

ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ТА ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА СИЛІКАТНОЇ ЦЕГЛИ

Статтю присвячено еколого-економічним проблемам будівельної галузі, зокрема виробництву силікатної цегли. Обґрунтовано шляхи підвищення екологічної безпеки та економічної ефективності виробництва силікатної цегли, зокрема стадії її автоклавної обробки. За відповідною методикою визначення економічної ефективності заходу з енергозбереження зроблено розрахунки заходу (повторне споживання відпрацьованої пари) та проаналізовано результати.

Промисловість будівельних матеріалів є важливою складовою матеріально-технічної бази будівництва. Чільне місце посідає промисловість стінових матеріалів, зокрема виробництво силікатної цегли. В Україні пра-

цюють заводи з виробництва силікатної цегли в Херсоні, Дніпропетровську, Кривому Розі, Черкасах, Чернігові, а також у Червоному Лимані (Донецька обл.), Трипіллі (Київська обл.), Розвадові (Львівська обл.). Різкий спад інвести-

цінної діяльності негативно вплинув на роботу промисловості будівельних матеріалів і попит на її продукцію. За 1991-1997 рр. обсяг товарної продукції галузі скоротився у 4,4 раза, виробництво залізобетону - у 9,7, цементу - у 4,5, стінових матеріалів - у 5,6 раза. Підвищення цін на енергоносії і тарифів на вантажоперевезення, високий податковий тиск спричинили зростання вартості продукції галузі та, як наслідок, спад конкурентоспроможності. Зокрема, в Миколаївській області працювали такі підприємства, як ВАТ Матвіївський силікатний комбінат, яким було реалізовано в 1995 р. 34,5 млн шт. цегли [1], та АТ Олександрівський завод силікатної цегли, річна потужність випуску силікатної цегли якого становила 70 млн шт. цегли [2].

З іншого боку, виробництво силікатної цегли викликає цілу низку екологічних проблем. Серед них можна виокремити такі, як забруднення атмосфери та ґрунту.

Забруднення атмосферного повітря підприємствами з виробництва силікатної цегли є однією з найголовніших екологічних проблем, яка потребує негайного вирішення. Фактичні обсяги викидів забруднюючих речовин АТ Олександрівського заводу за 1995 р. стаціонарними джерелами становлять 830,7022 т/рік. Серед них можна назвати такі шкідливі речовини: пил вугільний, карбон (II) оксид, нітроген (IV) оксид, сульфур (IV) оксид, сажа, п'ятиокис ванадію, окис кальцію, пил неорганічний, свинець, марганець та їх сполуки [2].

Матвіївський силікатний завод споживає газ, електроенергію, пісок, вапно. Цеглу виготовляють з кварцового піску (93 %), вапна (7 %) та води (8 %). Існує ряд проблем з вапном, використання якого пов'язане з великими труднощами: збільшуються втрати, підвищуються витрати вапна та собівартість. Вода використовується на всіх технологічних стадіях виробництва цегли (загальна кількість води, яка витрачається на 1000 шт. цегли, становить приблизно 0,75 м³) [3, 4]. Питомі витрати на 1 тис. шт. умовної цегли становлять: піску - 2,3 м³, вапна - 440 кг, пари - 670 кг, електроенергії - 36 кВт/год [9]. Зокрема, в процесі автоклавної обробки силікатної цегли необхідна пара (протягом загального циклу роботи автоклаву споживається 9,9 т пари.) Пара, своєю чергою, виробляється котельною підприємства, яка працює на вугіллі або газі. Робота котельної призводить до забруднення атмосферного повітря карбон (II) оксидом, нітроген (II) оксидом, а також сульфур (IV) оксидом, ванадій(V) оксидом тощо [6].

Усі силікатні заводи розміщуються поблизу джерел основної сировини - піску. Його видобувають у кар'єрах, що призводить до деградації ґрунту, рослинного і тваринного світу, змін рельєфу.

У вивченні зазначеної проблеми поставлено ряд наукових та практичних завдань. Важливим є дослідження екологічного впливу виробництва будівельної цегли на навколишнє середовище з метою пошуку шляхів підвищення екологічної безпеки та економічної ефективності цього виробництва.

Аналіз останніх досліджень і публікацій свідчить про недостатній рівень вивченості цієї проблеми. У публікаціях акцентується увага на такій проблемі, як атмосферне забруднення (пилом та твердими речовинами) навколишнього середовища внаслідок будівельного виробництва [5].

Недостатньо дослідженими частинами загальної проблеми є питання еколого-економічного обґрунтування впливу силікатного виробництва на всі компоненти навколишнього природного середовища, а також підвищення його екологічної безпеки та економічної ефективності. Невирішеним залишається питання забруднення навколишнього середовища під час автоклавної обробки силікатної цегли, а саме якісний та кількісний склад відпрацьованої пари та конденсату.

При автоклавній обробці силікатної цегли близько 45 % витраченого тепла акумулюється цеглою і вільним об'ємом автоклаву. Шляхом повернення відпрацьованої пари у виробництво це тепло може бути використане повторно, завдяки чому досягаються економія і підвищення ККД котельної [3].

Метою пропонованого дослідження є обґрунтування шляхів підвищення екологічної безпеки та економічної ефективності виробництва силікатної цегли, зокрема стадії її автоклавної обробки.

Як було зазначено, серед екологічних проблем, пов'язаних із виробництвом силікатної цегли, постає проблема забруднення атмосферного повітря. Забруднення атмосфери здійснюється на всіх стадіях виробництва.

Пил, виділений при виробництві силікатної цегли, містить тонкодисперсні частки CaO, SiO₂, приблизно 10 % розміром менш, ніж 5 мкм і 25 % розмірами 6-10 мкм. При транспортуванні і дробленні комового вапна в пиловиділеннях міститься до 85 % CaO і до 3-4 % SiO₂; при помолі й змішуванні вапна і піску - до 60 % CaO і до 5-6 % SiO₂; при розвантаженні реакторів - до 25 % CaO і до 13 % SiO₂ [6].

З таблиці видно, що викиди речовин значно перевищують ГДК м. р. При цьому серед речовин, яким властивий ефект суматії шкідливої дії в сполученнях, є такі:

- 1) ванадій (V) оксид, сульфур (IV) оксид;
- 2) сульфур (IV) оксид, нітроген (IV) оксид.

Ці речовини є дуже небезпечними для людини і навколишнього середовища. Наприклад, пил

Таблиця. Перелік забруднюючих речовин, які викидаються в атмосферу (АТ Олександрівський завод силікатної цегли) [2]

Назва речовини	ПДК м. р.	Клас небезпечності	Викид речовини, т/рік
Завислі речовини (аерозоль зварювальна)	0,5	3	0,0150
Завислі речовини (пил вугільний)	0,5	3	1,2038
Марганець та його сполуки	0,01	2	0,0015
Карбон (II) оксид	5,0	2	231,9095
Нітроген (IV) оксид	0,085	4	30,4151
Сульфур (IV) оксид	0,5	2	131,9219
Вуглеводні граничні	1,0	3	0,9620
Сажа	0,15	4	1,6447
Ванадій (V) оксид	0,002	3	0,1783
Кальцій (II) оксид	0,3	1	404,7598
Пил неорганічний	0,15	3	8,0822
Свинець та його сполуки	0,001	3	0,0366 · 10 ⁻⁶
Зола вугільна	0,05	1	18,6084

неорганічний подразнює легеневі шляхи, викликає кон'юнктивіт та кератит; окис вуглецю дуже токсичний, викликає головний біль, хвилювання і навіть смерть; нітроген (IV) оксид так само токсичний, викликає загальнотоксичну (серцебиття), подразнюючу (слизові оболонки, шкіра, дихальні шляхи), алергенну (астма) дію тощо [3].

Серед викидів певна частка забруднення припадає на котельню, яка виробляє пару, необхідну для автоклавної обробки силікатної цегли.

Аналіз забруднення шкідливими речовинами котельної, яка працює на вугіллі, на прикладі АТ Олександрівського заводу силікатної цегли (Миколаївська обл.), дав такі результати (рис. 1):

1. Загальна частка викидів забруднюючих речовин котельної порівняно з іншими джерелами викидів хоча й не домінуюча, але все ж доволі суттєва - 7,7 %.
2. Котельня в процесі своєї роботи викидає в навколишнє середовище такі забруднюючі речовини, як карбон (II) оксид, нітроген (IV) оксид, сульфур (IV) оксид, ванадій (V) оксид.
3. Найбільшу частку викидів котельної в навколишнє середовище становить сульфур (IV) оксид - 37,7 %. На другому місці - карбон (II) оксид, частка якого становить 15 %; на третьому - нітроген (IV) оксид (13 %); на четвертому - ванадій (V) оксид (0,009).

Підвищення екологічної безпеки та економічної ефективності роботи котельної можливе шляхом переходу на природний газ. При цьому за результатами розрахунків [2] встановлено, що це спричинить зменшення викидів за такими інгредієнтами: карбон (II) оксид - 6,6169 т/рік, зола вугільна - 19,5119 т/рік, завислі речовини (пил вугільний) - 1,2038 т/рік, сульфур (IV) оксид - 131,8636 т/рік, сажа - 1,6447 т/рік, ванадій (V) оксид - 0,1783 т/рік, кальцій (II) оксид - 371,2092 т/рік, нітроген (IV) оксид - 5,0966 т/рік [2]. Цілком логічно постає питання щодо підви-

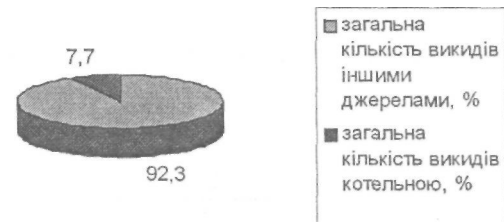


Рис. 1. Частка викидів забруднюючих речовин котельною порівняно з іншими стаціонарними джерелами [2]

щення екологічної безпеки та економічної ефективності виробництва силікатної цегли і передусім стадії її автоклавної обробки.

У процесах автоклавної обробки близько 45 % теплової енергії, яка споживається, акумулюється цеглою або бетоном і вільним об'ємом автоклава і може бути використана повторно шляхом утилізації відпрацьованої пари. Ця пара є вторинним енергетичним ресурсом (ВЕР). Пароутилізаційною установкою (ПУ) може бути автоклав-приймач, у який перепускають відпрацьовану пару. Таке вирішення проблеми надасть можливість значно скоротити споживання пари від котельної підприємства і таким чином знизити витрати природного газу на енергетичні потреби підприємства. Економія пари за рахунок перепуску становить 23 %. Споживання гострої пари в циклі автоклавної обробки становить 9,9 т, причому 45 % цієї кількості може бути використано повторно. Тобто 4,5 т пари ми використовуємо повторно і тим самим зменшуємо витрати газу на виробництво цієї пари.

Після завантаження сировиною тиск у автоклаві-джерелі піднімають до 1 МПа. Швидкість підйому тиску відповідає підвищенню температури до 100 °C зі швидкістю 1,5 °C/хв, понад 100 °C - 1 °C/хв. При різкому підвищенні тиску утворюється велика кількість конденсату, який не встигає відводитися з автоклава, що призводить до розмивання цегли. Після витримки автоклава-джерела при високому тиску протягом певного

часу за наявності підготованого (завантаженого сировиною) іншого автоклава-приймальника в останній перепускають відпрацьовану пару протягом 30-45 хв. При цьому тиск в автоклаві-джерелі зростає приблизно до 0,4 МПа. Подальше підвищення тиску здійснюється подачею гострої пари від котельні. Пара, що залишилася в автоклаві-джерелі, скидається в атмосферу. Якщо до моменту зниження тиску немає готового (завантаженого сировиною) іншого автоклава-приймальника, то в атмосферу викидається вся кількість відпрацьованої-«м'ятої» пари, що призводить до великих енергетичних втрат.

Глибокий перепуск відпрацьованої пари можна здійснити шляхом її ежектування гострою парою. Створюваний ежектором тиск забезпечує перепуск навіть при від'ємному градієнті тиску, коли тиск в автоклаві-джерелі нижчий, ніж в автоклаві-приймачі. Схему автоклавної установки з перепуском відпрацьованої пари ежектором зображено на рис. 2.

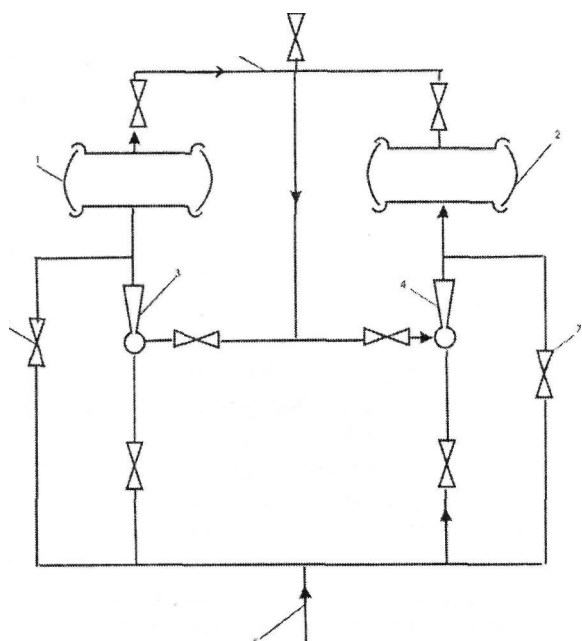


Рис. 2. Схема автоклавної установки з перепуском відпрацьованої пари ежектором

По закінченню запарювання в автоклаві-джерелі (1) відпрацьована пара відводиться в завантажений сировиною автоклав-приймач (2) ежектором (4) за рахунок енергії розширення в його соплі гострої пари з магістрального паропроводу (5). Ежектор (3) у цей час відключений. Після закінчення перепуску гостра пара подається в автоклав-приймач (2), минаючи ежектор (4), через вентиль (7), а пара, що залишилась в автоклаві-джерелі, спрямовується лінією (6) для подальшої утилізації шляхом, наприклад, нагріву живої води котлів у мережному нагрівачі або викидається в атмосферу. Кількість цієї пари та її тепловий потенціал значно менші, ніж при звичайному перепуску.

Режимні параметри роботи автоклавів: тиск свіжої пари — 1 МПа; тиск в автоклаві-джерелі наприкінці перепуску - 5 МПа; кількість свіжої пари, що споживається в процесі автоклавної обробки - 9,9 т; тривалість впуску, випуску пари - по 1,5 год, утому числі перепуску пари - 0,7 год, всього циклу - 11 год. Автоклав вміщує 17 вагонеток по 942 шт. цегли і об'ємом 1,4 м³ кожна; діаметр автоклаву - 2 м, довжина - 19 м; вільний об'єм парового простору - 30 м³; об'єм цегли - 24 м³.

Під аналізу режиму роботи автоклава встановлено, що загальний цикл роботи автоклава становить 11 год. З них тривалість впуску та випуску пари - по 1, 5 год. Тобто гостра пара від котельної подається 8 год. За 1 год автоклав споживає 1,24 т пари, за 8 год - відповідно 9,9 т пари.

Якщо на підприємстві 10 автоклавів, то споживання пари за годину становить 12,4 т. Продуктивність котельної: 1 котел виробляє 4 т пари за 1 год.

У процесі термообробки в автоклавах споживання теплової енергії становить: 408,1 Мкал на 1 тис. шт. цегли. В автоклав завантажують 17 вагонеток, кожній з яких вміщується 942 шт. цегли, які займають об'єм 1,4 м³. З урахуванням об'єму колекторів відводу конденсату та інших втрат приймаємо об'єм пари в автоклаві діаметром 2 м і довжиною 19 м, таким, що становить 30 м³, що при тиску 1 МПа відповідає масі 155 кг.

При витраті теплової енергії 408,1 Мкал на автоклавну обробку 1 тис. шт. цегли одним автоклавом споживається 6,3 Гкал тепла. На виробництво 1 т пари витрачається 0,7 Гкал тепла. Таким чином, один автоклав споживає за весь цикл термообробки: 408,1 Мкал/тис. шт. • 16354 тис. шт. цегли = 6988 Гкал ~ 6,9 Гкал/0,7 = 9,9 т.

Перепуск відпрацьованої пари ежектором в другий автоклав дає змогу значно скоротити виробництво пари котельною, а, отже, скоротити витрати природного газу.

Повторне використання пари таким чином дає можливість значно підвищити екологічну безпеку виробництва, оскільки зменшуються викиди шкідливих речовин від котельної. Важливо дослідити кількісний та якісний склад відпрацьованої пари, вплив якої на навколишнє середовище також зменшиться. Таке вирішення проблеми сприятиме підвищенню економічної ефективності виробництва. Використовуючи повторно відпрацьовану пару, ми тим самим зменшуємо кількість тепла, необхідного для виробництва пари. При цьому ми економимо природні ресурси (природний газ) для виробництва пари. На багатьох заводах пару автоклавів використовують для підігріву води парових котлів, а також води на опалення та інші потреби.

За умови, що на підприємстві в середньому працює 10 автоклавів, для виробництва пари (72 270 т/рік) необхідно 5060 т мазуту. Враховуючи, що перепуск ежектором забезпечує зменшення споживання пари на 30 %, то економія палива становитиме 30 %, або 1517 т мазуту.

За основний критерій економічної ефективності можна прийняти економію, яку маємо за рахунок зниження плати за нормативні та позанормативні викиди після здійснення природоохоронних заходів [7]. Розрахунки за Методикою визначення економічної ефективності заходу з енергозбереження (зокрема, зменшення споживання пари від котельної) [8] дали такі результати.

Якщо економія палива (природного газу) ΔB_i^T становить 151 т/рік, то можливе вироблення теплоти становитиме:

$$\Delta Q_T = \Delta B_i^T \cdot \eta_{\text{зам}} \div 0,0342 = 1517 \cdot 0,89 \div 0,0342 = 39034 \text{ ГДж},$$

де ΔQ_T – можливе вироблення теплоти (ГДж);

ΔB_i^T – економія палива (т);

$\eta_{\text{зам}}$ – ККД роботи котлів.

Збільшення прибутку, що залишається у розпорядженні підприємства, за рахунок скорочення споживання природного газу в котельній при утилізації відпрацьованої пари обчислюється за формулою:

$$\Delta \Pi_i^T = z_i^T \cdot \Delta B_i^T = 4,5 \times 1517 = 6750 \text{ тис. грн/рік},$$

де $z_i^T = 4,5$ грн/т у. п. – середня ціна мазуту 2004 р.

Екологічні результати на підприємстві, зумовлені утилізацією відпрацьованої пари і безпосередньо впливають на прибуток, полягають у зниженні:

1) теплового впливу на атмосферу відпрацьованої пари з автоклаву, що містить шкідливі домішки, внаслідок повторного використання відпрацьованої пари;

2) викидів оксидів азоту в атмосферу при виробленні пари у котельних агрегатах, що працюють на природному газі;

3) викидів пилу з відпрацьованою парою від автоклавів.

Під час роботи котельної заводу на природному газі викиди оксидів азоту в атмосферу становлять $mNOx = 1,40$ кг/т у. т. Зниження викидів оксиду азоту за рік у результаті впровадження заходів з енергозбереження обчислюється за формулою:

$$\Delta M_i^{NOx} = mNOx \times \Delta B_i^T \times 10^{-3} = 1,40 \times 1517 \times 10^{-3} = 2,1 \text{ т/рік}.$$

Оскільки викиди оксидів азоту (як і пилу) в атмосферу перевищують ліміти, встановлені

для підприємства, скорочення платежів підприємства при зниженні викидів оксидів азоту обчислюється за формулою

$$\Delta \Pi_i^{NOx} = K_i^{NOx} \times H_i^{NOx} \Delta M_i^{NOx} = 4 \times 79,5 \times 2,1 \times 0,75 = 500 \text{ грн/рік}$$

де K_i^{NOx} – коефіцієнт кратності плати за понадлімітний викид в атмосферу оксидів азоту, який встановлюється місцевими територіальними органами управління у розмірі від 1 до 5 і береться в розрахунку $K_i^{NOx} = 4$;

H_i^{NOx} – норматив плати за викиди в атмосферу 1 т оксидів азоту в межах встановленого ліміту, $H_i^{NOx} = 79,5$ грн/т;

ΔM_i^{NOx} – скорочення маси понадлімітного річного викиду в атмосферу оксидів азоту.

$K_i^{(a)}$ – коефіцієнт, який враховує територіальні, екологічні та соціально-економічні умови й особливості в районі розміщення підприємства. При розміщенні підприємства в місті з чисельністю населення 300 тис. чол. коефіцієнт $K_i^{(a)} = 0,75$.

У разі осідання на поверхні нагріву ПУ пилу в кількості $m_n = 1,7$ кг/ГДж річне скорочення викидів пилу в атмосферу становитиме:

$$\Delta M_i^n = m_n \times Q_i \times 10^{-3} = 1,7 \times 26023 \times 10^{-3} = 44,2 \text{ т/рік}.$$

Тоді скорочення платежів підприємства за рахунок зниження викидів у атмосферу пилу розраховується аналогічно, як і у випадку скорочення викидів NOx :

$$\Delta \Pi_i^n = K_i^n \times H_i^n \times K_i^{(a)} = 4 \times 3 \times 0,75 \times 10^{-3} = 9 \text{ тис. грн/рік}.$$

Сумарне скорочення платежів підприємства за забруднення атмосфери внаслідок упровадження теплоутилізуючої установки становитиме:

$$\Delta \Pi_i^{\text{exp}} = \Delta \Pi_i^{NOx} + \Delta \Pi_i^n = 333,9 + 9 = 342,9 \text{ тис. грн/рік}.$$

Отже, ми розглянули, яким чином можна підвищити екологічну безпеку та економічну ефективність виробництва цегли.

Виробництво силікатної цегли відіграє важливу роль для народного господарства нашої країни. Силікатна цегла – дешева сировина, виробництво якої має короткий цикл, високу продуктивність праці, низькі капіталовкладення та собівартість, що створює передумови для її широкого використання в будівництві.

З іншого боку, з її виробництвом пов'язані екологічні проблеми, і їх вирішення потребує пошуку шляхів підвищення екологічної безпеки та економічної ефективності виробництва.

Перспективами подальших розвідок в окресленому напрямі є дослідження якісного та кількісного складу відпрацьованої пари і конденсату, а також впливу виявлених речовин на людину та навко-

лишнє середовище. Важливим аспектом проблеми є подальший аналіз стадії автоклавної обробки силікатної цегли для пошуків раціональних шляхів використання відпрацьованої пари та конденсату.

1. Троянов А. Быть ли Николаеву белокаменному, или Бедный, бедный Наф-Наф//Вечерний Николаев. - 1996. - 6 февраля.
2. Проект нормативов предельно допустимых выбросов для АО Александровский завод силикатного кирпича. - Николаев: Укргрострой, Николаевское отделение «Облагрострой», Специализированный центр по техническому обслуживанию и наладке оборудования «Сирена», 1994. - 77 с.
3. Вахнин М. П., Анищенко А. А. Производство силикатного кирпича. М.: Высшая школа, 1989 г. - 200 с.
4. Хавкин Л. М. Технология силикатного кирпича. - М.: Стройиздат, 1982. - 384 с.
5. Пучков В. Зона: Там, де закінчується вулиця силікатна // Шотижня. Південна Правда. - 1992. - 31 жовтня.
6. Грушко Я. М. Вредные неорганические соединения в промышленных выбросах в атмосферу: Справ, изд. - Л.: Химия, 1987. - 192 с.
7. Воробьев И. Е., Посевин Я. В. Определение экономической эффективности природоохранных мероприятий в тепловой энергетике // Экономика и организация производства. - 2003. - № 5. - С. 2-4.
8. Енергозбереження. Методи визначення економічної ефективності заходів по енергозбереженню. ДСТУ 2155-93. - К.: Держстандарт України, 1994. - 18 с

M. Radchenko, O. Syrota, O. Makarova

INCREASE OF ECOLOGICAL SAFETY AND ECONOMICAL EFFECTIVENESS OF SILICATE BRICK PRODUCTION

The article is devoted to some ecological and economical problems of building industry, mainly silicate bricks production. The ways of increasing of ecological safety and economical effectiveness of silicate brick production, mainly autoclaving processing of silicate brick. In accordance to special technique of definition of economical effectiveness of the measure for energy conservation calculations are done and results are analyzed.