

ЗМЕНШЕННЯ ШКІДЛИВИХ ВИКИДІВ КОТЕЛЬНИХ НА МАЗУТІ АВТОКЛАВНОГО ВИРОБНИЦТВА БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Проаналізовано антропогенний вплив на довкілля котельних автоклавного виробництва будівельних матеріалів, що працюють на мазуті, та запропоновано методи його зменшення.

Ключові слова: антропогенне навантаження, котельні, підприємства автоклавного виробництва будівельних матеріалів, мазут, методи зменшення.

Проанализировано антропогенное влияние на окружающую среду котельных автоклавного производства строительных материалов, которые работают на мазуте, и предложены методы его уменьшения.

Ключевые слова: антропогенное влияние, котельные, предприятия автоклавного производства строительных материалов, мазут, методы сокращения.

The ecological influence of boilers of the autoclaving production of building materials, working on fuel oil, on the environment is analyzed and some methods of its reduction are proposed.

Key words: ecological influence, boiler rooms, the autoclaving production of building materials enterprises, fuel oil, methods of the reduction.

Постановка проблеми та її зв'язок із важливими науковими і практичними завданнями.

Виробництво будівельних матеріалів належить до найбільш енергоємних галузей, оскільки характеризується значними втратами теплоти і, як результат, нераціональними витратами паливних і водних ресурсів. Так, у процесі автоклавної обробки будівельних матеріалів близько 45 % витраченої теплоти накопичується матеріалом (зокрема силікатною цеглою та бетоном) та парою у вільному об'ємі автоклаву. Витрати палива (мазуту) на виробництво цієї пари в котельних збільшуються, оскільки внаслідок випуску відпрацьованої пари в атмосферу ця частка теплоти втрачається.

Слід зазначити, що серед споживачів енергоресурсів виробництва будівельних матеріалів котельні займають важливе місце. Для отримання 1 кг пари необхідно витратити 2261 кДж тепла, а з урахуванням теплоти на нагрів води до 100 °С – близько 2680 кДж [1]. При спалюванні палива і перетворенні води в пару втрати тепла в котельних також доволі високі: середній ККД котельних не перевищує 0,8. До того ж, мають місце втрати тепла в трубопроводах під час транспортування пари до теплових агрегатів, які складають близько 25 % [1]. Крім того, загострюється проблема атмосферного забруднення, оскільки котельні є джерелом значної кількості шкідливих викидів в атмосферу (окису вуглецю, двоокису азоту, ангідриду сірчаного, ванадію п'ятиокису та сажі при роботі котельної на мазуті). Антропогенне навантаження котельних на

довкілля значно збільшується внаслідок накопичення в ґрунті та сільгоспкультурах шкідливих речовин, що призводить до загального погіршення демографічної ситуації, зокрема підвищення рівня захворюваності та смертності людей [2].

Таким чином, проблема зменшення екологічного навантаження на довкілля котельних підприємств будівельної галузі, зокрема автоклавного виробництва будівельних матеріалів, шляхом раціонального використання паливних та водних ресурсів вельми актуальна. Розробка та впровадження ресурсозберігаючих технологій під час теплової обробки будівельних матеріалів забезпечить не тільки підвищення енергетичної ефективності виробництва завдяки економії палива, але й значно скоротить викиди шкідливих речовин у довкілля [1].

Аналіз останніх досліджень із проблеми, виділення невирішених завдань у загальній проблемі, постановка мети і завдань дослідження.

При роботі котельних в атмосферу потрапляють продукти згоряння, до яких можна віднести шкідливі гази й дрібні тверді частки золи, шлаки, а також теплоту. Газоподібні шкідливі викиди котельної включають оксиди азоту, оксиди сірки, тверді частки золи, пил, п'ятиокис ванадію. При неповному згорянні палива в димових газах можуть бути присутні окис вуглецю CO, вуглеводні типу CH₄, C₂H₄, бензапірен C₂₀H₁₂, сажа [6]. Мінеральна частина вітчизняних мазут складає оксид натрію (20-40 %); пентаоксид ванадію (20-30 %); оксид кремнію (5-20 %); триоксид сірки (20-40 %); триоксид заліза

(3-20 %); оксид кальцію (3-10 %); оксид магнію (3-10 %); оксид нікелю (1-10 %) [6].

Якщо газові компоненти викидів поширюються в процесі дифузії як у нижні, так й у верхні шари атмосфери, від чого їхня концентрація в приземному шарі на відстані від котельної значно знижується, то викиди твердоподібних компонентів – часток золи в основному (за винятком часток з радіусом менш 1 мкм) – осаджуються на землю. При цьому, тверді частки мають загальний негативний ефект – забруднення приземного повітря й поверхні, що є шкідливими для дихальних шляхів людини. До складу золи палива входять також токсичні мікродомішки сполук металів, зокрема миш'яку, свинцю, цинку, ванадію, ртуті [6].

Так, згідно з даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) дискомфорт у людини відчувається при концентрації діоксиду сірки або пилу в атмосферному повітрі 0,08 мг/м³. При подальшому збільшенні вмісту діоксиду сірки або пилу до 0,25-0,5 мг/м³ відбувається погіршення стану хворих із легеневиими захворюваннями. У разі тривалого перебування людей в атмосфері з концентрацією зазначених речовин вище 0,5 мг/м³ частота виникнення захворювання зростає і, як результат, спостерігається зростання смертності [6].

Оксиди сірки здійснюють також негативний вплив на рослинний світ, а саме відбувається руйнація хлорофілу рослин, ушкодження листя й хвої. Серед найбільш чутливих до впливу SO₂ є хвойні дерева. Так, порушення процесів фотосинтезу й дихання хвойних дерев починається вже з концентрації SO₂, що становить 0,23 мг/м³ [6].

Високим рівнем токсичності також характеризується пентаоксид ванадію V₂O₅, що входить до складу золи мазуту. Його негативний вплив полягає в тому, що викликає подразнення дихальних шляхів у людини й тварин, ураження шкіри, розлад кровообігу й нервової системи, а також порушення обміну речовин.

При спалюванні будь-якого палива з недостатньою кількістю кисню в окремих зонах горіння в димових газах може бути присутній бенз(а)пірен. Ця речовина має канцерогенні властивості, тобто здатна викликати злоякісні захворювання [6].

Забруднення токсичними газами котельні викликає виникнення не тільки локальних, але й глобальних проблем, зокрема парникового ефекту. Неодноразово підкреслюється в таких міжнародних документах, як Конвенція про зміну клімату (Конференція ООН з навколишнього середовища та розвитку, м. Ріо-де-Жанейро, 1992р.) та Кіотський протокол (Міжнародна конференція з глобальної зміни клімату на планеті, м. Кіото, грудень 1997 р.), актуальність проблеми та гостра необхідність загального скорочення викидів в атмосферу парникових газів шляхом упровадження ресурсозберігаючих технологій у виробництво [8].

Проблема кислотних опадів сьогодні також дуже загострена, про що свідчить діяльність світової спільноти. Так, у 1983 році набуває чинності Конвенція про трансграничне забруднення повітря на великих відстанях. У 1985 році в м. Хельсінкі був

підписаний Протокол про 30-відсоткове зниження викидів сірки за участі 20 країн Європи та Канади. У міжнародних документах головними заходами зі скорочення викидів CO₂ та NO_x є підвищення ефективності використання енергії, контроль за викидами та впровадження ефективних технологій. Завдяки зусиллям країн Великої сімки протягом 1970-1990 рр. при рості ВВП на 60 % вдалося стабілізувати викиди CO₂ та NO_x [8].

У результаті спалювання палива викиди оксидів азоту активно впливають на руйнування озону. Актуальність проблеми визначена в міжнародних документах, зокрема в доповіді Програми ООН з навколишнього середовища (1992 р.). Сьогодні світова спільнота активно спрямовує свої зусилля на скорочення виробництва та використання хімічних речовин, які викликають руйнування озонового шару. Основні шляхи вирішення проблеми визначаються такими міжнародними документами, як Венська конвенція (1985 р.) та Монреальський протокол (1987 р.) [8].

Проблема зменшення антропогенного навантаження котельних на довкілля загострюється тим, що сучасні методи очистки шкідливих викидів котельних мають низьку ефективність. Крім того, вибір методів очистки визначається багатьма чинниками, серед яких є вихідний вміст шкідливих речовин; необхідна ефективність очистки; наявність дешевих реагентів; капітальні та експлуатаційні витрати тощо [2].

Так, зменшити кількість оксидів азоту, що утворюється при горінні, можливо лише за умови спеціально організованого процесу горіння. До того ж, методи скорочення викидів оксидів азоту, що знайшли практичне використання, потребують значних матеріальних витрат та дорогого обладнання [6]. Зокрема, ефективність такого методу, як *впорскування вологи або пари в топку*, відрізняється простотою, легкістю регулювання та низькими капітальними витратами. На газомазутних котлах метод дозволяє знизити викиди NO_x на 20-30 %, проте вимагає витрат теплоти на пароутворення та викликає збільшення втрат з відхідними газами. У цілому цей метод доцільно використовувати, з екологічної точки зору, в аварійних ситуаціях, зокрема за особливо несприятливих метеорологічних умов [6].

Серед інших шкідливих викидів котельної найбільший інтерес викликають продукти неповного згорання – оксид вуглецю. Концентрація оксиду вуглецю в продуктах згорання визначається багатьма факторами, зокрема потужністю котла та видом палива, аеродинамікою топкової камери, ефективністю перемішування паливоповітряного потоку, температурою факела, розташуванням поверхонь нагріву тощо. У кожному випадку спалювання палива в топці варто налагоджувати таким чином, щоб знизити до нуля хімічний недопал і, відповідно, викиди CO [6].

Найбільш актуальною проблемою захисту атмосферного повітря є скорочення викидів діоксиду сірки. Зокрема, циклічний метод сіркоочистки димових газів котельних, який є найбільш розповсюдженим, має низьку надійність. Враховуючи масштаби виробництва та вартість сірки і сірчаної

кислоти, можна дійти висновку, що використання в найближчий період цього методу є **економічно недоцільним** (якщо не враховувати екологічний аспект очистки сірки).

Слід зазначити, що проблема антропогенного навантаження котельної на довкілля загострюється ще тим, що через недосконале природоохоронне обладнання високий ступінь очистки у більшості випадків є практично недосяжним. При цьому слід враховувати, що чим вище необхідний ступінь очищення газів і чим дрібніші частки, що підлягають уловленню, тим більшими стають питомі капітальні витрати на спорудження установок для вловлювання золи й витрати на їх експлуатацію. Ступінь вловлювання золи в золовловлювачах залежить від властивостей золи й умов експлуатації. Так, ступінь вловлювання її електрофільтрів становить 96-99; мокрих золоуловлювачів – 92-96; батарейних циклонів – 82-90 % [6].

Цілком очевидно, що найбільш раціональним шляхом зменшення негативних наслідків є усунення причин, що до них призводять. Таким чином, подальші резерви скорочення токсичних викидів від котельної слід шукати в скороченні витрат палива, що в них спалюється, тобто самих джерел цих викидів. Останнє, у свою чергу, пов'язане із раціональним використанням теплоти в технологічних процесах, а значить, і паливних ресурсів [2].

Шляхи повторного використання відпрацьованої в автоклавах пари для термообробки цегли розглядалися Вахніним М. П. і Аніщенком А. А. [3], Хавкіним Л. М. [4], Зейфманом М. І. [5]. Теплоту відпрацьованої пари можна також використовувати для нагріву живильної води котлів і води системи опалення заводських приміщень [3; 4].

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 довкілля лише шляхом встановлення ефективних пилогазоочисних установок не може повністю вирішити **проблему** забруднення атмосфери. Цілком зрозуміло, що її необхідно вирішувати в комплексі шляхом пошуку енерго- та ресурсозберігаючих технологій виробництва будівельних матеріалів. Такий спосіб вирішення проблеми сприяло б не тільки скороченню нераціональних витрат палива, але й зменшенню екологічного навантаження на довкілля.

Метою дослідження є зменшення шкідливих викидів котельних автоклавного виробництва будівельних матеріалів, що працюють на мазуті, шляхом комплексної утилізації теплоти відпрацьованої пари та відхідних газів.

Результати дослідження. Пара від котельної потрапляє до теплових агрегатів періодичної дії (автоклави). Автоклавна обробка цегли характеризується суттєвими втратами теплоти. Так, понад 45 % теплоти, яка витрачається в процесі термообробки, акумулюється в автоклаві: більша частка – цеглою, а решта – парою у вільному об'ємі автоклаву та самим автоклавом і вагонетками [4]. При випуску відпрацьованої пари з автоклаву в атмосферу її теплота втрачається.

Зміна кількості пари з урахуванням її втрат теплоти на нагрів автоклаву та вагонеток, втрат теплоти в довкілля через корпус автоклаву і теплової інерційності наведена нижче (рис. 2) [9]. Тривалість теплової витримки при тиску 0,8 МПа становить 6 годин [1].

Для виробництва пари в котельній спалюється паливо (зокрема мазут), що призводить до збільшення екологічного навантаження на довкілля. Динаміка кількості викидів, зокрема SO_2 , V_2O_5 та сажі, з урахуванням теплової інерційності системи та втрат теплоти на нагрів автоклаву, вагонеток і в довкілля наведена на рис. 1-3.

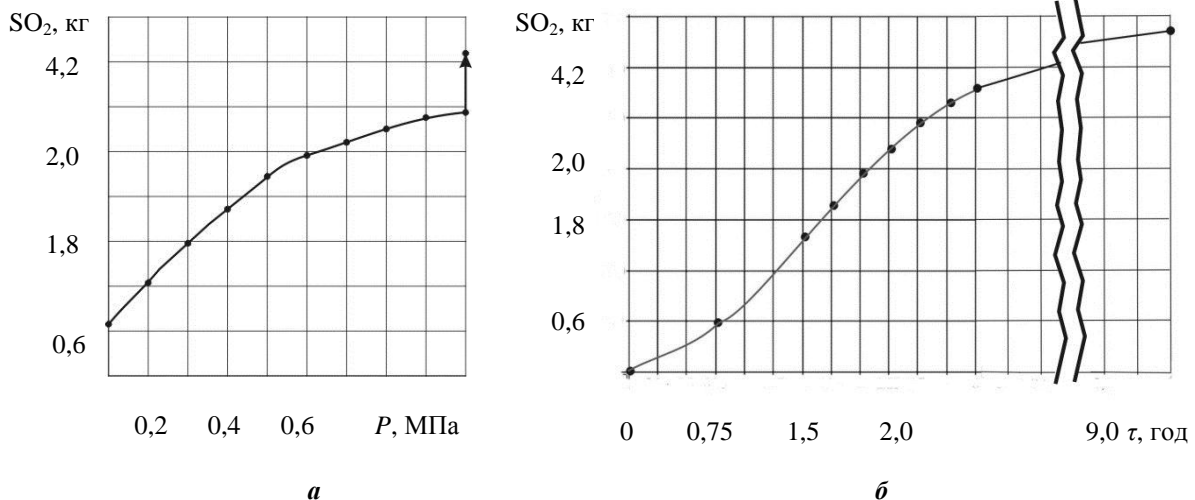


Рис. 1. Загальна кількість викидів SO_2 від початку запарювання залежно від тиску P в автоклаві (**а**) та часу τ (**б**) з урахуванням теплової інерційності системи та втрат теплоти на нагрів автоклаву, вагонеток і в довкілля

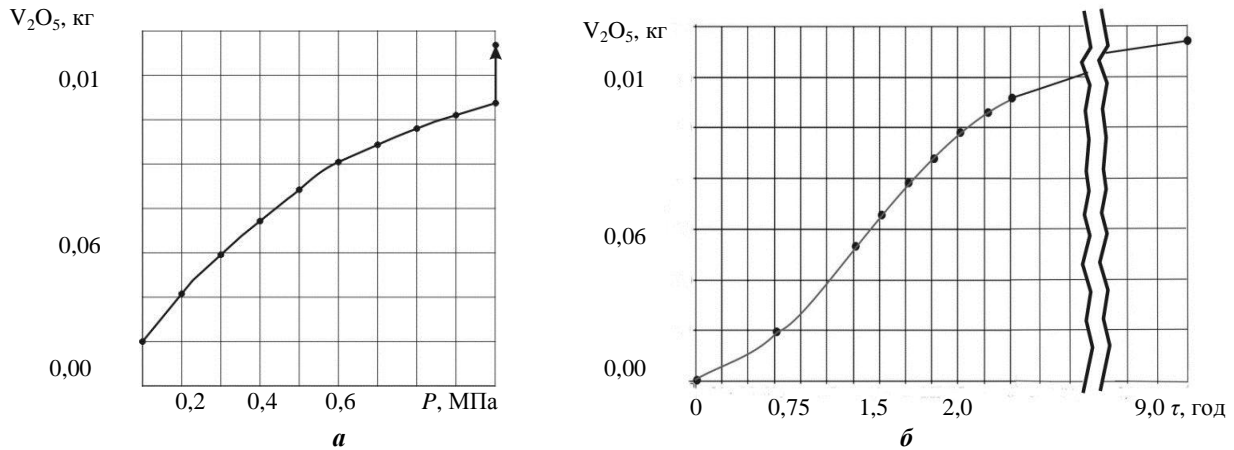


Рис. 2. Загальна кількість викидів V_2O_5 від початку запарювання залежно від тиску P в автоклаві (а) та часу τ (б) з урахуванням теплової інерційності системи та втрат теплоти на нагрів автоклаву, вагонеток і в довкілля

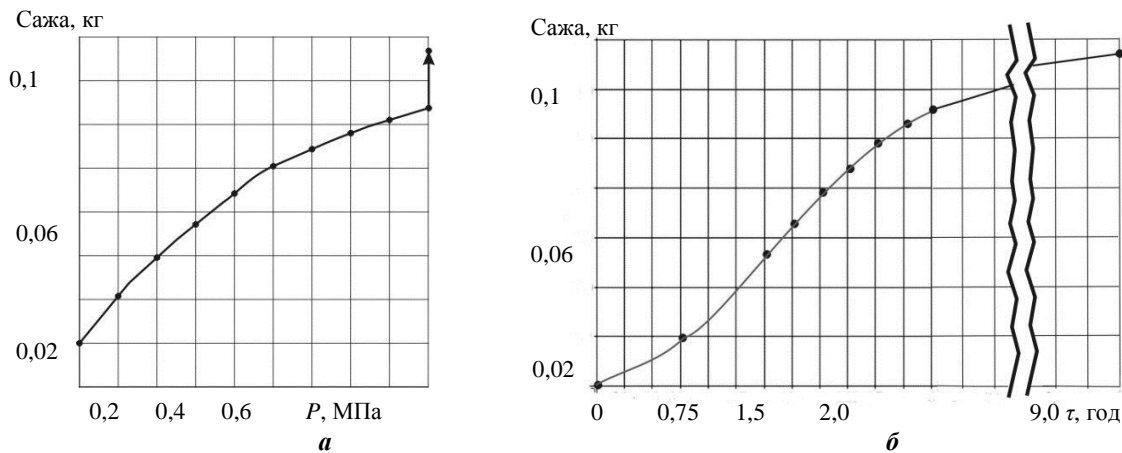


Рис. 3. Загальна кількість викидів сажі від початку запарювання залежно від тиску P в автоклаві (а) та часу τ (б) з урахуванням теплової інерційності системи та втрат теплоти на нагрів автоклаву, вагонеток і в довкілля

З метою вирішення проблеми скорочення *шкідливих атмосферних викидів від котельних у процесі автоклавного виробництва цегли* запропоновано методи раціонального використання пари, а значить, і паливних ресурсів.

Зміна загальної кількості пари M_p , що витрачається на нагрів сирцю від початку запарювання та при перепуску пари з урахуванням

теплової інерційності системи, втрат теплоти на нагрів автоклаву, вагонеток і в довкілля наведена нижче (рис. 5) [9].

Динаміка кількості викидів SO_2 , V_2O_5 та сажі від початку запарювання та при перепуску пари з урахуванням теплової інерційності системи та втрат теплоти на нагрів автоклаву, вагонеток і в довкілля наведена на рис. 4-6.

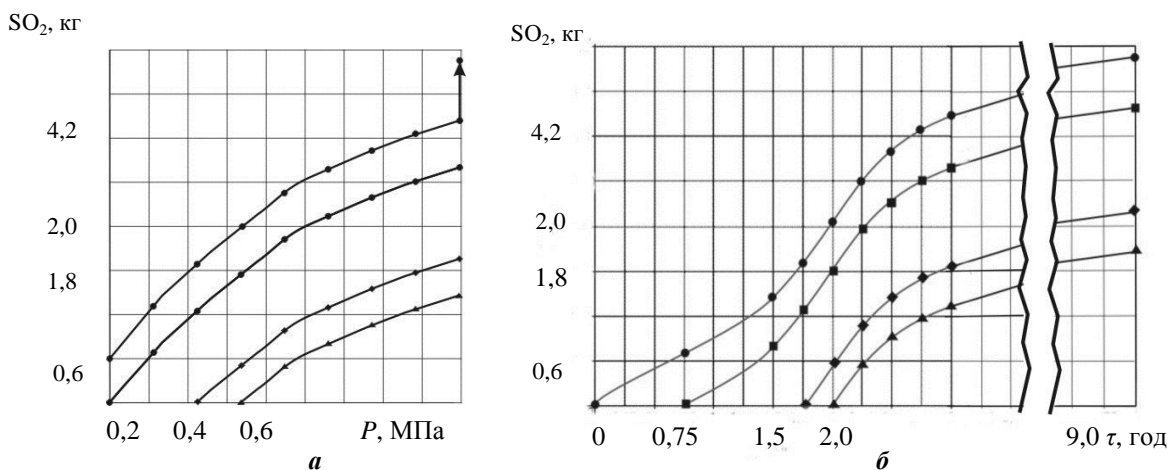


Рис. 4. Загальна кількість викидів SO_2 від початку запарювання та перепуску пари з урахуванням теплової інерційності системи та втрат теплоти на нагрів автоклаву, вагонеток

і в доквілля залежно від тиску P в автоклаві (а) та часу τ (б): 1 – з урахуванням теплової інерційності системи та втрат теплоти на нагрів автоклаву, вагонеток і в доквілля; 2 – прогрів відхідними газами до 0,1 МПа; 3 – перепуск пари до 0,3 МПа; 4 – ежекторний перепуск пари до 0,4 МПа

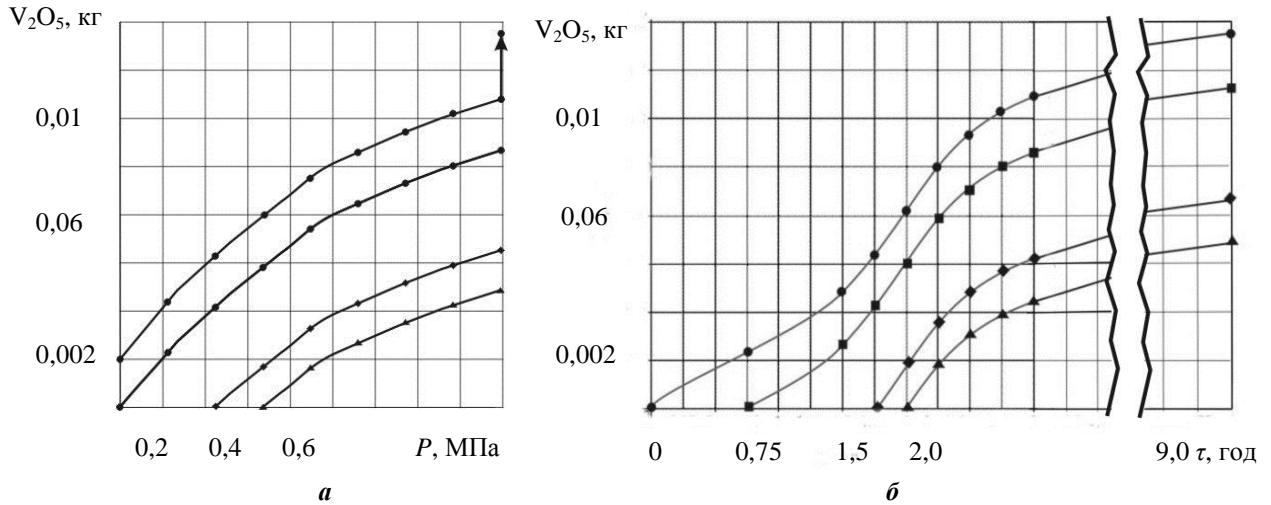


Рис. 5. Загальна кількість викидів V_2O_5 від початку запарювання та перепуску пари з урахуванням теплової інерційності системи та втрат теплоти на нагрів автоклаву, вагонеток і в доквілля залежно від тиску P в автоклаві (а) та часу τ (б): 1 – з урахуванням теплової інерційності системи та втрат теплоти на нагрів автоклаву, вагонеток і в доквілля; 2 – прогрів відхідними газами до 0,1 МПа; 3 – перепуск пари до 0,3 МПа; 4 – ежекторний перепуск пари до 0,4 МПа

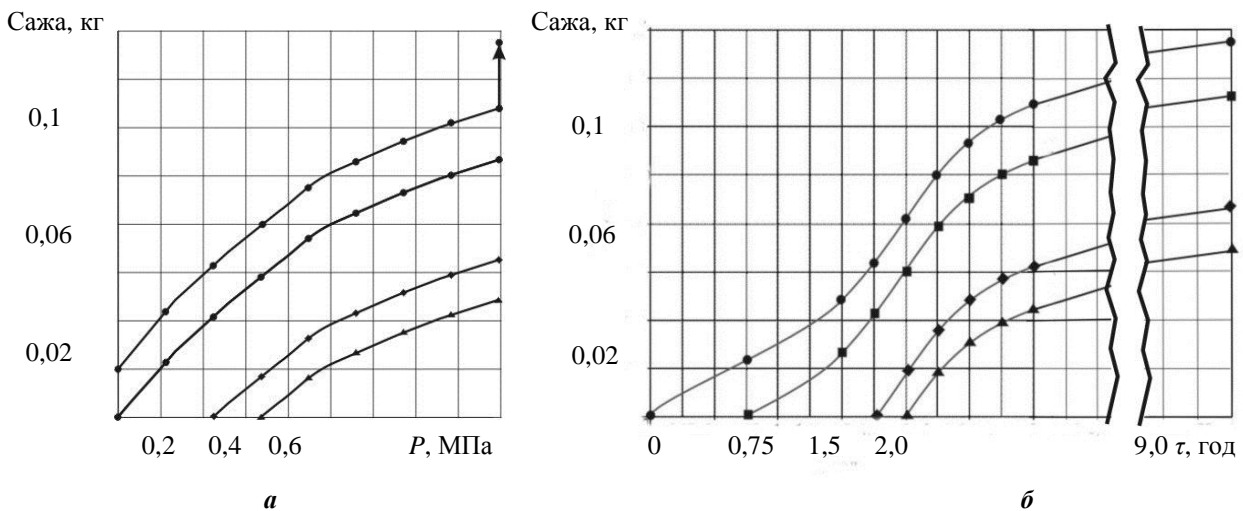


Рис. 6. Загальна кількість викидів сажі від початку запарювання та перепуску пари з урахуванням теплової інерційності системи та втрат теплоти на нагрів автоклаву, вагонеток і в доквілля залежно від тиску P в автоклаві (а) та часу τ (б): 1 – з урахуванням теплової інерційності системи та втрат теплоти на нагрів автоклаву, вагонеток і в доквілля; 2 – прогрів відхідними газами до 0,1 МПа; 3 – перепуск пари до 0,3 МПа; 4 – ежекторний перепуск пари до 0,4 МПа

На рис. 4-6 зображена динаміка кількості викидів SO_2 , V_2O_5 та сажі від початку запарювання та при перепуску пари з урахуванням теплової інерційності системи та втрат теплоти на нагрів автоклаву, вагонеток і в доквілля суттєво різна. Скорочення кількості викидів SO_2 , V_2O_5 та сажі при розглянутих перепусках у порівнянні з динамікою кількості викидів від початку запарювання характеризується суттєвим зменшенням.

Таким чином, перепуск пари забезпечує скорочення витрат палива в котельні, що працюють на мазуті, і відповідне зменшення токсичних викидів. Завдяки

повторному використанню пари заощаджуються також водні ресурси.

Висновки

1. У результаті дослідження з'ясовано, що запропоновані методи комплексної утилізації теплоти відпрацьованої пари та відхідних газів **забезпечують** суттєве зменшення антропогенного навантаження котельних підприємств автоклавного виробництва будівельних матеріалів, що працюють на мазуті.

2. Використання відпрацьованої пари як теплоносія вище розглянутими способами дозволяє **скоротити витрати пари** під час теплової обробки

будівельного матеріалу в автоклавах, відповідно на 40 % шляхом прогріву сирцю відхідними газами до 0,1 МПа; на 23 % шляхом перепуску пари до тиску в автоклав-приймальнику 0,3 МПа; на 30 % шляхом ежекторного перепуску пари до тиску 0,4 МПа.

Вищерозглянуті способи перепуску пари також забезпечують **скорочення шкідливих викидів**

котельної, а саме викидів SO_2 , V_2O_5 та сажі на величину, пропорційну кількості рекуперованої пари, а також витрат водних ресурсів на її виробництво.

У цілому розглянуті методи суттєво підвищують енергетичну ефективність та екологічну безпеку автоклавного виробництва будівельних матеріалів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Крылов Б. А. Эффективное ресурсосбережение (На примере железобетонных конструкций) / Б. А. Крылов. – М. : Знание, 1989. – 64 с.
2. Сталинский Д. В. Защита окружающей среды от загрязнений дымовыми газами теплоэлектростанций / Д. В. Сталинский, Г. Ф. Ганжа, А. В. Дунаев, В. Г. Дорошенко // Экология та виробництво. – 2002. – Вересень. – С. 16–18.
3. Вахнин М. П. Производство силикатного кирпича / М. П. Вахнин, А. А. Анищенко. – М. : Высшая школа, 1989. – 200 с.
4. Хавкин Л. М. Технология силикатного кирпича / Л. М. Хавкин. – М. : Стройиздат, 1982. – 384 с.
5. Зейфман М. И. Изготовление силикатного кирпича и силикатных ячеистых материалов / М. И. Зейфман. – М. : Стройиздат, 1990. – 184 с.
6. Жабо В. В. Охрана окружающей среды на ТЭС и АЭС : учебник для техникумов / В. В. Жабо. – М. : Энергоатомиздат, 1992. – 240 с.
7. Резников М. И. Котельные установки электростанций / М. И. Резников, Ю. М. Липов. – Учеб. издание, переработанное. – М., 1987.
8. Хотунцев Ю. Л. Экология и экологическая безопасность : учебное пособие для студентов высших педагогических учебных заведений / Ю. Л. Хотунцев. – М. : Издат. центр «Академия», 2002. – 480 с.
9. Радченко А. М. Зменшення антропогенного навантаження газових котельних підприємств автоклавного виробництва будівельних матеріалів / А. М. Радченко, О. В. Макарова // Збірник наукових праць НУК. – Миколаїв : НУК, 2012. – № 5-6 (445). – С. 87–92.

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

© Радченко А. М., Макарова О. В., 2014

Дата надходження статті до редколегії 22.05.2014 р

РАДЧЕНКО А. М. – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, НДІ проблем екології та енергозбереження, м. Миколаїв.

Коло наукових інтересів: техногенна безпека, енергозбереження.

МАКАРОВА О. В. – викладач кафедри біології та екологічної безпеки Чорноморського державного університету ім. Петра Могили, м. Миколаїв.

Коло наукових інтересів: техногенна безпека, енергозбереження.