

АНАЛІЗ ЕКОЛОГО-ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ВИРОБНИЦТВА БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Проаналізовано сучасні методи виробництва будівельних матеріалів з точки зору їх впливу на довкілля та використання природних ресурсів у процесі виробництва.

Ключові слова: екологічна ефективність, енергетична ефективність, сучасні методи виробництва будівельних матеріалів, використання природних ресурсів.

Проанализированы современные методы производства строительных материалов с точки зрения их влияния на окружающую среду, а также использования природных ресурсов.

Ключевые слова: экологическая эффективность, энергетическая эффективность, современные методы производства строительных материалов, использования природных ресурсов.

The methods of building materials production are analysed related to influence on the environment and natural resources use in the processes of the production.

Key words: ecological efficiency, energetical efficiency, modern methods of building materials production, natural resources use.

Постановка проблеми та її зв'язок із важливими науковими і практичними завданнями. В останні десятиріччя проблема раціонального використання ресурсів у будівельній галузі особливо загострилася. Бетон та залізобетон, силікатні вироби – це основні будівельні матеріали, без яких не можливо вести будь-яке капітальне будівництво. З іншого боку, виробництво будівельних матеріалів є доволі енергоємним виробництвом, потребує значних сировинних та енергетичних ресурсів. Постає необхідність впровадження ресурсо-зберігаючих технологій в даному виробництві – економія палива, енергії, що вирішить не лише проблему дефіциту ресурсів, але й сприятиме зменшенню екологічного навантаження виробництва будівельних матеріалів на навколишнє природне середовище [4].

Аналіз останніх досліджень з проблеми. Виділення невирішених завдань у загальній проблемі, постановка мети і завдань дослідження. Проблема економії паливно-енергетичних ресурсів з'явилася в другій половині нашого століття. Нераціональні витрати природних ресурсів, постійне зростання споживання енергетичних ресурсів призвело до того, що питання про економію енергоресурсами та раціональне їх використання торкнулося всіх областей людської діяльності, зокрема виробництва будівельних матеріалів [1].

Виробництво будівельних матеріалів є одним з таких значних споживачів палива та енергії. Так, питомі витрати на виробництво 1 тис. шт. умовної цегли становлять: пари – 670 кг, електроенергії – 36 кВт·год,

піску – 2,3 м³, вапна – 440 кг [7]. Витрати матеріалів на 1 м³ бетонної суміші складають: цемент – 280 кг, пісок – 700 кг, щебінь – 1250 кг, вода – 70 кг [1].

Найбільший інтерес викликає стадія теплової обробки будівельних матеріалів.

Так, за даними Крилова Б. А. [1], на нагрів 1 м³ бетону в сталевій формі до 80 °С необхідно приблизно 60 тис. ккал. Оскільки нагрів відбувається поступово, то цей процес супроводжується виділенням тепла. При справному обладнанні ці втрати досягають 150 тис. ккал, що в 2-2,5 рази більше тепла, що корисно витрачається. Таким чином, сумарні втрати тепла в декілька разів перевищують кількість тепла, яке витрачається на нагрів бетону з формою. Протягом циклу автоклавної обробки силікатної цегли споживається 9,9 т пари. Протягом виробництва будівельних матеріалів шляхом випалу, зокрема глиняної цегли теж споживається пара. Так, для 1000 шт. цегли витрати пари складають 84 кг [4].

Для виробництва пари, яка використовується для термообробки, необхідне котельне господарство, яке дуже коштовне та енергоємне. У свою чергу, спалювання вугілля, газу або мазуту у котельних, де вона виробляється, призводить до забруднення атмосферного повітря оксидом вуглецю, оксидом азоту, а також сірчастим ангідридом, ванадієм п'ятиокисом тощо [5]. Тому проблема скорочення цих викидів та зменшення теплових витрат стоїть дуже гостро.

Аналіз шляхів скорочення шкідливих викидів і споживання палива та води у виробництві будівельних матеріалів свідчить про те, що вони мають значні

резерви. Зменшення кількості викидів котельні в навколишнє середовище лише шляхом встановлення ефективних пилогазоочисних установок не може усунути повністю **проблему** забруднення атмосфери. Вона повинна вирішуватись у комплексі шляхом пошуку енергоресурсозберігаючих технологій виробництва будівельних матеріалів, що сприяло б не тільки скороченню непродуктивних витрат палива, але й зменшенню екологічного навантаження на навколишнє природне середовище.

Метою дослідження є аналіз основних методів виробництва будівельних матеріалів, зокрема виробництво з використанням пари, виробництво шляхом випалу, а також виробництво відкритим способом за екологічним та енергетичним критеріями.

Результати дослідження

Виробництво будівельних матеріалів шляхом випалювання. Виробництво будівельних матеріалів шляхом випалу, зокрема звичайної глиняної цегли, є доволі енергоємним, оскільки потребує значної кількості природних ресурсів на всіх стадіях виробництва.

Приготування шихти:

1. глина, суглинки

Так, для 1000 шт. стандартної цегли розміром 250*120*65 мм витрати глини складають 2,5 м³, без отошителей – 3-3,2 м³.

2. Вода – від 10-25 % від маси глини.
3. Отошители – опилки (10 %), мелене вугілля (5 %), вугілля (60-70 %), зола палива від печей випалу (4-6 %).

Підготовка глини до формування і формування глини:

1. вода для зволоження глини;
2. пара для парозволоження глини

Так для 1000 шт. цегли витрати пари складають 84 кг.

Сушка цегли-сирця:

1. паливо для сушки в сараях – торф, дрова тощо;
2. паливо для сушки в камерних та тунельних сушилах – повітря, димові гази або їх суміші – до 100 кг умовного палива на 1000 шт. цегли.

Випал цегли-сирцю:

1. паливо для печей випалу – солома, торф, дрова тощо.

Витрати умовного палива на випал 1000 шт. умовної цегли складає 160 кг.

2. повітря для печей випалу

Так, при продуктивності кільцевої печі 20 тис. шт. цегли необхідно 20 000 м³/г.

Крім того, для виробництва глиняної цегли необхідна також електрична енергія для роботи технологічного обладнання. До того ж дане виробництво потребує робочу силу, особливо під час розвантаження і завантаження печей випалу, що значно погіршує умови праці.

Однією з гострих екологічних проблем виробництва цегли методом випалювання є проблема виділення пилу. Пил виділяється на таких стадіях виробництва: завантаження та розвантаження сипучих матеріалів, їх сортування, подрібнення, транспортування, змішування, формування тощо.

Так, викиди пилу перевищують ГДК :

- сховища глини – в 1,5-2,5 рази;
- піску – в 5-7 рази;

- цех приготування суміші – в 12-15;
- цех помел шамоту – в 30-32 рази;
- ділянки завантаження та розвантаження – в 2-3 рази.

У цехах сушіння та випалу виділяються такі речовини як оксид вуглецю (викиди перевищують в 3-4 рази ГДК), та сірчаний ангідрид (відповідно в 2-3 рази) [6].

Значний внесок цього виробництва в екологічне навантаження здійснює перша стадія технологічного процесу виробництва цегли – добуток глини, яка призводить до еколого-економічних проблем. Зокрема, розробка кар'єрів для видобутку глини призводить до техногенного перетворення рельєфу та утворення зони відчуження. При розробці кар'єру спеціальною технікою знімається верхній прошарок, який складається з ґрунту з рослинними залишками.

Таким чином, внаслідок таких робіт відбувається деградація рослинного покриву та вилучення земель зі сільськогосподарського використання. Такі землі практично вже не можуть бути повернуті до попереднього стану, до того ж потребують значних матеріальних внесків для рекультиватії.

Після формування глиняної цегли, відбувається процес сушки.

Природне сушіння доволі тривале, при великому об'єму виробництва не рентабельне, оскільки вимагає значних площ складського простору та успіх роботи залежить від погоди.

На думку Рогового М. І., процес штучного сушіння значно впливає на економіку виробництва. Оскільки цей процес потребує значних витрат палива та електроенергії, а грошові витрати складають 10-12 % загальної вартості готових виробів, необхідні також значні капітальні вкладання на спорудження сушильних пристроїв [8]. Так, на відміну від природного сушіння, яке не потребує використання палива, для штучного сушіння потрібно 100 кг умовного палива на 1000 шт. цегли. В якості теплоносія використовують повітря, димові гази або їх суміші.

Проте штучна сушка є більш ефективною, ніж природна з точки зору тривалості процесу сушіння. В середньому по всій галузі виробництва тривалість сушіння глиняної цегли складає 44-45 годин по тунельним, 75-80 годин по камерним сушилам. Термін природного сушіння складає 3-15 діб.

Отже, з екологічної точки зору штучне сушіння є більш шкідливим, оскільки в його процесі спалюється паливо і виділяються шкідливі гази в навколишнє середовище, які містять тверді частинки – пил та суміші сірчаних газів.

Процес випалу сирцю теж призводить до екологічних проблем: забруднення повітря та ґрунту.

Процес нагрівання цегли-сирцю – важлива стадія технологічного процесу, оскільки саме протягом цієї стадії цегла-сирець набуває бажаних характеристик для подальшого використання в народному господарстві. З іншого боку, випалювання цегли супроводжується видаленням в навколишнє середовище шкідливих речовин.

Слід відмітити, що в якості палива для випалювання цегли використовують дрова, солому, торф, антрацит, мазут, газ тощо. Також для випалу цегли-

сирцю використовують відсіви котельних та паровозні шлаки як найдешевше паливо, зокрема в кільцевих печах.

Вид палива та його кількість залежить від конструкції пічки, в якій випалюють цеглу. Так, в напольних печах в середньому на 1000 шт. цегли використовують 220 кг анатрациту та 0,4-0,5 м³ сухих дров; у тунельних печах – 160 кг умовного палива на 1000 шт. цегли.

Основним недоліком напольних печей є великі витрати палива, оскільки топочні гази, проходячи крізь садку цегли, виходять в атмосферу з дуже високою температурою. Таким чином значна кількість тепла втрачається.

З точки зору технологічної ефективності, тунельні печі є більш ефективними і потребують сьогодні широкого використання. Це пояснюється, перш за все, будовою печі: вогонь залишається на місці, а завантажені сирцем вагонетки рухаються. При цьому *спостерігається скорочення витрати палива, покращення умов праці та якості продукції*.

Та все ж таки основною проблемою всіх печей випалу залишається проблема забруднення повітря димовими газами. У результаті горіння палива в навколишнє середовище потрапляють продукти горіння: вуглекислий газ, окис вуглецю, пари води, сірчаний газ, сірководень, а також зола. Ці речовини є небезпечними як для навколишнього середовища, так і для людини [1].

Зокрема окис вуглецю при надмірних дозах може викликати кисневий голод, а при хронічному отруєнні – головний біль, втому, слабкість. Сірчаний газ теж дуже токсична речовина, яка може викликати бронхіт, запалення легенів [7].

Так, у 2003 році в Китаї буде заборонено використання цегли з глини. Екологи в Китаї вважають, що виготовлення цегли з глини є небезпечним виробництвом для сільськогосподарських угідь та атмосфери. Статистичні дані показують, що після 70-80 років ХХ ст. загальна площа земель, яка була зайнята цегляними заводами перевищила 3*10⁵ га. У процесі випалу цегли щорічно було зруйновано сільськогосподарські угіддя площею 4700 га і витрачено 25 % від загальної витрати вугілля в Китаї. Це виробництво призводить до викидів великих об'ємів вуглекислоти та інших шкідливих газів, які забруднюють атмосферу. З 1988 р. китайський уряд обмежує будівництво печей для випалу цегли [2].

Цегляні заводи, крім того, що діють з порушенням екологічних норм і правил, завдають значної шкоди не тільки навколишньому середовищу, але й здоров'ю жителів міст. Наприклад, у Росії (Чебоксари) працює небезпечне підприємство будівельного комплексу – Чебоксарський цегляний завод (ВАТ ЧЗБМ). У 2003 р. природоохоронні відомства декілька разів призупиняли експлуатацію головних джерел забруднення на ЧЗБМ – тунельних сушилень, кільцевих і тунельних печей для випалу цегли, кульових млинів. Крім того, дане підприємство при відсутності зливної каналізації забруднює річку Волгу стічними водами. Природоохоронні установи прийшли до висновку, що виробництво в такий спосіб є економічно недоцільним [3].

Виробництво будівельних матеріалів і конструкцій із використанням пари. Використання пари для виробництва будівельних матеріалів як метод і режим термообробки є універсальним та ефективним. Широке використання його пояснюється історичними причинами. Пар отримати можна легко в порівнянні з електроенергією. Так, паропрогрів є кращим методом для твердіння бетону, оскільки створює сприятливі температурно-вологі умови. Проте пара має ряд недоліків. Серед них – великі труднощі пов'язані з регулюванням цього процесу та його автоматизацією; неможливість рівномірно розігріти виріб; необхідно будувати котельні; наявність конденсату, який необхідно утилізувати. Складності з регулюванням подачі пари призводять до того, що на виробництві її витрачають безконтрольно. Так, у котельних спалюється газ, нафта, вугілля для нагрівання води та перетворення її в пару. Потім пара подається по трубопроводах до місця споживання. Якщо врахувати, що втрати тепла при спалюванні палива і перетворення води в пару дуже великі (середній к.п.д. не перевищує 0,8), що є теплові втрати в трубопроводах (до 25 %) під час подачі пари в теплові агрегати, то за витратами умовного палива пару як теплоносію не можна вважати вигідною.

На думку Крилова Б. А., не слід також забувати про експлуатаційні витрати по обслуговуванню котельних установок та трубопроводів [4]. Все це вимагає задуматися про доцільність використання пари як універсального теплоносія.

Необхідно також мати на увазі ще одну обставину – управління процесом прогріву будівельних виробів. Коли заводське виробництво повністю автоматизовано, дуже важливо швидко та чітко регулювати процес прогріву. На жаль, при використанні пари як теплоносія це зробити важко, і це одна із важливих причин переходу на більш зручно для управління процесом прогріву.

Проте це не означає, що від пари як теплоносія слід взагалі відмовитися – для прогріву ряду виробів він ефективний, проте слід визначити найбільш раціональні області його використання.

На думку Крилова [1], пара як теплоносію буде утримувати на підприємствах, зокрема збірного залізобетону, достатньо стійкі позиції, і тільки поступово її витіснять більш ефективні способи інтенсифікації твердіння бетону за допомогою температурного впливу, зокрема з допомогою електроенергії.

Як зазначено вище, пару використовують для виробництва багатьох будівельних матеріалів та конструкцій, зокрема для виробництва таких розповсюджених як силікатних виробів (силікатна цегла, силікатні бетони та вироби з них силікатні облицювальні плити тощо), а також для виробництва залізобетонних виробів та конструкцій у теплових агрегатах періодичної та неперіодичної дії.

Розглянемо недоліки та переваги використання пари в якості теплоносія для виробництва будівельних матеріалів, зокрема залізобетону у касетних установках, автоклавах та пропарювальних камерах.

Теплова обробка відіграє важливе значення у виробництві залізобетону, оскільки є рішучим фактором прискорення твердіння бетону. До того ж цей процес є доволі енергоємним. У теплоенергетичному

балансі заводів збірного залізобетону до 70 % теплоти припадає на теплову обробку виробів, що складає біля 1,5 тис. кДж/м³ залізобетону. Теоретично на розігрів 1 м³ бетону разом з металом форм та додатковими витратами теплоти на підігрів заповнювачів повинно витрачатися біля 1 тис. кДж/м³ залізобетону. Тривалість теплової обробки в середньому складає 12-13 годин [1].

Так касетні установки використовуються для виготовлення залізобетонних виробів у вертикальному положенні. Формування залізобетонних виробів у касетних установках отримало широке розповсюдження з розвитком повнозбірного домобудування. У них формують та піддають тепловій обробці панелі перекриття, внутрішні стінові панелі, балконні плити тощо. Теплову обробку в касетних установках здійснюють контактним способом з передачею теплоти виробам від теплоносія через метал або перегородки.

Касета уявляє собою ряд відсіків, які утворені сталеними стінками. У кожному відсіку формується один виріб, тепловолога обробка здійснюється з допомогою парових рубашек. Так, для касет з 10 відсіків максимальна тривалість операцій складає: розпалубка – протягом 60 хвилин, чистка робочих поверхонь та змазування, установка арматури і закладування деталей – 120 хвилин; формування з поступовим заповненням всіх формувальних відсіків – 60 хвилин; тепла обробка – 8-12 годин.

Тепловолога обробка складається з двох періодів: перший – прогрів, другий – ізотермічна витримка, третій – розпалубка. Тривалість обробки складає 6...8 годин. Витрати пари в касетах складають 150-250 кг на 1 м³.

Касетні установки відрізняються великою компактністю, простотою та надійністю в роботі, малим фізичним зносом при експлуатації. Продуктивність касетної технології на 23 % вище, ніж при поточно-агрегатній технології, та на 10-25 % більше, ніж на конвеєрних лініях.

Проте касетна технологія має недоліки: відсутність належного ущільнення бетонної суміші в формувальних відсіках, що призводить до підвищеної витрати цементу та втрат теплоти. Дослідження показують, що в касетних установках відбувається великий розкид температур по висоті теплового відсіку. Іноді різниця в верхній та нижніх частинах виробу досягає 35 %, що потребує збільшення часу теплової обробки виробів. Такі обставини призводять до значних втрат теплоти, а отже, до нерационального витрачання природних ресурсів: палива та води [4].

Видобуток багатьох видів корисних копалин **кар'єрним способом** (у тому числі і видобуток будівельних матеріалів – вапняку, граніту) впливає на компоненти геологічного середовища. Деякі види будівельної сировини: пісок, глина, крейда, гравій, вапно – залягають неглибоко, і їхня розробка пов'язана зі зняттям ґрунтового покриву і невеликого по потужності покриву розкритих порід. Для виробництва будівельного щебеню застосовують буровибухові роботи. Граніт, мрамур нерідко залягають на значній глибині, і при їхньому видобутку великі обсяги порід розкривів переміщаються у відвали.

У результаті відкритого способу виробництва будівельних матеріалів відбуваються зміни геологічних, геоморфологічних, гідрогеологічних, гідрологічних і метеорологічних умов як у районі видобутку, так і на суміжних площах. Найбільш характерні види впливу гірничодобувних підприємств на геологічне середовище є:

1) відчуження площ для розміщення гірничодобувних підприємств, їхніх комплексів, що супроводжують і допоміжних споруджень;

2) порушення природних ландшафтів;

3) порушення природних властивостей геологічного середовища за рахунок виснаження запасів підземних вод, порушення умов взаємозв'язку поверхневих і підземних вод;

4) порушення природних властивостей геологічного середовища за рахунок зміни геофізичних полів (гравітаційного, електричного, магнітного, температурного й ін.).

Отже, видобуток корисної копалини відкритим способом є одним з найпотужніших факторів **техногенного перетворення рельєфу**. Це проявляється у вилученні і механічному пошкодженні значних площ земель, які частково чи повністю втратили природну родючість та стали непридатними для проживання людей та ведення сільського господарства. Таким чином видобуток будівельних матеріалів відкритим способом завдає шкоди не тільки природному середовищу, але й соціосфері.

Так, залізвидобувні підприємства Кривбасу разом з залізрудними родовищами утворюють смугу техногенних ландшафтів довжиною до 100 км і шириною 0,5-3 (а в деяких місцях 6-7) км. Ці ландшафти формують зону відчуження земель, загальна площа яких перевищує 300 кв.км.

Видобувна промисловість і її підприємства, враховуючи пріоритетність видобутку будівельного матеріалу відкритим способом, є активним **забруднювачем атмосферного повітря** газопиловими викидами. Потужним фактором негативного впливу на стан довкілля є викиди в повітря під час вибухових робіт у кар'єрах, в результаті діяльності збагачувальних фабрик та за рахунок вітрової дефляції відвалів розкритих порід, складів руд та сухих шламосховищ. У результаті формуються потужні геохімічні ореоли в ґрунтах, відкладах зони аерації, четвертинних породах, поверхневих, ґрунтових та підземних водах. Сукупний об'єм викидів у повітря підприємствами гірничодобувної промисловості Кривбасу (тис. т/рік): 977,4; у тому числі викидів пилу – 207,4; викидів газів – 719,5.

Порушення природних обстановок (поверхневого рельєфу) зумовлює активізацію фільтраційних процесів, які призводять до втрат високомінералізованих вод з кар'єрів та проникнення забруднюючих речовин на значні глибини. У Кривбасі зони обвалення шахтних полів займають біля 100 кв. км, а підтоплення – понад 500 кв. км.

Виробництво будівельних матеріалів і конст-рукцій із використанням електричної енергії. Радянські вчені та інженери значно розвинули цей напрямок і розробили різні способи прогріву бетону за допомогою електричного струму. Праці К. Реті, Р. В. Вегенера, С. А. Миронова з електропрогріву

бетону, І. І. Богатирьова та Л. А. Комісарова [1] – з електропрогріву за допомогою електронагрівальних приладів, А. В. Нетушила [1] – з індукційного прогріву тощо продемонстрували широкі можливості методів електротермообробки бетону, надали виробникам цілий комплекс різних методів, глибоко обґрунтовуючи їх теоретично та довели їх до практичного використання [1].

Використання електричної енергії для термообробки бетону має багато переваг перед парою. Електричний струм дозволяє значно простіше регулювати процес термообробки. З його допомогою можна нагрівати бетон з будь-якою швидкістю і забезпечувати різні режими прогрівання, підвищити ККД теплових установок. До того ж для електрообробки не треба складне та коштовне парове господарство, через відсутність якого санітарно-гігієнічні умови роботи в цехах покращуються.

Використання таких високотемпературних теплоносіїв як електрична енергія дає можливість скоротити тривалість теплової обробки, збільшити ККД теплових установок. Витрати електроенергії при звичайному електропрогріву бетону не перевищують 80-100 кВт*г/м³, напруга електричного струму – 220-380 В [1].

Отже, використання високотемпературних теплоносіїв, джерелом яких є електроенергія, дає можливість скоротити тривалість теплової обробки, збільшити ККД теплових установок, покращити санітарно-гігієнічні умови праці працівників, автоматизувати технологічний процес. Розроблені різні методи прогріву з використанням електроенергії, які відрізняються економічністю та можливістю регулювання та управління процесами. Термообробка бетону з використанням теплоносіїв дозволяє зекономити собівартість готових виробів [1; 4].

В районах, які характеризуються інтенсивною сонячною радіацією, питомі витрати енергії на прискорення твердіння бетону можна знизити, використовуючи сонячну енергію [1; 4]. Використання кліматичних факторів є важливим для зниження енергоємності виробництва збірного залізобетону, його собівартості та підвищення якості продукції [9].

Можливі такі методи використання сонячної енергії: прямий нагрів бетонної суміші сонячною радіацією під покриттям із полімерних плівок, перетворення сонячної енергії в теплову в геліотехнічних установках тощо.

При виготовленні різних конструкцій (панелей, плит, колон, балок) метод термообробки бетону з допомогою сонячної енергії демонструє високу ефективність та економічність.

Переваги методу:

1. не потрібно пропарювати, а отже відбувається економія палива;
2. знижуються витрати води;
3. підвищується довговічність сталевих форм та скорочується вартість виробів.

Недоліки методу:

1. організацію основних технологічних операцій необхідно проводити згідно сонячної активності. Так, розпалубку виробів необхідно розпочинати вранці, а

формовання виробів закінчувати близько 10-11 години ранку [1].

Виробництво будівельних матеріалів і конструкцій із використанням продуктів згоряння. Дослідження радянських вчених показують, що в якості теплоносія для прогріву бетону можна використовувати продукти згоряння природного газу. Використання продуктів згоряння природного газу зменшує витрати палива на 1 м³ бетону в 4-10 рази та різко знижує вартість прогріву. Якщо на тепловолугу обробку бетону парою слід витратити від 70 до 102 м³ газу, то при використанні продуктів згоряння газу – тільки 10-20 м³ [1].

Аналіз недоліків та переваг пари і продуктів згоряння як теплоносіїв для термообробки будівельних матеріалів, зокрема бетону в ямних камерах, дозволяє зробити такі висновки:

1. Температура на вході в камеру продуктів згоряння природного газу більша – 150-180 °С, ніж пари.

2. Пара має високий коефіцієнт тепловіддачі, що дозволяє швидко прогрівати бетонні прошарки виробів. Коефіцієнт теплообміну продуктів згоряння газу в 10-20 разів менше, ніж у вологій парі. До того ж менша кількість отриманого тепла.

3. Сухе середовище продуктів згоряння природного газу стримує корозію металоформ, а взаємодія вуглекислого газу та окису вуглецю з продуктами гідролізу та гідратації цементу в виробках поглинає до 45 % шкідливих викидів [10]. Пара не забруднює навколишнє середовище, оскільки не містить шкідливих речовин.

Прикладом термообробки таким методом є теплова обробка бетону в ямних камерах з рециркуляцією теплоносія, обладаних теплогенераторами.

Низька відносна вологість, висока температура в сполученні з рухомим середовищем можуть призвести до інтенсивного випаровування вологи із виробів та знизити приріст міцності бетону [46]. Для запобігання пересушення поверхні бетону дуже важливо вірно призначити та витримати режими прогріву.

З урахуванням слабого вивчення цього процесу дозволяється прогрівати у ямних камерах таким методом виробу з легкого бетону низьких марок, в які при його приготуванні вводиться значно більше води для забезпечення необхідної пластичності суміші. Для прогріву виробів із важкого бетону слід вжити відповідні заходи щодо зволоження середовища в камері або попередити поверхню бетону від великих втрат вологи за допомогою спеціальних плівкоутворюючих покриттів.

Прогрів бетонних виробів в середовищі продуктів згоряння природного газу використовується на підприємствах збірного залізобетону в Ухті, Надимі тощо [1].

Виробництво будівельних матеріалів пресуванням. На сьогодні основними передумовами при розробці нових технологій виробництва стінових та облицзовальних матеріалів є зниження питомих енерговитрат, використання місцевої недефіцитної сировини та промислових відходів, зниження тривалості технологічного циклу.

В умовах надмірного споживання природних ресурсів і, як наслідок, їх деградації та виснаження постає задача пошуку шляхів раціонального вико-

ристання природних ресурсів та зменшення екологічного навантаження виробництва. Спостерігається тенденція розробки нових технологій виробництва будівельних матеріалів **без випалу та автоклавної обробки** з використанням відходів (золашлакових та відходів карбонатних порід, річкового кварцового та керамзитового випалювального піску тощо).

Широкого використання набувають паливовмісні відходи підприємств вугільної та енергетичної промисловості:

- у вигляді кускових та зернових відходів вугледобування та вуглезбагачення;
- у вигляді тонко дисперсного пилу золи-уноса та шлаків ТЕС.

При цьому виключаються витрати на геологорозвідувальні роботи, будівництво та експлуатацію кар'єрів, скорочення витрат на паливо, **зменшення** собівартості та капітальних вкладень, а також зменшення земельних угідь, які відводяться під відвали [9].

Використання відходів від добування вугілля для виготовлення керамічних виробів знижує енергоємність процесу випалу (потреба в паливі при випалі знижується на 50-80 %); на 15-40 % скорочується термін сушки; збільшується в 1,5-2 рази міцність цегли [11].

Промисловість будівельних матеріалів є найбільш енергоємною галуззю народного господарства. Використання відходів металургійної промисловості – доменних та сталеплавильних шлаків та шлаків кольорової металургії дозволяє розширити базу вторинної мінеральної сировини, економити енергетичні ресурси. Використання кожної тонни гранульованого шлаку дозволяє економити 600-700 кг клінкеру та 30-40 % палива. Наприклад, склад доменних шлаків складний. У них зустрічається біля 30 елементів у вигляді окислів: SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , MgO тощо.

За своїм хімічним складом гранульовані шлаки близькі до цементного клінкеру. Внаслідок того, що вони є продуктом термічної обробки залізної руди та флюсів, вони практично не містять органічних домішок. Тому при використанні доменних шлаків в якості сировинного компоненту їх витрати на тонну клінкеру більше, ніж на 20 % в порівнянні з природною сировиною.

Головним напрямком використання сталеплавильних шлаків є їх переробка на щебінь та пісок після вилучення металу. Активність шлаку може бути підвищена за рахунок автоклавної обробки. Шлаки використовують цементні заводи, зокрема при виробництві шлакопортландцементу, які з домішкою 30-40 % після пропарення мають більшу стійкість, ніж портландцемент [11]. Використання шлаків та зол ТЕС вносить свій вклад в рішення таких проблем як охорона навколишнього середовища, раціональне використання сировинних ресурсів, підвищення продуктивності праці виробництва [11].

Так, в Самарській області (Росія) для виробництва стінових та облицювальних матеріалів використовують карбонатні відходи. Дане виробництво засноване на технології контактної-конденційної твердіння, яка розроблена Самарським архітектурно-будівельним інститутом. При такій технології кам'яний матеріал

отримується **без випалу та автоклавної обробки**. В основі цієї технології лежить явище спонтанної конденсації мікрочастинок силікатів та алюмосилікатів кальція аморфної та нестабільної структури, що відбувається в момент зближення їх частинок під час пресування.

Спеціалісти Самарського архітектурно-будівельного інституту підкреслюють, що енергетичні витрати на виробництво стінових та облицювальних матеріалів методом контактної-конденційної твердіння в 16,4 рази менше в порівнянні з виробництвом керамічної цегли та в 1,9 рази – силікатної автоклавної цегли. Головними критеріями цієї технології, які відносять її до раціональних з екологічної точки зору та економічної є відносна простота технології (тобто не потребує коштовного обладнання), низька енергоємність (не потребує високих витрат енергетичних ресурсів), практична необмежена сировинна база (тобто дозволяє використовувати відходи виробництв і тим самим зменшувати споживання природних ресурсів).

Все це робить матеріали контактної-конденційної твердіння перспективними в умовах Самарської області.

Вчені та спеціалісти ВАТ «ВНШтрост ім. П. П. Буднікова» розробили технологію та обладнання для виробництва цементно-піщаної цегли, яка не поступається звичайній силікатній цеглі. Дане виробництво здійснюється напівсухим пресуванням цементно-піщаної суміші. Витрати цементу – 8-10 % від маси цегли. В якості наповнювача використовується кварцовий пісок, золашлакові відходи та відходи подрібнення карбонатних та інших гірських порід. Твердіння цегли відбувається в природних умовах або при пропарюванні. При цьому автоклавної обробки не потребується. Виробництво такої цегли організовано в багатьох регіонах Росії. Ціна цегли в 1,5-2 рази нижче, ніж ціна силікатної цегли автоклавного твердіння.

Отже, технологія контактної-конденційної твердіння та напівсухого пресування цементно-піщаної суміші з екологічної та економічної точки зору кращі, в порівнянні зі способами виробництва будівельних матеріалів шляхом випалу та автоклавної обробки.

Для таких технологій характерно зниження питомих енерговитрат, використання місцевої недефіцитної сировини та промислових відходів, зниження тривалості технологічного циклу, а також зменшення екологічного навантаження та підвищення економічної ефективності виробництва. Всі ці перелічені особливості є критеріями відбору сучасних технологій виробництва будівельних матеріалів в якості раціональних з екологічної та економічної точки зору.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямку. У результаті виконаного дослідження зроблений аналіз основних методів виробництва будівельних матеріалів, зокрема виробництво з використанням пари, виробництво шляхом випалу, а також виробництво відкритим способом за екологічним та енергетичним критеріями, зокрема вплив цих методів на довкілля та людину, використання цими методами природних ресурсів (води, витрат палива тощо).

Перспективами даного дослідження є подальший аналіз автоклавного виробництва будівельних матеріалів та пошук шляхів повторного використання відпрацьованої пари після автоклавної обробки силікатної цегли.

ЛІТЕРАТУРА

1. Крылов Б. А. Эффективное ресурсосбережение. (На примере железобетонных конструкций). – М. : Знание , 1989. – 64 с.
2. Зейфман М. И Изготовление силикатного кирпича и силикатных ячеистых материалов. – М. : Стройиздат, 1990. – 184 с.
3. Тепловая обработка в производстве сборного железобетона / В.Е. Бойко, Е.В. Тихомиров. – К. : Будівельник, 1987. – 144 с.
4. Баженов Ю. М., Комар А. Г. Технология бетонных и железобетонных изделий: [учебник для вузов]. – М. : Стройиздат, 1984. – 672 с.
5. Чернявский Е. В. Производство глиняного кирпича. – [Изд. 2-е, доп. и перераб.]. – М., Стройиздат, 1974.
6. Нагибин Г. В. Основы технологии строительных материалов : [Учебник для техникумов промышленности строительных материалов] / Под ред. М. И. Матвеева. – [Изд. 2-е, доп. и перераб.]. – М. : «Высшая школа», 1969. – 352 с.
7. Примак А. В., Балтренас П. Б Защита окружающей среды на предприятиях стройиндустрии. – К. : Будівельник, 1991. – 152 с.
8. Берх Е. М., В. С. Карелин. Пути повышения эффективности производства местных строительных материалов. – М. : Издательство лит. по строительству, 1971. – 200 с.
9. Якубов В. А., Заседателев И. Б., Малийский Е. Н. Использование климатических факторов южных районов в производстве железобетонных изделий. // Бетон и железобетон. – 1987. – № 7. – С. 44–45.
10. Прогрев изделий продуктами сгорания природного газа / [Гошовский Ю. М., Чуприна Н. Г., Коршунов М. А. и др.]. // Строительные материалы и конструкции. – 1990. – № 4. – С. 26–28.
11. Чистяков Б. З., Лялинов А. Н. Использование минеральных отходов промышленности в производстве строительных материалов. Л. : Стройиздат, Лен. Отделение, 1984.- 152 с.

Рецензенти: **Клименко Л. П.**, д.т.н., професор;
Сирота О. А., к.т.н., доцент.

© Радченко М. І., Макарова О. В., 2013

Дата надходження статті до редколегії 23.04.2013 р.

РАДЧЕНКО Микола Іванович – д.т.н., проф., Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, НДІ проблем екології та енергозбереження, м. Миколаїв.

Коло наукових інтересів: техногенна безпека, енергозбереження.

МАКАРОВА Олена Валеріївна – викладач кафедри біології та екологічної безпеки, Миколаївський державний університет ім. Петра Могили.

Коло наукових інтересів: техногенна безпека, енергозбереження.