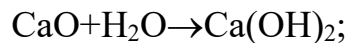


Оскільки в багатьох випадках сировиною для виплавки кольорових металів є сірчисті руди, вміст сірки в коксі для кольорової металургії не має суттєвого значення і тому не нормується.

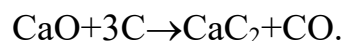
Як джерело тепла кокс використовується також за обпалювання вапняку та у виробництві цементу:



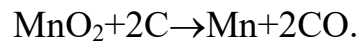
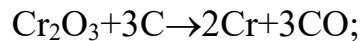
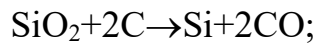
Аналогічну функцію кокс виконує і в цукровій промисловості, де продукти обпалювання вапняку використовуються для очищення вапняним молоком дифузійного бурякового соку та осадження надлишкового вапна діоксидом вуглецю з адсорбцією на утвореному карбонаті кальцію забарвлених домішок:



Кокс класу 25-40 мм використовується для виробництва карбіду кальцію:



Коксовий горіх (клас 10-25 мм) широко використовується як відновник у виробництві феросплавів (феросиліцію, ферохрому, феромарганцю) в електричних печах:



При виплавці феросплавів в доменних печах використовують крупний кокс, при цьому питома витрата його приблизно втричі більша, ніж за виплавки чавуну. Це призводить до збільшення операційних витрат, але дозволяє отримувати феросплави кращої якості.

Коксовий дрібняк як джерело тепла використовується для агломерації залізних руд.

Контрольні запитання.

1. Які процеси відбуваються в доменній печі?
2. В чому полягають функції коксу в доменному процесі?
3. Які матеріали використовуються для часткової заміни коксу в доменному процесі та які функції вони можуть взяти на себе?
4. Як і чому відрізняються вимоги до властивостей доменного коксу для печей з використанням пиловугільного палива та без нього?
5. Які марки вугілля використовують для виробництва коксу?
6. Якими мають бути властивості шихти для отримання коксу?
7. Які вимогам має відповідати ливарний кокс?
8. Як використовується кокс в цукровій промисловості?
9. Як використовується кокс у виробництві феросплавів?

Перелік джерел до 1-го розділу

1. Дроздник И. Д. Научные основы и практика составления угольных шихт для коксования / И. Д. Дроздник // Справочник коксохимика. – 3-е изд. Т. 1. Угли для коксования. Обогащение углей. Подготовка углей к коксованию. – Харьков : ИД ИНЖЭК, 2010. – С. 110-120.

2. Шульга И. В. Технологический процесс коксования / И. В. Шульга // Справочник коксохимика. 3-е изд. Т. 2. Производство кокса. – Харьков : ИД ИНЖЭК, 2014. – С. 13-42.

3. ПТЕ-2017 Правила технічної експлуатації коксохімічних підприємств. – Харків : ДП «Гипрококс», 2018. – 283 с.

4. Старовойт А. Г. Итоги работы коксохимических предприятий и производств Украины в 2018 г. / А. Г. Старовойт, С. Н. Фещенко. – Днепр : УНПА «Укркокс», 2019. – 73 с.
5. Маценко Г. П. Короткий словник з петрографії вугілля / Г. П. Маценко, В. С. Білецький, Т. Г. Шендрик / Донецьк : Східний видавничий дім. – 2011. – 74 с.
6. ДСТУ 2401-94. Кокс кам'яновугільний і пековий. Терміни та визначення (зі зміною № 1). – Київ : УкрНДНЦ, 2019. – 37 с.
7. ДСТУ 3472:2015 Вугілля буре, кам'яне та антрацит. Класифікація. – Київ : УкрНДНЦ, 2016. – 8 с.
8. ISO 562:2010 Hard coal and coke – Determination of volatile matter. – Geneva, ISO, 2010. – 16 p.
9. ДСТУ 7722:2015. Вугілля кам'яне. Метод визначення пластометричних показників. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2015. – 21 с.
10. ТУ У 19.1-00190443-065:2015. Кокс доменний ТОВ «Метінвестхолдінг». Технічні умови. – Харків: ДП «УХІН», 2015. – 16 с.
11. Методичні рекомендації з виробництва доменного коксу поліпшеної якості / Затв. наказом № 271 від 27.09.2011 – Київ : Мінпромполітики України, 2011. – 20 с.
12. Ярошевський С. Л. Ресурсозберігаючі технології металургійного виробництва на основі використання українського вугілля / С. Л. Ярошевський, А. В. Ємченко, І. В. Шульга та ін. – Харків : Контраст, 2012. – 204 с.
13. Филатов Ю. В. Теория и практика производства и применения доменного кокса улучшенного качества / Ю. В. Филатов, Е. Т. Ковалев, И. В. Шульга и др. – Київ : Наукова думка, 2011. – 128 с.
14. Дроздник И. Д. Угли для коксования и пылеугольного топлива / И. Д. Дроздник, А. Г. Старовойт, В. Г. Гусак и др. – Харьков : Контраст, 2011. – 188 с.
15. Дроздник И. Д. Составление шихт в условиях межбассейновой сырьевой базы коксования / И. Д. Дроздник. – Харьков : Контраст, 2019. – 156 с.

2. КОНСТРУКЦІЇ КОКСОВИХ ПЕЧЕЙ

2.1 Головні конструктивні елементи та зони кладки коксової батареї

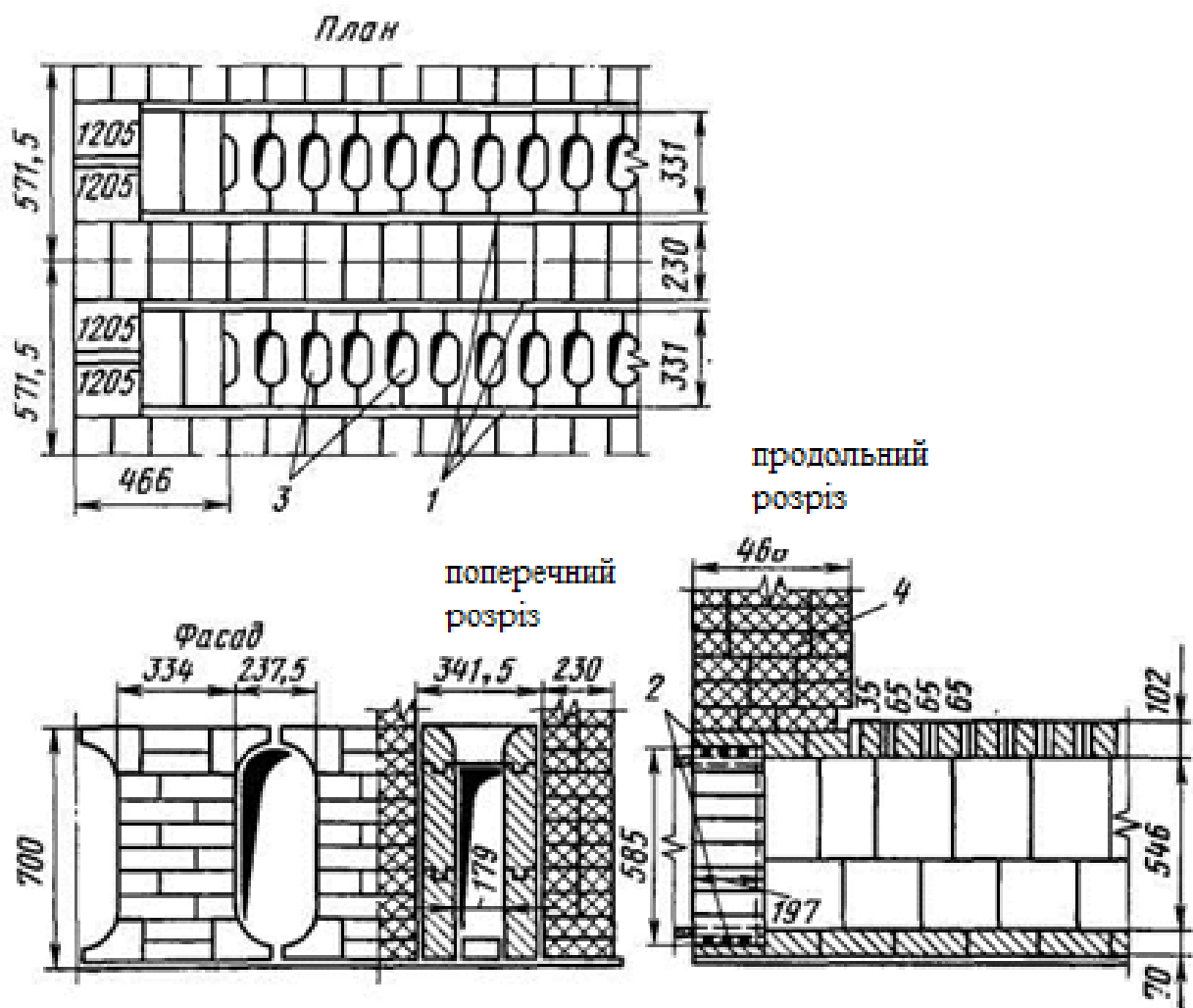
Коксова батарея складається з:

- n камер коксування, куди завантажуються вугільна шихта;
- розташованих коло камер коксування $n+1$ опалювальних простінків – системи опалювальних каналів, в яких здійснюється горіння газу та повітря і відвід продуктів горіння; тепловий потік від опалювальних простінків передається в камеру для нагріву коксівної засипки;
- газорозподільних та повітропідвідних каналів, якими газ та повітря подаються до опалювальних простінків;
- регенераторів для наріву повітря і доменного газу та охолодження продуктів горіння;
- арматури та механізмів.

У відповідності з цим в кладці коксових печей виділяють кілька основних зон. *Регенератори* – вузькі камери прямокутної форми, розділені центральною поперечною перегородкою за поздовжньою віссю батареї та заповнені насадкою. В нижній частині регенераторів розташовані подові канали для подачі повітря та доменного газу в регенератору та відводу звідти продуктів горіння (рис. 2.1). Регенератори відділені від подових каналів колосниковою решіткою, призначеною для рівномірного розподілу повітря і газу за всією довжиною регенератору. Стіни регенераторів та подових каналів виконуються з динасу (вогнетриву на основі оксиду кремнію SiO_2). Регенераторна насадка та футерування стінок подових каналів виготовляється з шамоту (оксид кремнію з додаванням 28-38 оксиду алюмінію Al_2O_3).

Корнюрна або газорозподільна зона (рис. 2.2). Корнюр – газовий канал круглого перерізу. Газ з корнюру надходить до вертикалів крізь циліндричні отвори, в яких встановлені калібровані горілки (рис. 2.3). Корнюр, як і регенератор, розділений приблизно за віссю батареї центральною перегородкою на дві частини. Кількість вертикалів при проектуванні батареї встановлюють з розрахунку один канал приблизно на 0,5 м довжини простінку, а потім розміри вертикалу уточнюють за конструктивної проробки.

Цій же зоні знаходяться косі ходи – похилі канали прямокутного перерізу, призначені для сполучення регенераторів з вертикалами. У верхній частині косих ходів, на виході у вертикали, знаходяться рухомі регістрові цеглини (т.зв. «банани») для регулювання подачі повітря та газу. Це – найскладніший вузол кладки коксових печей. Він виконується з 7-10 рядів динасової цегли складних фасонів. Загальна висота зони 1,0-1,5 м.



1 – хвилястий картон; 2 – азбестовий шнур; 3 – отвори колосників; 4 – дзеркало регенераторів.

Рис. 2.1. Подові канали:

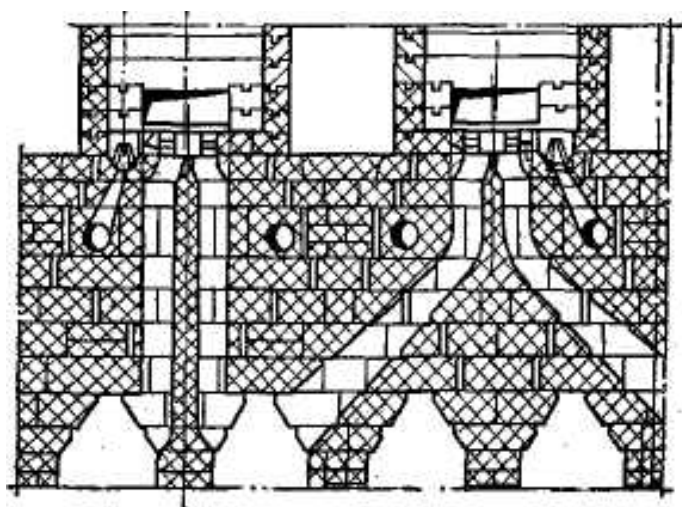


Рис. 2.2. Корнюрна зона

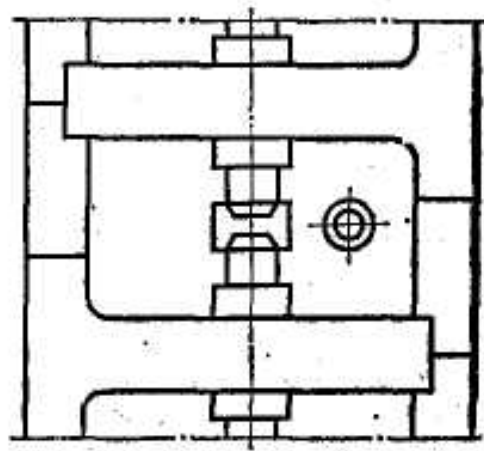


Рис. 2.3. Горілка та газоповітряне сопло

Опалювальні простінки складаються з вертикалів, в яких горить газоповітряна суміш та рухаються продукти горіння. Зовнішні сторони каналів одночасно є стінками камер коксування. В основі кожного каналу розташовані горілка та два косих ходи. Кладка простінку – з фасонного динасу. Стики цеглин, заповнені розчином, утворюють за «напівгітарної» кладки розпірковий шпунт, що забезпечує герметичність (рис. 2.4).

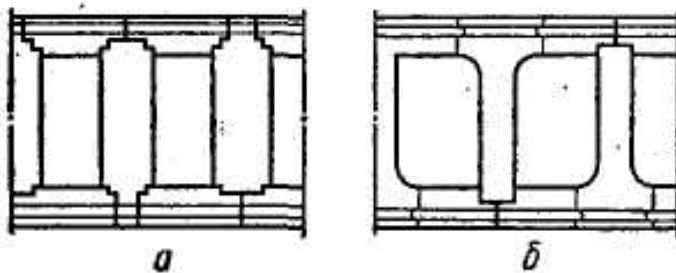


Рис. 2.4. Кладка вертикалів: а — «бутилкова»; б — «напівгітарна»

Верх печей із загальною висотою кладки 1100-1300 мм складається зі склепіння камери, завантажувальних та газових люків, оглядових шахточок, розбутки та ізоляційного шару. Склепіння печі спирається на два суміжних опалювальних простінки та є перекриттям камери коксування. У верхньому ряді кладки спостережних шахточок закладається чавунна арматура – оглядові лючки, а в їх основі за віссю завантажувальних та газових люків викладають розпалювальні отвори, які сполучують вертикали з камерою.

Завантажувальні та газові люки викладаються уступами; верхній ряд зі складної фасонної цегли утворює круглий отвір, який закривають чавунною рамою з кришкою.

Зазори між фасонними цеглинами заповнюють бракованою шамотною цеглою або червоною цеглою ($x\text{SiO}_2 \times y\text{Al}_2\text{O}_3$) на шамотному розчині (забутка).

По верху забутки укладається шар ізоляційної (діатомової $x\text{SiO}_2 \times y\text{H}_2\text{O}$) цегли в 3-4 ряди. Ізоляційним шаром викладається на ребро останній верхній ряд кладки печей з клінкерної ($\text{SiO}_2 \times x\text{CaO}$) або першокласної шамотної цегли.

2.2 Система опалення коксових печей ПВР

Для цієї системи, що є найпоширенішою в сучасних конструкціях Гипрококсу, характерні дві ознаки: об'єднання вертикалів в пари та рециркуляція продуктів горіння (рис. 2.5).

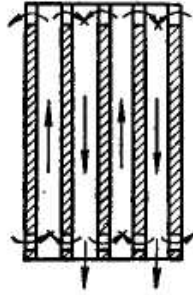


Рис. 2.5. Схема рециркуляції

Простінок розбитий на пари вертикалів, поєднаних згорі перевальними вікнами. Горіння відбувається в одному з вертикалів пари, а іншим поєднаним вертикалом в цей час відводяться продукти горіння. В нижній частині вертикали, що працюють на висхідному та низхідному потоках, поєднані вікнами для рециркуляції. Крізь ці вікна частина продуктів спалювання з вертикалу, що працює на низхідному потоці, під впливом різниці тисків всмоктується до вертикалу, що працює на висхідному потоці, тобто відбувається рециркуляція продуктів горіння. Ступінь рециркуляції, тобто відношення об'єму рециркуляції продуктів горіння до загального об'єму продуктів горіння, що надходить до косих ходів, в печах ПВР становить 30-40 %.

2.3 Печі ПВР з бічним підведенням опалювального газу і повітря

В цих печах (рис. 2.6) вертикали поєднані з регенераторами довгими та короткими косими ходами.

Половина вертикалів сполучена короткими косими ходами з регенераторами, розташованими під цим же простінком, а інша половина – довгими косими ходами з регенераторами, розташованими під двома суміжними простінками.

Оскільки кожного кантування коксовий газ треба подавати лише до половини вертикалів простінку, то в печах ПВР для кожного простінку передбачені два корнюри.

Косі ходи, що подають доменний газ та повітря, у верхніх своїх частинах йдуть паралельно, та витікання газу і повітря у вертикали відбувається паралельними потоками без ударів та вихорів. Для забезпечення паралельності потоків на вході до вертикалу передбачені регулювальні цеглини – змінні розсікачі. Паралельність входу газового та повітряного потоків до вертикалу є важливим фактором, що впливає на рівномірність опалення.

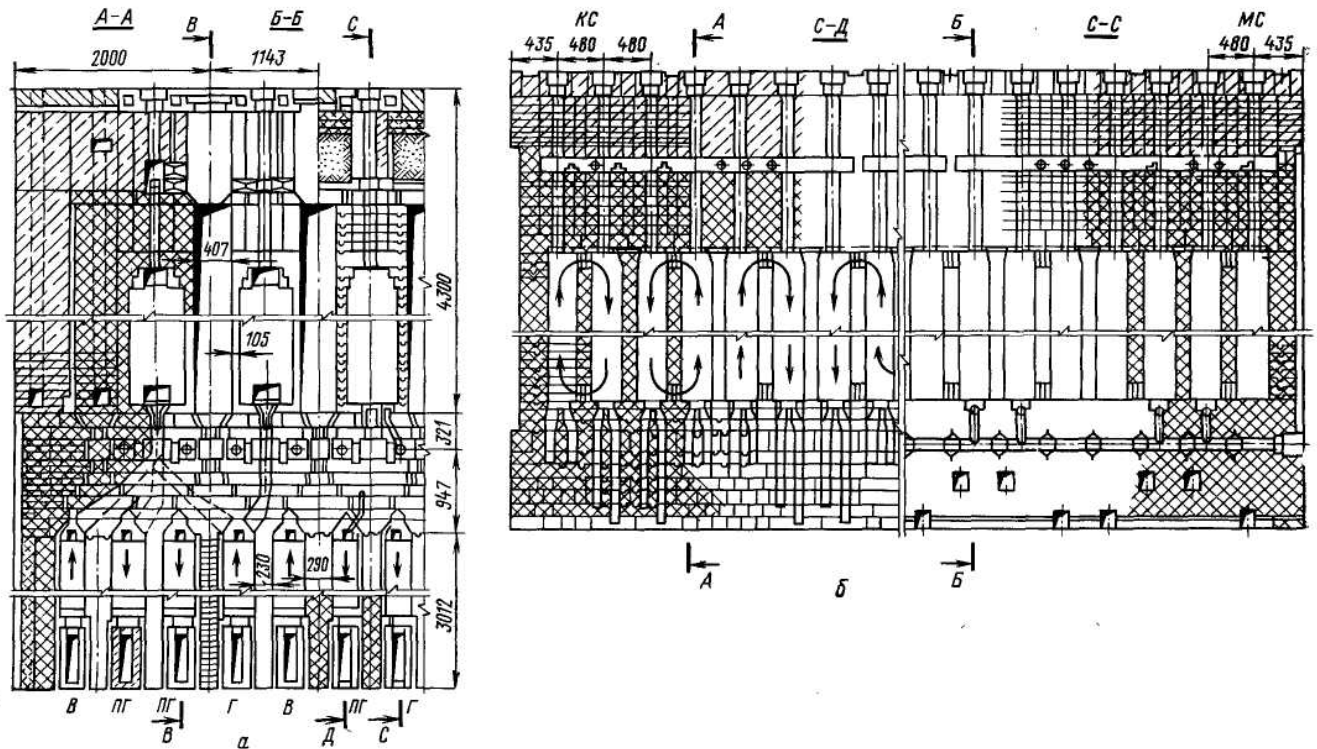


Рис. 2.6. Печі ПВР з бічним підведенням. Розріз за простінком та поперечний

В печах ПВР рециркуляція продуктів горіння відбувається, як правило, в замкненій парі. Рециркуляційні вікна розміщені в тих же стінках, що й перевальні. Печі типових конструкцій ПВР із гравітаційним завантаженням для коксування насипної шихти мають камери середньою шириною 410 мм та 450 мм, конусністю 50 мм, повною висотою 4,3 м, 5,0 м, 5,5 м, 6,0 м, корисною довжиною 13,12-15,9 м, корисним об'ємом 23,5-35,2 м³. Кількість печей в типових батареях – 65 (за середньої ширини камери 410 мм) або 77 (за середньої ширини камери 450 мм). Проектний оборот печей – 15 годин (в першому випадку) та 17,5 годин (в другому випадку).

На практиці батареї із середньою шириною камери 410 мм, що знаходяться в доброму технічному стані, можуть експлуатуватись за оборотів 14 годин.

Продуктивність коксових батарей з бічним підведенням становить 460-830 тис. т на рік валового коксу 6 % вологості.

2.4 Печі ПВР підвищеної ємності з нижнім підведенням опалювального газу і повітря

Головною особливістю цих печей є нижній підвід газу та повітря. При цьому регулювальні засоби винесені за межі пічної кладки, легко доступні для

заміни та знаходяться в зоні низьких температур, внаслідок чого досягається більша точність регулювання та стабільність опалення.

Для забезпечення ефективності нижнього підводу та нижнього регулювання необхідне секціонування регенераторів. Крім того, це поліпшує досяжність теплообмінних поверхонь та ступінь обмивання насадки, покращує використання тепла в коксових печах за рахунок додаткової утилізації тепла продуктів горіння для підігріву повітря в регенераторах, та знижує витрату тепла на коксування.

Секціонування регенераторів в печах з нижнім підводом виключає перетоки повітря та доменного газу між секціями. Кожна секція регенератору поєднується косим ходом з відповідним вертикалом. Кожна група з двох поєднаних вертикалів та чотирьох пов'язаних з ними секцій регенераторів є самостійним опалювальним елементом.

Зараз споруджені та експлуатуються коксові печі з нижнім підводом газу та нижнім регулюванням подачі повітря та газу з некомбінованим та комбінованим опаленням.

В печах з некомбінованим опаленням лише коксовим газом під пічними камерами розташовані широкі регенератори. В широкій роздільній стінці між регенераторами, розташованій за віссю простінку, проходять вертикальні дюзові канали для підводу коксового газу в основи вертикалів. Кладка подових каналів виконана з більш термостійкого багато-шамотного матеріалу та відділена від верхньої динасової частини стін регенераторів швом ковзання. Дюзові канали в зоні шва ковзання ущільнені спеціальними металевими вкладишами. Регенератор розділений поперечними перегородками на секції – по одній секції на кожен вертикал. В верхній частині кожна секція регенератору косим ходом поєднана з одним вертикалом. Таким чином, група з двох поєднаних вертикалів та двох секцій широких регенераторів є самостійним елементом опалювальної системи. Підвід повітря до кожної секції регенератору регулюється за допомогою спеціальних цеглин, закладених до отворів, які сполучують подовий канал з камерою регенератору. Для заміни регулювальних цеглин передбачені спеціальні отвори у вистеленні подових каналів та верхній фундаментній плиті.

Стіна регенератору, якою проходять дюзові канали, є небезпечною. Всі косі ходи, що підводять повітря до вертикалу, лежать в одній площині та спрямовані в один бік. Таке поєднання регенераторів з простінками призводить до шахового горіння: якщо в одному про стінці горять парні вертикали, то в іншому – непарні.

Конструкція коксових печей з нижнім підведенням опалювального газу та повітря показана на рис. 2.7.

Рециркуляційне вікно розділене на дві половини перегородкою, розташованою навпроти виходу коксового газу до вертикалу. Така конструкція рециркуляційного вікна запобігає можливості короткого замкнення газового струменю з висхідного потоку на низхідний, яка може виникати за недостатньої потужності газового потоку і переохолодження вертикалу, що працює на висхідному потоці.

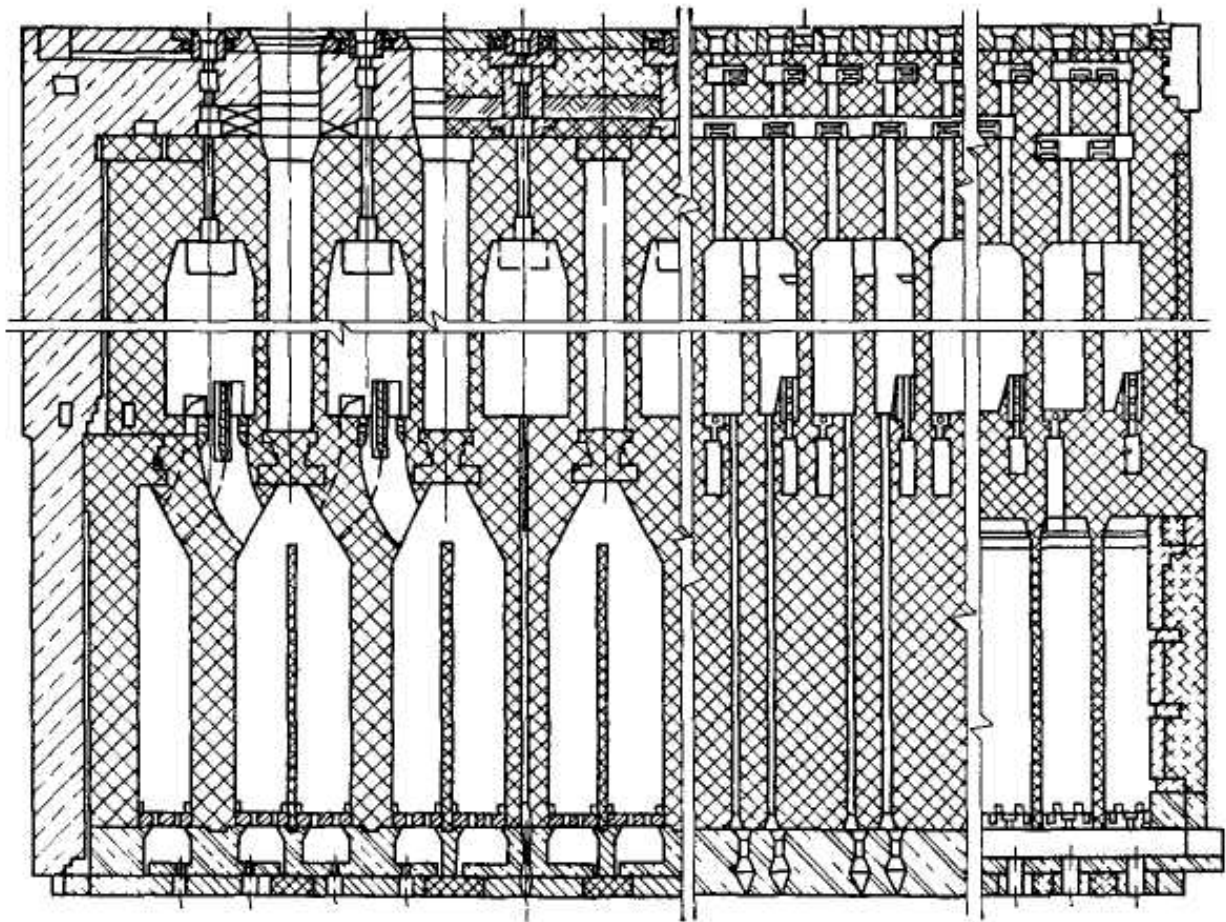


Рис. 2.7. Коксові печі з нижнім підводом.

Контрольні запитання

1. З чого складається коксова батарея?
2. Які головні конструктивні зони коксової батареї?
3. Для чого призначена та як конструюється регенераторна зона коксових печей?
4. Для чого призначена та як конструюється косохідна зона коксових печей?
5. Як конструюються опалювальні простінки та камери коксування коксових печей?

6. Для чого призначена та як конструюється перекриття коксових печей?

7. В чому полягають головні особливості конструкції, переваги та недоліки коксових печей системи ПВР?

8. В чому полягають головні особливості конструкції, переваги та недоліки коксових печей з нижнім підведенням опалювального газу і повітря з комбінованим обігрівом?

9. В чому полягають головні особливості конструкції, переваги та недоліки коксових печей з нижнім підведенням опалювального газу і повітря з некомбінованим обігрівом?

Перелік джерел до 2-го розділу

1. ПТЕ-2017 Правила технічної експлуатації коксохімічних підприємств. – Харків: ДП «Гипрококс», 2018. – 283 с.

2. Справочник коксохіміка. – 3-е изд. Т. 2. Под ред. И.В. Шульги. – Харьков : ИД ИНЖЭК, 2010. – С. 43 – 141.

3. Лейбович Р. Е., Технология коксохимического производства / Р. Е. Лейбович, Е. И. Яковлева, А. Б. Филатов – М.: Металлургия, 1982. – 340 с.

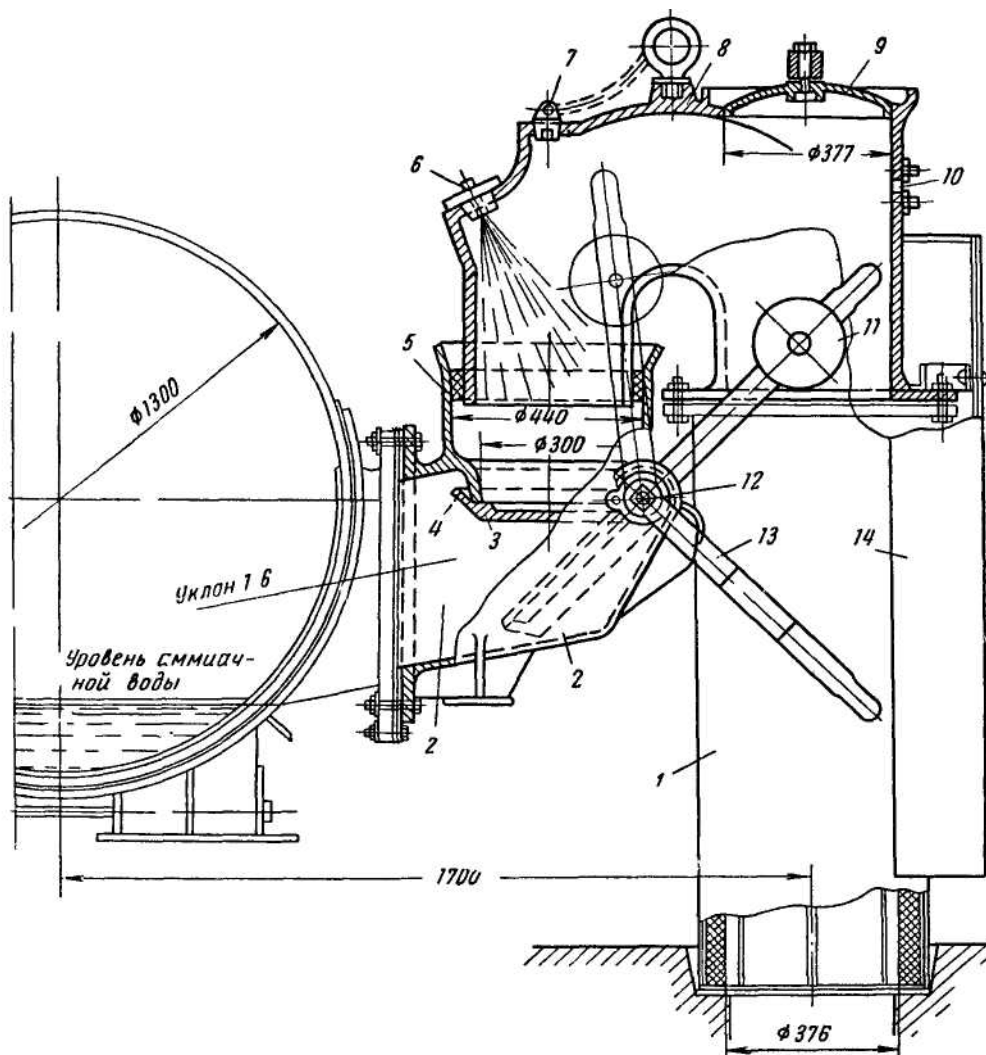
4. Ткачев В. С. Оборудование коксохимических заводов / В. С. Ткачев, М. А. Остапенко. – М.: Металлургия, 1983. – 360 с.

3. АРМАТУРА КОКСОВИХ ПЕЧЕЙ

3.1 Газовідвідна арматура кокових печей

Прямий коксовий газ з камер коксування відводиться крізь стояки до газозбірників, розташованих з одного або двох боків камер коксування. Другий газозбірник встановлюють головним чином для поліпшення відводу газів за бездимного завантаження кокових печей.

Стояки мають наступні основні вузли: сталева вертикальна труба, футерована вогнетривкою цеглою; чавунне перекидне коліно з кришкою; чавунна клапанна коробка з тарілчастим поворотним клапаном (рис. 3.1).



1 – корпус; 2 – клапанна коробка; 3 – клапанна тарілка; 4 – гидрозатвор; 5 – корпус клапанної коробки; 6 – форсунка; 7 – отвір для чищення; 8 – коліно; 9 – кришка; 10 – отвір під парову форсунку; 11 – протизвага; 12 – ось; 13 – важель; 14 – екран.

Рис. 3.1. Стояк

У верхній частині стояку розташовані форсунки зрошення прямого коксового газу аміачною водою та парове сопло для інжекції газів за бездимного завантаження коксових печей.

Форсунку зрошення прямого коксового газу встановлюють так, щоб конус розпилювання аміачної води перекривав весь переріз потоку газу, однак при цьому вода не потрапляла до камери. Аміачна вода зрошення газу в стояку є затворною рідиною при закритті клапанної коробки, за допомогою якої коліно стояку з'єднується з газозбірником.

Гідрозатвор висотою 40 мм утворюється за горизонтального положення поворотного тарілчастого клапану, розміщеного в клапанній коробці. За такого положення клапану піч відключається від газозбірнику (наприклад, на час видачі).

В верхній частині стояку є гніздо для кришки стояку. Важелі підйому кришки стояку та гідро-затворів клапанної коробки пов'язані так, щоб за відкривання клапану гідро-затвору кришка стояку закривається та навпаки.

У газовідвідному люку утворюються вуглецеві відкладення, інтенсивність яких зростає за високої температури у підсклепінневому просторі (більше 750 °С), недовантаженні печей (за висоти підсклепінневого простору під люками більше 350 мм, неправильному режимі планування та наявності значних відкосів шихти в камері) та підвищеною усадкою шихти.

Це перешкоджає евакуації газу та потребує систематичного чищення стояків. На нових батареях ця операція механізована та виконується за допомогою устаткування, встановленого на вугленавантажувальному вагоні. На старих батареях ця важка та трудомістка операція виконується вручну.

Для зниження інтенсивності відкладень коліна стояків зсередини футерують шамотною цеглою.

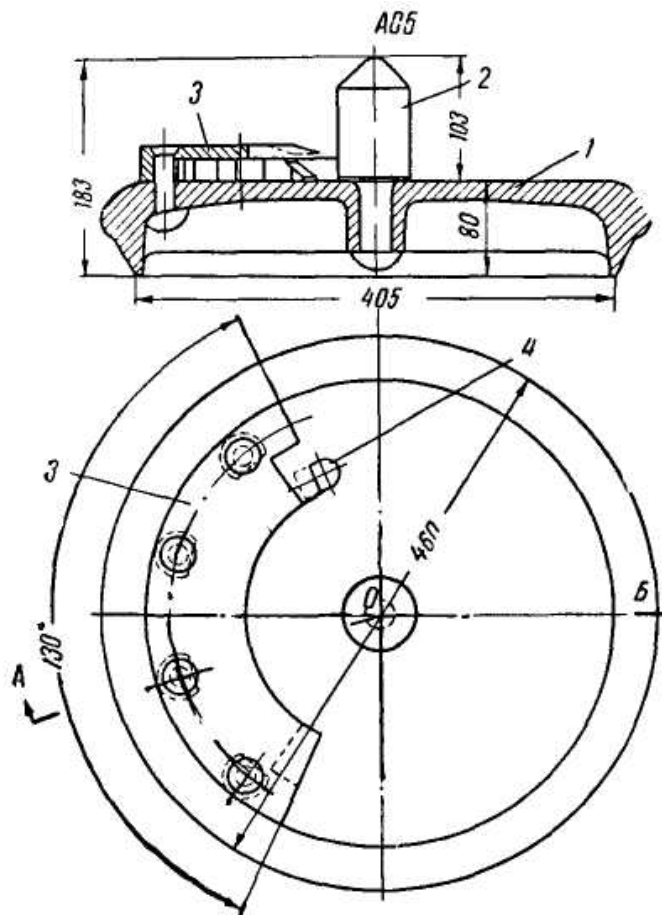
Температура зовнішньої поверхні стояків сягає 130-150 °С. Для захисту людей від теплового випромінювання у відповідності з вимогами п. 10.3 ПТЕ-2017 та Державних санітарних правил підприємств чорної металургії ДСП 3.3.1.038-99, затверджених 01.12.99 постановою № 38 головного державного санітарного лікаря України, на стояки навішують металеві щити, обшиті листовим вогнетривким матеріалом.

3.2 Закладна арматура коксових печей

Це арматура, закладена безпосередньо до конструкції перекриття коксових печей – рами завантажувальних та оглядових люків. Вони виконуються з жароміцного чавуну.

Закладна арматура в перекритті закріплюється так, щоб її верхній край був врівень з поверхнею печі.

Всі завантажувальні люки (рис. 3.2) мають розташовуватись співвісно за довжиною камери та батареї, щоб не виникло неспіввісності завантажувальних люків та бункерів вугленавантажувального вагону, що ускладнює схід шихти.

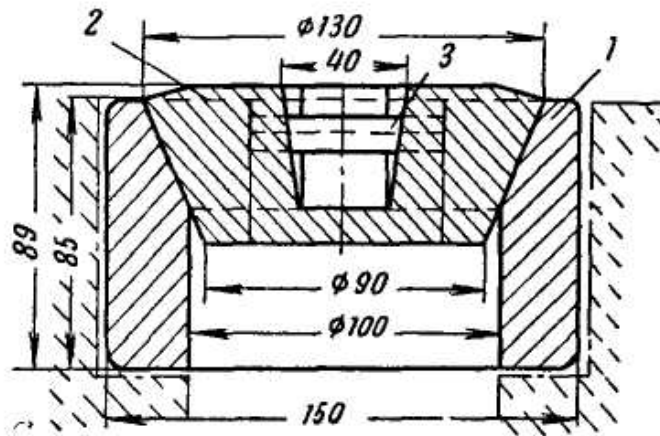


1 – корпус; 2 – штир; 3 – пластина; 4 – упор
Рис. 3.2. Кришка завантажувального люку

Рами завантажувальних люків мають щільно прилягати до кладки перекриття. В протилежному випадку в щілинах внаслідок вторинного піролізу парогазових продуктів в підсклепінневому просторі відкладається піровуглець, який видавлює раму люка з гнізда. Відбувається т.зв. «зростання» люків, що ускладнює, а згодом взагалі робить неможливим пересування вугленавантажувального вагону. Це призводить до необхідності перекладання верху печей.

На кришках завантажувальних люків для їх механізованого знімання є центрувальний штир та лекало для захвату і повороту кришки при зніманні та установці.

Ради оглядових лючків (рис. 3.3) закладаються так само, як і ради завантажувальних лючків. Для заміру температур і тисків в вертикалах та контролю стану верхньої частини регенераторів в оглядових лючках є спостережні вічка. В них вставляють чавунні трубки з кришками, ущільнені вогнетривким шнуром та шамотним розчином.

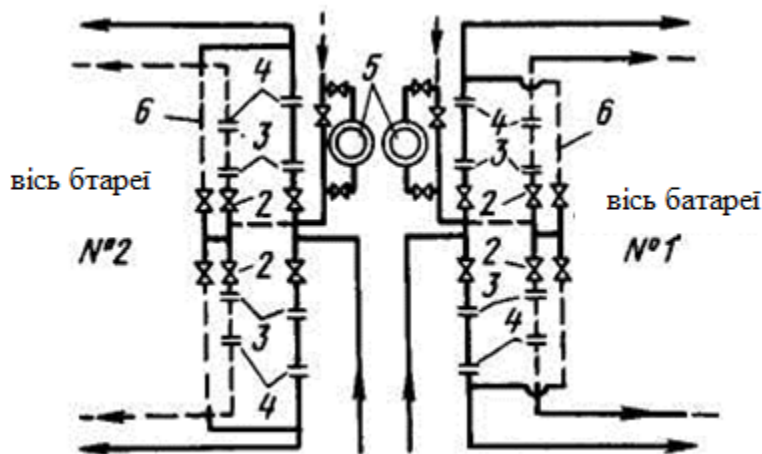


1 – втулка; 2 – кришка; 3 – перемичка.

Рис. 3.3. Оглядовий лючок

3.3 Опалювальна арматура коксових печей

Опалювальний газ подають на батарею в районі кантувального приміщення. Схема подачі газу показана на рис. 3.4. Коксовий газ надходить на опалення з цеху сіркоочищення, а за його відсутності – з цеху вловлювання після бензольного відділення.



1, 2 – засувки; 3 – дросельні клапани; 4 – діафрагмі; 5 – газопідігрівачі; 6 – трубопроводи; — — — — доменний газ; - - - - - опалювальний коксовий газ.

Рис. 3.4. Схема підводу газу:

У відповідності з п. 10.240 ПТЕ-2017 коксовий газ перед подачею на опалення підігривають в газопідігривачах глухою парою до 60-70 °С для запобігання випадання нафталіну та конденсату в розподільчих газопроводах та арматурі.

Газопідігривач є кожухотрубчастим теплообмінником. Газ проходить трубами, насичена пара тиском 0,3-0,5 МПа – між трубами. Температура підігріву регулюється автоматично.

Доменний газ на опалення батареї подається після його знепилювання в доменному цеху до концентрації пилу не більше 4 мг/м³ у відповідності з п. 10.247.2 ПТЕ-2017.

Підвідні та розподільчі газопроводи опалювального газу мають засувки, вимірювальні діафрагми та дросельні пристрої для автоматичного регулювання подачі газу на опалення.

На батареях з бічним підводом розподільчі газопроводи коксового газу розташовують в бічних тунелях, а доменного газу – в спеціальних тунелях по боках батареї нижче рівня подових каналів.

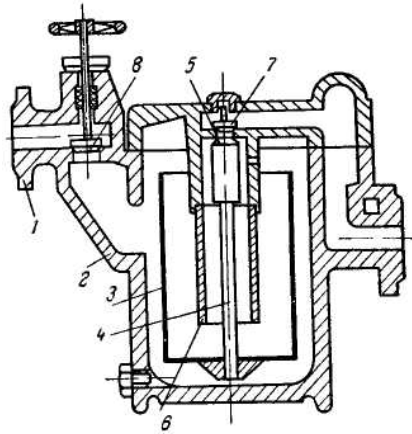
На батареях з нижнім підводом два розподільчих газопроводи коксового газу по боках знаходяться під верхньою фундаментною плитою в нижньому тунелі.

По кінцях газопроводів встановлюють продувні свічі діаметром 75-100 мм, виведені на 5 м від верху батареї. Свічі мають автоматично спрацьовуючі затвори з противагами, відрегульованими на робочий тиск газу (1000-1500 Па у відповідності з п. 10.283.4 ПТЕ-2017).

Для відводу конденсату на підвідних та розподільчих газопроводах є конденсаційні горщики (рис. 3.5), куди можуть подаватись технічна вода або пара. Конденсат з газопроводів відводиться до фекальної каналізації або у відстійники гасильних веж.

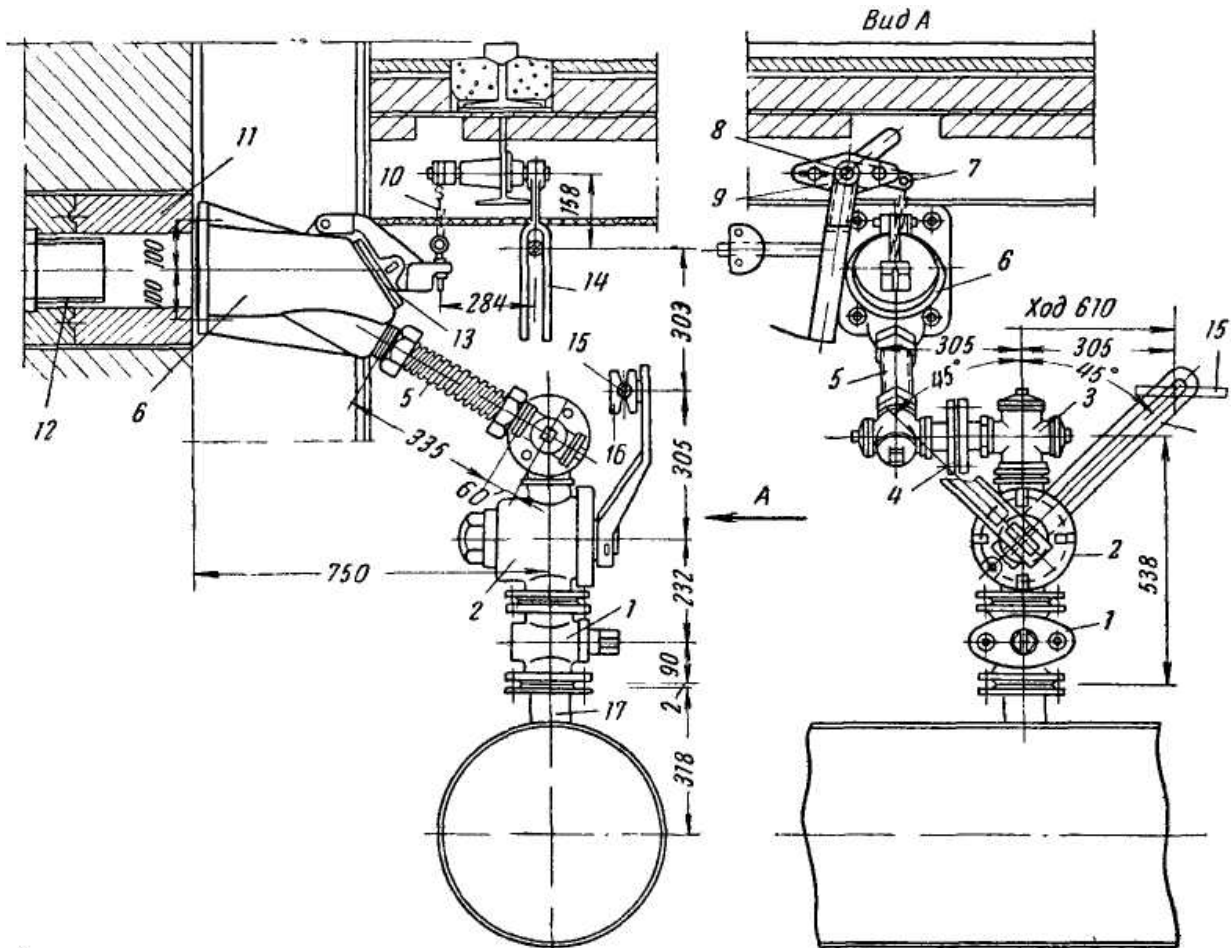
У верхній частині конденсаційного горщика є штуцер, що сполучує її з продувною свічею вище її затвору. Коксовий газ подають до корнюрів крізь стопорний та реверсивний (кантувальний) крани, гнучкий сталевий шланг, газову «пушку» та чавунний вкладиш у кладці, що є початком корнюру (рис. 3.6).

Реверсивний кран призначений для періодичної подачі газу до простінку протягом відповідного кантування (рис. 3.7).



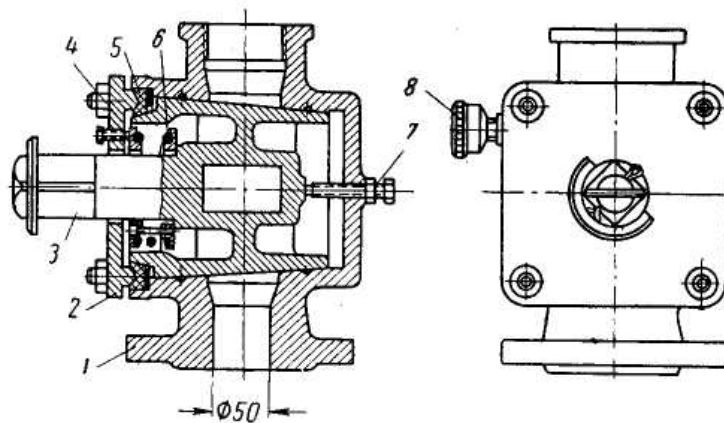
1 – штуцер для надходження конденсату; 2 – корпус; 3 – відкритий поплавков; 4 – стрижень поплавку; 5 – подвійний клапан; 6 – патрубок; 7 – зворотний клапан; 8 – продувочний вентиль.

Рис. 3.5. Конденсатовідвідник з відкритим поплавком:



1 – стопорний кран; 2 – кантувальний кран; 3 – хрестовина; 4 – діафрагма з патрубком; 5 – сталевий гнучкий шланг; 6 – газова пушка; 7 – важель; 8 – ось; 9 – втулка; 10 – ланцюг; 11 – вкладиш; 12 – манжета; 13 – кришка; 14 – важель; 15 – тяга; 16 – зажим; 17 – патрубок.

Рис. 3.6. Арматура опалення коксовим газом



1 – корпус; 2 – кришка; 3 – пробка; 4 – шпилька; 5 – сальникова набивка; 6 – пружина;
7 – болт для витискування заклиненої пробки; 8 – маслянка.

Рис. 3.7. Реверсивний (кантувальний) кран для коксового газу:

Стопорний кран слугує для відключення подачі газу на простінок за технологічних причин, ремонту та заміни кантувального крану, діафрагми або гнучкого шлангу, а також для чищення арматури.

Газова пушка є фасонною литою чавунною деталлю з двома вхідними та одним вихідним отвором. Вихідний отвір з'єднаний із вкладишем. До нижнього вхідного отвору протягом відповідного кантування з гнучкого шлангу надходить газ. В наступне кантування нижній отвір закривається, та через 2-5 хв за допомогою знеграфічувальної лебідки відкривається верхній отвір, крізь який подається повітря. подача повітря припиняється за 2-5 хв до наступного кантування.

До 1980 р. на печах з боковим підводом застосовували спарену арматуру. Кожний стопорний та кантувальний крани обслуговували два

суміжних корнюри. При цьому кількості газу, що надходять до кожного з корнюрів, були взаємопов'язані. Для усунення цього та зменшення розмірів кранів розробили конструкцію чотириходового крану, що об'єднує арматуру, яка підводить газ до обох корнюрів одного простінку.

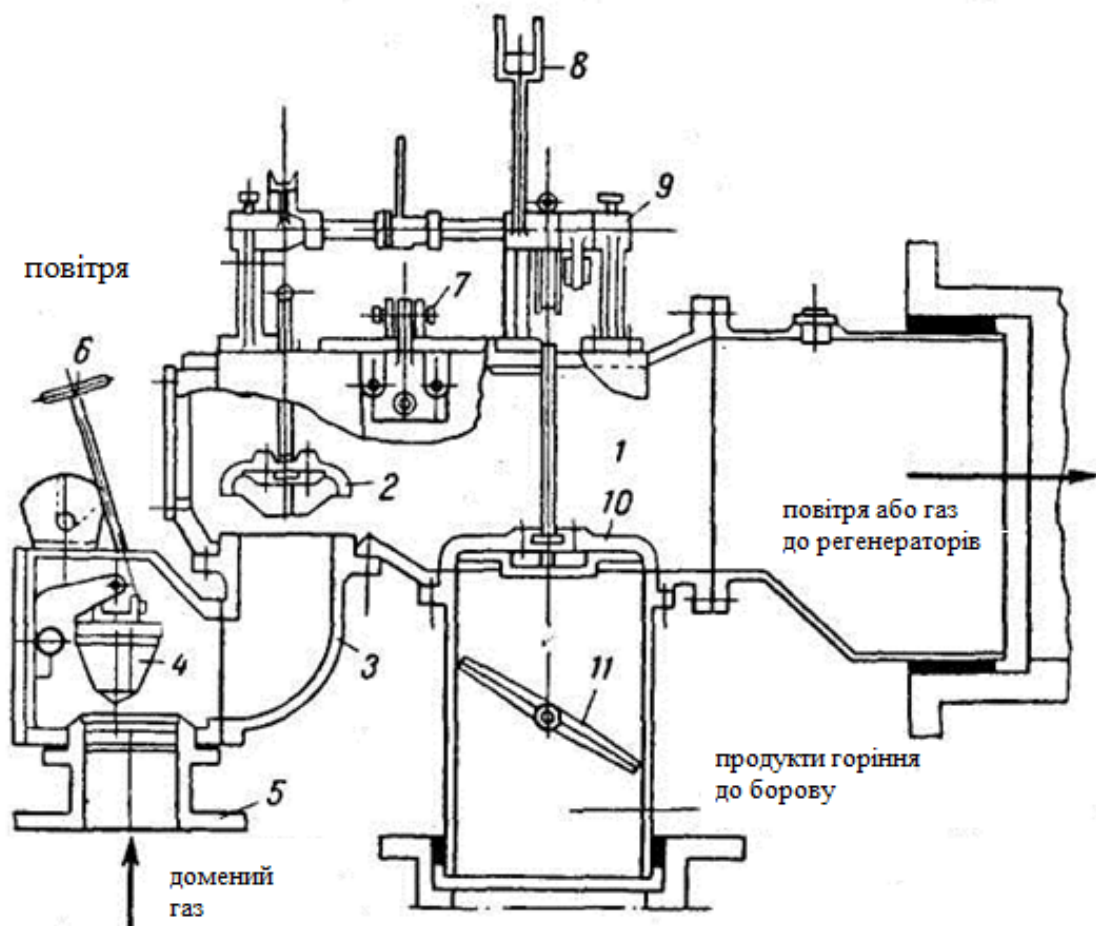
На печах з нижнім підводом коксовий газ подається до вертикальних дюз крізь стопорний та реверсивний крани, розподільчі патрубки, колектори та вертикальні патрубки, встановлені в кладці. Реверсивний кран – чотириходовий з діафрагмованим вікном для знеграфічування дюз та горілок вертикалів низхідного потоку. Кількість газу на пів-простінок дозується за допомогою каліброваних діафрагм, вставлених у фланцеві з'єднання. Під кожним пів-простінком знаходиться по два колектори, сполучених з вертикальними патрубками гумовими перехідниками, закріпленими хомутами. Кількість газу на кожен вертикал регулюється каліброваними шайбами та діафрагмами.

Доменний газ та повітря до подових каналів регенераторів подають крізь газоповітряні клапани.

До газових регенераторів доменний газ надходить крізь регулювальний та реверсивний клапани (рис. 3.8).

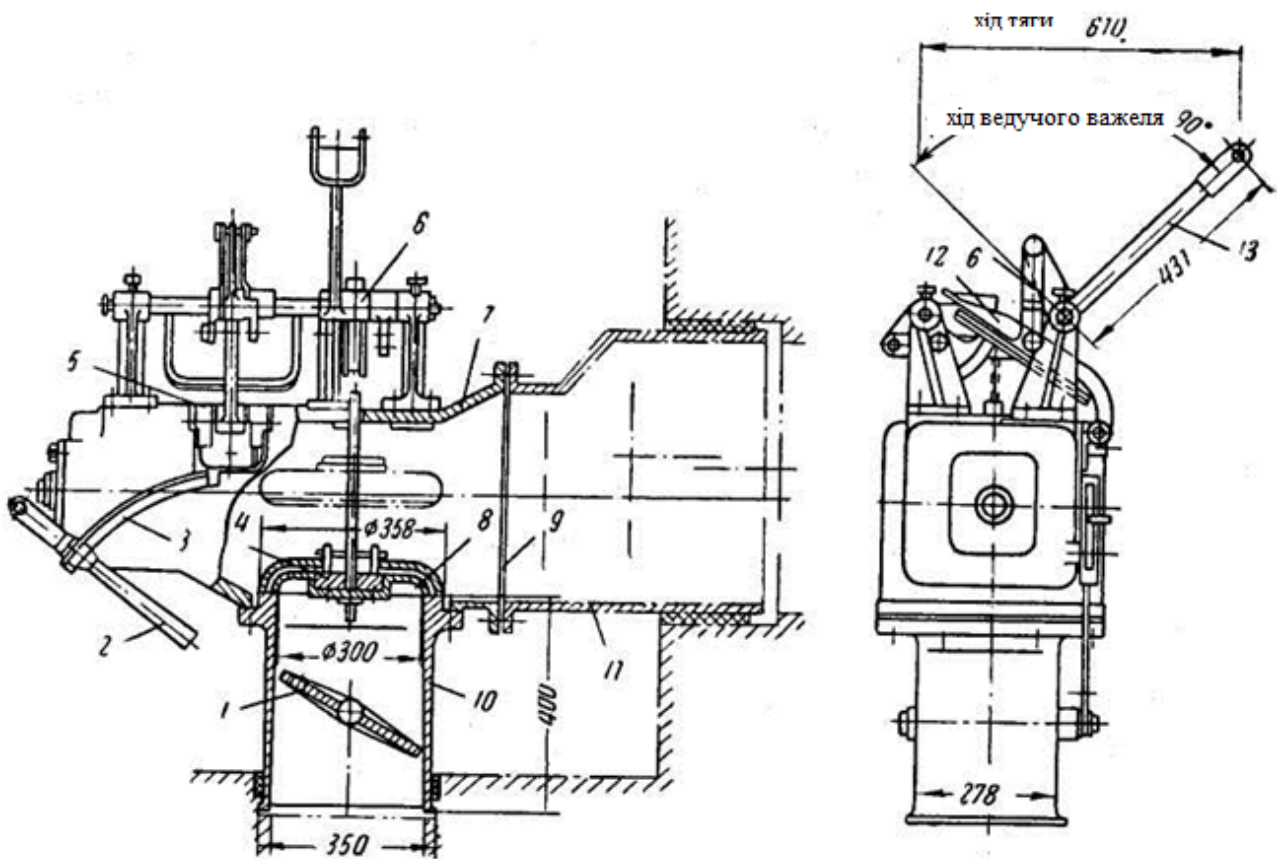
За роботи батареї на коксовому газі реверсивний клапан може приймати повітря крізь повітряну кришку, розташовану в його верхню частину. За роботи на доменному газі ця кришка закріплюється в закритому положенні. За роботи газового регенератора на низхідному потоці продукти горіння виходять крізь димові патрубки та канали до лежака.

Клапани повітряних регенераторів можуть приймати повітря та відводити продукти горіння (рис. 3.9). Реверсивні клапани можуть мати чотири збірки – дві для повітря, газу та продуктів горіння, а дві – лише для повітря та продуктів горіння. Збірки кожної пари відрізняються положенням валу провідного важеля – правим або лівим.



1 – корпус; 2 – кантувальний газовий клапан; 3 – коліно; 4 – регулювальний затвор доменного газу; 5 – патрубок доменного газу; 6 – маховик; 7 – кришка; 8 – головний важель; 9 – кулачково-важельна система; 10 – клапанна тарілка; 11 – дросель-метелик.

Рис. 3.8. Газоповітряний клапан для газового регенератора:



1 – дросель-метелик; 2 – важель; 3 – рейка; 4 – тарілчастий клапан; 5 – верхній отвір; 6 – кулачково-важельна система; 7 – корпус; 8 – нижній отвір; 9 – боковий отвір; 10 – димовий патрубок; 11 – повітряний патрубок; 12 – кришка; 13 – головний важіль

Рис 3.9. Газоповітряний клапан для повітряного регенератору

Збірки для повітря, газу та продуктів горіння мають тарілчасті клапани для впуску доменного газу і патрубки для приєднання регулювальних клапанів. Регулювальний клапан кріпиться на фланцевому з'єднанні до патрубку, привареного к розподільчому газопроводу доменного газу.

Реверсивний клапан за допомогою фланців з'єднується з регулювальним клапаном та перехідним патрубком, що вмонтований в кладку подового каналу.

Дозування подачі доменного газу в регулювальному клапані здійснюється за допомогою штурвалу, що приводить в дію конічний клапан, що перекриває переріз підвідного патрубку.

З регулювального клапану доменний газ надходить до реверсивного клапану крізь газовий патрубок, що перекривається тарілкою. Під час роботи газового регенератору на висхідному потоці димовий патрубок теж перекривається тарілкою. Обидві тарілки кріпляться на штоках, з'єднаних ланцюгами з важільною системою клапану, що приводиться в дію ведучим важелем. Важільна система реверсивного клапану регулюється так, щоб за

кантування опалення газовий та димовий клапани відкривались та закривались цілковито у визначеній послідовності. Це необхідне для запобігання мікрровибухів (т.зв. «хлопків») під час кантування опалення.

3.4 Кантувальне приміщення

Кантувальне приміщення призначене для управління опаленням батареї та встановлення контрольних і регулювальних приладів. До нього виведені керуючі органи засувок підвідних та розподільчих газопроводів опалювального газу, встановлені щит реєструючих та показних приладів, стенд струменевих регуляторів, кантувальна та декарбонізаційна лебідки.

У відповідності з п. 10.2.4 Правил пожежної безпеки для коксохімічних виробництв (НАПБ 01.039-2001), затверджених наказом Мінпромполітики України № 166 від 13.11.2001, в проектах нових коксових батарей до ізольованих кантувальних приміщень забороняється виводити штурвали засувок газопроводів, прокладених у приміщеннях, де може мати місце виділення газу за аварій. В цих випадках до кантувальних приміщень виводять лише органи керування засувками, наприклад, за допомогою пневматичної передачі сигналу.

На щиті КВП розташовані вторинні прилади, що показують або реєструють наступні основні технологічні параметри:

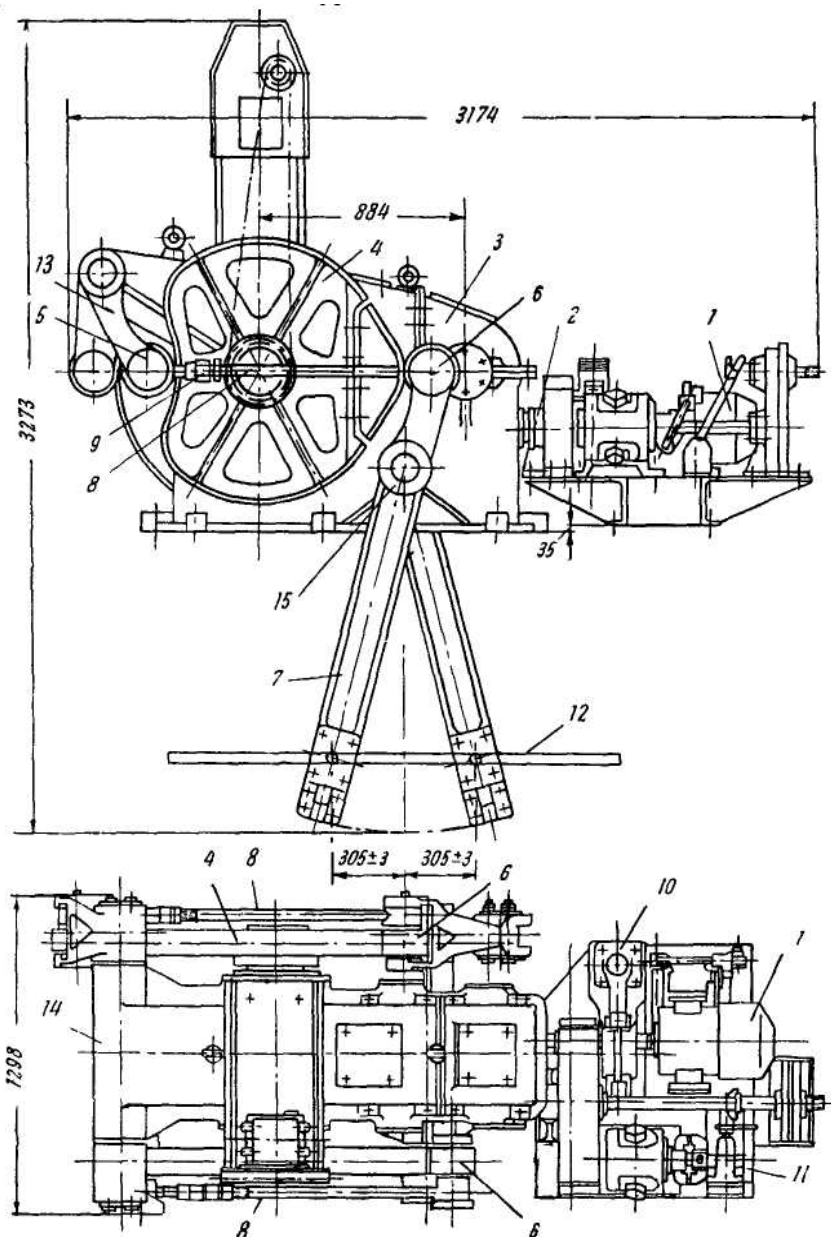
- 1) витрата і тиск опалювальних газів у загальному та розподільчому газопроводах;
- 2) температура опалювального газу;
- 3) розрідження та тиск в загальному та бічних лежаках;
- 4) температура та тиск в газозбірниках;
- 5) розрідження у верхній частині регенераторів висхідного потоку по боках батареї;
- 6) вміст кисню та діоксиду вуглецю в продуктах горіння з лежаків по бокам батареї;
- 7) теплота згоряння опалювального газу;
- 8) кількість виданих печей – кількість вмикань виштовхувальної штанги або насосів гасильної вежі;
- 9) сила струму приводу виштовхувальної штанги;
- 10) вмикання механізмів для відбору проб коксу.

На стенді для струменевих регуляторів встановлюють регулятори витрати або тиску опалювального газу та розрідження в лежаках по боках батареї.

Датчиками для регуляторів витрати приладів контролю є витрато-мірні діафрагми, встановлені у фланцевих з'єднаннях газопроводів в тунелі. Тиски

від вимірюваних точок передаються на контрольні прилади за допомогою імпульсних трубок, герметичність та чистота яких мають систематично перевірятись. Датчики температури газу в газопроводах та газозбірниках – термометри опору (мідні – до 100 °С, платинові – до 500 °С), продуктів горіння в лежаках – термопари. Для визначення складу продуктів горіння застосовують автоматичні газоаналізatori. Теплота згоряння газу визначається за допомогою автоматичного калориметру (наприклад, Juncalor, за безперервного виміру температури води при горінні частини опалювального газу).

Кантувальна лебідка (рис. 3.10) складається з редуктору, на головному валу якого насаджені з двох боків ексцентрикові шайби.



1 – електродвигун; 2 – муфта; 3 – редуктор; 4 – ексцентрикова шайба; 5, 6 – ролики; 7 – перевідні важелі; 8 – тяга; 9 – стяжні втулки; 10 – електромагнитне гальмо; 11 – пневмотурбина; 12 – канати; 13 – важелі; 14, 15 – опори.

Рис 3.10 Кантувальна лебідка

Одна з шайб призначена для переміщення важелю газоповітряних клапанів, інша – важелю кантувальних клапанів. На цих важелях закріплені троси, з'єднані через систему блоків з важелями газоповітряних клапанів та кантувальних кранів. За обертання ексцентрикових шайб їх периметром ковзають ролики важелів, які утримуються в попередньому положенні тягами, що мають стяжні гайки для регулювання ступеню прилягання роликів до шайб.

Важелі мають по два отвори по висоті для кріплення тросу. Якщо трос закріплений на верхніх отворах, його хід за повороту ексцентрикової шайби на 180° менший, ніж при закріпленні на нижніх.

Кантувальний трос за експлуатації розтягується, тому крок штанги кантувального механізму змінюється, а це призводить до порушення повноти закривання та відкривання реверсивних кранів та клапанів. Для контролю за кроком штанг на них закріплюють стрілки, що мають співпадати із стрілками, закріпленими на контрфорсах в тунелі.

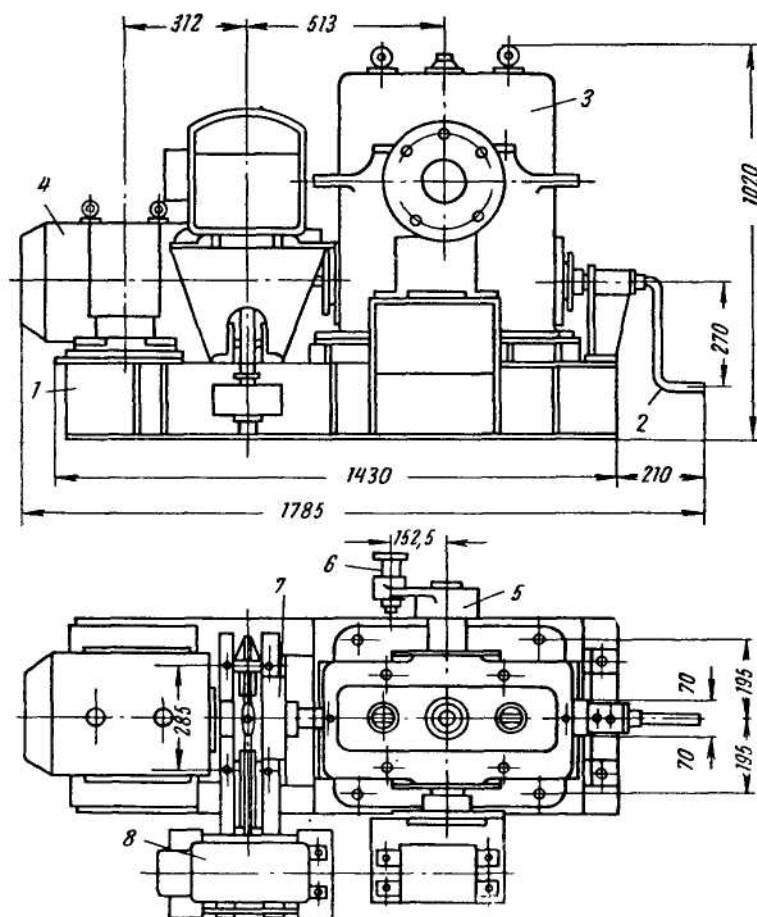
Для забезпечення паузи під час кантування частина дуги шайби кранів коксового газу виконана у вигляді окружності. Важіль лебідки, що переводить реверсивні крани в межах 45-135°, повинен бути вертикальним, щоб запобігти неповного перекриття реверсивних кранів.

Кантувальна лебідка має електропривод, що автоматично (від реле часу) вмикається кожні 20-30 хв у відповідності з вимогами п. 7.230 ПТЕ-2017. На випадок припинення подачі електроенергії або виходу з ладу пускових пристроїв передбачений резервний привід (ручний або пневматичний).

Декарбонізаційна знеграфічуюча лебідка слугує для відкривання та закривання повітряних кришок на газових пушках (рис. 3.11).

Лебідка складається з черв'ячного редуктору, на вал якого насаджений кривошип, пов'язаний з перевідним важелем. Лебідку приводить в дію електродвигун, що вмикається від реле часу. Тривалість підйому кришок декарбонізації близько 2 с. За відсутності електричного струму вал редуктору може обертатись вручну.

Декарбонізаційна лебідка працює лише за опалення батареї коксовим газом, причому за малих періодів коксування повітряні кришки мають відкриватись дещо більше. Робота декарбонізаційного пристрою контролюється за співпадінням стрілок, закріплених на штанзі та контрфорсу в тунелі.



1 – фундаментна рама; 2 – ручний аварійний привід; 3 – черв'ячний редуктор; 4 – електродвигун; 5 – кривошип; 6 – палець; 7 – еластична муфта; 8 – електромагнітне гальмоз.

Рис. 3.11. Знеграфічувальна лебідка:

Контрольні запитання

1. Що спільного та відмінного в конструкціях дверей для різних боків коксової печі?
2. Як улаштована та працює газовідвідна арматура коксових печей?
3. Як обслуговують газовідвідну арматуру коксових печей?
4. Яке призначення та конструкція закладної арматури коксових печей?
5. Яка схема підведення опалювального газу використовується на коксових батареях?
6. Як подають коксовий газ на печах з бічним підведенням?
7. Як подають коксовий газ на печах з нижнім підведенням?
8. Як подають доменний газ та повітря до опалювальної системи коксових печей?
9. Для чого призначене кантувальне приміщення?

10. Для чого і як підігрівають коксовий газ перед подачею до опалювальної системи коксових печей?
11. Які прилади розташовані в кантувальному приміщенні?
12. Як улаштована та як працює кантувальна лебідка?
13. Як улаштована та як працює знеграфічувальна та декарбонізаційна лебідка?

Перелік джерел до 3-го розділу

1. ПТЕ-2017 Правила технічної експлуатації коксохімічних підприємств. – Харків : ДП «Гипрококс», 2018. – 283 с.
2. Справочник коксохимика. – 3-е изд. Т. 2. Производство кокса // Борисов Л.Н., Волков В.И., Деревич В.В., Калиберда Н.С. Гл. 4. Оборудование коксовых батарей. – Харьков : ИД ИНЖЭК, 2010. – С. 150 - 219.
3. Лейбович Р. Е. Технология коксохимического производства / Р. Е. Лейбович, Е. И. Яковлева, А. Б. Филатов – М. : Металлургия, 1982. – 340 с.
4. Ткачев В. С. Оборудование коксохимических заводов / В. С.Ткачев, М. А. Остапенко – М. : Металлургия, 1983. – 360 с.
5. Непомнящий Л. И. Механическое оборудование и металлоконструкции коксовых батарей / Л. И. Непомнящий, Е. В. Дариенко, В. А. Бежин – Донецк : Унитех, 2011. – 368 с.
6. НАПБ 01.039-2001. Правила пожежної безпеки для коксохімічних виробництв. – Харків : Гипрококс, 2001. – 160 с.

4. КОКСОВІ МАШИНИ

4.1 Загальна характеристика

Сучасні печі обслуговують наступні коксові машини:

- вугленавантажувальний вагон;
- коксовиштовхувач;
- дверезнімальна машина;
- коксогасильний (за мокрого гасіння) або коксовозний (за сухого гасіння) вагон з електровозом – гасильна пара.

Кожна батарея з 61-77 печей обслуговується повним комплектом машин, за виключенням гасильної пари, яка обслуговує дві батареї. На підставі п. 10.37 ПТЕ-2017 в цеху або на блоці батарей на кожні повні або неповні два робочих комплекти машин має бути один резервний.

За допомогою цих машин здійснюються всі операції із завантаження печей шихтою та видачі коксу.

4.2 Вугленавантажувальний вагон

У відповідності з п. 10.15 ПТЕ-2017 вугленавантажувальний вагон має бути обладнаний пристроями для виконання наступних робіт:

- механізованого відкривання затворів вугільної башти;
- автоматичного набору заданої кількості шихти з вугільної башти до бункерів вагону;
- відкривання кришок завантажувальних люків;
- посадки та підйому телескопічних затворів на завантажувальні люки;
- автоматичного спорожнення бункерів в заданій послідовності;
- усунення зависань та прискорення сходу шихти з бункерів до камери;
- відкривання та закривання кришок газовідвідних стояків та кранів системи бездимного завантаження;
- чищення труб, колін та привальних поверхонь стояків;
- встановлення завантажувальної машини за віссю камери.

Додатково вугленавантажувальні вагони можуть бути також обладнані пристроями для зважування шихти з відповідними вказівниками та пристроями для відсмоктування газів завантаження, аераторами для прибирання верху печей, а також краном-укосиною, пристроєм для встановлення-виймання термопар тощо.

Шихту до бункерів вагону набирають з вугільної башти.

Вагони мають черв'ячно-гвинтові механізми для відкривання затворів вугільної башти з індивідуальними електроприводами.

Набір шихти з різних відсіків та рядів затворів вугільної башти здійснюють в певному порядку, щоб забезпечити рівномірне сходження вугілля з башти.

Контроль за набором шихти в бункера навантажувального вагону можна здійснювати за об'ємом або за масою шихти.

В сучасних умовах більш розповсюджений перший спосіб. Для цього на кожному бункері навантажувального вагону встановлений датчик заповнення, що є кінцевим вимикачем, який при заповненні бункеру шихтою спрацьовує та вмикає привід механізму закривання відповідного затвору вугільної башти.

Для забезпечення безперервного сходу шихти з відсіків вугільної башти застосовують комплекс пристроїв пневмообвалення, що складається з компресорної станції, повітрязбірників з повітропроводами та комунікацій у вугільній башті. Мінімальний тиск повітря в колекторі 0,25-0,30 МПа, витрата повітря на одне пневмообвалення 5,0-5,5 м³. На нових батареях система пневмообвалення вмикається автоматично за припинення сходу шихти з башти.

Вугленавантажувальний вагон має встановлюватись співосно завантажувальним люкам коксової камери з точністю ± 10 мм.

Перед завантаженням камери коксування шихтою знімають кришки завантажувальних люків. Всі операції з обслуговування завантажувальних люків виконуються з однією установки завантажувального вагону.

Після зняття кришок завантажувальних люків опускають телескопи бункерів завантажувального вагону, висувають шибери та випускають шихту до камери.

Послідовність випуску шихти з бункерів завантажувального вагону визначається технологією бездимного завантаження коксових печей. Звичайно спочатку випускають шихту з крайніх бункерів (≈ 80 % від загальної маси), а після цього – залишок із середнього.

За планування здійснюють прибирання просипів шихти з верху батареї до завантажувальних люків. Потім встановлюють кришки люків, закривають планірні дверцята та вимикають паро-(гідро-)інжекцію в стояках печей.

На сучасних вугленавантажувальних вагонах передбачене механічне управління інжекцією, а також кришками стояків та гідро затворами клапанних коробок для вмикання завантаженої печі до газозбірників. Для цього у крайніх бункерів завантажувального вагону на кронштейнах під робочою площадкою встановлений механізм, що є черв'ячним редуктором з електроприводом та важелями. За включення двигуна важелі повертаються, рухаючи важільну систему стояку відповідної печі та повертаючи кран інжекції.

Після завершення завантаження печі навантажувальний вагон від'їздить під вугільну башту.

Перед видачею коксу піч має бути відключена від газозбірника. Це досягається шляхом відкривання кришок стояків, при цьому одночасно піднімається клапанна тарілка, що створює гідро затвор, що і відключає піч від газозбірника.

Відкриті стояки та їх горловини очищують від відкладень «графіту» та нагару. Чищення стояків здійснюють спеціальним механізмом, що складається з каретки з блоком, що пересувається похилими спрямовуючими рейками за допомогою ланцюгу, навитого на барабан редуктору. На ланцюгу підвішена болванка з рифленою поверхнею («йорж»). За роботи електродвигуна ланцюг змотується з барабану та каретка з «йоржем» під дією власної ваги опускається спрямовуючими рейками. Коли каретка сягає крайнього переднього положення, «йорж» знаходиться над отвором стояку та може здійснювати в ньому зворотно-поступальні рухи у вертикальному напрямку.

На підставі п. 10.27 ПТЕ-2017 стояки чистять перед видачею коксу з камери до відведення дверей.

Роботи на верху печей проводять машиніст навантажувального вагону та 1-2 люкових.

На деяких батареях старої конструкції при заїзді вугленавантажувального вагону під вугільну башту з коксового боку утворюється негабаритний простір між бункером вагону та будівельними конструкціями. Це створює травмонебезпечну ситуацію.

4.3 Коксовиштовхувач

Коксовиштовхувач сучасної конструкції виконує наступні технологічні операції:

- 1) пересування фронтом коксової батареї;
- 2) зняття та установку дверей з машинного боку батареї;
- 3) видачу готового коксового пирога з печі з одночасним знеграфічуванням склепіння коксової камери;
- 4) чищення дверей машинного боку батареї;
- 5) чищення броней та рам з машинного боку батареї;
- 6) чищення планірного лючку;
- 7) планування вугільного завантаження коксової камери з механічним відкриванням та закриванням планірного лючку.

З метою суміщення різних операцій, одночасно виконуваних коксовиштовхувачем на різних печах, відстань між осями двереййомного

пристрою та планірної штанги дорівнює чотирьом або п'яти відстаням між осями коксових печей, а між осями планірної та виштовхувальної штанг – двом відстаням між осями печей.

Каркас коксовиштовхувача складається з двох частин – верхньої та нижньої (постаменту). На нижньому майданчику розташовані привід механізму пересування, кабіна контакторних панелей, повітрозбірник, компресор, змійовик повітропроводу. На верхньому майданчику розташовані дверезйомний пристрій, виштовхувальна штанга з приводом, планірний пристрій, механізм відкривання та закривання планірних дверцят, бункер для підпланірної шихти, кабіна машиністу.

Проектна швидкість коксовиштовхувачу 100 м/хв. При підході до чергової печі, що видають, дверезйомний пристрій встановлюють співосно з камерою.

Дверезйомний пристрій складається з наступних основних вузлів:

- 1) механізму відкручування та закручування ригельних гвинтів;
- 2) механізму зриву дверей;
- 3) механізму пересування дверезйомної штанги.

Перша частина робочого циклу дверезйомного пристрою складається з наступних операцій: підвід дверезйомної штанги до дверей; захват дверей за кишені; відкручування ригельних гвинтів; вивід ригелів з крюків рами; зрив дверей (тобто підйом їх на 10-15 мм на захватах); відведення дверезйомної штанги з дверями від печі; підйом дверей на 300-400 мм та поворот їх на 180° для зручності чищення.

Після відводу знятої двері співосно з камерою встановлюють виштовхувальну штангу. Після доповіді з коксової сторони машиністів дверезйомної машини та електровозу про готовність до приймання коксу подають в камеру виштовхувальну штангу та видають кокс. Одночасно знеграфічують склепіння камери.

Тиск повітря на знеграфічування складає 0,5-0,7 МПа. Сопла знеграфічування розташовуються на відстані 100 мм від склепіння камери. Стиснене повітря до сопел знеграфічування подається від компресорного пристрою автоматично одночасно з початком ходу виштовхувальної штанги вперед гнучким шлангом, що намотується на барабан з натяжним пристроєм. Обертання барабану автоматично керується ходом штанги за допомогою закріпленого на ній тросу, а також вантажним натяжним пристроєм. За виходу виштовхувальної штанги з печі повітря відключається також автоматично.

Під час виштовхування коксу здійснюються операції чищення. По завершенні видачі здійснюється друга частина робочого циклу дверезйомного пристрою: підведення дверезйомної штанги з дверями до печі; встановлення

ригелів на крюки рами; опускання дверей на поріг рами; закручування ригельних гвинтів; відведення дверезйомної штанги у вихідне положення. Потям для підготовки до планування встановлюється жолоб під планірним лючком. За доповіддю машиніста вугленавантажувального вагону про завершення завантаження шихти з двох крайніх бункерів та початку завантаження із середнього бункеру відкривається планірний лючок та в піч подається планірна штанга.

Планування вугільного завантаження є однією з найвідповідальніших операцій процесу завантаження, від якої залежать:

1) рівномірний розподіл шихти за довжиною коксової камери та повнота завантаження;

2) потрібні висота підсклепінневого простору (250-350 мм на підставі п. 10.22 ПТЕ-2017), температура в ньому (не більше 820 °С за п. 10.204 ПТЕ-2017), вихід та якість коксового газу і хімічних продуктів;

3) ступень ущільнення верхньої частини вугільного завантаження, температура верхньої частини коксового пирогу та якість коксу;

4) продуктивність батареї коксових печей;

5) час завантаження, загальний машинний час на обробку печі, кількість викидів газу та пилу в атмосферу.

Планірний пристрій коксовиштовхувача є планірною штангою прямокутного перерізу, що рухається від двох роздільних тросів, намотаних на загальний барабан, який обертається від електродвигуна через редуктор та відкриту зубчасту пару. Для ліквідації аварійних ситуацій (видалення штанги з печі за відмови електроприводу) передбачений також ручний привід від штурвалу, закріпленого на швидкохідному валу редуктору.

Швидкість руху планірної штанги 51-92 м/хв.

За правильно встановленої норми набору шихти по бункерах вугленавантажувального вагону та раціональній технології завантажування і планування величина планірного вигребу з однієї камери не повинна перевищувати 100-150 кг. В той же час повна відсутність планірного вигребу також небажана, оскільки при цьому складно контролювати зниження величини разового завантаження шихти до камери коксування та вживати заходів для запобігання цьому небажаному явищу.

За планування шихта має «спливати», спираючись на завантажену шихту. Наприкінці планування відстань від склепіння камери до планіру за правильного регулювання балансирних та опорних роликів має складати в люках з машинного боку 100-110 мм, в середніх люках 80-90 мм та з коксового боку 60-70 мм. Положення планіру в печі перевіряють щомісяця.

Шихта планірного вигребу з жолобу ссипається до бункеру ємністю 3,5-4,5 м³. По завершенні планування планірна штанга вилучається з печі, дверцята планірного лючку зачиняються, жолоб повертається до вихідного положення. Після заповнення бункеру планірного вигребу коксовиштовхувач під'їздить до вугільної башти, де шихту перевантажують до скипового підйомнику, піднімають на верх батареї та завантажують до бункеру навантажувального вагону з машинного боку.

Коксовиштовхувач обслуговує машиніст та 1-2 деревих. Травмонебезпечним є простір робочого майданчику між виштовхувальною штангою та фасадом батареї. Прохід через цей простір заборонений (за необхідності проходять лише обслуговуючими майданчиками коксовиштовхувача). Знаходиться в зазначеному просторі можуть лише дереві. Також необхідно бути обережним за знаходження на робочих майданчиках батареї через ризик падіння з висоти

4.4 Дверезйомна машина

Дверезйомна машина сучасної конструкції може виконувати наступні технологічні операції:

- 1) пересування фронтом робочого майданчику з коксового боку батареї;
- 2) зняття та установку дверей печей з коксового боку;
- 3) пересування коксопрямуючої ванни;
- 4) чищення дверей, броней та рам з коксового боку.

Для виконання цих операцій на дверезйомній машині передбачені відповідні механізми.

Коксопрямуюча ванна встановлюється на окремому причепному візку справа або зліва від дерезйомної частини машини. Необхідність двох виконань дверезйомних машин викликана веденням видачі коксу в напрямку установки гасіння, щоб вагон з розпеченим коксом не проїжджав повз кабінку машиніста дверезйомної машини.

Обслуговчий майданчик з коксового боку батареї за коксопрямуючою ванною є небезпечною зоною, оскільки за руху машини в цьому напрямку машиніст не має огляду. Через малу ширину майданчику з коксового боку практично відсутній зазор між дверезйомною машиною та фасадом батареї. Також при знаходженні на майданчику з коксового боку небезпекою є вагони з розпеченим коксом, що рухаються повз. Дверезйомна машина обслуговується машиністом та одним-двома деревими. Всі інші працівники можуть знаходитись на робочому майданчику лише через безпосереднє виконання доручених їм робіт, за погодженням з начальником зміни та з відома машиніста

дверезійомної машини. Знаходження на робочому майданчику з коксового боку осіб, безпосередньо не зайнятих виконанням робіт, заборонене.

4.5 Коксогасильний (коксовізний) вагон

Коксогасильний вагон слугує для виконання наступних технологічних операцій:

- 1) прийом розпеченого коксу з печі;
- 2) транспортування розпеченого коксу до установки мокрого або сухого гасіння;
- 3) транспортування погашеного коксу до рампи для вивантаження.

Гасильний вагон складається з платформи (рами) з ходовими візками, кузову з розвантажувальними затворами та механізмів управління. Кузов є металевим каркасом, нахиленим під кутом 28° , облицьованим зсередини жаротривкими плитами, між якими залишені температурні зазори 5-8 мм. Дно кузову обшите металевими листами для запобігання дії води на розташовані під ним механізми. Ємність кузову має забезпечувати прийом коксу з однієї камери. Кузов має два бічних розвантажувальних затвори з механізмами автоматичного та ручного управління.

Коксовізний вагон, що використовується для сухого гасіння коксу, виконує лише дві із зазначених вище технологічних операцій. На відміну від коксогасильного вагону, коксовізний вагон не має однобічного нахилу днища кузову, оскільки вивантаження коксу з коксовізного вагону до форкамери установки сухого гасіння здійснюється крізь верх вагону. Кузов має вантажозахватні пристрої для підйому та перекидання.

Пересування коксогасильного (коксовізного) вагону здійснюється електровозом, причепленим з боку, протилежного установці гасіння, щоб за прийому коксу з камери машиніст знаходився за пультом управління та бачив видачу. Електровоз має два самостійних електроприводи, по одному для кожної пари ходових коліс. Швидкість руху електровозу до 4м/с.

Коксогасильний (коксовізний) вагон з електровозом утворюють в сукупності гасильну пару.

Контрольні запитання

1. Які машини обслуговують коксову батарею?
2. Як визначити потрібну кількість комплектів коксових машин на підприємстві?
3. Які функції виконує вугленавантажувальний вагон?

4. Яка послідовність операцій, виконуваних вугленавантажувальним вагоном за видачі коксу та завантаження печей шихтою?
5. Які функції виконує коксовиштовхувач?
6. Яка послідовність операцій, виконуваних коксовиштовхувачем за видачі коксу та завантаження печей шихтою?
7. Навіщо та як здійснюється планування шихти в камері коксування?
8. Які функції та як виконує дверезнімальна машина?
9. Які функції та як виконує гасильна пара?

Перелік джерел до 4-го розділу

1. ПТЕ-2017 Правила технічної експлуатації коксохімічних підприємств. – Харків: ДП «Гипрококс», 2018. – 283 с.
2. Справочник коксохіміка. – 3-е изд. Т. 2. Производство кокса // Калиберда Н.С., Колесников А.Г. Гл. 6. Машины для обслуживания коксовых батарей. – Харьков : ИД ИНЖЭК, 2010. – С. 243 - 292.
3. Лейбович Р. Е. Технология коксохимического производства / Р. Е. Лейбович, Е. И. Яковлева, А. Б. Филатов. – М.: Металлургия, 1982. – 340 с.
4. Ткачев В. С. Оборудование коксохимических заводов / В. С. Ткачев, М. А. Остапенко. – М. : Металлургия, 1983. – 360 с.
5. Непомнящий Л. И. Механическое оборудование и металлоконструкции коксовых батарей / Л. И. Непомнящий, Е. В. Дариенко, В. А. Бежин. – Донецк : Унитех, 2011. – 368 с.

5. ЗАВАНТАЖЕННЯ ПЕЧЕЙ ШИХТОЮ ТА ВИДАЧА КОКСУ

5.1 Послідовність виконання операцій

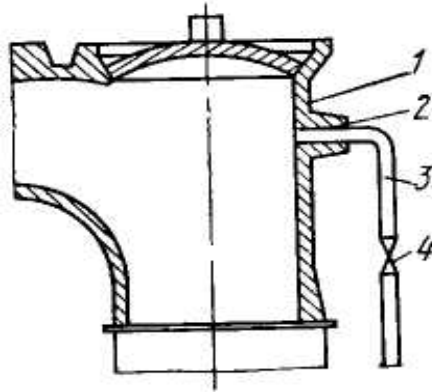
За видачі коксу з камери вугленавантажувальний вагон відключає піч від газозбірника, чистить стояки, коксовиштовхувач та дверезнімальна машина знімають двері камери з машинного та коксових боків відповідно. Напрямна ванна дверезнімальної машини встановлюється в піч. Електровоз встановлює коксогасильний (коксозонний) вагон під піччю, з якої видають кокса та дає сигнал на видачу, здійснювану виштовхувальною штангою коксовиштовхувача. Після видачі електровоз транспортує вагон з коксом на гасіння. Напрямну ванну видаляють з печі.

У відповідності з п. 10.14 ПТЕ-2017 завантаження печей здійснюється безпосередньо за видачею коксу або через одну піч за роботи з порожньою камерою. Розрив між видачею та завантаженням печі має становити не більше 10 хв в першому випадку та 20 хв – в другому. Як виняток, через інтенсивне утворення «графіту» в пічних камерах, за дозволом головного інженеру допускається робота з двома або більше порожніми печами. В цьому випадку припустимий інтервал між видачею та завантаженням збільшується на 10 хв на кожну порожню камеру. Перед завантаженням печі встановлюються двері камери та піч підключається до газозбірника.

При завантаженні печей вугленавантажувальний вагон під'їздить до камери, що завантажувється, закриває кришки стояків, відкриває завантажувальні люки печі, встановлює на них телескопічні затвори бункерів для шихти, вмикає систему бездимного завантажування та починає випуск шихти, спочатку з крайніх бункерів. Після їх спорожнення (≈ 80 % від маси загального завантаження) починається випуск шихти із середнього бункеру. В цей час за спеціальним сигналом з коксовиштовхувача в печі, що завантажувється, відкривається планірний лючок та крізь нього для розрівнювання (планування) шихти в камері подається планірна штанга. Після завершення завантажування з печі видаляється планірна штанга, телескопічні затвори підіймаються, закриваються завантажувальні люки та планірний лючок, вимкається система бездимного завантажування. Вугленавантажувальний вагон під'їздить під вугільну башту, відкриває затвори на розвантажувальних отворах, набирає шихту для завантаження чергової камери, закриває затвори та їде до печі, яку необхідно обробляти.

5.2 Бездимне завантаження коксових печей

Бездимність завантаження, як правило, забезпечують шляхом відсмоктування всіх газів завантаження до газозбірника. В 80-х р.р. найпоширенішим був метод евакуації газів завантаження крізь стояки за допомогою *парових інжекторів* (рис. 5.1).



1 – стояк; 2 – форсунка; 3 – паропровід; 4 – вентиль.

Рис. 5.1. Схема установки форсунки для парової інжекції на стояку:

Ефективність відсмоктування залежить від тиску пари у форсунках (0,7-0,9 МПа). Гази завантаження, надійшовши до стояку, охолоджуються паром та зменшуються в об'ємі. При цьому виникає розрідження, під впливом якого до стояку надходять нові порції газів завантаження.

Головним недоліком методу пароінжекції з погляду захисту довкілля є збільшення кількості аміачної води внаслідок конденсації пари, витраченої для відсмоктування газів завантаження (до 15 кг/т шихти).

В останній час переважне розповсюдження отримує *гідроінжекція* з використанням аміачної води циклу газозбірників. Це не потребує пари високого тиску, парова форсунка виключається, використовується одна й та ж сама форсунка і для охолодження газу, і для інжекції, не збільшується об'єм надлишкової аміачної води. Ефективність відсмоктування газів завантаження вища, ніж за пароінжекції. Для реалізації методу необхідний насос тиском до 2-3 МПа та трубопроводи високого тиску для підведення води до форсунок.

У відповідності з п. 10.20 ПТЕ-2017 при завантаженні печей за допомогою паро- або гідроінжекції спочатку почергово спорожнюються крайні бункери вугленавантажувального вагону, а потім – середній з подачею планірної штанги до камери коксування після припинення сходу шихти.

На підставі п. 10.19 ПТЕ-2017 тиск пари або води на інжекцію має забезпечувати розрідження не менше 200 Па під середнім навантажувальним

люком на другій годині періоду коксування за спеціально вмикненої для перевірки інжекції.

За вмикання інжекції кришки стояків мають бути зачинені та піч підключена до газозбірнику.

На підставі п. 10.212 ПТЕ-2017 тривалість застосування інжекції газів при завантаженні має бути не більше 6 хв.

У відповідності з п. 10.19 ПТЕ-2017 технологічним регламентом мають бути обов'язково передбачені заходи, що виключають можливість застосування інжекції після закінчення завантаження камер шихтою.

Для контролю витрати води або пари на інжекцію на газозбірниках по боках батареї встановлюють витратоміри зі вторинними приладами, розташованими на щиті в операторському приміщенні.

Досвід застосування гідроінжекції показав, що системи працюють стійко та за тиску води вище 2 МПа відсмоктування газів забезпечується практично повністю. Недоліком цього методу є необхідність регулярного чищення стояків, коліна яких заростають відкладеннями за 7-10 діб. За недотримання графіку чищення порушується форма струменів, внаслідок чого ефективність інжекції різко знижується.

5.3 Вловлювання коксового пилу на установках безпилової видачі коксу

Починаючи з 1976 р. застосовували пересувну систему знепилювання газів видачі, змонтована на дверезнімальній машині. Легкий зонт сполучався з групою з двох циклонів ЦН-15-800 та димосмоктом. Такі системи за випробувань на батареї з обсягом камер 41,6 м³ вловлювали ~750 кг/добу пилу. Однак передбачене проєктом видалення пилу з бункерів циклонів шнековими транспортерами виявилось непрацездатним, внаслідок чого циклони швидко забивались пилом, що призвело до інтенсивного зносу димосмоктів та виходу їх з ладу.

1983 р. була введена до експлуатації перша установка безпилової видачі коксу (УБВК) із стаціонарною системою відсмоктування та очищення газів. Вона являла собою систему видалення та знепилювання газів видачі у вигляді зонту над гасильним вагоном, сполученого з колектором, звідки газу видачі відсмоктувались крізь пиловловлювачі вентилятором типу ВМ-18А продуктивністю 104 тис м³/год. Знепилювання газів видачі відбувається в осаджувальній камері та апаратах КМП. В наступні роки була змонтована ще низка схожих установок.

Однак стаціонарні системи відсмоктування складні за конструкцією та експлуатацією, їх створення, особливо на відносно невеликих заводах, вимагає

значних капітальних витрат. Тому актуальними залишаються і пересувні установки. На одній з таких дослідно-промислових установок витрата очищеного газу становила 38 тис м³/годину, ефективність вловлювання пилу з газів видачі сягала 78,5 %.

На даний час ДП «ГИПРОКОКС» розроблена типова локальна (пересувна) установка безпилової видачі коксу (рис. 5.2).

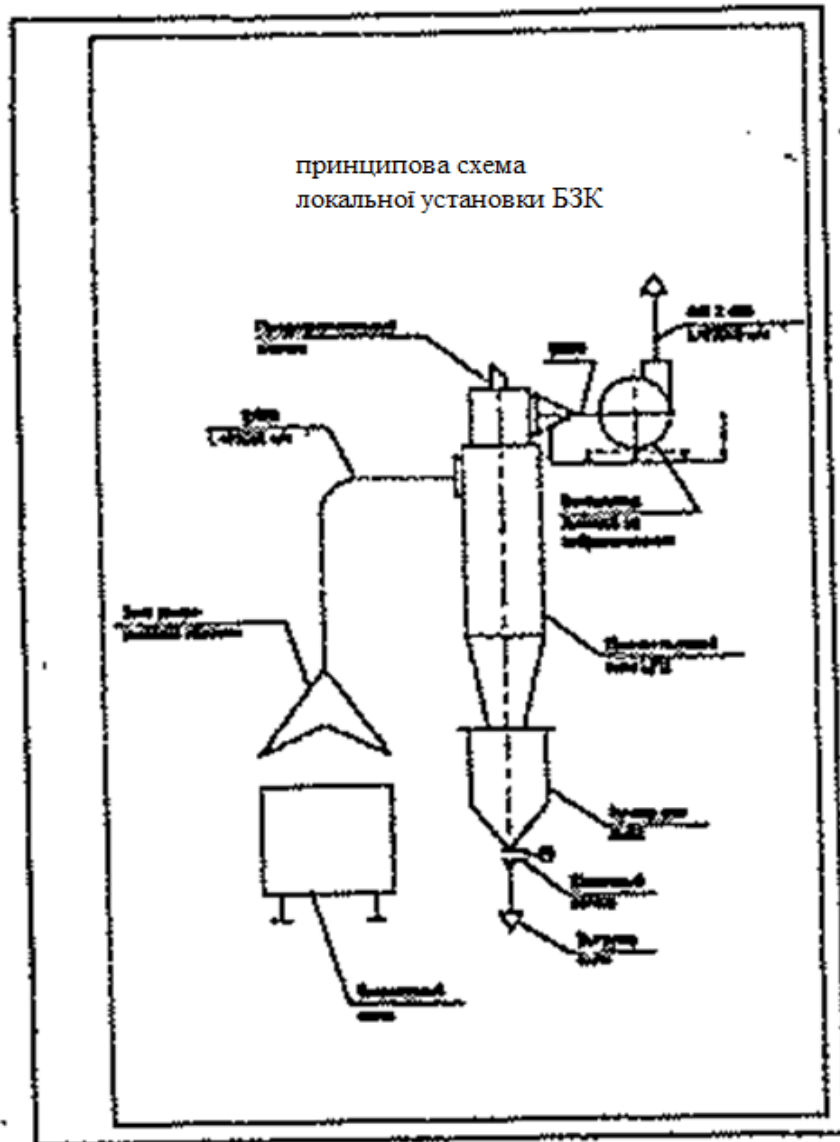


Рис. 5.2. Типова пересувна (локальна) установка безпилової видачі коксу

Відносно низький ступень вловлювання на установках з мокрим очищенням зумовлений поганою змочуваністю коксової пилу. Тому при розробці як стаціонарних, так і пересувних систем слід орієнтуватись, принаймні на першій стадії, на апарати сухого очищення. Найпростішим варіантом є система з конічних циклонів.

ДП «ГИПРОКОКС» розроблена також типова схема стаціонарної установки безпилової видачі коксу, реалізована на батареях № № 3 та 4 КХВ ПрАТ «МК «АЗОВСТАЛЬ» (рис. 5.3). Конструкція цієї установки згідно п. 10.75.1 ПТЕ-2017 складається із зонту, розміщеного на дверезнімальній машині, стикувальних пристроїв для передачі пилогазоповітряної суміші до стаціонарного колектору, прокладеного з коксового боку батареї, та аспіраційного пристрою, що містить димосмокти, циклони для відділення грубодисперсного пилу та рукавних фільтрів для очищення від дрібнодисперсного пилу.

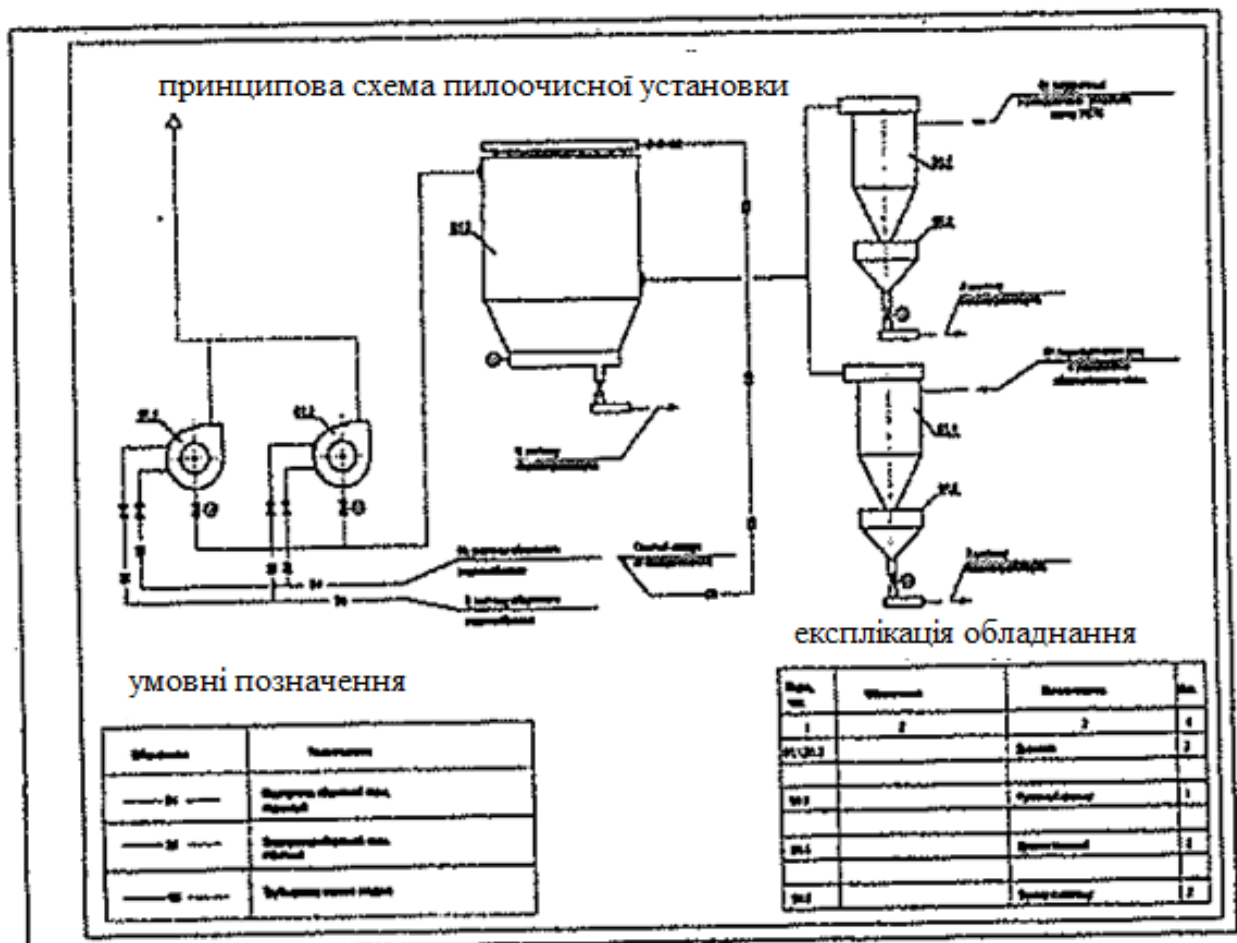


Рис. 5.3. Принципова схема типової стаціонарної установки безпилової видачі коксу

За роботи установки дверезнімальна машина встановлюється навпроти печі, з якої видається кокс, з наступним стикуванням зонта з колектором. Під дією розрідження, створюваного в колекторі димосмоктом, відбувається відсмоктування пилогазоповітряної суміші, що виділяється за видачі коксу. Після цього пилогазоповітряна суміш надходить до колектору, звідки спрямовується в систему сухого очищення в два ступені:

- інерційний пиловловлювач (циклони);

– тканинні (рукавні) фільтри.

Очищена від коксового пилу газоповітряна суміш скидається крізь трубу до атмосфери. Регенерація поглинальної здатності рукавів фільтру здійснюється посекційним продуванням осушеним повітрям.

Основні параметри роботи установки безпилової видачі коксу визначені п. 10.75.2 ПТЕ-2017:

- концентрація коксового пилу у відсмоктуваній суміші – до 8 г/м³;
- температура суміші – близько 70 °С;
- тривалість видачі коксу з однієї камери – 45-50 с;
- кількість печей батареї, з яких видається кокс за годину – 5-6;
- те ж для блоку з двох батарей – 10-12.

Згідно з наказом Мінприроди України № 184 від 30.05.2014 та п. 10.75.3 ПТЕ-2017 кінцева концентрація коксового пилу в пилогазовій суміші після очищення для діючих установок – не більше 50 мг/м³, для знов споруджуваних установок – не більше 35 мг/м³.

На підставі п. 10.75.3 ПТЕ-2017 максимальне розрідження під час роботи установки досягається безпосередньо під час видачі коксу. З метою економії електроенергії передбачається частотне регулювання приводу димосмокту зі зменшенням його оборотів в інтервалах часу між видачами коксу.

5.4 Тугий хід та буріння коксового пирога

Для видачі коксового пирога з камери потрібне певне зусилля, що передається від приводу на виштовхувальну штангу коксовиштовхувача. Це зусилля максимальне в момент зсуву з місця коксового пирога. Після цього величина зусилля видачі знижується та лишається практично сталою за сталої швидкості руху коксового пирога.

Наприкінці періоду коксування між коксівним засипом та стінками камери внаслідок усадки коксового пирога має утворитись зазор. Цей зазор полегшує видачу коксового пирога з камери. Якщо величина зазору недостатня або його немає взагалі, то зусилля видачі від виштовхувальної штанги передається не лише на під, а й на стіни камери. При цьому виникає додаткова сила опору виштовхуванню коксу, що дорівнює:

$$P_{\text{оп}} = kP_{\text{гор}}.$$

де k – коефіцієнт опору, $P_{\text{гор}}$ – складова зусилля видачі, що передається в горизонтальному напрямку.

Ця додаткова сила опору викликає необхідність збільшення зусилля видачі, що, в свою чергу, призводить до збільшення сили опору тощо доти, поки коксовий пиріг не зсунеться з місця.

Зусилля видачі характеризують непрямим показником – силою струму приводу виштовхувальної штанги (т.зв. «амперажем»). Для кожної батареї в залежності від її конструкції, технічного стану та навантаження на привід за холостого ходу виштовхувальної штанги у відповідності з п. 10.35 ПТЕ-2017. Ця величина знаходиться звичайно для різних батарей у межах 150-250 А. Перевищення норми називається тугим ходом коксового пирога. Це – негативне явище, яке погіршує умови експлуатації та може викликати руйнування кладки камери.

На підставі п. 10.34 ПТЕ-2017 навантаження на електродвигун реєструється амперметром, встановленим в кабіні коксової батареї або в електроцитовій. Показний прилад встановлюють в кабіні машиніста коксовиштовхувача.

П. 10.36 ПТЕ-2017 вимагає, щоб кожний випадок перевищення гранично припустимого значення навантаження був розібраний у встановленому порядку для усунення його причин та недопущення подібних випадків у подальшому.

В серйозніших випадках коксовий пиріг за видачі заклинює та не виходить з камери. Це називається бурінням печі.

Головними причинами тугого ходу та бурінь коксового пирога є:

- властивості шихти – мала усадка через неправильно складену шихту та порушення технології вуглепідготовки. В цьому випадку тугий хід та буріння відбуваються майже в усіх печах поспіль;

- неправильне завантаження камер – загальне перевантаження, погане планування шихти та забивання завантажувальних люків, велика кількість закинутих в камеру «кінців» (обвалів коксу після зняття дверей) та просипів шихти після прибирання верху печей. Просипи, потрапивши до камери після усадки засипу, можуть заповнити зазор між пирогом та стінкою;

- порушення обігріву – недостатня загальна готовність коксу в усій камері або на якійсь її ділянці (наприклад, в зоні крайніх та перед крайніх вертикалів), що ускладнює відхід пирога від стінок камери;

- дефекти кладки – раковини, вигини простінків, що створює додатковий опір руху коксового пирога та призводить до його заклинювання.

З метою запобігання руйнувань кладки при бурінні коксового пирога у відповідності з п. 10.35 ПТЕ-2017 електродвигун виштовхувальної штанги повинен мати максимальний струмовий захист.

На підставі п. 10.68 ПТЕ-2017 піч вважається забуреною, якщо кокс з неї не вдалось видати з першого поштовху. В цьому випадку начальник зміни

зобов'язаний особисто оглянути камеру, визначити можливі причини буріння, вжити заходів до їх усунення, підчистити голівку та під камери і після цього дозволити повторний поштовх.

За повторення тугого ходу та/або бурінь на 2-3-х наступних за серією печак необхідно припинити видачу коксу та сповістити про це начальника цеху або його заступника. Видачу відновлюють лише після отримання від них відповідних вказівок та вжиття необхідних заходів із запобігання тугого ходу та бурінь.

У відповідності з п. 10.69 ПТЕ-2017 розбурювання коксу має бути організоване негайно, щоб кокс у печі знаходився мінімально можливий додатковий час. Розбурювання коксу здійснюється за інструкцією, затвердженою головним інженером підприємства.

Для запобігання перегріву коксу за його забурювання необхідно знижувати температури в контрольних вертикалах суміжних опалювальних простінків.

Якщо протягом 4-х годин після забурювання кокс з печі ще не виданий, то температури в контрольних вертикалах знижують на 100-150 °С. При цьому суміжні печі виводять з серії та кокс з них видається на подовжених оборотах.

Спеціальним розпорядженням по цеху встановлюється тимчасовий технологічний регламент обігріву та видачі коксу з печей після забурювання, а також з суміжних печей, виведених із серії.

У відповідності з п. 10.67 ПТЕ-2017 у випадку тугого ходу коксового пирога або після видачі забуреної печі закидати «кінці» до цієї камери не дозволяється.

На підставі п. 10.69 ПТЕ-2017 на кожен випадок «буріння» коксу за видачі складається акт із зазначенням причин буріння, результатів огляду коксового пирога та кладки камери коксування після видачі коксу, результатів огляду та вимірів температур за довжиною простінків, які опалюють забурену камеру, а також заходів із запобігання подібних випадків в подальшому.

Акт затверджується головним інженером підприємства.

Контрольні запитання

1. Якою є послідовність узгоджених операцій, виконуваних коксовими машинами під час завантаження печей шихтою та видачі коксу?
2. Як забезпечують бездимність завантаження коксових печей методом інжекції?
3. Як здійснюють спалювання газів завантаження вугільної шихти?

4. В чому полягала мета розроблення безвагонного методу завантаження вугільної шихти та які складнощі при цьому виникли?

5. Які типи установок безпилової видачі коксу розроблені ДП «ГИПРОКОКС»?

6. Які технологічні параметри та ефективність роботи установок безпилової видачі коксу?

7. В чому полягають сутність та причини тугого ходу і буріннь коксових печей?

8. Якою має бути послідовність дій виробничого персоналу у випадку буріння коксових печей?

9. Які заходи слід вживати для запобігання бурінням коксових печей?

Перелік джерел до 5-го розділу

1. ПТЕ-2017 Правила технічної експлуатації коксохімічних підприємств. – Харків: ДП «Гипрококс», 2018. – 283 с.

2. Борисов Л. Н. Загрузка коксовых печей шихтой и выдача готового кокса // Справочник коксохимика. 3-е изд. Т. 2. Производство кокса / Л. Н. Борисов. – Харьков : ИД ИНЖЭК, 2014. – С. 295-327.

3. Трембач Т. Ф. Системы экологического и санитарно-технического назначения в коксовых цехах // Справочник коксохимика. – 3-е изд. Т. 2. Производство кокса / Т. Ф. Трембач. – Харьков : ИД ИНЖЭК, 2014. С. 554 – 575.

4. Непомнящий Л. И. Механическое оборудование и металлоконструкции коксовых батарей / Л. И. Непомнящий, Е. В. Дариенко, В. А. Бежин. – Донецк : Унитех, 2011. – 368 с.

5. Стефаненко В. Т. Очистка от пыли газов и воздуха на коксохимических предприятиях / В. Т. Стефаненко. – М. : Металлургия, 1991. – 64 с.

6. Лейбович Р. Е. Технология коксохимического производства / Р. Е. Лейбович, Е. И. Яковлева, А. Б. Филатов. – М.: Металлургия, 1982. – 340 с.

7. Хаджиогло А. В. Бездымная загрузка коксовых печей / А. В. Хаджиогло, В. Г. Зашквара, В. Н. Бутко и др.. – М. : Металлургия, 1978. – 184 с.

8. Зингерман Ю. Е. Внедрение установок беспылевой выдачи кокса / Ю. Е. Зингерман, В. Б. Каменюка, Т. Ф. Трембач // Кокс и химия. 2004. № 7. С. 38 – 40.

6. СЕРІЙНІСТЬ ТА ГРАФІК ЗАВАНТАЖЕННЯ ПЕЧЕЙ ШИХТОЮ І ВИДАЧІ З НИХ КОКСУ

6.1 Період коксування та оборот коксових печей

Періодом коксування називається проміжок часу від завантаження печі (подача планірної штанги) до видачі коксу (подача до печі виштовхувальної штанги). Для забезпечення високої продуктивності батареї період коксування має бути якомога меншим.

Мінімальний період коксування залежить від ширини камери, товщини стінової цегли, властивостей вогнетривкого матеріалу, шихти та температури в вертикалах. Чим ширша камера, тим довший період коксування. У відповідності з формулою С.Б. Пейсахзона:

$$\frac{\tau_1}{\tau_2} = \left(\frac{b_1}{b_2} \right)^n.$$

де τ_1 та τ_2 – періоди коксування для першої та другої камери, годин; b_1 та b_2 – ширина першої та другої камери, мм; n – показник ступеня, що знаходиться, за різними даними, в інтервалі 1,05-1,8.

За збільшення товщини стінової цегли на 10 мм період коксування збільшується на 0,5-1,0 годину. За зниження теплопровідності вогнетриву та шихти період коксування подовжується. Також він зростає зі збільшенням теплоємності шихти та ентальпії отримуваних продуктів (теплоємності, теплоти фазових переходів, температури, кількості). Зокрема, підвищення вологості шихти на 1 % подовжує період коксування на 15-20 хв.

Для скорочення періоду коксування на 1 годину температуру в контрольних вертикалах слід збільшити на 15-30 °С.

Якщо кокс витриманий в камері менше необхідного часу (періоду коксування), то він буде недостатньо прогрітим. Такий кокс погано відходить від стін камери, та для його видачі з печі слід докласти значні зусилля. Це погіршує умови експлуатації печей. Крім того, такий кокс має низьку міцність, високу реакційну здатність, підвищені сірчистість та вологість. Тому видача коксу, отриманого за періоду коксування нижче мінімально допустимого, не дозволяється.

Рекомендації щодо величини мінімально припустимого періоду коксування встановлені п. 6.7 Інструкції з розрахунку виробничої потужності коксохімічних підприємств і виробництв, затвердженої наказом УНПА «Укркокс» № 6 від 11.03.2014.

Величина мінімально допустимого періоду коксування для кожної батареї встановлюється на кожний рік режимною картою, затверджуваною головним інженером підприємства. Фактичні періоди коксування в сучасних умовах часто значно більший мінімально допустимого через недостатнє постачання вугілля або відсутність збуту коксу. Цей фактичний період встановлюється розпорядженням, підписаним головним інженером.

Зміна періоду коксування потребує відповідного корегування режиму опалення. Якщо кокс знаходиться в камері довше потрібного часу, то він перегрівається, втрачає міцність, тому за видачі кокс інтенсивно руйнується ще в камері. Утворені уламки можуть заклинити хід пирога в камері і також ускладнити видачу.

Період коксування τ_k та час, потрібний на проведення операцій з видачі коксу та завантаження камери шихтою ($\tau_{зв}=9-10$ хв), називається *часом обороту печей* або просто *оборотом печей*:

$$\tau_o = \tau_k + \tau_{зв}.$$

6.2 Серійність завантаження-видачі коксових печей

Завантаження шихти в камери та вивантаження коксу з печей здійснюють в певній послідовності, яку називають серійністю видачі. Ця серійність має забезпечити збереження кладки та приблизно однакові температурні умови в простінках вздовж батареї. Для запобігання руйнувань кладки при видачі коксу необхідно, щоб в обох печах, суміжних з камерою, з якої видають кокс, коксівна маса справляла приблизно однаковий механічний вплив (тиск розпору) на кладку опалювального простінку.

Отже, в обох печах, суміжних з тією, з якої видають кокс, завантаження має знаходитись приблизно в однаковому стані, наприклад, бути приблизно всередині періоду коксування. Серійність печей позначається в загальному вигляді двома числами m та n такими, що:

$$(m, n) \in 1 \dots 9, m > n.$$

У відповідності з п. 10.45 ПТЕ-2017 перше число позначає кількість серій та інтервал між печами в кожній серії, а друге число – інтервал між різними серіями. Серійна видача коксових печей розроблена Р.З. Лернером та вперше реалізована на Маріупольському КХЗ (нині КХВ ПраТ «МК «Азовсталь»). Для сучасних коксових печей застосовуються серійності 9-2, 2-1, 4-2, 5-2.

Серійність 9-2. Для зручності за нумерації печей та простінків пропускають числа, кратні 10. Наприклад, за піччю 9 слідує піч 11, за 19 – 21 тощо. Відповідно, піч опалюється простінками 9 та 11, піч 11 – простінками 11 та 12 тощо.

Кокс видають через кожну дев'яту піч. За першою серією слідує третя, потім п'ята тощо. Коли виданий кокс з усіх печей непарних серій, починають видачу з печей парних серій – другої, четвертої, шостої, восьмої. Загальна послідовність видачі коксу виглядає наступним чином:

1, 11, 21, 31, 41, 51, 61, 71;
3, 13, 23, 33, 43, 53, 63;
5, 15, 25, 35, 45, 55, 65;
7, 17, 27, 37, 47, 57, 67;
9, 19, 29, 39, 49, 59, 69;
2, 12, 22, 32, 42, 52, 62, 72;
4, 14, 24, 34, 44, 54, 64;
6, 16, 26, 36, 46, 56, 66;
8, 18, 28, 38, 48, 58, 68.

Перевагами даної серійності є: полегшення умов праці через значну відстань між камерами. Крім того, з тієї ж причини падіння температур в опалювальній системі при завантаженні камер холодною шихтою не призводить до помітної зміни температурного режиму батареї в цілому. Також за серійності 9-2 досягається рівномірне навантаження на газозбірник за його довжиною. Недоліки серійності – великі переїзди машин, неможливість суміщення різних операцій з обслуговування печі та підвищені витрати машинного часу. Тому для сучасних коксових печей найчастіше використовуються інші серійності, позбавлені відзначених недоліків.

Серійність 2-1. Всі печі та простінки нумеруються без пропусків. Спочатку видають кокс з усіх парних, а потім непарних камер коксування:

1, 3, 5, ..., 63, 65, 2, 4, 6, ..., 62, 64.

Переваги серійності 2-1: скорочення переїздів машин, зниження часу на обслуговування печі, можливість суміщення операцій планування шихти в одній камері та видачі коксу в наступній за серією печі. З цією метою конструкція коксовиштовхувача передбачає відповідну кратність відстаней між осями основних вузлів відстані між осями сусідніх печей.

Недоліки – зосередження печей, що видаються, на порівняно невеликій ділянці за довжиною батареї погіршує умови праці, призводить до нерівномірного навантаження на газозбірник за його довжиною та нерівномірному розподілу температур в опалювальній системі вздовж батареї (т.зв. «теплова хвиля»).

Серійність 5-2. Кокс видають в наступному порядку:

1, 6, 11, 16, 21, 26, 31, 36, 41, 46, 51, 56, 61;
3, 8, 13, 18, 23, 28, 33, 38, 43, 48, 53, 58, 63;
5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65;
2, 7, 12, 17, 22, 27, 32, 37, 42, 47, 52, 57, 62;
4, 9, 14, 19, 24, 29, 34, 39, 44, 49, 54, 59, 64.

Серійність 4-2. В нумерації печей та простінків пропускають числа, що закінчуються на 9 та 0. Наприклад, за піччю 8 слідує піч 11. Піч 8 опалюється простінками 8 та 11. Послідовність видачі печей:

1, 5, 11, 15, 21, 25, 31, 35, 41, 45, 51, 55, 61, 65, 71, 75, 81;
3, 7, 13, 17, 23, 27, 33, 37, 43, 47, 53, 57, 63, 67, 73, 77;
2, 6, 12, 16, 22, 26, 32, 36, 42, 46, 52, 56, 62, 66, 72, 76;
4, 8, 14, 18, 24, 28, 34, 38, 44, 48, 54, 58, 64, 68, 74, 78.

За розробки серійностей 5-2 та близької до неї 4-2 була зроблена спроба усунути недоліки, притаманні серійностям 9-2 та 2-1. Дійсно, в цьому випадку печі, що видаються, достатньо віддалені одна від одної, що поліпшує умови праці та створює рівномірний розподіл температур в опалювальній системі і навантаження на газозбірник. Є можливість для суміщення операцій зняття дверей в одній камері (наступній за серією) та планування шихти в іншій камері (попередній за серією), що також передбачене в конструкції коксовиштовхувача. В той же час суттєвим недоліком цих серійностей є неоднакові стадії термохімічних перетворень в коксівній засипці в двох печах, суміжних з тою, з якої видається кокс. В момент видачі вони знаходяться приблизно на 1/3 та 2/3 тривалості періоду коксування. В цих камерах різні тиски розпору, що створює некомпенсоване навантаження на конструкцію опалювального простінку та може призвести до його передчасного руйнування.

Серійність визначає послідовність завантаження печей та видачі коксу.

6.3 Графіки завантаження-видачі сучасних коксових печей

Час завантаження та видачі печей визначається графіком видачі, в якому повинні бути передбачені однакові для всіх печей період коксування та час обороту.

За сталих температури в опалювальній системі та властивостях шихти кінцева температура коксування справляє визначальний вплив на властивості коксу. Тому для забезпечення сталості цих властивостей періоди коксування для всіх печей мають бути однаковими. Зміна періоду коксування більш ніж на 5-10 хв призводить до помітної зміни властивостей коксу.

У відповідності з п. 10.42 ПТЕ-2017 з метою забезпечення високої та рівномірної якості коксу і збереження кладки видача коксу з печей здійснюється за циклічним графіком з дотриманням сталості періодів коксування.

На підставі п. 10.43 ПТЕ-2017 циклічний графік передбачає розділення циклу часу обороту печей на батареї або блоці батарей на дві частини – робочу та ремонтну. Протягом робочої частини циклу видається кокс з усіх печей батареї або блоку. Під час ремонтної частини циклу видачу коксу не здійснюють, а ремонтним та експлуатаційним персоналом за вказівкою майстра або начальника зміни ведеться ремонт машин та механізмів, шляхів коксових машин, устаткування коксортувалки, прибирання та інші роботи. Тривалість циклічної зупинки дорівнює:

$$t_{\text{ц}} = \tau_0 - n t_{\text{м}}$$

де τ_0 – оборот печей, годин; n – кількість печей в батареї; $t_{\text{м}}$ – марш печей, тобто проміжок часу між початком двох послідовних видач печей, 0,17-0,25 годин, звичайно 0,2 години, що відповідає видачі 4-6 (звичайно 5) печей на годину.

Час циклічної зупинки має бути не менше двох годин.

Припускається також робота з пів-циклами, тобто проведенням ремонтних частин циклу після видачі коксу з половини всіх печей в батареї або блоці.

За збільшення періоду коксування та незмінній тривалості маршу печей тривалість циклічної зупинки збільшується. Однак тривалість її більше чотирьох годин небажана, перш за все тому, що при цьому відбувається помітне зменшення кількості газу, що надходить до газозбірника, в цех уловлювання та споживачам. Тому в такій ситуації слід збільшувати тривалість маршу видачі, тобто знижувати кількість печей, виданих за час.

Графік видачі печей для кожної зміни складається начальником зміни на підставі заданої тривалості обороту печей, встановленої у відповідності з п. 10.47 ПТЕ-2017 директором підприємства (виробництва). Право оперативної зміни тривалості обороту печей за наявності для цього об'єктивних причин має головний інженер на підставі п. 10.48 ПТЕ-2017.

Для контролю правильності видачі та обліку на кожній батареї (блоці) ведеться журнал, в який щозміни заноситься норма видачі коксу, заданий та фактичний час видачі з кожної камери, зусилля зсуву коксового пирога за видачі кожної печі (сила струму приводу виштовхувальної штанги).

6.4 Коефіцієнти рівномірності видачі коксу з печей

Для оцінки рівня експлуатації в цеху визначається розрахунковий коефіцієнт рівномірності видачі за формулою у відповідності з п. 10.51 ПТЕ-2017:

$$K_p = \frac{m - a}{m},$$

де m – кількість печей за зміну, з яких має бути виданий кокс; a – кількість печей, включених до графіку з відхиленнями від затвердженого періоду коксування вище припустимих.

Припустима величина відхилень від графіку складає за п. 10.50 ПТЕ-2017 ± 5 хв.

Відхилення розрахункового часу видачі печей від встановленої тривалості обороту та вивід печей із серії відбувається при «забурюванні» коксового пирогу за видачі з камери; печей, що мають суттєві дефекти кладки камери та опалювальної системи; за виводу печі на ремонт та вводити її до експлуатації після ремонту; для печей, суміжних з ремонтною; за планових зупинок для виконання ремонтів, триваліших, ніж циклічна зупинка.

Для оцінки роботи експлуатаційних бригад з рівномірності видачі коксу визначається виконавчий коефіцієнт рівномірності видачі коксу у відповідності з п. 10.53 ПТЕ-2017:

$$K_v = \frac{n - a_1}{m},$$

де n – кількість печей, з яких фактично виданий кокс; a_1 – кількість печей, з яких виданий кокс з порушенням графіку (більше ± 5 хв за п. 10.52 ПТЕ-2017); m – задана кількість печей, з яких має бути виданий кокс.

Для загальної оцінки роботи коксового цеху в цілому та його підрозділів (блоків, батарей, змін) за рівнем експлуатації та дотриманням встановленого періоду коксування визначається загальний коефіцієнт рівномірності видачі коксу за формулою п. 10.53 ПТЕ-2017:

$$K_o = K_p K_{и}$$

За високої рівномірності завантаження шихти та видачі коксу:

$$K_p \rightarrow 1; K_{и} \rightarrow 1; K_o \rightarrow 1.$$

Всі коефіцієнти щозміни розраховуються начальником зміни та заносяться до журналу видачі.

Контрольні запитання

1. Що таке період коксування та чим визначається його тривалість?
2. Що таке оборот коксових печей та чим він відрізняється від періоду коксування?
3. Що таке серійність завантаження-видачі коксових печей, як її позначають та в чому зміст цих позначень?
4. Які серійності застосовують у виробничій практиці, їх особливості, переваги та недоліки.
5. В чому полягає сутність циклічного графіку завантаження та видачі коксових печей?
6. Яке призначення циклічної зупинки у завантаженні та видачі коксових печей та яка має бути її тривалість?
7. За допомогою яких величин характеризують рівномірність завантаження та видачі коксових печей?

Перелік джерел до 6-го розділу

1. ПТЕ-2017 Правила технічної експлуатації коксохімічних підприємств. – Харків : ДП «Гипрококс», 2018. – 283 с.

2. Шульга І. В. Інструкція з розрахунку виробничої потужності коксохімічних підприємств та виробництв / І. В. Шульга, Л. П. Банніков. – Харків : ДП «УХІН», 2014. – 80 с.

3. Борисов Л. Н. Загрузка коксовых печей шихтой и выдача готового кокса // Справочник коксохимика. 3-е изд. Т. 2. Производство кокса / Л. Н. Борисов. – Харьков : ИД ИНЖЭК, 2014. – С. 295-327.

4. Лейбович Р. Е. Технология коксохимического производства / Р. Е. Лейбович, Е. И. Яковлева, А. Б. Филатов. – М. : Metallurgia, 1982. – 340 с.

5. Вольфовский А. Г. Исследование критериев выбора оптимальной серийности загрузки-выдачи коксовых печей большого объема. Сообщение 1. Обзор и анализ современного состояния вопроса / А. Г. Вольфовский, М. С. Шептовицкий, Ю. С. Васильев и др. // Кокс и химия. 1992. № 7. С. 13-17.

6. Шептовицкий М.С. Исследование критериев выбора оптимальной серийности загрузки-выдачи коксовых печей большого объема. Сообщение 2. Изучение теплового и гидравлического режимов работы / М. С. Шептовицкий, А. Г. Вольфовский, И. В. Шульга и др. // Кокс и химия. 1992. № 10. С. 14-17.

7. ОБІГРІВ КОКСОВИХ ПЕЧЕЙ

7.1 Сутність процесів обігріву та вимоги до нього

Обігрів коксових печей – сукупність тепло- та масообмінних процесів, які відбуваються в опалювальній системі за подачі опалювального газу та повітря, їх змішування, горіння, руху утворених продуктів та передачі тепла від них крізь стіни камери до коксівного засипу. Здійснення цих процесів визначається в першу чергу законами термодинаміки та гідравліки. У відповідності з цим *основними параметрами*, що характеризують режим обігріву, є поля температур та тисків в опалювальній системі печей та камерах коксування.

Для нормальної експлуатації коксових печей потрібний рівномірний розподіл температур в опалювальній системі батареї. У відповідності з п. 10.177 ПТЕ-2017 правильний режим обігріву коксових печей має забезпечувати:

- 1) рівномірний нагрів коксового пирога за довжиною та висотою камери коксування, задані вихід та якість металургійного коксу;
- 2) задані вихід коксового газу та хімічних продуктів коксування, в першу чергу смоли кам'яновугільної та сирого бензолу;
- 3) високий ККД печей;
- 4) їх тривалий строк експлуатації;
- 5) мінімальну кількість викидів шкідливих речовин у довкілля.

7.2. Температурний режим коксових печей

Рівень температур в опалювальній системі у відповідності з п. 10.181 ПТЕ-2017 має встановлюватись за готовністю коксу, яку оцінюють за температурою в осьовій площині коксового пирога, вимірюною хромель-алюмелевими термопарами за 15 хв до видачі. Ця температура має підтримуватись в межах 1000-1100 °С в залежності від складу коксівної шихти, призначення отримуваного коксу та конструкції печей. За вимірів для встановлення термопар використовують перенісні кришки завантажувальних люків з отворами. Термопари встановлюють на 1/3-1/2 періоду коксування. Рівень температур в опалювальній системі, окрім того, залежить від періоду коксування. П. 10.183 ПТЕ-2017 встановлює, що рівень температур в опалювальній системі за довжиною батареї визначається виміром температур в контрольних вертикалах з машинного (6-7-й) та коксового (4-6-й) боків батареї. 4-6-й вертикали з коксового боку розташовані в зоні найвищих температур. Температура в 6-7-му вертикалах з машинного боку характеризує середній рівень температур на цьому боці. Нумерація вертикалів ведеться з машинного

боку на коксовий, тобто 4-6-й вертикали з коксового боку в печах конструкції ДП «ГИПРОКОКС» можуть мати номери з 20-го по 28-й.

На підставі п. 10.192 ПТЕ-2017 максимальна температура на поді будь-якого вертикалу опалювальних простінків через 20 с після припинення подачі газу не має перевищувати 1450 °С. Максимальні температури за довжиною простінків звичайно досягаються в 3-4-му вертикалах з коксового боку та можуть бути вищі, ніж в контрольних вертикалах, приблизно на 20 °С. Крім того, за довжиною батареї можливі коливання температур ще на ±20 оС. Тому гранична температура, встановлювана в контрольних вертикалах, у відповідності з п. 10.186 ПТЕ-2017, не має перевищувати:

$$1450-2\times 20=1410\text{ }^{\circ}\text{C}.$$

В контрольних вертикалах машинного боку встановлюється нижча температура, ніж з коксового боку, оскільки з машинного боку камера коксування вужча і маса завантаження там менша, отже, відповідно меншою є і потреба в теплі. Різниця температур між контрольними вертикалами коксового та машинного боків встановлюється в межах 30-60 °С. За практичними даними така різниця температур забезпечує однакову готовність коксу по боках батареї.

Найчастіше сучасні коксові печі працюють не на граничних, а на дещо нижчих температурах в опалювальній системі, визначених періодом коксування, наприкінці якого, незалежно від його тривалості, температура по осі коксового пирога перед видачею має складати, як вже вказувалось вище, 1000-1100 °С.

Тиск коксового газу в газопроводах по боках батареї підтримується в межах 1000-1500 Па у відповідності із п. 10.288 ПТЕ-2017. За падіння тиску до 500 Па простінки відключаються від обігріву до відновлення заданого тиску.

Середні діаметри пальників для печей системи ПВР, що експлуатуються в Україні, знаходяться в межах 28-30 мм.

Для регулювання висоти факелу горіння застосовують змінні роз сікачі та високі пальники.

7.3 Витрата тепла на коксування

Витрата тепла на коксування 1 кг завантаженої вологої шихти в кДж визначається за формулою:

$$q_w = \frac{Q_i V_x}{1000},$$

де Q_i – нижча теплота згоряння опалювального газу, кДж / м³; V_x - витрата газу на коксування, м³/т шихти; 1000 – кількість кілограмів в тонні.

Приведена витрата тепла на коксування 1 кг шихти з вологістю 10% дорівнює:

$$q^n = \frac{90q_w}{100 - W_t^r}.$$

Відносна витрата тепла на коксування 1 кг сухої шихти:

$$q_o^d = \frac{100q_w}{100 - W_t^r}.$$

Приведена витрата тепла на коксування (МДж/кг) шихти з вологістю 10% і виходом летких речовин з горючої маси 28%:

$$Q_{\text{прив}} = q_w + 0,033(10 - W_t^r) + 0,029(28 - V^{daf}),$$

Де 0,033 – поправка, тобто середнє збільшення витрати тепла на коксування (МДж/кг) за збільшення вологості шихти на 1%; 0,029 – те ж за збільшення виходу летких речовин на 1 %.

За правильної технології обігріву печей величина витрати тепла на коксування має становити близько 2,7 МДж/кг шихти при обігріві коксовим газом і 3,2 МДж/кг при обігріві доменним газом, оскільки в останньому випадку більший об'єм продуктів горіння газу і, відповідно, їх ентальпія на виході з опалювальної системи. Фактичні витрати тепла на коксування по підприємствах України набагато вищі. В середньому вони становлять 3,06 МДж/кг, змінюючись від 2,73 до 3,96 МДж/кг [2]. Ці дані показують, що розробка і практична реалізація способів зниження витрат тепла на коксування є актуальною.

7.4 Коригування температурного режиму

На підставі п. 10.178 ПТЕ-2017 для кожного коксового цеху або блоку батарей на підставі налагоджувальних та практичних даних складається технологічний регламент із зазначенням основних параметрів технологічного режиму. Цей регламент затверджується головним інженером підприємства.

П. 10.179 ПТЕ-2017 передбачає, що для кожної батареї або блоку батарей керівництвом цеху для заданих складу та властивостей шихти і різних оборотів печей встановлюються затверджені головним інженером підприємства технологічні карти, які включають наступні показники:

- разове завантаження шихти;
- висоту підсклепінневого простору;
- масу планірного вигрібу;
- показники якості коксу;
- кінцеву температуру по осі коксівного засипу;
- силу струму приводу виштовхувальної штанги коксовиштовхувача;
- температури в контрольних вертикалах;
- витрату газу на обігрів печей;
- розподіл тисків та розріджень в опалювальній системі;
- коефіцієнт надлишку повітря за спалювання газу;
- тиск газу в газозбірниках;
- тиск аміачної води на зрошування газозбірників;
- тиск пари або води на інжекцію в системі бездимного завантаження шихти;
- мінімально припустимий період коксування.

У відповідності з п. 10.180 ПТЕ-2017 режимні показники мають переглядатись щорічно та кожен раз за зміни:

- якості шихти за одним з наступних показників більш ніж на: вихід летких речовин - $\pm 1,5$ %, товщина пластичного шару - ± 2 мм, вологість - $\pm 2,0$ %, вміст класу менше 3 мм в подрібненій шихті - ± 3 %;
- роду опалювального газу;
- вимог до якості коксу тощо.

При цьому в першу чергу має коригуватись рівень температур в контрольних вертикалах, як головний технологічний показник опалення коксових печей, що багато в чому визначає значення більшості інших параметрів роботи батареї. За зміни рівня температур в контрольних вертикалах використовують наступні практичні залежності:

- 1) за подовження періоду коксування на 1 годину температури в контрольних вертикалах знижують на 15-30 °С та навпаки;
- 2) за збільшення вологості шихти на 1 % температуру підвищують на 5-7 °С, та навпаки;
- 3) за збільшення виходу летких речовин з шихти на 1 % температуру підвищують на 6 °С та навпаки, оскільки за коксування шихти з підвищеним виходом летких речовин збільшується кількість парогазових продуктів, з якими до газозбірника уходить додаткова кількість тепла;

4) за збільшення насипної густини шихти на 10 кг/м^3 (за рахунок зміни ступеня подрібнення, зокрема, внаслідок збільшення частки в шихті важко подрібнюваного газового вугілля з підвищеним виходом летких речовин та інших чинників) температуру в контрольних вертикалах слід підвищити на $3 \text{ }^\circ\text{C}$ та навпаки, оскільки збільшення насипної густини призводить до підвищення маси шихти в камері, що, в свою чергу, вимагає додаткового підведення тепла;

5) за збільшення вмісту в шихті петрографічно неоднорідного вугілля на 10% , що вимагає більшої кількості тепла для здійснення термохімічних перетворень, температуру в вертикалах слід підвищити на $3\text{-}4 \text{ }^\circ\text{C}$, та навпаки.

Головним критерієм для перевірки відповідності встановленого температурного режиму заданому періоду коксування та властивостям перероблюваних шихт є рівень температур за віссю коксового пирога за 15 хв до видачі. Як вже зазначалось, він має складати $1000\text{-}1100 \text{ }^\circ\text{C}$. На підставі п. 10.181 ПТЕ-2017 виміри температур за віссю коксового пирога здійснюються в трьох камерах різних серій щорічно та кожен раз за суттєвих змін властивостей шихти. Отримані дані усереднюються.

У відповідності з п. 10.182 ПТЕ-2017 температури вимірюють на чотирьох рівнях за висотою камери, а потім розраховують середньозваженою за висотою температуру коксу під кожним завантажувальним люком за формулою:

$$t_c = \frac{h_1 + h_2}{2H} t_1 + \frac{h_3 - h_1}{2H} t_2 + \frac{h_4 - h_2}{2H} t_3 + \left(1 - \frac{h_3 + h_4}{2H}\right) t_4,$$

де h_1, h_2, h_3, h_4 – рівні виміру температур, м; t_1, t_2, t_3, t_4 – виміряні значення температур, $^\circ\text{C}$; H – корисна висота камери, м.

В жодній з точок виміру температура за віссю коксового пирога не має перевищувати $1150 \text{ }^\circ\text{C}$.

За необхідності зміни температур в контрольних вертикалах за результатами виміру температур по осі пирога виходять з практичних даних про те, що зміна температури в контрольних вертикалах на $1 \text{ }^\circ\text{C}$ призводить до спів-спрямованої зміни температур по осі на $3 \text{ }^\circ\text{C}$. Наприклад, для зміни температури по осі на $15 \text{ }^\circ\text{C}$ слід змінити температуру в контрольних вертикалах на:

$$\frac{15}{3} = 5^\circ \text{C}.$$

Зміна температури в контрольних вертикалах на 10 °С призводить до зміни температури за віссю коксового пирога на:

$$10 \times 3 = 30 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

7.5 Контроль та оцінювання температурного режиму

У відповідності з п. 10.186 ПТЕ-2017 вимірювання температур в контрольних вертикалах опалювальних простінків здійснюється оптичним пірометром на низхідному потоці через 5 хв після кантування та приводиться до 20-ї с після кантування шляхом введення поправки, обчислюваної за спеціальною інструкцією. Об'єктив пірометру спрямовують на під вертикалу між пальником та косими ходами.

На підставі п. 10.187 ПТЕ-2017 виміри температур в контрольних вертикалах проводять щозміни та використовують їх результати для оперативного регулювання обігріву.

За зривів видачі та простоїв більше години, порушень нормального режиму роботи, значного зносу кладки печей протягом зміни здійснюється другий вимір.

У відповідності з п. 7.188 на печах системи ПВР із шаховим горінням за час між кантуваннями вимірюють температури на обох боках батареї, починаючи з коксового боку.

На більшості печей системи ПВР (не з шаховим горінням) за період між кантуваннями вимірюють температури лише на одному боці батареї.

Повний вимір за усіма контрольними вертикалами здійснюється за два періоди між кантуваннями.

Виміри виконують два працівники: безпосередньо вимір – змінний газівник, допоміжні операції (зняття та встановлення кришок оглядових лючків, запис результатів) – другий газівник, тонельниця, кабінщиця, майстер тощо).

Сучасні вимірювальні системи дають можливість дистанційної передачі результатів вимірювання для їх зберігання в пам'яті комп'ютера.

На підставі п. 10.189 ПТЕ-2017 отримані результати усереднюються по боках батареї, при цьому крайні простінки та простінки, що працюють в особливому режимі, до розрахунку не беруть.

У відповідності з п. 10.198 ПТЕ-2017 розподіл температур за усіма вертикалами всіх простінків вимірюється не рідше двох разів на рік.

На підставі п. 10.197 ПТЕ-2017 різниця температур за довжиною опалювального простінку між сусідніми вертикалами на ділянці між 4-ми вертикалами з обох боків батареї, не повинна перевищувати 20 °С, за винятком

печей, що знаходяться в експлуатації більше 20 років, припустимою є різниця температур між сусідніми вертикалами 30 °С.

Температура в контрольних вертикалах крайніх простінків має бути нижчою за середню температуру решти простінків батареї на 30 °С (п. 10.199 ПТЕ-2017).

У відповідності з п. 10.185 ПТЕ-2017 ламана лінія температур між 3-4-м вертикалами машинного та коксового боків має наближатись до похилої прямої, що зростає на коксовий бік.

На підставі п. 10.193 ПТЕ-2017 температура в крайніх (голівочних) вертикалах має вимірюватись оптичним пірометром не рідше одного разу на місяць за опалення коксовим газом та двічі на місяць за опалення доменним газом. Виміряні температури не приводяться до 20-ї с після кантування.

У відповідності з п. 7.194 ПТЕ-2017 температура в крайніх вертикалах встановлюється в залежності від температури коксу проти осі крайнього вертикалу, що має підтримуватись в межах 850-950 °С.

Перепад температур по висоті голівочної частини коксового пирога слід підтримувати не більше 100 °С.

На нових батареях після їх введення до експлуатації, за досліджень та контрольних визначень виміри температур в коксі проти крайніх вертикалів здійснюють через двері на трьох рівнях за висотою в двох печах різних серій.

На підставі п. 10.195 ПТЕ-2017 середня температура в крайніх вертикалах (за виміром, без приведення до 20-ї с) має бути нижчою за приведені температури в контрольних вертикалах не більш ніж на 100 °С, але не перевищувати 1260 °С з машинного та 1300 °С з коксового боку. За роботи на подовжених періодах коксування температури в крайніх вертикалах мають підтримуватись не нижче 1100 °С в кожному простінку з машинного та коксового боків.

Відхилення температур в крайніх вертикалах окремих простінків від середньої за даним боком батареї припускається для печей, що експлуатуються до 20 років, до ± 40 °С, більше 20 років - ± 50 °С, більше 25 років - ± 60 °С.

Температуру в регенераторах вимірюють оптичним пірометром, спрямовуючи його крізь вічки на центральну роздільну перегородку. За опалення коксовим газом вимір проводять на висхідному потоці, доменним – на низхідному. Виміри починають від кантувального приміщення через 5 хв після кантування.

У відповідності з п. 10.203 ПТЕ-2017 температура нагорі регенераторів динасових печей не має перевищувати 1320 °С.

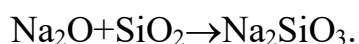
На підставі п. 10.205 ПТЕ-2017 температура продуктів горіння в газоповітряних клапанах не має перевищувати на 10-й хв. після кантовки 450 °С.

Температуру стін камери за необхідності вимірюють оптичним пірометром з обох боків печі після видачі коксу та встановлення дверей. Виміри ведуть крізь кожен завантажувальний люк в трьох точках за висотою:

- 1) на рівні 2-3-го ряду цегли від поду камери;
- 2) на рівні першого ряду горизонтального каналу;
- 3) в середині між двома попередніми точками.

Під час вимірів стояки мають бути відчинені, а завантажувальні люки, крізь які не проводять виміри – зачинені. Температуру стін камери вимірюють не менш ніж в 2-3-х серіях печей.

Температуру стін завантаженої камери вимірюють п'ятчковими термопарами, встановленими в порожню камеру на рівні поду в зоні найвищих температур – навпроти 3-4-го вертикалу з коксового боку. Дроти від термопар виводять назовні крізь спеціально виконані отвори в дверях. При завантаженні камер холодною шихтою температура стінки не має падати нижче 875 °С – температури фазових перетворень динасу. Наприкінці періоду коксування температура не має підвищуватись вище 1200 °С – початку термічної дисоціації сполук натрію, що містяться в мінеральній частині коксу та руйнують вогнетривку кладку, наприклад, за реакціями:



У відповідності до п. 10.204 ПТЕ-2017 температура парогазових продуктів на виході з підсклепінневого простору, виміряна термопарами за віссю стояків на відстані 200-300 мм від рівня склепіння печей на 2/3 повного періоду коксування, не має перевищувати 820 °С. Вищий рівень температур призводить до інтенсивного піролізу парогазових продуктів в підсклепінневому просторі, утворенню надмірної кількості аморфного піровуглецю (т.зв. «графіту»), зниженню виходу та погіршенню якості хімічних продуктів коксування.

На підставі п. 7.201 ПТЕ-2017 рівномірність обігріву вздовж кожної батареї характеризується коефіцієнтом рівномірності середньодобових температур в контрольних вертикалах опалювальних простінків, підрахованим не менш ніж з трьох вимірів за формулою:

$$K_{\bar{b}} = \frac{(m - a_M) + (m - a_K)}{2m}.$$

де m – кількість простінків у батареї, за винятком крайніх та тих, що опалюють печі, які ремонтуються, та буферні до них; a_M – кількість простінків з машинного боку з відхиленнями температур в контрольних вертикалах більш ніж на ± 20 °С від середньодобової температури; a_K – те ж з коксового боку.

У відповідності з п. 10.202 ПТЕ-2017 сталість середньо змінних температур за довжиною батареї характеризується коефіцієнтом K_c , що визначається за формулою:

$$K_c = \frac{2n - (\Delta_M + \Delta_K)}{2n}.$$

де n – кількість виконаних вимірів температур вздовж батареї за звітний період часу; Δ_M – кількість відхилень середніх температур в контрольних вертикалах з машинного боку батареї більш ніж на ± 7 °С (± 10 °С для батарей, що експлуатуються більше 20 років на підставі п. 10.194 ПТЕ-2017) від передбаченого технологічним регламентом для заданого обороту печей; Δ_K – те ж з коксового боку.

За високої рівномірності обігріву:

$$K_{\bar{b}} \rightarrow 1; K_c \rightarrow 1.$$

7.6 Гідравлічний режим коксових печей

У відповідності з п. 10.211 ПТЕ-2017 гідравлічний режим коксових печей має забезпечувати:

- мінімальні перетоки газів з камери коксування до опалювальної системи, виключення підсмоктувань повітря до камер коксування;
- умови для ущільнення кладки камер коксування шляхом заграфічування (відкладення в потрібній кількості аморфного піровуглецю) та усунення утворення місцевих прогарів, оплавлень та ошлакувань у кладці;

Гідравлічний режим коксових печей базується на трьох основних положеннях, розроблених Р.З. Лернером та передбачених п. 10.210 ПТЕ-2017:

1. Тиск газів в будь-якій точці камери коксування протягом всього періоду коксування має бути вищим за атмосферний та тиск у поєднаній точці опалювальної системи.

2. Тиск газів в опалювальній системі під кришкою оглядового лючку контрольних вертикалів на висхідному потоці має складати 0 +3 Па.

3. Розподіл тисків в опалювальній системі має бути сталим за одного й того ж самого періоду коксування.

На підставі п. 10.213 ПТЕ-2017 дотримання основних положень гідравлічного режиму забезпечується:

1. Встановленням в газозбірниках такого тиску, щоб наприкінці періоду коксування в пічних камерах за 15 хв до видачі коксу на рівні поду камер у стін тиск газів складав 5-30 Па. Контрольними є дві камери, розташовані під відводом прямого газу із газозбірника. За практичними даними, величина тиску в газозбірнику для печей з висотою камери 4,3 м за проектного періоду коксування 15 годин має складати 120 Па та збільшуватись на 10 Па на кожен метр збільшення висоти камери h та на 5 Па на кожен годину збільшення періоду коксування τ , тобто може бути записана у вигляді залежності:

$$P_{г}=10h+5\tau+10.$$

2. Ступенем розкриття сталих та регульованих отворів для газу, повітря та продуктів спалювання в усіх масових та крайніх простінках та газовідвідній системі.

3. Розкриттям отворів в газоповітряних клапанах для надходження до опалювальної системи повітря для горіння.

4. Великою тяги, встановленої розкриттям газовідвідних отворів у клапанах, бічних лежаків та димарі.

В печах з бічним підведенням газу та повітря регулювання та контроль розподілу тисків за довжиною батареї здійснює за показниками розрідження у верхній зоні регенераторів.

На печах з нижнім підведенням газу та повітря контроль та регулювання ведуться за показниками розрідження в подових каналах (п. 10.215 ПТЕ-2017).

У відповідності з п. 10.216 ПТЕ-2017 розрідження нагорі регенераторів або в подових каналах встановлюється спочатку в контрольних простінках посередині батареї, виходячи з температурних умов обігріву та тиску нагорі контрольних вертикалів згідно п. 10.210.2 ПТЕ-2017.

Розрідження нагорі решти регенераторів або в подових каналах на аналогічних потоках має бути однаковим з контрольними, окрім простінків, що працюють в особливому режимі.

Відхилення від показників контрольних регенераторів не мають перевищувати $\pm(3-7)$ Па.

Конкретні величини припустимих відхилень для висхідного та низхідного потоків в залежності від способу підведення та терміну експлуатації печей встановлені п. 10.217 ПТЕ-2017.

7.7 Організація регулювальних робіт

Регулювальні роботи виконуються для забезпечення вимог до режиму обігріву, передбачених п. 10.177 ПТЕ-2017, у відповідності з інструкцією Коксохімічної станції № 32-83 ІР.

Регулювальні роботи на коксових батареях здійснюються працівниками газового господарства коксового цеху.

У відповідності з п. 10.214 ПТЕ-2017 параметри температурного та гідравлічного режимів коксування та розстановка регулювальних засобів задають за первинної та повторної наладок обігріву коксових батарей.

Первинну наладку проводять після пуску коксової батареї.

Після завершення первинної наладки батарея за актом приймається до постійної експлуатації, яка ведеться на підставі таблиці технологічного режиму, погодженої з цехом та затвердженої головним інженером підприємства.

Повторні наладки проводять не рідше, ніж кожні 4-5 років.

За необхідності, у випадку зміни опалювального газу, складу шихти, обороту печей тощо, повторні та контрольні наладки проводять позачергово.

Регулювальні роботи, як правило, проводять в денну зміну в робочі дні під керівництвом заступника начальника цеху з обігріву. Вихідними даними для їх проведення є дані оперативних та періодичних вимірів, оглядів та перевірок у відповідності з п. п. 10.295-10.303 ПТЕ-2017. Перелік необхідних вимірів, оглядів та перевірок наведений у табл. 10.3 та 10.4 ПТЕ-2017.

Змінний персонал коксового цеху здійснює систематичний контроль технологічного режиму коксування та сприяє проведенню регулювальних робіт.

7.8 Сталі та змінні фактори регулювання обігріву коксових печей

До сталих факторів регулювання обігріву відносяться:

А) для розподілу тепла вздовж батареї:

1) рівні розміри однакових за своїм призначенням конструктивних елементів опалювальної системи (подові канали, колосникові решітки камери регенераторів, тип насадки та схема її укладання, косі ходи, корнюри, вертикали, канали для рециркуляції, перевальні вікна тощо);

2) застосування однакової за типом та розмірами газовідвідної та газовідвідної арматури, армування та обслуговуючих механізмів коксових печей;

3) рівний гідравлічний опір опалювальних елементів та арматури в усіх печей батареї;

4) кришки знеграфічувального пристрою та калібровані діафрагми для подачі повітря до корнюрів;

Б) для розподілу тепла вздовж та за висотою опалювальних простінків:

1) калібровані газові пальники на печах з бічним підведенням, калібровані сопла або диски на печах з нижнім підведенням;

2) реєстри та роз сікачі в гирлах косих ходів;

3) реєстри для зміни ступеня рециркуляції.

7.9 Послідовність виконання регулювальних робіт

До початку регулювання всі регулювальні засоби приводять у вихідне положення у відповідності з проектом або результатами попереднього регулювання (встановлення каліброваних горілок або сопел, нижніх реєстрів, діафрагм у газовідвідній арматурі з однаковими отворами тощо), ущільнюється кладка печей, місця підключення арматури та клапанів, забезпечується належне армування кладки.

Загальну витрату тепла на обігрів батареї визначають згідно з ДСТУ 4370:2011. Вона залежить від кількості та властивостей завантаженої до камери шихти, періоду коксування, роду опалювального газу, системи обігріву, гідравлічного режиму, стану кладки та ступеня відрегульованості обігріву.

Порушення гідравлічного режиму в камерах коксування призводить до спалювання частини сирого газу та коксу, що може знижувати враховану витрату тепла на 125-418 кДж/кг. Однак таке зниження тепла є уявним, оскільки насправді воно призводить до втрат коксу, газу та хімічних продуктів, фактичному збільшенню витрати тепла та, окрім того, збільшує викиди забруднювальних речовин в атмосферу з опалювальної системи коксових печей. Збільшення коефіцієнту надлишку повітря на 0,1 збільшує витрату тепла на 1,5 %.

Розподіл витрати газу по боках батареї свідчить, що на печах з конусністю 40-50 мм питома витрата тепла на коксування з коксового боку приблизно на 8 % більша, ніж з машинного.

Кількість повітря, що надходить на обігрів, має забезпечувати повне згоряння опалювального газу із заданим коефіцієнтом надлишку повітря.

За подачі повітря для випалювання піровуглецю в корнюрах та пальниках слід забезпечити рівне відкриття кришок знеграфічувальних пристроїв та встановлювати калібровані діафрагми на отворах в газових коробках для подачі рівної кількості повітря на знеграфічування корнюрів та пальників.

Для визначення існуючого стану батареї перед початком регулювання:

- обстежують існуючий технічний стан вогнетривкої кладки камер коксування та опалювальних простінок;

- визначають обсяг та виконують невідкладні ремонти, необхідні для ефективного регулювання;

- складають зведену відомість показників режиму опалення коксової батареї до початку регулювання згідно із Додатком 3 до інструкції № 32-83 IP.

Після цього виконують регулювання розподілу газу та повітря довжиною батареї:

- аналізують розподіл температур в контрольних вертикалах за довжиною батареї;

- виконують первинні роботи по простінках з відхиленнями температури від середньої на ± 20 °С та більше – чистять газопідвідну арматуру, забезпечують правильність встановлення та розмір регулювальних засобів; розрідження в регенераторах, стан пальників та косих ходів; визначають наявність та усувають надлишкові просмоктування газу з камер коксування до опалювальної системи та внаслідок «коротких замкнень» в опалювальній системі з висхідного потоку на низхідний тощо;

- якщо на певних простінках внаслідок виконання первинних робіт усунути виявлені відхилення не вдалось, то на ці простінки відповідним чином змінюють подачу газу та повітря.

Забезпечивши однакові кількості газу та повітря, що надходить до всіх опалювальних простінок батареї (окрім крайніх, які опалюють лише одну камеру, через що подачу газу та повітря до них зменшують на 50 %), регулюють розподіл газу та повітря довжиною простінок з метою забезпечення однакового питомого надходження тепла на одиницю маси шихти в зонах камери навпроти всіх вертикалів (окрім крайніх), для чого:

- знімають розподіл температур по всіх вертикалах всіх опалювальних простінок;

- відновлюють працездатність всіх вертикалів;

- перевіряють та нормалізують стан газопідвідної арматури та косих ходів на вертикалах, температури в яких відхиляються більш ніж на 10 °С від передбаченої п. 10.184 ПТЕ-2017;

- у вертикалах, в яких не вдалось усунути зазначені відхилення, замінюють регулювальні засоби;

– забезпечують в крайніх вертикалах температури у відповідності з п. 10.196 ПТЕ-2017 (для компенсації підвищених теплових втрат подачу газу та повітря до крайніх вертикалів додатково збільшують на 40 %, а до перед-крайніх – на 20 %).

Для оцінки ефективності виконаного регулювання:

– повторно аналізують розподіл температур в контрольних вертикалах довжиною батареї;

– виконують вимірювання температур за віссю коксового пирога з коригуванням, за необхідності, рівня температур в опалювальній системі;

– складають зведену відомість показників режиму опалення коксової батареї після регулювання згідно із Додатком 3 до інструкції № 32-83 IP.

7.10 Припинення та відновлення подачі опалювального газу на обігрів батареї

На підставі п. 10.274 ПТЕ-2017 зупинка обігріву коксових печей здійснюється в наступних випадках:

1) зниження тиску опалювального газу в розподільчих газопроводах по боках батареї нижче 500 Па;

2) обрив тросу або пошкодження кантувального пристрою, які порушують правильне ведення обігріву, та неможливість відновлення нормального обігріву протягом двох кантовок;

3) раптове припинення тяги в лежаках, зменшення розрідження у вічках регенераторів печей з бічним підводом нижче 30 Па та в подових каналах печей з нижнім підводом нижче 20 Па згідно п. 10.265 ПТЕ-2017 внаслідок закриття дросельних шиберів, обривів шиберу димаря, кантувальних тросів тощо;

4) просочування та/або вибух газу в обслуговуючих тонелях або кабінах коксових печей;

5) інші непередбачені випадки, що унеможливають подачу газу на обігрів.

За пошкоджень газового тракту, пов'язаних з витіканням газу назовні або небезпекою такого витікання, не можна зупиняти обігрів на інших батареях, які знаходяться на тому ж підводі, або здійснювати кантування до усунення виділень газу шляхом ущільнення пошкодження або подачі пари до газопроводу у відповідності з вимогами п. 10.262 ПТЕ-2017.

В цих випадках рішення про зупинку обігріву приймається змінним майстром з відома начальника зміни.

Про зупинку обігріву має бути повідомлений начальник коксового цеху або його заступник з обігріву.

За зупинки обігріву на підставі п. 10.275 ПТЕ-2017 необхідно:

1) відключити автоматичне управління кантувальною лебідкою та перевести її на дистанційне або місцеве управління;

2) на печах з бічним підведенням скантувати від кнопки на закриття кришки знеграфічування на підведеннях коксового газу до корнюрів;

3) негайно припинити подачу газу на обігрів. Для цього необхідно скантувати від кнопки лебідку до положення, в якому кантувальні крани коксового газу зачинені, а клапани продуктів спалювання та кришки повітряних отворів знаходяться в робочому положенні, що забезпечує нормальний рух повітря та продуктів горіння. Це положення кантувальної лебідки має бути позначене червоною лінією-міткою на шайбі та показано на графічній схемі роботи лебідки;

4) якщо тиск газу в газопроводах нижчий за 500 Па, а також за вихлорів або вибухів газу негайно зачинити засувки на розподільчих газопроводах по боках батареї та на загальному підвідному газопроводі, подати до газопроводів пару та відкриті продувні свічі;

5) вимкнути регулятори тиску газу в опалювальних газопроводах (загальному та розподільчому) та поставити дроселі у відкрите положення. Регулятори вмикають лише після повного відновлення обігріву печей;

6) закрити стопорні крани у газопідвідній арматурі;

7) прикрити пластинами повітряні отвори в клапанах, залишивши закритим зазор 5-10 мм;

8) знизити тягу в лежаках до отримання розрідження у вічках регенераторів печей з бічним підведенням та подових каналах печей з нижнім підведенням на 10-20 Па вище нормального. Регулятори тяги продовжують працювати та за їх допомогою підтримується необхідне розрідження в опалювальній системі печей;

9) перевірити повноту закриття кранів або засувок на продувних свічах опалювальних газопроводів в тунелях;

10) перевірити закриття кришок знеграфічування на підведенні коксового газу до корнюрів. Кришки мають бути зачинені протягом всієї зупинки обігріву.

На підставі п. 10.276 ПТЕ-2017 за зупинки обігріву тривалістю більше години кантувальна лебідка переводиться до робочого положення, кантування здійснюється регулярно від кнопкового управління через встановлені інтервали часу при зачинених стопорних кранах. Лебідка декарбонізації відключена.

Згідно п. п. 10.225 та 10.279 ПТЕ-2017, якщо зупинка обігріву викликана припиненням відсмоктування газу з газозбірників, треба негайно відкрити

газовипускні свічі на газозбірниках та, у випадку необхідності, стояки останніх завантажених печей.

Якщо умови зупинки обігріву пов'язані з розкриттям або ремонтом газопроводів, у відповідності з п. 10.279 ПТЕ-2017 мають бути перекриті крани на лініях стоку конденсату до гідро-затворів та на імпульсних лініях до вимірювальних приладів. Потім до газопроводів треба подіти пару та відкрити продувні свічі.

На підставі п. 10.280 ПТЕ-2017 за тривалої зупинки печей заступник начальника коксового цеху з обігріву має бути викликаний до цеху.

По закінченню зупинки згідно п. 10.281 ПТЕ-2017 необхідно:

- розподілити обов'язки та розставити по місцях персонал, пов'язаний з відсмоктуванням та прийманням газу;

- перевірити газоскидний пристрій та відкрити загальну продувну свічу на газопроводі зворотного (очищеного) газу.

Потім змінний майстер або інша особа, відповідальна за обігрів печей, має повідомити відповідальному представникові цеху вловлювання про готовність печей до подачі та приймання газу. Це повідомлення є підставою пуску нагнітача, здійснюваного персоналом цеху вловлювання.

Після пуску нагнітача треба поступово зачинити всі стояки та газовипускні свічі і відрегулювати відсмоктування газу так, щоб забезпечити нормальний тиск в газозбірниках.

Якщо тиск газу в розподільчих газопроводах впав нижче 500 Па, то на підставі п. 10.282 ПТЕ-2017 треба перевірити:

- повноту закриття стопорних кранів;
- заповнення гідро-затворів водою;
- наявність пари в паропроводах.

Після цього слід згідно з п. 10.281.5 ПТЕ-2017 приступити до продувки загального підвідного та розподільчих газопроводів по боках батареї.

У відповідності з п. 10.283 продувку газопроводів треба виконувати в наступній послідовності:

1. Продувати підвідний газопровід опалювального газу на свічу перед розподільчими газопроводами.

2. Відкрити продувні свічі на розподільчих газопроводах по боках батареї.

3. Відкрити засувки на загальному підвідному та послідовно на розподільчих газопроводах з машинного та коксового боків.

4. Тиск газу в розподільчих газопроводах має підтримуватись в межах 1000-1500 Па.

5. Пересвідчитись, що газ виходить з продувних свічок.

На підставі п. 10.285 ПТЕ-2017 продувка газопроводів коксового газу після ремонту, розкриття або тривалих (більше 3 годин) зупинок, здійснюється спочатку парою. Продувка коксовим газом проводиться в цьому випадку лише після заповнення газопроводів парою.

За продувки парою мають бути відімкнуті імпульсні лінії до вимірювальних приладів.

Згідно п. 10.286 ПТЕ-2017 за продувки у місць викиду газу до атмосфери в радіусі 40 м має бути призупинений рух транспорту, заборонене застосування відкритого вогню, виконання зварювальних робіт, а також знаходження людей, не пов'язаних з продувкою газопроводів.

У відповідності з п. 10.284 ПТЕ-2017 завершення продувки визначається шляхом аналізу проб газу, відібраних у кінцевих свічок, крізь які ведеться продувка.

Вміст кисню в газі не має перевищувати 1 % (об.) в двох послідовно відібраних пробах.

На підставі п. 10.287 ПТЕ-2017 вмикання простінків для обігріву коксовим газом має відбуватись в наступній послідовності:

1. Встановити в робоче положення пластини на отворах для повітря в газоповітряних клапанах.
2. Відновити робочу тягу в лежаках.
3. Скантувати кантувальну лебідку в робоче положення, якщо це не було зроблене раніше.

Знеграфічувальна лебідка при цьому не кантується та кришки знеграфічування лишаються закритими.

Знеграфічувальний пристрій вмикається лише після встановлення нормального режиму обігріву печей.

4. Послідовно відкрити стопорні крани по боках батареї та перевірити появу факелу в контрольних та крайніх вертикалах опалювальних простінків.

5. Після відновлення обігріву на 50 % простінків закрити продувні свічі.

Згідно з п. 10.288 ПТЕ-2017 після вмикання всіх простінків на обігрів необхідно:

1. Уточнити розстановку пластин на повітряних отворах в клапанах.
2. Скоригувати тягу в лежаках.
3. Встановити тиск газу по боках батареї та включити регулятори тиску газу.
4. Включити знеграфічувальний пристрій, перевіривши при цьому узгодженість роботи знеграфічувальної та кантувальної лебідок (через 2-5 хв після кантовки та припинення подачі газу на певні вертикали за допомогою знеграфічувальної лебідки відкривається верхній отвір відповідної газової

пушки, крізь який подається повітря. Подача повітря припиняється за 2-5 хв до наступного кантування).

5. Відрегулювати розрідження у вічках регенераторів (на печах з бічним підведенням) або в подовому каналі (на печах з нижнім підведенням).

6. Перевести кантувальну лебідку на автоматичне управління.

Згідно п. 10.292 ПТЕ-2017 включення обігріву печей має здійснюватись послідовно за окремими батареями.

У відповідності з п. 10.293 ПТЕ-2017 під час вмикання обігріву не дозволяється:

1. Видавати кокс з печей даного блоку батарей.

2. Виконувати вогневі та ремонтні роботи в обслуговуючих тунелях печей та кантувальному приміщенні відповідного блоку батарей.

Контрольні запитання

1. Що має забезпечувати правильно встановлений температурний режим коксування?

2. Як встановлюється рівень температур в опалювальній системі?

3. Які показники містить технологічна карта, як її розробляють та затверджують?

4. Як коригувати рівень температур в опалювальній системі за зміни властивостей шихти та умов коксування?

5. Як експериментально визначається рівень температур за віссю коксового пирога?

6. Як контролюється загальний рівень температур в опалювальній системі коксових печей?

7. Як встановлюється та контролюється рівень температур в крайніх вертикалах коксових печей?

8. Якими показниками характеризується рівномірність обігріву коксових печей?

9. Що має забезпечувати правильно встановлений гідравлічний режим коксових печей?

10. Які основні положення гідравлічного режиму коксування?

11. Як організуються регулювальні роботи на коксовій батареї?

12. Які сталі та змінні фактори використовують для регулювання обігріву коксових печей?

13. Який порядок виконання регулювальних робіт на коксовій батареї?

14. У яких випадках припиняють подачу газу на опалення коксових батарей?

15. Як припиняють подачу газу на опалення коксових батарей?
16. Як відновляють подачу газу на опалення коксових батарей?
17. Які головні заходи безпеки необхідно вжити під час робіт з припинення та відновлення подачі газу на опалення коксових батарей?
18. На яких принципах ґрунтується автоматизація регулювання теплового режиму коксових печей?

Перелік джерел до 7-го розділу

1. ДСТУ 4370 Енергозбереження. Коксохімічне виробництво. Ресурси енергетичні вторинні. Методика визначення показників виходу та використання / Розр.: Ковальов Є.Т., Шульга І.В. – К.: Держспоживстандарт, 2011. – 96 с.
2. ПТЕ-2017 Правила технічної експлуатації коксохімічних підприємств. – Харків: ДП «Гипрококс», 2018. – 283 с.
3. НАПБ 01.039-2001. Правила пожежної безпеки для коксохімічних виробництв. - Харків: Гипрококс, 2001. – 160 с.
4. НПАОП 27.1-1.10-07. Правила безпеки в газовому господарстві коксохімічних підприємств і виробництв. – Харків: Гипрококс, 2007. – 192 с.
5. Шульга І. В. Інструкція з розрахунку виробничої потужності коксохімічних підприємств та виробництв / І. В. Шульга, Л. П. Банніков. – Харків : ДП «УХІН», 2014. – 80 с.
6. Шульга І.В. Положення про технологічні регламенти для виробництва продукції на коксохімічних підприємствах / І. В. Шульга, О. Л. Борисенко. – Харків : ДП «УХІН», 2018. – 40 с.
7. ИР 32-83. Инструкция по регулированию обогрева коксовых печей. – Харьков: ВКХС, 1983. – 270 с.
8. Борисов Л.Н. Обогрев коксовых печей / Л. Н. Борисов, И. В. Шульга // Справочник коксохимика. 3-е изд. Т. 2. Производство кокса. – Харьков : ИД ИНЖЭК, 2014. – С. 452-480.
9. Смойловский Н.И. Теплотехника и гидравлика коксовых печей / Н. И. мойловский., Э. М. Израэлит. – М. : Металлургия, 1977. – 270 с.
10. Лейбович Р.Е. Технология коксохимического производства / Р. Е. Лейбович, Е. И. Яковлева, А. Б. Филатов. – М. : Металлургия, 1982. – 340 с.
11. Вольфовский Г.М. Газовщик коксовых печей / Г. М. Вольфовский, Л. Мироненко, А. А. Кауфман. – М. : Металлургия, 1989. – 190 с.
12. Филатов Ю.В. Теория и практика производства и применения доменного кокса улучшенного качества / Ю. В. Филатов, Е. Т. Ковалев, И. В. Шульга и др.. – Київ : Наукова думка, 2011. – 128 с.

13. Ярошевський С. Л. Ресурсозберігаючі технології металургійного виробництва на основі використання українського вугілля / С. Л. Ярошевський, А. В. Ємченко, І. В. Шульга та ін.. – Харків : Контраст, 2012. – 204 с.

14. Шептовицкий М.С. Теплотехнический режим крайних и массовых вертикальных отопительных каналов коксовой батареи № 1-бис Мариупольского коксохимического завода / М. С. Шептовицкий, И. В. Шульга, А. Г. Вольфовский и др. // Кокс и химия. 1992. № 6. С. 19-22.

15. Лобов А.А. О температурных условиях работы кладки огнеупорных простенков большегрузных коксовых батарей / А. А. Лобов, Э. И. Торяник, И. В. Шульга // Кокс и химия. 2000. – № 4. С. 10 – 14.

16. Бондарчук П.Н. Разработка режимных показателей для коксовой батареи / П. Н. Бондарчук, А. И. Рыщенко, Ю. В. Телешев и др. // Кокс и химия. 2005. № 9. С. 21 – 28.

8. ПІСЛЯ-ПІЧНА ОБРОБКА КОКСУ

У відповідності з п. 10.181 ПТЕ-2017 кокс видають з печей з температурою 1000-1100 °С. Щоб запобігти горінню розпеченого коксу після вивантаження з печі, зробити його транспортабельним та придатним до зберігання, його температуру слід знизити до 100-250 °С, тобто «погасити». Гасіння можна здійснити мокрим або сухим способом.

8.1 Мокре гасіння коксу

У відповідності з п. 10.84 ПТЕ-2017 перед видачею коксу гасильний вагон встановлюється біля печі так, щоб край вагону знаходився на 1,0-1,5 м від коксоспрямовуючої дверезнімальної машини за ходом руху вагону.

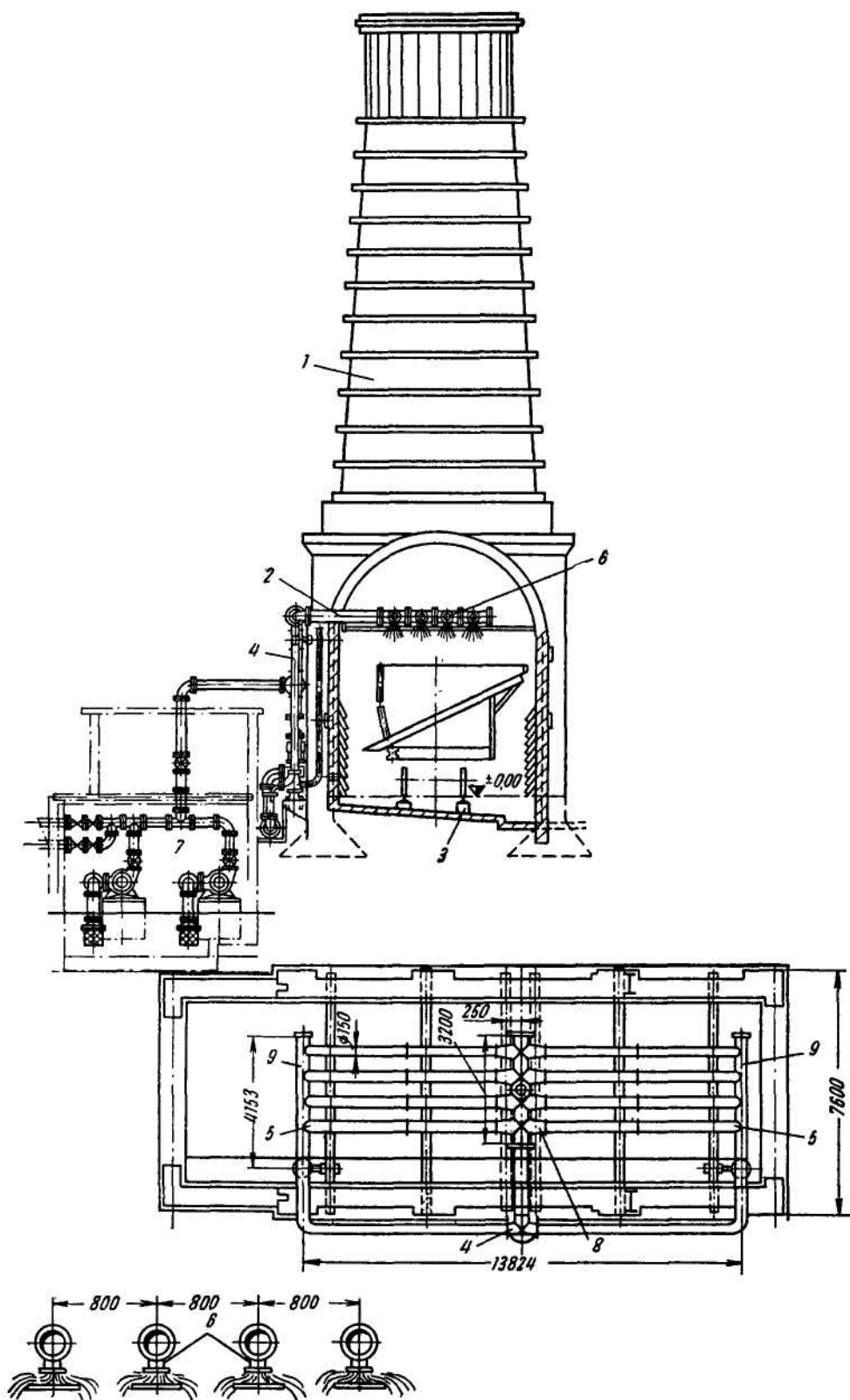
На підставі п. 10.85 ПТЕ-2017 перед прийманням коксу в гасильний вагон машиніст має пересвідчитись, що затвори вагону зачинені.

Тиск повітря в магістралі для управління затворами має бути не менше 0,4 МПа.

Приймання коксу до гасильного вагону може здійснюватись машиністом електровозу в напрямку «від себе» або, за наявності зачарованості та поганої видимості, «на себе». Відповідно цьому і встановлюється гасильний вагон.

Згідно п. 10.86 ПТЕ-2017 під час приймання коксу гасильний вагон має переміщуватись зі швидкістю, що забезпечує рівномірний розподіл коксу всією довжиною вагону (близько 0,5 м/с).

Коксогасильна установка (рис. 8.1) складається з гасильної вежі та відстійників для освітлення вод гасіння. В середині гасильної вежі знаходиться зрошувальний пристрій, а над ним знаходиться витяжна труба для відведення утвореної за гасіння водяної пари. Вода на гасіння коксу надходить до зрошувальної системи за допомогою насосів великої потужності (типу фекальних). Витрата води, що надходить на гасіння, залежить від температури та властивостей коксу (готовності, крупності, питомої поверхні) і в середньому складає 4-5 м³/т коксу. Частина води, що йде на гасіння (10-15%), випаровується, а частина лишається в коксі, при цьому його вологість зростає в середньому до 3-5 %, а все тепло коксу, поглинуте водою, втрачається повністю та безповоротно. Більша частина води повертається до оборотного циклу та надходить для освітлення у відстійники. Через нагрівання води за гасіння коксу температура води у відстійниках встановлюється на рівні 70-80 °С. Для поповнення втрат до оборотного циклу додають біохімічно очищену, а за необхідності (нестачі біохімічно очищеної води) – і технічну воду. Коксовий шлам з відстійників періодично видаляють грейфером.



1 – вежа; 2 – зрошувальний пристрій; 3 – залізнична колія; 4 – підвідний водогін; 5 – зрошувальні труби; 6 – патрубки з відбійниками; 7 – насосна станція; 8 – центральний колектор; 9 – бічні колектори.

Рис. 8.1. Установа мокрого гасіння коксу

У відповідності з п. 10.87 ПТЕ-2017 після завершення гасіння коксу вагон має залишатись під гасильною вежею для відстоювання.

Управління гасінням та відстоєм має бути автоматичним.

Тривалість гасіння та відстою має складати 1,5-3 хв. Для камер більшої ємності тривалість гасіння має бути більшою. За всіх умов відстій вагону з коксом має тривати не менш ніж 50 с.

Можливе застосування імпульсного гасіння, коли вода протягом циклу гасіння подається не безперервно, а кількома імпульсами тривалістю 10-30 с кожний. В інтервалах між імпульсами кокс охолоджується утвореною під час імпульсів водяною парою. Це дозволяє забезпечити більш рівномірне охолодження коксу за всім об'ємом, зменшити витрату води, кількість викидів пари з гасильної вежі, зекономити електроенергію на живлення насосів.

У відповідності з п. 10.93 ПТЕ-2017 ремонт та ручне очищення колій гасильного вагону здійснюються лише під час зупинок видачі коксу з обов'язковим зняттям напруги з тролей електровозу, встановленням заземлення та під наглядом осіб, відповідальних за виконання цих робіт.

Виконувати будь-які роботи на коліях гасильного вагону під час видачі коксу та руху вагону не дозволяється.

Прохід людей через колії гасильного вагону заборонений, окрім спеціально призначених для цього огорожених переходів між блоками батарей.

На підставі п. 10.94 ПТЕ-2017 кокс з гасильного вагону має вивантажуватись на вільне місце рампи.

Кокс, виданий на рампу з гасильного вагону, не має містити непогашених вогнищ та до подачі на коксортувалку має витримуватись на рампі не менше 15 хв.

Згідно п. 10.95 ПТЕ-2017 відкривання затворів рампи має бути механізоване. Механізація повинна забезпечувати послідовність розвантаження з урахуванням необхідної тривалості витримки коксу на рампі.

За виявлення непогашених кусків коксу вони мають бути негайно погашені на рампі водою з пожежних рукавів або за допомогою установки автоматичного погашення.

У відповідності з п. 10.99 ПТЕ-2017 робочі майданчики вздовж коксової рампи повинні мати двобічні евакуаційні виходи.

Перевагами мокрогасіння є:

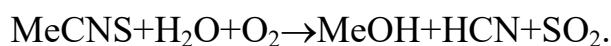
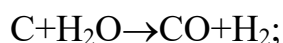
- малі капітальні витрати;
- відсутність пиління коксу за сортування та відвантаження.

Недоліки:

- повністю втрачається тепло розпеченого коксу (40 % від загальної витрати тепла на коксування);
- викиди забруднюючих речовин в атмосферу з гасильної вежі;
- різке охолодження коксу призводить до інтенсивного тріщиноутворення, зниження виходу крупного коксу та погіршенню його якості;
- збільшення витрати тепла та коксу в доменних печах, зменшення їх продуктивності;
- інтенсивна корозія металоконструкцій в районі гасильної вежі.

Головними забруднювальними речовинами, що викидаються разом з водяною парою з гасильної вежі, є:

- фенол C_6H_5OH та аміак NH_3 , що містяться в біохімічно очищеній воді;
- ціановодень, оксиди сірки та вуглецю, які утворюються внаслідок хімічних реакцій за гасіння коксу водою:



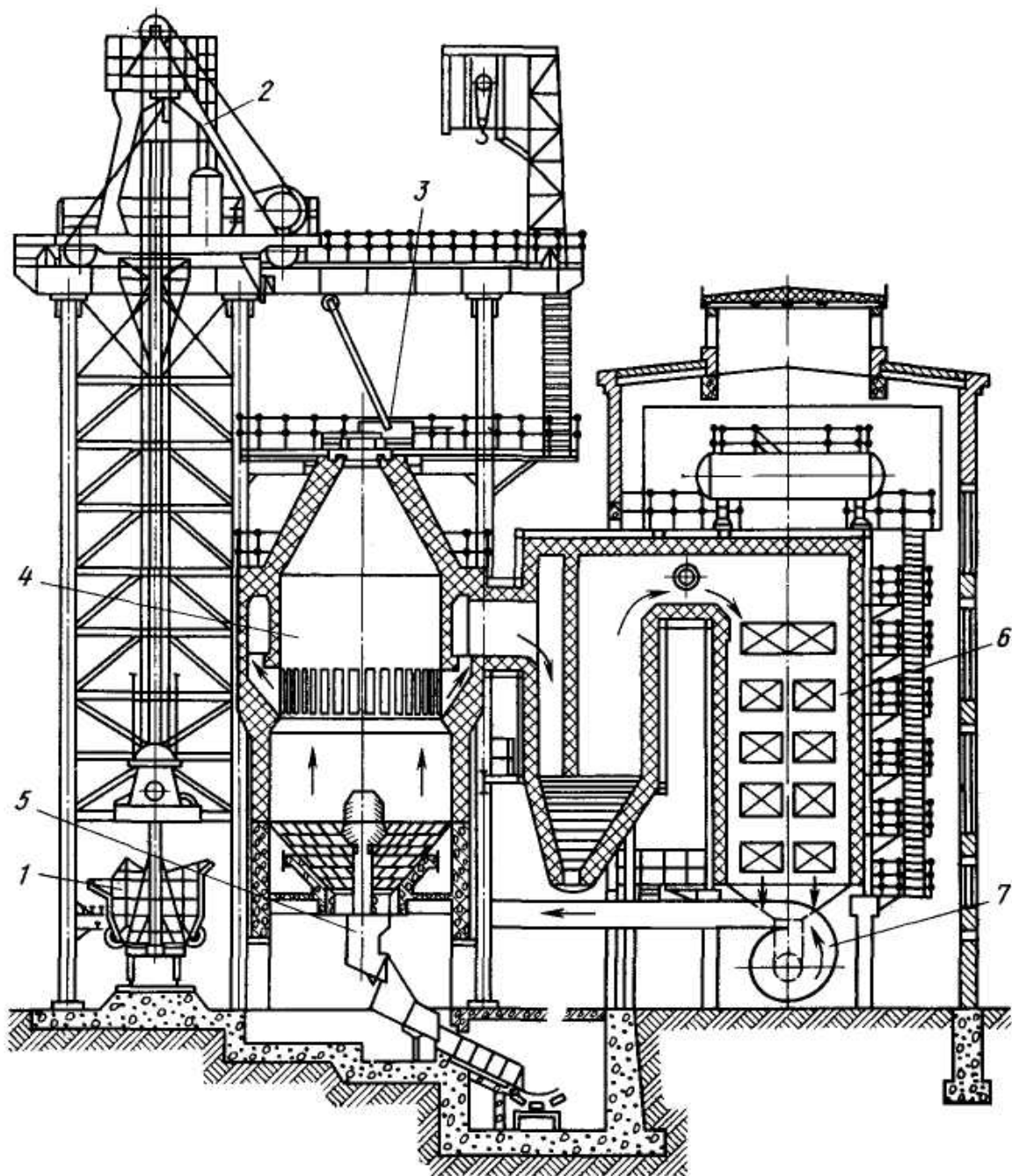
8.2 Сухе гасіння коксу

Розроблені ДП «ГИПРОКОКС» метод та установка сухого гасіння коксу (УСГК) ґрунтуються на охолодженні розпеченого коксу циркулюючими газами з наступним використанням тепла газів в котельній установці.

Сухе гасіння має низку важливих переваг:

- 1) відсутність викидів забруднювальних речовин в атмосферу з гасильної вежі;
- 2) можливість покриття потреби коксохімічного виробництва в парі та електроенергії внаслідок утилізації тепла розпеченого коксу;
- 3) мінімальна вологість коксу;
- 4) отримання більш однорідного коксу за крупністю;
- 5) поліпшення якості коксу за рахунок відсутності різкого охолодження та додаткової витримки коксу в верхній частині УСГК;
- 6) запобігання корозії металоконструкцій в районі гасильної вежі.

На рис. 8.1 поданий розріз камери сухого гасіння коксу системи ДП «ГИПРОКОКС» в блоці з котлом-утилізатором та допоміжним устаткуванням.



1 – коксовозний вагон зі зйомним кузовом; 2 – пересувний підйомник; 3 – завантажувальний пристрій; 4 – камера гасіння; 5 – розвантажувальний пристрій; 6 – котел-утилізатор; 7 – димосмокт

Рис. 8.1. Установа сухого гасіння коксу

Розпечений кокс піднімається до завантажувального пристрою камери в зйомному кузові коксовізного вагону спеціальним підйомником та потрапляє до форкамери установки, розташованої безпосередньо над камерою гасіння.

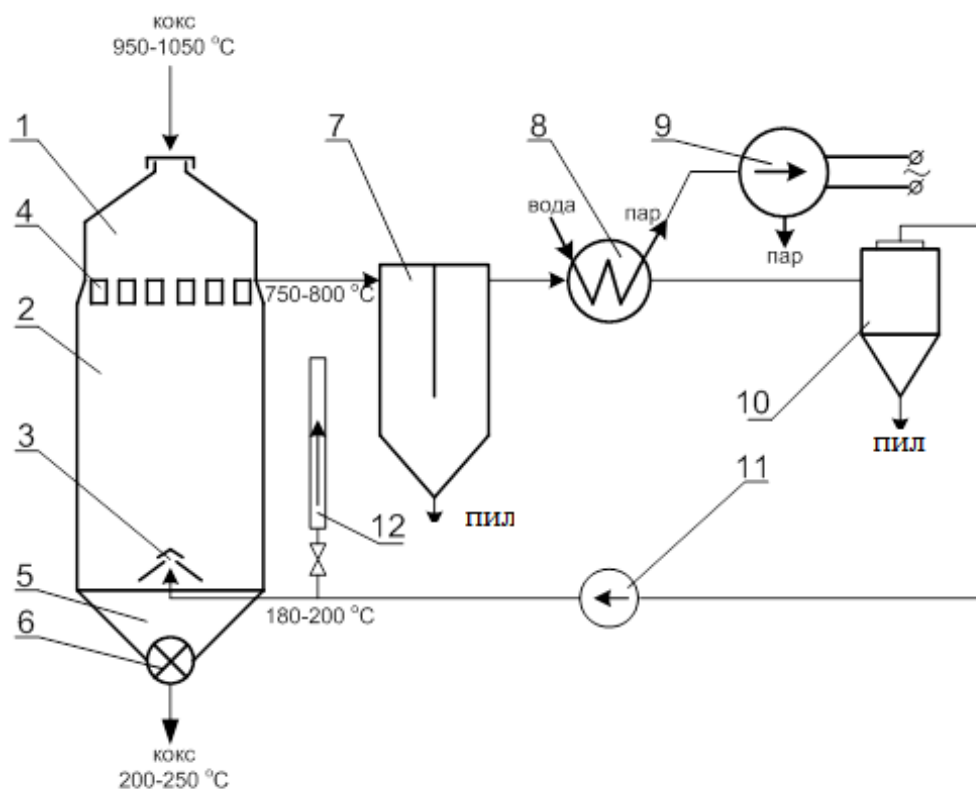
Форкамера призначена для приймання розпеченого коксу та поступового надходження його до камери гасіння. Між камерою та форкамерою є вікна для виведення з камери гасіння гарячих газів. Верхня частина камери гасіння має

циліндричну форму (висота 9 м та діаметр 6 м), нижня частина – у вигляді звужуваного донизу зрізаного конусу. Між верхньою та нижньою частинами вмонтовані пристрої для введення охолоджувальних газів. Вони подаються до камери за всім периметром конічної частини та в центрі крізь розподільвач. Цим досягається рівномірний розподіл газів за всім перерізом камери. Кокс в циліндричній частині охолоджується газами, що рухаються знизу догори. В нижній частині конусу знаходиться герметичний розвантажувальний пристрій для видачі коксу на конвеєри. Вивантаження коксу з камери забезпечує його просування згори донизу.

Нагріті гази відводяться з верхньої частини камери за усім периметром горизонтального перерізу крізь вікна до кільцевого газоходу, потім до камери знепилювання, проходять вздовж теплообмінних поверхонь котла-утилізатору, а потім надходять до циклонів для додаткового відділення пилу.

Це запобігає ерозії робочих поверхонь димосмокту, який подає охолоджені інертні гази до камери гасіння.

Принципова технологічна схема УСГК системи ДП «ГИПРОКОКС» наведена на рис. 8.2.



1 - форкамера; 2 – камера гасіння; 3 – дугтевий пристрій; 4 – косі ходи; 5 – зона розвантаження; 6 – розвантажувальний притрій; 7 – пилоосаджувальна камера; 8 – котел-утилізатор; 9 – турбіна; 10 – циклон; 11 – димосмокт; 12 – свіча для скиду надлишкового теплоносія.

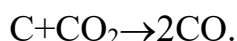
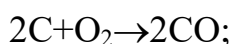
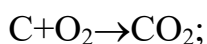
Рис. 8.2. Принципова технологічна схема установки сухого гасіння коксу (УСГК):

Продуктивність сучасних конструкцій УСГК становить за коксом 70-140 т/годину.

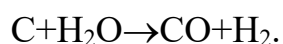
У відповідності з п. 10.103 ПТЕ-2017 головні технологічні параметри блоку УСГК за роботи з проектною потужністю мають бути наступними:

- температура завантаженого коксу – 850-1050 °С;
- температура поверхні погашеного коксу на мстрічці – не більше 250 °С;
- температура циркулюючого газу перед котлом – не більше 800 °С;
- те ж на вході до камери гасіння – 150-180 °С;
- питома витрата дуття – до 1500 м³/т коксу;
- питома витрата пари (тиск 3,9 МПа, температура 440 °С) – 0,5 т/т коксу.

Як циркулюючий газ використовують продукти взаємодії з коксом кисню повітря, що заповнює контур УСГК під час її першого завантаження:

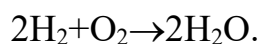
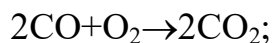


В циркулюючому газі також містяться парогазові продукти поліконденсаційних процесів (СН₄, Н₂), що відбуваються з коксом у форкамері. Виділена за поліконденсаційних процесів водяна пара за високих температур частково газифікує вуглець коксу:



На підставі п. 10.136 ПТЕ-2017 вміст горючих компонентів у циркулюючих газах УСГК має бути наступним (%): СО – 8-16; Н₂ – до 5; СН₄ – до 1,0. Решта – вуглекислий газ, азот. Гранично припустимий вміст водню – 8 %, за перевищення встановленого нормативу агрегат має бути зупинений для з'ясування та усунення причин.

Для зниження вмісту горючих компонентів до кільцьового каналу камери гасіння подають повітря для допалювання:



Однак при цьому зростає вміст вуглекислого газу та водяної пари, що призводить до додаткових втрат коксу внаслідок його газифікації.

Згідно з п. 10.137 ПТЕ-2017 за нормальної роботи вміст кисню в циркулюючих газах УСГК має не перевищувати 1,0 %. За підвищення вмісту кисню вище за цю величину слід негайно вжити заходів для виявлення та усунення підсмоктувань повітря до системи.

Сухе гасіння у порівнянні з мокри дозволяє знизити вологість коксу на 3-4 %, поліпшити показники механічної міцності за M_{25} на 4-6 %, за M_{10} на 0,3 %, вміст класу більше 80 мм в коксі знижується на 3-4 %, а класу менше 25 мм – на 0,1 %.

У доменному виробництві питома витрата коксу сухого гасіння на 2-3 % нижча, ніж коксу мокрого гасіння.

В той же час сухому гасінню коксу притаманні й певні ризики:

- великі капітальні витрати;
- втрата частини коксу внаслідок газифікації в камерах УСГК (т.зв. «угар»);
- підвищене пиління коксу;
- додаткові викиди забруднювальних речовин до атмосфери з надлишками циркулюючого газу.

8.3 Сортування коксу

За сортування валовий кокс розділяють на товарні класи за крупністю. В загальному вигляді сортування коксу складається з наступних операцій:

- транспортування коксу від рампи або розвантажувального пристрою УСГК системою горизонтальних (підрампових) та похилих конвеєрів;
- накопичення валового коксу в бункерах;
- розвантаження бункерів та подача валового коксу нагору будови сортувальні;
- розділення валового коксу за крупністю на валкових грохотах;
- подача надрешітного продукту (більше 60 мм, 40 мм або 25 мм) в бункери крупного коксу;
- контрольне грохотіння підрешітного продукту на двохситних інерційних грохотах з виділенням класів більше 25 мм (додається до надрешітного продукту валкових грохотів або є самостійним товарним класом, накопичуваним в спеціальному бункері), 25-10 мм та менше 10 мм (накопичуються в двох бункерах дрібних класів);
- відвантаження товарних класів коксу з бункерів до залізничних піввагонів.

Бункера валового та/або металургійного коксу дозволяють забезпечити безперебійну роботу цеху за тривалих перерв у подачі залізничних вагонів, що важливо для заводів, розташованих на певному віддаленні від металургійних комбінатів. Для підприємств невеликої потужності накопичення крупного коксу в бункерах дозволяє знизити простой вагонів під навантаженням. В той же час спорудження бункерів потребує значних капітальних вкладень. Тому на більшості підприємств бункера валового коксу відсутні. На деяких підприємствах відсутні також і бункери металургійного коксу.

За безбункерного коксортування валовий кокс підрамповим та похилим конвеєрами надходить безпосередньо на валковий грохот. Підрешітний продукт розсівають додатково на контрольному грохоті. Надрешітні продукти валкового та контрольного грохотів, як правило, об'єднують та разом відвантажують у вагони. Дрібні класи коксу накопичуються в бункерах у кількості, достатній для заповнення вагонів, що подають під навантаження.

Контрольні запитання

1. В чому полягає сутність мокрого гасіння коксу?
2. Які складові установки мокрого гасіння коксу?
3. Навіщо та як погашений кокс витримують на рампі?
4. В чому полягають переваги та недоліки мокрого гасіння коксу?
5. В чому сутність та переваги сухого гасіння коксу?
6. Які технологічні параметри сухого гасіння коксу?
7. Який циркуляційний газ використовують для сухого гасіння коксу та як формується його склад?
8. В чому сутність «угару» коксу за сухого гасіння?
9. Які ризики притаманні сухому гасінню кокса?
10. Як здійснюється сортування коксу?

Перелік джерел до 8-го розділу

1. ПТЕ-2017 Правила технічної експлуатації коксохімічних підприємств. – Харків: ДП «Гипрококс», 2018. – 283 с.
2. Справочник коксохимика. – 3-е изд. Т. 2. Производство кокса // Деревич В. В. Гл. 6. Тушение кокса водой. Абдулин С. Ю., Каменюка В. Б., Старовойт А. Г. и др. Гл. 9. Сухое тушение кокса. Деменко В. В., Радченко В. В. Гл. 10. Сортировка и отгрузка кокса. – Харьков : ИД ИНЖЭК, 2010. – С. 328 - 452.

3. Збыковский Е. И. Повышение эффективности работы установок сухого тушения кокса / Е. И. Збыковский, А. В. Голубев, А. А. Топоров, И. В. Шульга. Под ред. И. В. Шульги – Покровск : ДВНЗ «ДонНТУ», 2017. – 163 с.
4. Ярошевський С.Л. Ресурсозберігаючі технології металургійного виробництва на основі використання українського вугілля / С. Л. Ярошевський, А. В. Ємченко, І. В. Шульга та ін.. – Харків : Контраст, 2012. – 204 с.
5. Филатов Ю. В. Теория и практика производства и применения доменного кокса улучшенного качества / Ю. В. Филатов, Е. Т. Ковалев, И. В. Шульга и др.. – Київ : Наукова думка, 2011. – 128 с.
6. Ткачев В.С. Оборудование коксохимических заводов / В. С. Ткачев, М. А. Остапенко. – М. : Metallurgiya, 1983. – 360 с.
7. Лейбович Р .Е. Технология коксохимического производства / Р. Е. Лейбович, Е. И. Яковлева, А. Б. Филатов. – М. : Metallurgiya, 1982. – 340 с.
8. Давидзон Р.И. Мастер установки сухого тушения кокса / Р. И. Давидзон. – М. : Metallurgiya, 1980. – 124 с.
9. Мучник Д.А. Теория и техника охлаждения кокса / Д. А. Мучник, Ю. С. Постолёвник. – Київ : – Донецк: Вища школа, 1979. – 159 с.
10. Иванов Е.Б. Технология производства кокса / Е. Б. Иванов, Д. А. Мучник. – Київ : Вища школа, 1978. – 232 с.
11. Теплитский М.Г. Сухое тушение кокса / М. Г. Теплитский, М. З. Гордон, М. А. Кудрявая и др.. – М. : Metallurgiya, 1971. – 264 с.
12. I. V. Shulga Moisture Content of Wet-Quenched Coke / I. V. Shulga, I. V. Miroshnichenko, I. M. Ryschenko, D. V. Mirishnichenko // Coke and Chemistry. 2019. – V. 62. – N 9. – P. 402-407.
13. E. I.Zbykovskii New Gas Exhaust System for Use in the Dry Quenching of Coke / E. I.Zbykovskii, A. V. Golubev, I. V. Shulga. // Coke and Chemistry. 2017. – V. 60. – No 1. – P. 23-27.
14. Шульга И. В. Исследование эффективности работы коксортировок / И. В. Шульга, М. С. Шептовицкий, А. Г. Вольфовский // Кокс и химия. 1992. – № 3. – С. 27 – 29.
15. Журавский А. А. Коксортировка № 2 Авдеевского КХЗ. Повышение эффективности ее работы / А. А. Журавский, Э. И. Торяник, И. В. Шульга // Кокс и химия. – 1999. – № 8. – С. 11 – 14.
16. Шульга І. В. Шептовицький М. С., Вольфовський А. Г. та ін. Пристрій для механічної обробки коксу. Патент України № 19366 // Промислова власність. 1997. –№ 6.

9. ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТ КОКСОВИХ ПЕЧЕЙ

9.1 Умови експлуатації вогнетривів у коксових печах

Кладка коксових печей має безперервно працювати протягом 20 та більше років за умов одночасних механічних, фізико-хімічних та термічних впливів.

Умови експлуатації вогнетривів в окремих зонах та елементах кладки коксової печі наступні:

А) в подових каналах регенераторів вогнетривка кладка піддається впливу різких температурних коливань в місцях входу та виходу газових потоків з температурою 30-450 °С;

Б) насадкова цегла регенераторів в нижніх рядах піддається різким теплозмінам, а в верхніх рядах – впливу високих температур та проникаючого мінерального та вугільного пилу;

В) крайні корнюрні цеглини піддаються впливу різких коливань температур та вологи за надходження до корнюрів коксового газу для опалення, а наступного кантування – повітря на знеграфічування (декарбонізацію);

Г) на решті протяжності корнюру його цеглини піддаються зсередини впливу нагрітих повітря та продуктів спалювання і зсередини – коксового газу. Через різницю температур цих потоків виникають температурні напруги. Порушення герметичності корнюрів призводить до просмоктувань газу та місцевих вогнищ перегріву;

Д) вогнетриви кладки камер піддаються впливу механічних напруг від незкомпенсованого тиску розпирання вугільної шихти, ваги устаткування та розташованих вище конструкцій конструкцій коксової батареї, на них передається частина зусилля видачі коксу та ударні впливи при завантаженні печей. Крім того, за зняття дверей, видачі коксу та завантаження холодної шихти кладка піддається різким теплозмінам, особливо в голівочних частинах камери, де температура може падати нижче 825 °С, що призводить до алотропних перетворень дінасу. Таким чином, найважчими є умови експлуатації внизу камери та по її краях. Саме там виникають найбільш інтенсивні руйнування кладки – подрізи, тріщини, раковини. Через перегрів кладки відбуваються її прогари та ошлакування.

9.2 Ремонт кладки коксових печей

Своєчасне виявлення та усунення пошкоджень вогнетривкої кладки є необхідною умовою забезпечення тривалої та ефективної роботи коксових

батареї. Пошкодження малих розмірів легше ліквідувати, а вогнетривкі замазки на малих ділянках стійкіші за наступної експлуатації.

Моніторинг стану кладки здійснюється шляхом систематичних вимірювань та оглядів у відповідності з п. п. 10.295-10.301 та таблицями 10.3 і 10.4 ПТЕ-2017. Їх результати фіксуються в спеціальному журналі та є підставою для складання графіку ремонтів.

На підставі п. 10.304 ПТЕ-2017 для виконання ремонтів в цеху виділяється спеціальна група вогнетривників, яку заборонено використовувати на інших роботах.

За обсягом робіт, умовами та часом виконання ремонтів кладки печей поділяють на:

А) профілактичні та поточні;

Б) середні;

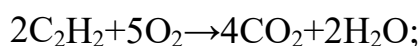
В) капітальні.

До профілактичних та поточних ремонтів відносяться:

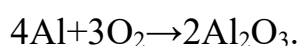
- заповнення порожніх швів, раковин, прогарів;
- ущільнення зазорів в місцях примикання устаткування до кладки;
- перекладання розхитаної закладної арматури;
- заміна регулювальних засобів;
- пробивання забитих косих ходів та пальників;
- заміна подових цеглин у голівок;
- ремонт футерування дверей та стояків.

Головні методи гарячого ремонту кладки печей у відповідності з п. 10.305 ПТЕ-2017:

- мокре торкретування (торкретмасами на фосфатній зв'язці);
- напівсухе торкретування жаротривкими бетонами;
- керамічне наплавлювання та зварювання в струмені ацетиленового полум'я:



- застосування саморозігрівних матеріалів, наприклад, оксиду алюмінію (75 %) в суміші з алюмінієвою пудрою (25 %). Остання в камері коксування під час ремонту, реагуючи з окислюється з виділенням великої кількості тепла, достатнього для плавлення всієї маси:



Технологія торкретування регламентована п. 10.306 ПТЕ-2017. До нанесення торкретмаси ремонтване місце має бути очищене та знеграфічене. Торкретмаса наноситься шаром товщиною не більше 5-6 мм. Після нанесення торкретмаси здійснюється загладжування її сталевим шпателем. Кожен новий шар має наноситись лише після нагріву попереднього шару до червоного кольору. При заділуванні великих раковин торкретування суміщується з підмазуванням вручну. За торкретування не можна припускати охолодження кладки нижче 700 °С.

Профілактичні підмазування та торкретування дефектів кладки коксових камер мають проводитись під час обробки печей до та після видачі коксу, коли двері камери відкриті. За поточного ремонту печі встановлення двері може бути затримана за вимогою мулярів-вогнетривників не більш ніж на 10 хв. Ремонти, що потребують більших витрат часу, виконуються за окремим графіком. При цьому допускається попередня підготовка печі до ремонту за 10 хв до часу видачі за графіком або вивід печі із серії.

Періодичність планових поточних ремонтів (за винятком екстрених випадків), що визначає мінімальний термін експлуатації кладки після ремонту, визначена п. 10.307 ПТЕ-2017.

До середніх ремонтів відносяться часткове перекладання голівок стін регенераторів, опалювальних простінків та заміна оплавленої насадки. Середні ремонти здійснюють на гарячій кладці, але за частково відключеного обігріву та короткочасному (на кілька годин) припиненні видачі та/або завантаженні ремонтваних печей. Ремонт на машинному та коксовому боках камери виконують в різний час. Не можна одночасно проводити ремонт на суміжних печах.

Капітальний ремонт полягає в частковій перекладці групи печей в холодному стані. Його виконують, коли стан кладки печей не дозволяє їх нормально експлуатувати – необхідно знижувати величину разового завантаження на 20-30 % та більше, знижувати температури, збільшувати період коксування та виводити піч з серії.

Капітальний ремонт виконують за наступних дефектів кладки:

А) порушення профілю пічних камер, наявність значних опуклостей, увігнутостей, місцевих змін ширини камери на різних рівнях (на 60-70 мм та більше), за зворотної конусності;

Б) відрив голівок простінків від масиву кладки;

В) утворення на стінках камер суцільних тріщин шириною 15-20 мм та більше;

Г) наявність великої кількості забитих косих ходів, газопідвідних каналів, непрацюючих вертикалів;

Д) ошлакування та прогари на поду та стінах камер площею 0,1 м² та більше;

Е) значні оплавлення насадки регенераторів;

Є) значне оплавлення насадки регенераторів;

Ж) велика деформація анкерних колон та болтів.

Холодне групове часткове перекладання печей виконується з поступовим охолодженням та нагрівом, що вимагає повного або часткового припинення експлуатації камер, суміжних з ремонтною (буферні та напівбуферні печі).

Порядок проведення капітальних ремонтів визначений п. 10.309 ПТЕ-2017. Капітальний ремонт коксових батарей та устаткування виконується за графіком, затвердженим керівництвом коксохімічного підприємства. Підготовка до проведення капітальних ремонтів починається завчасно – за 12-18 місяців. Склад робіт капітального ремонту визначається технічним станом батареї незалежно від її віку. Основні види капітальних ремонтів:

– ремонт кладки печей з перекладанням простінків на різну глибину;

– ремонт та заміна армування;

– ремонт та заміна газовідвідної та газопідвідної арматури.

Капітальні ремонти кладки виконуються за технологічними інструкціями. Для приймання печей до експлуатації після капітального ремонту створюється комісія з представників підприємства, ремонтної та проектної організації. Комісія визначає:

– повноту та якість виконаних робіт;

– загальні втрати продукції;

– режим подальшої експлуатації відремонтованих печей та батареї в цілому.

По закінченні ремонту перед введенням до експлуатації кладка відремонтованих печей має бути висушена та розігріта, а печі виведені на заданий для батареї період коксування і введені в серійність завантаження-видачі за спеціальним графіком.

Контрольні запитання

1. За яких умов працюють вогнетриви в коксових печах?
2. Які види ремонтів виконуються на коксових печах?
3. Як здійснюються гарячі ремонти коксових печей?
4. Які роботи виконуються під час середніх ремонтів коксових печей?
5. Як готуються та виконуються капітальні ремонти коксових печей?

Перелік джерел до 9-го розділу

1. ПТЕ-2017 Правила технічної експлуатації коксохімічних підприємств. – Харків: ДП «Гипрококс», 2018. – 283 с.
2. Справочник коксохимика. – 3-е изд. Т. 2. Производство кокса // Гл. 3.2 Коськова Г.Э. Огнеупорные и теплоизоляционные материалы для кладки коксовых печей. Гл. 15. Стельмаченко С.Ю. Контроль состояния и ремонты кладки коксовых печей. Харьков: ИД ИНЖЭК, 2014. С. 107-141, 576 – 597.
3. Кальянов К.Г. Ремонт огнеупорной кладки и анкеража коксовых печей. – М.: Металлургия, 1980. – 96 с.
4. Лгалов К.И., Кафтан С.И., Вольфовский Г.М. Ремонт кладки и армирующего оборудования коксовой батареи. – М.: Металлургия, 1966. – 328 с.
5. Шульга И.В., Журавский А.А., Федорова С.В. и др. Оценка расхода тепла на коксование после ремонта коксовых батарей // Углекимический журнал. 2017. № 5. С. 15-22.
6. Васильев Ю.С., Шульга И.В., Фидчунов А.Л. Влияние состояния кладки на эксплуатацию и экологические характеристики коксовой батареи // Углекимический журнал. 2014. № 3. С. 14 – 21.
7. Худокормов А.П., Жилавый П.В., Шульга И.В., Фидчунов А.Л. Оценка эффективности проведения горячих ремонтов кладки отопительных простенков // Углекимический журнал. 2013. № 5. С. 56 – 59.
8. Шульга И.В. О ремонте коксовой батареи № 2 // Информационный дайджест ПАО «ЗАПОРОЖКОКС». 2015. № 1. С. 3.

Варіанти тестових завдань для самоконтролю рівня засвоєння знань**Варіант 1**

1. Який спосіб відновлення заліза з руди є основним в доменній печі?
А) прямий; Б) непрямий; В) обидва способи; Г) жоден.
2. Додавання до шихти якої марки вугілля збільшує вихід коксу?
А) газового; Б) жирного; В) коксового; Г) піснуватого спікливого.
3. Яка система опалення застосовується ДП «ГИПРОКОКС» в сучасних проектах коксових батарей?
А) печі з перекидними каналами; Б) парні вертикали з рециркуляцією продуктів горіння; В) печі з груповим опаленням.
4. Звідки надходить на коксову батарею опалювальний газ?
А) з цеху сіркоочищення; Б) з газозбірника; В) з камери коксування.
5. З якою періодичністю здійснюється кантування потоків в опалювальній системі на коксохімічних підприємствах України?
А) 10 хв; Б) 20 хв; В) 30 хв; Г) 40 хв.
6. Які коксові машини використовуються для обслуговування батарей?
А) вугленавантажувальний вагон; Б) коксовиштовхувач; В) дверезнімпльна машина; Г) коксогасильний (коксівізний) вагон з електровозом; Д) всі перераховані машини.
7. Які ризики слід враховувати за експлуатації коксовиштовхувача?
А) наявність негабаритного простору під вугільною вежею; Б) небезпеку знаходження на робочому майданчику, особливо між виштовхувальною штангою та фасадом батареї; В) наявність «сліпого» простору з боку коксо-напрямної ванни.
8. Яка машина транспортує кокс на рампу?
А) вугленавантажувальний вагон; Б) коксовиштовхувач; В) дверезнімпльна машина; Г) коксогасильний вагон з електровозом; Д) коксовізний вагон з електровозом.
9. В якій послідовності випускається шихта з бункерів вугленавантажувального вагону?
А) спочатку з крайніх, а потім із середнього; Б) спочатку з бункеру на коксовій стороні, потім із середнього, а потім з машинного боку; В) одночасно з усіх трьох бункерів; Г) спочатку з бункеру на машинній стороні, потім із середнього, а потім з коксового боку; Д) в довільній послідовності.
10. Для чого призначена циклічна зупинка?

А) для відпочинку персоналу; Б) для виконання робіт з технічного обслуговування устаткування та прибирання виробничих майданчиків і приміщень; В) для відвідування цеху керівниками підприємства.

Варіант 2

1. Які функції виконує кокс в доменному процесі?

А) розпушувач та джерело тепла; Б) розпушувач та відновник; В) джерело тепла та відновник; Г) розпушувач, джерело тепла та відновник.

2. Який петрографічний компонент шихти потребує додаткового підведення тепла на коксування?

А) вітриніт; Б) липтиніт; В) фюзиніт (інертиніт).

3. Яка характерна особливість конструкції печей ПВР?

А) парні вертикали з рециркуляцією продуктів горіння; Б) перекидні канали в перекритті над камерою коксування; В) горизонтальні збірно-розподільчі канали над простінками.

4. Для чого призначений підігрівач перед подачею коксового газу на батарею?

А) запобігання випадінню конденсату та нафталіну в газопідвідній арматурі; Б) зниження витрати тепла на коксування; В) утилізація пари.

5. За допомогою якого пристрою здійснюється кантування?

А) лебідки; Б) стопорного крану; В) пальнику.

6. Скільки батарей обслуговує повний комплект коксових машин?

А) 1; Б) 2; В) 1, за виключення коксогасильного (коксовізного) вагону з електровозом, які можуть обслуговувати дві батареї.

7. Які з перерахованих робіт НЕ виконуються за допомогою дверезнімальної машини?

А) обслуговування стояків; Б) пересування коксо-напрямної ванни; В) зняття та встановлення дверей.

8. Яка висота підсклепінневого простору на шихту для правильно завантаженої коксової печі?

А) не більше 250 мм; Б) 250-350 мм; В) 600-1000 мм.

9. Коли до камери коксування подають планірну штангу?

А) після спорожнення крайніх бункерів завантажувального вагону, за вивантаження шихти із середнього бункеру; Б) до початку завантаження; В) після повного спорожнення всіх бункерів.

10. Яка раціональна тривалість циклічної зупинки?

А) ≤ 2 годин; Б) ≥ 2 годин; В) 2-4 години; Г) ≤ 4 годин.

Варіант 3

1. Який найефективніший частковий замітник коксу в доменному процесі?

А) пиловугільне паливо; Б) природний газ; В) відновлювальний газ.

2. Які марки вугілля характеризуються підвищеним тиском розпирання?

А) газове; Б) жирне; В) газове та жирне; Г) коксове та піснувате спікливе; Д) всі зазначені марки.

3. Як організована подача коксового газу до вертикалів на печах з бічним підведенням?

А) крізь корнюри; Б) крізь дюзи; В) крізь регенератори.

4. Який теплоносій використовують в підігрівачах коксового газу?

А) гостру пару; Б) глуху пару; В) продукти спалювання коксового газу.

5. Навіщо до корнюрів подають повітря на знеграфічування?

А) для знищення відкладів надлишкового графіту в камері коксування; Б) для спалювання відкладів твердих продуктів піролізу вуглеводнів опалювального газу в корнюрі; В) для підігріву повітря перед подачею його в регенератори.

6. Які коксові машини можуть обслуговувати дві батареї?

А) вугленавантажувальний вагон; Б) коксовиштовхувач; В) дверезнімпльна машина; Г) коксогасильний (коксівізний) вагон з електровозом; Д) всі перераховані машини.

7. Які з цих робіт виконують за допомогою дверезнімальної машини?

А) пересування коксо-напрямної ванни; Б) планування шихти в камері коксування; В) набір шихти з вугільної башти; Г) зняття дверей з машинного боку батареї; Д) жодна.

8. Яка має бути температура за віссю коксового пирога за 15 хв до видачі?

А) не більше 1000 °С; Б) не менше 1000 °С; В) 1050±50 °С; Г) не більше 1100 °С; Д) не менше 1100 °С.

9. Як змінюється температура в контрольних вертикалах за подовження періоду коксування?

А) підвищується; Б) знижується; В) залишається незмінною.

10. Яка раціональна тривалість циклічної зупинки?

А) не більше 2 годин; Б) 2-4 години; В) не менше 4 годин.

Варіант 4

1. Як має змінитись якість коксу за використання його одночасно з пиловугільним паливом?

А) необхідний кокс кращої якості; Б) можна використовувати кокс дещо гіршої якості; В) вимоги до якості коксу лишаються незмінними.

2. Які марки вугілля забезпечують потрібну усадку коксу в камері?

А) газове; Б) жирне; В) коксове; Г) піснувате спікливе; Д) всі зазначені марки; Е) жодна із зазначених марок.

3. Як організована подача коксового газу до вертикалів на печах з нижнім підведенням:

А) крізь корнюри; Б) крізь дюзи; В) крізь регенератори.

4. Кінцева температура підігріву коксового газу в газо-підігрівачі має становити:

А) 60-70 °С; Б) не менше 100 °С; В) не більш ніж 800 °С.

5. Яка газовідвідна арматура використовується на коксових печах:

А) корнюри за бічного підведення, дюзи за нижнього підведення; Б) стояки та газозбірники; В) газоповітряні клапани.

6. Скільки резервних комплектів коксових машин має бути в цеху:

А) один на кожний робочий комплект; Б) один на кожні два повних комплекти; В) один на кожні два повних або неповних комплекти.

7. Які ризики необхідно враховувати за експлуатації дверезнімальної машини:

А) наявність негабаритного простору під вугільною вежею; Б) небезпека знаходження на робочому майданчику між виштовхувальною штангою та фасадом батареї; В) наявність «сліпого» простору з боку коксо-напрямної ванни.

8. Як найчастіше запобігають викидам при завантаженні коксових печей?

А) інжектують гази завантаження до газозбірнику парою або водою під тиском; Б) відсмоктують гази завантаження димосмоктом з наступним знешкодженням; В) використовують обидва способи.

9. Як змінюється температура в контрольних вертикалах за подовження періоду коксування?

А) підвищується; Б) знижується; В) лишається незмінною.

10. Як визначають розрахунковий коефіцієнт рівномірності видачі?

А) $(m-a)/m$; Б) $(n-a_1)/m$; В) $K_p K_n$.

Варіант 5

1. Які функції коксу виконують його замітники в доменному процесі?

А) розпушувач та джерело тепла; Б) розпушувач та відновник; В) джерело тепла та відновник; Г) всі три функції; Д) жодної функції.

2. Скільки опалювальних простінків має бути в коксовій батареї?

А) стільки ж, скільки і камер коксування; Б) на один менше, ніж камер коксування; В) на один більше, ніж камер коксування; Г) вдвічі більше, ніж камер коксування; Д) вдвічі менше, ніж камер коксування.

3. Як сполучені камера коксування та опалювальна система?

А) крізь газозбірник; Б) крізь регенератори; В) крізь косохідну зону; Г) крізь перекриття батареї; Д) камери коксування та опалювальна система герметично відділені одна від одної.

4. З якою періодичністю здійснюється кантування потоків в опалювальній системі на коксохімічних підприємствах України?

А) 10 хв; Б) 20 хв; В) 30 хв; Г) 40 хв.

5. Чим охолоджують коксовий газ в стояках та газозбірниках?

А) парою; Б) повітрям; В) азотом; Г) аміачною водою; Д) технічною водою; Е) дистильованою водою.

6. Які із зазначених робіт НЕ виконують за допомогою завантажувального вагону?

А) обслуговування стояків; Б) планування шихти; В) набір шихти з вугільної башти; Г) зняття та встановлення завантажувальних люків; Д) управління кранами системи бездимного завантаження.

7. В чому головна конструктивна відмінність дверей коксових печей з машинного та коксового боку?

А) відмінностей немає; Б) праве та ліве виконання; В) наявність планірного лючку на дверях з машинного боку; Г) двері з машинного боку футеровані цеглою, а з коксового боку – бетонними блоками; Д) двері з коксового боку футеровані цеглою, а з машинного боку – бетонними блоками.

8. Яка витрата пари на інжекцію?

А) не менше 10 кг/т шихти; Б) близько 15 кг/т шихти; В) не менше 100 кг/т шихти; Г) залежить від властивостей шихти; Д) залежить від параметрів пари.

9. Як має змінюватись кінцева температура в коксі за подовження періоду коксування?

А) підвищуватись; Б) знижуватись; В) лишатися незмінною.

10. Як визначається виконавчий коефіцієнт рівномірності видачі?

А) $(m-a)/m$; Б) $(n-a_1)/m$; В) $K_p K_n$.

Варіант 6

1. Яку функцію коксу не можуть виконати його замітники в доменному процесі?

А) джерело тепла; Б) відновник; В) розпушувач; Г) всі функції; Д) жодної функції.

2. Які матеріальні потоки проходять крізь регенератор?

А) висхідний потік – повітря та доменний газ, низхідний – продукти спалювання; Б) висхідний потік – повітря та коксовий газ, низхідний – продукти спалювання; В) низхідний потік – повітря та доменний газ, висхідний – продукти спалювання; Г) низхідний потік – повітря та коксовий газ, висхідний – продукти спалювання.

3. Як забезпечується доступ до регулювальних засобів на печах з бічним підведенням?

А) згори батареї; Б) з між-плитного простору; В) крізь регенератори.

4. Яка газопідводна арматура використовується за нижнього підведення коксового газу до вертикалів?

А) стопорний та кантувальний крани, гнучкий сталевий шланг, газова «пушка» та чавунний вкладиш; Б) стопорний та кантувальний крани, розподільчий газопровід, патрубки, перехідники, дюзи; В) газоповітряні клапани.

5. Яку температуру слід підтримувати в газозбірнику?

А) ≤ 100 °С; Б) 80-85 °С; В) 650-750 °С.

6. Куди подають готову шихту з вуглепідготовчого цеху (відділення)?

А) до вугільної вежі; Б) до бункерів вугленавантажувального вагону; В) до камери коксування.

7. Які із зазначених робіт НЕ виконуються за допомогою гасильної пари?

А) обслуговування стояків; Б) приймання коксу з камери; В) транспортування коксу.

8. Яким має бути тиск пари, що подають до підігрівача коксового газу?

А) 0,3-0,5 МПа; Б) 0,6-0,9 МПа; В) 1,7-1,9 МПа.

9. Як слід змінювати температуру в контрольних вертикалах за подовження періоду коксування?

А) підвищувати; Б) знижувати; В) залишати незмінною.

10. Як визначається загальний коефіцієнт рівномірності видачі?

А) як сума розрахункового та виконавчого коефіцієнтів; Б) як різниця розрахункового та виконавчого коефіцієнтів; В) як добуток розрахункового та виконавчого коефіцієнтів; Г) як частка від поділу розрахункового коефіцієнту на виконавчий; Д) як частка від поділу виконавчого коефіцієнту на розрахунковий.

Варіант 7

1. Скільки марок (рівнів якості) передбачено для коксу КДМ за ТУ У 19.1-00190443-065:2015?

А) 1; Б) 2; В) 3; Г) 4; Д) 5.

2. Які матеріальні потоки проходять крізь косохідну зону?

А) висхідний потік – повітря, низхідний – продукти спалювання, коксовий газ подають крізь корнюри або дюзи; Б) висхідний потік – повітря та коксовий газ; низхідний – продукти спалювання, В) низхідний потік – повітря; висхідний – продукти спалювання, коксовий газ подають крізь корнюри або дюзи; Г) низхідний потік – повітря та коксовий газ, висхідний – продукти спалювання.

3. Як забезпечується доступ до регулювальних засобів на печах з нижнім підводом?

А) згори печей; Б) з між-плитного простору; В) крізь регенератори.

4. Яка газопідвідна арматура використовується для бічного підведення коксового газу до корнюру?

А) стопорний та кантувальний крани, гнучкий сталевий шланг, газова «пушка» та чавунний вкладиш; Б) стопорний та кантувальний крани, розподільчий газопровід, патрубки, перехідники, дюзи; В) газоповітряні клапани.

5. Яку арматуру закладають до кладки перекриття печей?

А) газопідвідну; Б) рами завантажувальних люків та оглядових лючків; В) планірні лючки.

6. Які з перерахованих робіт виконуються за допомогою вугленавантажувального вагону?

А) зняття дверей; Б) планування шихти; В) набір шихти з вугільної вежі; Г) транспортування коксу.

7. Які з перерахованих робіт виконуються за допомогою гасильної пари?

А) зняття дверей; Б) планування шихти; В) набір шихти з вугільної вежі; Г) транспортування коксу.

8. Яким має бути тиск пари на інжекцію?

А) 0,3-0,5 МПа; Б) 0,6-0,9 МПа; В) 1,7-1,9 МПа.

9. Що називають оборотом коксових печей?

А) час між двома послідовними технічними переозброєннями (реконструкціями) батареї; Б) час від завантаження шихти до видачі коксу; В) величина, що дорівнює періоду коксування з додаванням часу, необхідного на завантаження шихти та видачу коксу; Г) інтервал часу між початком двох послідовних видач коксу на батареї.

10. Чим відрізняються тугий хід та буріння печей?

А) це тотожні терміни; Б) за тугого ходу зусилля видачі не зростає, а за буріння – зростає; В) за тугого ходу зусилля видачі зростає, але кокс можна видати з камері, а за буріння кокс з печі не вдається видати з першого поштовху.

Варіант 8

1. Яке сполучення властивостей характерне для високоякісного коксу?

А) високі міцність та реакційна здатність; Б) низкі міцність та реакційна здатність; В) низька міцність, висока реакційна здатність; Г) висока міцність, низька реакційна здатність.

2. Як спрямовані теплові потоки в зоні опалювальних простінків та камер коксування?

А) від камер коксування до простінків; Б) від простінків до камери коксування; В) напрямок потоків змінюється протягом періоду коксування.

3. Для чого призначені регенератори коксових печей?

А) для регенерації забрудненого повітря; Б) для попереднього підігріву повітря та доменного газу перед подачею на спалювання за рахунок тепла охолоджуваних продуктів спалювання; В) для відновлення вогнетривкої кладки; Г) для відведення з камери парогазових продуктів коксування.

4. Яка опалювальна арматура використовується для подачі повітря на обігрів?

А) стопорний та кантувальний крани, гнучкий сталевий шланг, газова «пушка» та чавунний вкладиш; Б) стопорний та кантувальний крани, розподільчий газопровід, патрубки, перехідники, дюзи; В) газоповітряні клапани.

5. Для чого призначені стояки коксових печей?

А) для відведення продуктів згорання опалювального газу; Б) для підтримання газозбірнику в горизонтальному положенні; В) для відведення парогазових продуктів з камери коксування.

6. Які із зазначених робіт НЕ виконуються за допомогою коксовиштовхувача:

А) обслуговування стояків; Б) планування шихти; В) зняття дверей; Г) видача коксу.

7. За допомогою якої машини піч підключають до газозбірнику?

А) вугленавантажувальний вагон; Б) коксовиштовхувач; В) дверезнімальна машина; Г) коксогасильний вагон з електровозом.

8. Яка припустима тривалість використання інжекції:

А) ≤ 6 хв; Б) до повного припинення видимого газування дверей та люків; В) протягом всього періоду коксування.

9. Що визначає серійність коксових печей?

А) послідовність обробки печей (видачі коксу та завантаження шихти); Б) послідовність проведення ремонтів камери коксування; В) послідовність проведення кантовок.

10. Що таке буріння коксових печей?

А) підвищення зусилля видачі; Б) порушення температурного режиму із охолодженням кладки та зміною її кольору на бурий; В) неможливість видати кокс з печі з першого поштовху.

Варіант 9

1. Які марки вугілля забезпечують високі спікливість та коксівність шихти?

А) газове; Б) жирне; В) коксове; Г) жирне та коксове; Д) піснувате спікливе.

2. Яку арматуру розміщують в кладці перекриття печей?

А) газопідвідну; Б) газовідвідну; В) закладну.

3. Чому коксовий газ не підігрівають в регенераторах?

А) його теплота згоряння достатньо висока і без підігріву; Б) він вибухатиме в регенераторах в суміші з повітрям; В) за температур в регенераторах там відбуватиметься піроліз вуглеводнів коксового газу із утворенням твердих продуктів, що забиватимуть насадку.

4. Для чого призначений стопорний кран?

А) для вимикання подачі газу до пів-простінку; Б) для періодичної зміни напрямків руху потоків газу за кантування;и В) для регулювання кількості газу, що подається.

5. Чому відбувається «зростання» завантажувальних люків?

А) збільшення розмірів люків через науглецювання металу; Б) збільшення розмірів цегли вистилання верху печей; В) відкладення піровуглецю («графіту») в зазорах між рамою люка та кладкою, що поступово «вичавлює» раму з кладки.

6. Які з перерахованих робіт виконуються за допомогою коксовищтовхувача?

А) обслуговування стояків; Б) планування шихти; В) зняття дверей з коксового боку батареї; Г) транспортування коксу.

7. За допомогою якої машини знімають двері з машинного боку?

А) вугленавантажувальний вагон; Б) коксовиштовхувач; В) дверезнімальна машина; Г) гасильна пара.

8. Як запобігають викидам за видачі коксу з печей?

А) інжектують гази видачі до газозбірника парою або водою під тиском; Б) відсмоктують гази видачі димосмоктом з наступним очищенням; В) використовують обидва способи.

9. Яка з серійностей видачі та завантаження печей НЕ використовується на коксохімічних підприємствах України?

А) 2-1; Б) 3-1; В) 4-2; Г) 5-2; Д) 9-2.

10. Яка основна причина тугого ходу та бурінь коксового пирога?

А) властивості шихти; Б) неправильне завантаження камер; В) порушення обігріву; Г) дефекти вогнетривкої кладки; Д) будь-яка з перерахованих причин та їх сукупності.

Варіант 10

1. Яка марка вугілля підвищує вихід газу та хімічних продуктів коксування?

А) Г; Б) Ж; В) К; Г) ПС.

2. Що таке рівень обігріву?

А) рівень дотримання вимог ПТЕ в частині обігріву печей; Б) рівень температур в опалювальній системі та камері коксування; В) різниця за висотою між склепінням камери та віссю перевального вікна у вертикалах?

3. Куди надходить опалювальний газ для обігріву батареї?

А) в район кантувального приміщення; Б) в газопроводи по боках батареї; В) в опалювальні простінки; Г) у вертикали.

4. Для чого призначений кантувальний кран?

А) для відключення подачі газу на пів-простінок; Б) для періодичної реверсії потоків; В) для регулювання кількості поданого газу.

5. За допомогою чого здійснюється рух газу, повітря та продуктів спалювання в опалювальній системі?

А) нагнітачі газу; Б) вентилятори; В) тяга, створювана димарем.

6. Які ризики необхідно враховувати за експлуатації вугленавантажувального вагону?

А) наявність негабаритного простору під вугільною вежею; Б) небезпеку знаходження на робочому майданчику між виштовхувальною штангою та фасадом батареї; В) наявність «сліпого» простору з боку коксо-напрямної ванни.

7. За допомогою якої машини переміщується коксо-напрямна ванна?

А) вугленавантажувальний вагон; Б) коксовиштовхувач; В) дверезнімальна машина; Г) електровоз.

8. Що називають періодом коксування?

А) час безперервної роботи батареї; Б) частина робочого циклу, протягом якого здійснюється завантаження коксу та видача печей; В) час від завантаження печей до видачі коксу?

9. З яких частин складається циклічний графік;

А) завантаження печей та видача коксу; Б) робоча частина та циклічна зупинка; В) з періоду коксування та часу на обробку печей (завантаження шихти та видачу коксу).

10. Як переробити струмовий захист двигуна виштовхувальної штанги для збільшення зусилля видачі коксу?

А) підключити послідовно до амперметра послідовно великий додатковий опір; Б) підключити паралельно до амперметра шунтом з малим опором; В) струмовий захист коксовиштовхувача переробляти заборонено.

Відповіді до прикладів варіантів тестових завдань

Варіанти	Питання									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Б	Г	Б	А	Б	Д	Б	Г	А	Б
2	Г	В	А	А	А	В	А	Б	А	В
3	А	Г	А	Б	Б	Г	А	В	Б	Б
4	А	А	Б	А	Б	В	В	А	Б	А
5	В	В	Д	Б	Г	Б	В	Б	Б	Б
6	В	А	А	Б	Б	А	А	А	Б	В
7	Б	А	Б	А	Б	В	Г	Б	В	В
8	Г	Б	Б	В	В	А	А	А	А	В
9	Г	В	В	А	В	Б	Б	Б	Б	Д
10	А	В	А	Б	В	А	В	В	Б	В

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА.....	3
РОЗДІЛ 1. ЗАСТОСУВАННЯ КОКСУ. ВИМОГИ ДО ВЛАСТИВОСТЕЙ КОКСУ ТА ШИХТИ ДЛЯ ЙОГО ОТРИМАННЯ.....	4
1.1 Застосування коксу в доменному процесі.....	4
1.2 Сучасні вимоги до властивостей коксу.....	7
1.3 Властивості вугілля та вугільних шихт для отримання високоякісного коксу.....	8
1.4 Позадоменне використання коксу.....	10
Контрольні запитання.....	12
Перелік джерел до 1-го розділу.....	12
РОЗДІЛ 2 КОНСТРУКЦІЇ КОКСОВИХ ПЕЧЕЙ.....	14
2.1 Головні конструктивні елементи та зони кладки коксової батареї.....	14
2.2 Система опалення коксових печей ПВР.....	16
2.3 Печі ПВР з бічним підведенням опалювального газу і повітря.....	17
2.4 Печі ПВР підвищеної ємності з нижнім підведенням опалювального газу і повітря.....	18
Контрольні запитання.....	20
Перелік джерел до 2-го розділу.....	21
РОЗДІЛ 3 АРМАТУРА КОКСОВИХ ПЕЧЕЙ.....	22
3.1 Газовідвідна арматура коксових печей.....	22
3.2 Закладна арматура коксових печей.....	23
3.3 Опалювальна арматура коксових печей.....	25
3.4 Кантувальне приміщення.....	31
Контрольні запитання.....	34
Перелік джерел до 3-го розділу.....	35
РОЗДІЛ 4 КОКСОВІ МАШИНИ.....	36
4.1 Загальна характеристика.....	36
4.2 Вугленавантажувальний вагон.....	36
4.3 Коксовиштовхувач.....	38
4.4 Дверезйомна машина.....	41
4.5 Коксогасильний (коксовізний) вагон.....	42
Контрольні запитання.....	42
Перелік джерел до 4-го розділу.....	43
РОЗДІЛ 5 ЗАВАНТАЖЕННЯ ПЕЧЕЙ ШИХТОЮ ТА ВИДАЧА КОКСУ.....	44
5.1 Послідовність виконання операцій.....	44
5.2 Бездимне завантаження коксових печей.....	45
5.3 Вловлювання коксового пилу на установках безпилової видачі коксу.....	46

5.4	Тугий хід та буріння коксового пирога.....	49
	Контрольні запитання.....	51
	Перелік джерел до 5-го розділу.....	52
	РОЗДІЛ 6 СЕРІЙНІСТЬ ТА ГРАФІК ЗАВАНТАЖЕННЯ ПЕЧЕЙ ШИХТОЮ І ВИДАЧІ З НИХ КОКСУ.....	53
6.1	Період коксування та оборот коксових печей.....	53
6.2	Серійність завантаження-видачі коксових печей.....	54
6.3	Графіки завантаження-видачі сучасних коксових печей.....	57
6.4	Коефіцієнти рівномірності видачі коксу з печей.....	58
	Контрольні запитання.....	59
	Перелік джерел до 6-го розділу.....	59
	РОЗДІЛ 7 ОБІГРІВ КОКСОВИХ ПЕЧЕЙ.....	61
7.1	Сутність процесів обігріву та вимоги до нього.....	61
7.2	Температурний режим коксових печей.....	61
7.3	Витрата тепла на коксування.....	62
7.4	Коригування температурного режиму.....	63
7.5	Контроль та оцінювання температурного режиму.....	66
7.6	Гідравлічний режим коксових печей.....	69
7.7	Організація регулювальних робіт.....	71
7.8	Сталі та змінні фактори регулювання обігріву коксових печей.....	71
7.9	Послідовність виконання регулювальних робіт.....	72
7.10	Припинення та відновлення подачі опалювального газу на обігрів батареї.....	74
	Контрольні запитання.....	78
	Перелік джерел до 7-го розділу.....	79
	Розділ 8 ПІСЛЯ-ПІЧНА ОБРОБКА КОКСУ.....	81
8.1	Мокре гасіння коксу.....	81
8.2	Сухе гасіння коксу.....	84
8.3	Сортування коксу.....	88
	Контрольні запитання.....	89
	Перелік джерел до 8-го розділу.....	89
	РОЗДІЛ 9 ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТ КОКСОВИХ ПЕЧЕЙ.....	91
9.1	Умови експлуатації вогнетривів у коксових печах.....	91
9.2	Ремонт кладки коксових печей.....	91
	Контрольні запитання.....	94
	Перелік джерел до 9-го розділу.....	95
	ДОДАТОК	96

Навчальне видання
ШУЛЬГА Ігор Володимирович,
кандидат технічних наук, доцент
МІРОШНИЧЕНКО Денис Вікторович,
доктор технічних наук, професор
ПИШ'ЄВ Сергій Вікторович
доктор технічних наук, професор
БОГОЯВЛЕНСЬКА Олена Володимирівна
кандидат технічних наук

ВИРОБНИЦТВО КОКСУ

Навчальний посібник для підвищення кваліфікації
виробничих кадрів коксохімічних підприємств
Відповідальний за випуск – проф. Мірошніченко Д.В.
Роботу до видання рекомендував проф. Циганков О.В.
В авторській редакції

План 2022 р., поз.
Підписано до друку 17.11.2022 р.
Папір офсетний. Гарнітура Pt Serif
Умовн. друк. арк. 12,7.
Умовн. фарбо-відб. 12,7.
Термін придатності необмежений, зберігати в сухому місці.

Видавництво «Крок»
Свідоцтво ДК №.3538 від 30.07.2009 року
вул. Гайова, 56, м. Тернопіль, Україна, 47722
info@krokbooks.com
KrokBooks.com

Розробник Видавничий центр НТУ «ХПІ»
Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 5478 від 21.08.2017
61002, Харків, вул. Кирпичова, 2