

СКОРОЧЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ ГАЗОВИМИ КОТЕЛЬНИМИ ПІДПРИЄМСТВ АВТОКЛАВНОГО ВИРОБНИЦТВА БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

У статті обговорено застосування нових методів скорочення шкідливих викидів газових котельних автоклавного виробництва будівельних матеріалів. Мета досліджень – обґрунтувати використання методу скорочення споживання води, у тому числі шкідливих викидів, котельними шляхом комплексної утилізації теплоти і відпрацьованих газів. Проаналізовано антропогенний вплив газових котельних автоклавного виробництва будівельних матеріалів на людину і навколишнє природне середовище, а також розглянуто актуальність вирішення цього питання у зв'язку з проблемою дефіциту води. У результаті дослідження встановлено, що запропоновані методи комплексної утилізації теплоти відпрацьованого пару і відхідних газів забезпечують істотне скорочення не тільки викидів газових котельних з урахуванням теплової інерційності системи і втрат теплоти на нагрів автоклава, вагонеток і навколишнього середовища, а й витрат води. Використання відпрацьованого пару як теплоносія запропонованими методами дозволяє скоротити витрати пару під час теплової обробки будівельних матеріалів. Завдяки повторному використанню пару забезпечується також економія водних ресурсів на його виробництво.

У цілому розглянуті методи суттєво підвищують енергетичну ефективність та екологічну безпеку автоклавного виробництва будівельних матеріалів. Результати досліджень можуть бути застосовані для розробки енерго- та ресурсозберігальних технологій для підприємств промисловості будівельних матеріалів.

Ключові слова: антропогенне навантаження; газові котельні; автоклавне виробництво будівельних матеріалів; водні ресурси; методи зменшення.

Постановка проблеми. Підприємства виробництва будівельних матеріалів належать до найбільш енергоємних, оскільки відзначаються не тільки значними витратами теплоти і, як наслідок, нераціональними витратами палива, але й суттєвими обсягами споживання **водних ресурсів**. Так, в автоклавному виробництві близько 45 % теплоти при випуску відпрацьованої пари в атмосферу втрачається, призводячи до збільшення, крім самих витрат палива (природного газу, мазуту) на виробництво цієї пари в котельних, кількості шкідливих викидів в атмосферу. Крім того, мають місце значні витрати водних ресурсів на виробництво технологічної пари. Витрати водних ресурсів підприємствами автоклавного виробництва будівельних матеріалів **котельні** займають значне місце [9].

Окрім того, через нераціональні витрати паливних ресурсів і значні обсяги шкідливих викидів речовин котельними збільшується антропогенне навантаження на довкілля. У свою чергу, суттєві обсяги споживання

води котельними тільки загострюють актуальну проблему сьогодення – дефіцит води [1; 2; 6].

Отже, проблема скорочення споживання водних ресурсів котельними, зокрема підприємствами автоклавного виробництва будівельних матеріалів, шляхом її раціонального використання вельми актуальна. Впровадження ресурсозберігальних технологій сприятиме передусім зменшенню екологічного навантаження на довкілля завдяки скороченню споживання водних ресурсів для виробництва технологічної пари.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вода як природний ресурс відіграє значну роль у технологічних процесах автоклавного виробництва будівельних матеріалів.

Вода, яка потрапляє в котельні з водопроводу, артезіанських свердловин або водойм, втрачається на заповнення втрат мережної води, конденсату, пари та власні потреби котельної установки, включаючи технічне водопостачання [9].

Витрати та втрати води в котельних для виробництва технологічної пари є доволі суттєвими.

У водогрійних котельних установках вода витрачається на обмивання поверхонь нагріву, деаерацію, розігрів мазуту, витік через нещільності, а також у системах тепlopостачання. За відкритої системи тепlopостачання до втрат додається витрата води на гаряче водопостачання споживачів.

У парових котельних установках втрати води відбуваються за рахунок витрат частини пари на власні потреби (підігрів і розпилювання мазуту, продувку котлоагрегатів, очистку його поверхонь нагріву, витоку через нещільності) та інших витрат. Крім втрат пари, існує проблема втрати конденсату. Постачаючи споживачам пару, частина конденсату втрачається через забруднення внаслідок недосконалості теплообмінних апаратів, а іноді через технологічний процес без повернення конденсату. Витрати води відшкодовують у спеціальних пристроях, комплекс яких називають водопідготовчою установкою [9].

До того ж існує необхідність попередньої очистки води перед використанням у котельних, що потребує значних матеріальних ресурсів.

Надійна і економічна робота котельної установки значною мірою залежить від якості живильної води, яка використовується для живлення котлів.

Джерелами водопостачання для живлення котлів можуть служити ставки, річки, озера (поверхневий водозабір), а також ґрунтові або артезіанські води, міський чи селищний водопровід. Природні води зазвичай містять домішки у вигляді розчинених солей, колоїдні і механічні домішки, тому непридатні для живлення парових котлів без попереднього очищення.

Якість води для живлення котельні характеризується прозорістю (вмістом зважених речовин), сухим залишком, жорсткістю, лужністю та окиснюваністю. Вода, підготовлена для живлення котельної установки, не повинна давати відкладення шламу та накипу, роз'їдати стінки котла і його допоміжні поверхні нагрівання тощо [9].

У живильній воді, що надходить у котел, незалежно від того, яким способом виконувалося її пом'якшення, завжди залишається якась частина залишків. У процесі отримання пари і відведення її з котла, а також потрапляння в котел нових порцій живильної води в котельній воді збільшується кількість солей, оскільки суха пара не розчиняє їх. Зі збільшенням вмісту солей у котельній воді вище норми почнеться випадіння їх в осад і утворення накипу на поверхні нагріву і шламу в товщі води. Після чого з'явиться піноутворення і посиляться винесення парою котельної води з розчиненими в ній солями, що призведе до забруднення паропроводу і пристроїв солями. Саме тому для надійної роботи котельної установки недостатньо тільки очищення живильної води, необхідно забезпечити також нормальний внутрішній котловий режим, який полягає в підтримці складу котельної води в межах

встановлених норм. Для отримання пари потрібної якості котельна вода обробляється спеціальними реагентами, які змушують солі випадати в котлі у вигляді шламу, які легко видаляються продувкою [9].

Проблема екологічної безпеки котельних загострюється ще тим, що через недосконале природоохоронне обладнання високий ступінь очистки у більшості випадків є практично недосяжним. Цілком очевидно, що найбільш ефективним шляхом зменшення негативних наслідків є усунення причин, що до них призводять. Зважаючи на це, 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 з раціональним використанням теплоти (паливних ресурсів) у технологічних процесах, а отже, і води для виробництва пари [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 навколишнє середовище лише шляхом встановлення ефективних пилогазоочисних установок не може усунути повністю **проблему** забруднення атмосфери. Вона повинна вирішуватись у комплексі шляхом пошуку енергоресурсозберігальних 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 скорочення споживання котельними підприємств автоклавного виробництва будівельних матеріалів води шляхом комплексної утилізації теплоти відпрацьованої пари та відхідних газів.

Викладення основного матеріалу.

Пара, що виробляється котельною, потрапляє до споживача, зокрема до теплових агрегатів періодичної дії (автоклави). Автоклавна обробка цегли відзначається значними енергетичними втратами. Понад 45 % теплоти, витраченої в циклі термообробки, акумулюється в автоклаві: більша частка – цеглою, а решта – парою у вільному об'ємі автоклаву та самим автоклавом і вагонетками [4]. Відпускаючи відпрацьовану пару з автоклаву в атмосферу, її теплота втрачається.

Зміну кількості води з урахуванням кількості пари та її втрат теплоти на нагрів автоклаву та вагонеток, втрат теплоти у доквілля через корпус автоклаву і теплової інерційності наведено на рис. 1. Тривалість теплової витримки при тиску 0,8 МПа становить 6 годин [1].

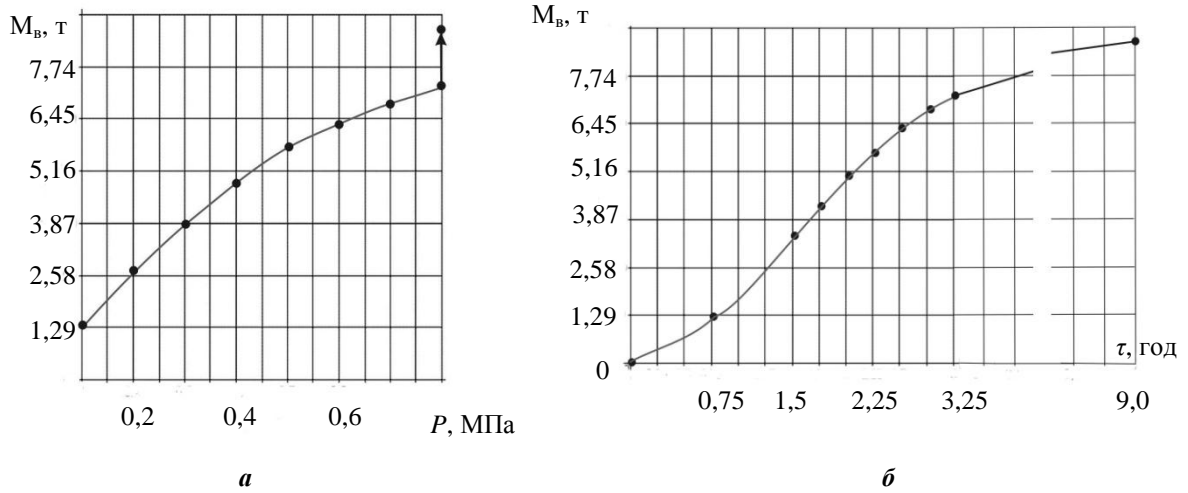


Рис. 1. Загальна кількість води $M_{в}$, що витрачається на нагрів сирцю від початку запарювання залежно від тиску P в автоклаві (а) та часу τ (б) з урахуванням кількості пари та зміни теплової інерційності системи та втрат теплоти на нагрів автоклаву, вагонеток і в доквіллія

Спалювання в котельній палива (зокрема газу) для виробництва цієї кількості пари призводить до збільшення екологічного навантаження на доквіллія. Динаміку кількості викидів CO , NO_2 з урахуванням

теплової інерційності системи та втрат теплоти на нагрів автоклаву, вагонеток і в доквіллія наведено на рис. 2-3.

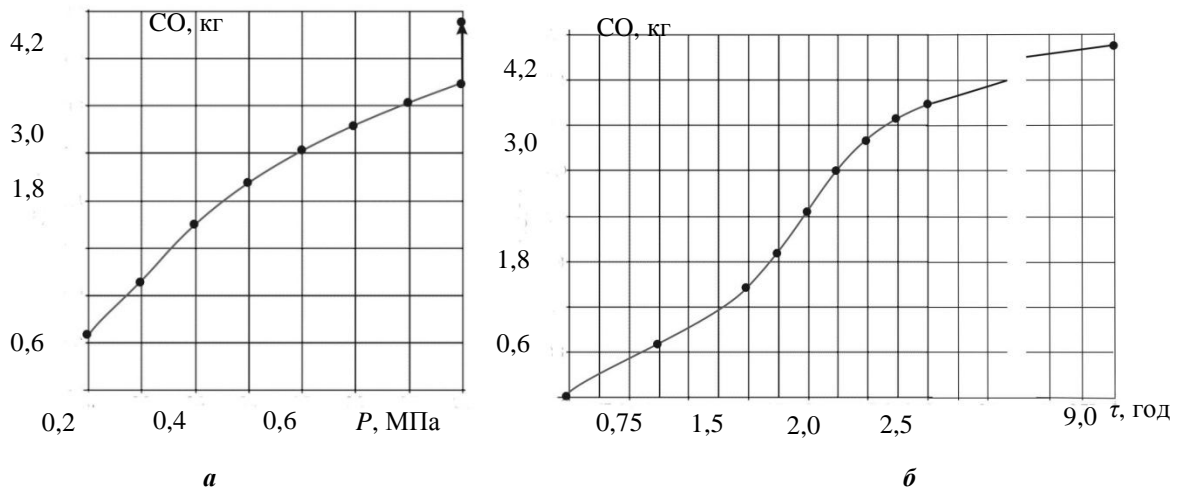


Рис. 2. Загальна кількість викидів CO від початку запарювання залежно від тиску P в автоклаві (а) та часу τ (б) з урахуванням теплової інерційності системи та втрат теплоти на нагрів автоклаву, вагонеток і в доквіллія

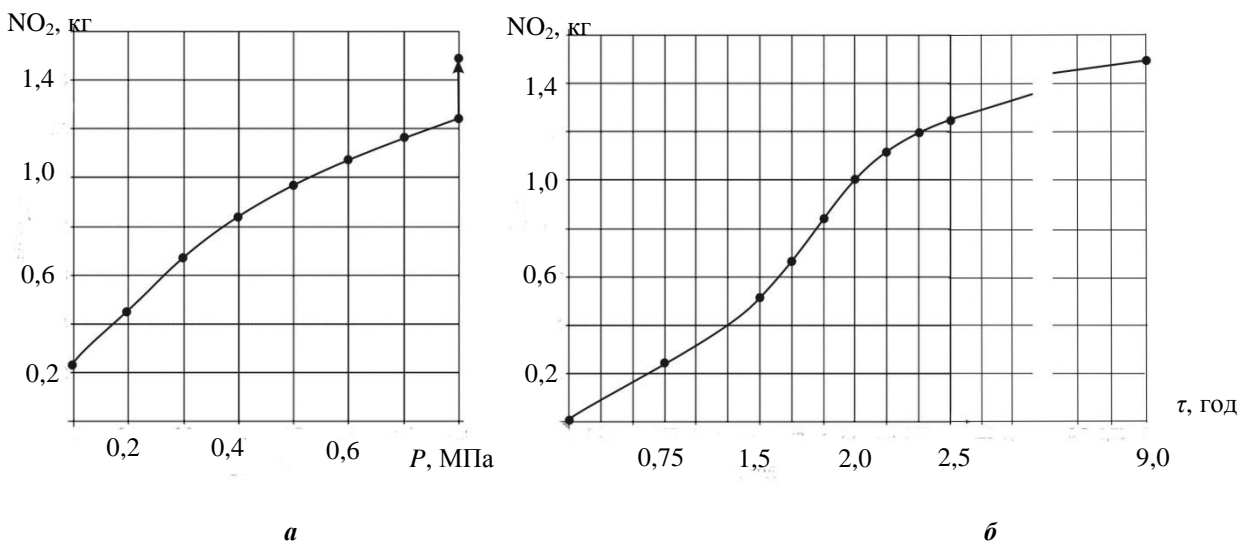


Рис. 3. Загальна кількість викидів NO_2 від початку запарювання залежно від тиску P в автоклаві (а) та часу τ (б) з урахуванням теплової інерційності системи та втрат теплоти на нагрів автоклаву, вагонеток і в доквіллія

Як видно на рис. 2-3, з підвищенням тиску загальна кількість викидів CO, NO₂ збільшується. Така закономірність пояснюється тим, що витрати пари на нагрів сирцю зростають з підвищенням тиску в процесі запарювання сирцю. У результаті зростає кількість палива для виробництва пари, а разом із цим зростає кількість викидів шкідливих речовин під час його спалювання.

Для вирішення проблеми скорочення токсичних атмосферних викидів від котельних у процесі автоклавного виробництва цегли розроблено методи раціонального використання пари, а відтак і паливних ресурсів.

Зміна загальної кількості води M_в, 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 доквілля наведена на рис. 4.

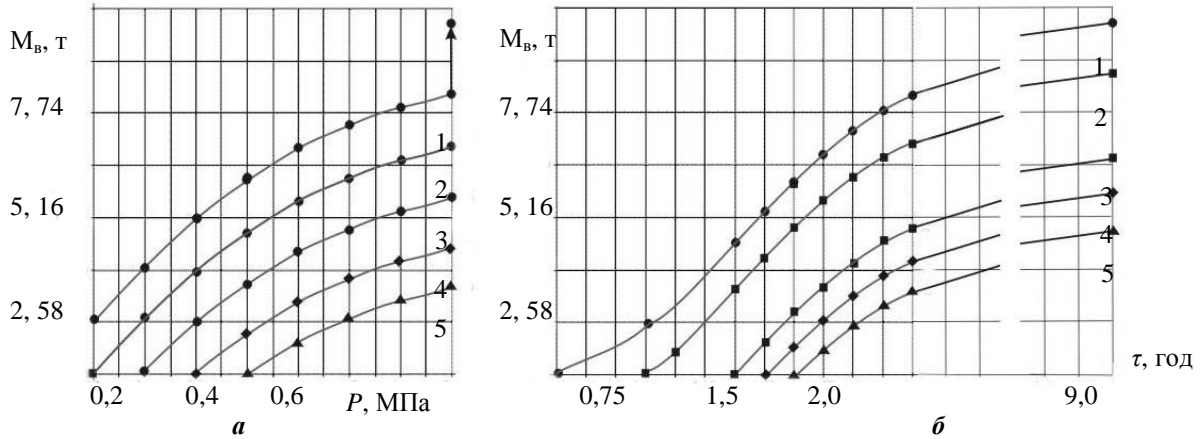


Рис. 4. Загальна кількість води M_в, що витрачається на нагрів сирцю від початку запарювання та при перепуску пари з урахуванням теплової інерційності системи та втрат теплоти на нагрів автоклаву, вагонеток і в доквілля залежно від тиску P в автоклаві (а) та часу τ (б): 1 – з урахуванням теплової інерційності 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

Як видно на рис. 4, кількість пари на нагрів сирцю за рахунок її перепуску теж значно скорочується: 1 – підвищення тиску до 0,1 МПа (рис. 5, а-2) в автоклаві-приймальнику шляхом перепуску до нього відхідних газів дозволяє заощадити 1,060 т пари (15,83 % загальних витрат пари за цикл); 2 – підвищення тиску до 0,2 МПа (рис. 5, а-3) в автоклаві-приймальнику шляхом перепуску до нього відпрацьованої пари з автоклава-джерела за рахунок тиску в автоклаві-джерелі дозволяє заощадити 2,017 т пари (30,12 % загальних витрат пари за цикл); 3 – підвищення тиску до 0,3 МПа (рис. 5, а-4) в автоклаві-приймальнику шляхом перепуску до нього відпрацьованої пари з автоклава-джерела за рахунок тиску в автоклаві-джерелі дозволяє заощадити приблизно 2,968 т пари

(44,32 % загальних витрат пари за цикл). Повнота такого перепуску обмежена протитиском у автоклаві-приймальнику та падінням тиску в перепускному паропроводі; 3 – підвищення тиску до 0,4 МПа (рис. 5, а-5) в автоклаві-приймальнику шляхом ежекторного перепуску до нього відпрацьованої пари з автоклава-джерела за рахунок тиску в автоклаві-джерелі дозволяє заощадити приблизно 3,775 т пари (56,37 % загальних витрат пари за цикл).

Динаміка кількості викидів CO, NO₂, від початку запарювання та при перепуску пари з урахуванням теплової інерційності системи та втрат теплоти на нагрів автоклаву, вагонеток і в доквілля наведена на рис. 5 і 6.

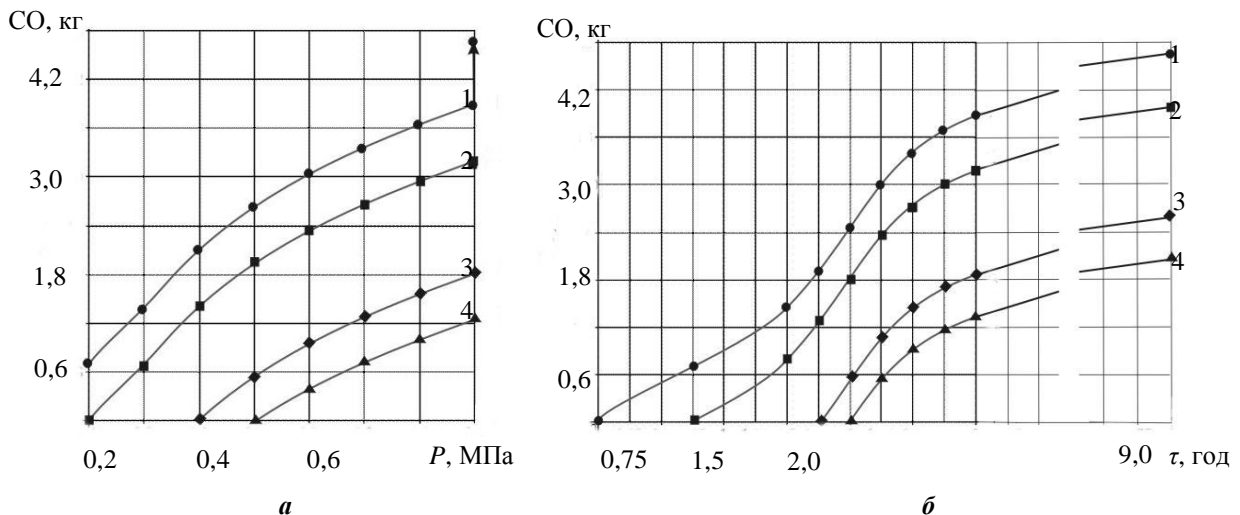


Рис. 5. Загальна кількість викидів CO від початку запарювання та при перепуску пари з урахуванням теплової інерційності системи та втрат теплоти на нагрів автоклаву, вагонеток

і в довкілля 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 довкілля; 2 – прогрів відхідними газами до 0,1 МПа; 3 – перепуск пари до 0,3 МПа; 4 – ежекторний перепуск пари до 0,4 МПа

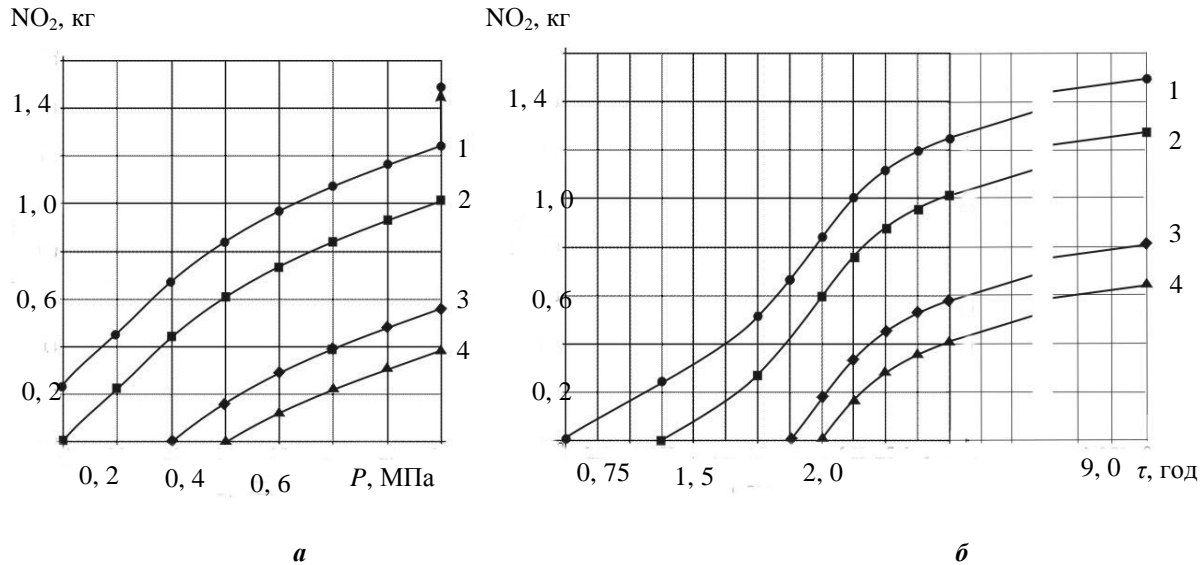


Рис. 6. Загальна кількість викидів NO_2 від початку запарювання та перепуску пари з урахуванням теплової інерційності системи та втрат теплоти на нагрів автоклаву, вагонеток і в довкілля залежно від тиску P в автоклаві (*а*) та часу τ (*б*): 1 – з урахуванням теплової інерційності системи та втрат теплоти на нагрів автоклаву, вагонеток і в довкілля; 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. 5 і 6 видно, що динаміка кількості викидів CO , NO_2 від початку запарювання та при перепуску пари з урахуванням теплової інерційності системи та втрат теплоти на нагрів автоклаву, вагонеток і в довкілля суттєво різна. Кількість викидів CO , NO_2 за розглянутих перепусках значно скорочується порівняно з динамікою кількості викидів від початку запарювання. Таким чином, перепуск пари забезпечує скорочення витрат палива в котельнях, що працюють на природному газі, і відповідне зменшення токсичних викидів. Завдяки повторному використанню пари заощаджуються також водні ресурси

Висновки. Розглянуті в статті шляхи комплексної утилізації теплоти відпрацьованої пари та відхідних газів забезпечують зменшення антропогенного навантаження на довкілля газових котельних підприємств автоклавного виробництва будівельних матеріалів. Повторне використання відпрацьованої пари як теплоносія вищерозглянутими способами забезпечує скорочення витрат пари на теплову обробку будівельного матеріалу в автоклавах, а саме:

– прогрів сирцю відхідними газами до тиску в автоклаві-приймальнику 0,1 МПа забезпечує скорочення

витрат пари на термообробку будівельного матеріалу в автоклавах на 40 %;

– перепуск пари до тиску в автоклаві-приймальнику 0,3 МПа забезпечує скорочення витрат пари на термообробку будівельного матеріалу в автоклавах на 23 %;

– ежекторний перепуск пари до тиску тиску в автоклаві-приймальнику 0,4 МПа забезпечує скорочення витрат пари на термообробку будівельного матеріалу у автоклавах на 30 %;

Повторне використання відпрацьованої пари як теплоносія вищерозглянутими способами також забезпечує скорочення шкідливих викидів газової котельні, а саме викидів CO , NO_2 на величину, пропорційну кількості рекуперованої пари, а також витрат водних ресурсів на її виробництво. Розглянуті методи зниження антропогенного навантаження котельні на довкілля, що працює на природному газі, забезпечують скорочення шкідливих викидів у цілому на 50 % завдяки відповідному зменшенню споживання пари в процесах автоклавного виробництва будівельних матеріалів. При цьому суттєво підвищується енергетична ефективність та екологічна безпека 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 // Экология та виробництво. – 2002. – Вересень. – С. 16–18.
3. Вахнин М. П. Производство силикатного кирпича / М. П. Вахнин. – 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. – 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. Требования к качеству питательной воды для питания паровых и водогрейных котлов. Характеристика природных вод [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.sergey-osetrov.narod.ru/Projects/Boiler/WATER_FOR_BOILER.htm.

Н. И. Радченко,

Национальный университет кораблестроения, г. Николаев, Украина

Е. В. Макарова,

Черноморский государственный университет им. Петра Могилы, г. Николаев, Украина

СОКРАЩЕНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ГАЗОВЫМИ КОТЕЛЬНЫМИ ПРЕДПРИЯТИЙ АВТОКЛАВНОГО ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Обсуждается применение новых методов сокращения вредных выбросов газовых котельных автоклавного производства строительных материалов. Цель исследований – обосновать использование метода сокращения потребления воды, в том числе вредных выбросов, котельными путем комплексной утилизации теплоты и отработанных газов.

Проанализировано антропогенное влияние газовых котельных автоклавного производства строительных материалов на человека и окружающую природную среду, а также рассмотрена актуальность решения данного вопроса в связи с проблемой дефицита воды.

В результате исследования установлено, что предложенные методы комплексной утилизации теплоты отработанного пара и отходящих газов обеспечивают существенное сокращение не только выбросов газовых котельных с учетом тепловой инерционности системы и потерь теплоты на нагрев автоклава, вагонеток и окружающей среды, но и расходов воды. Использование отработанного пара в качестве теплоносителя предложенными методами позволяет сократить расходы пара во время тепловой обработки строительных материалов. Благодаря повторному использованию пара обеспечивается также экономия водных ресурсов на его производство.

В целом рассмотренные методы существенно повышают энергетическую эффективность и экологическую безопасность автоклавного производства строительных материалов. Результаты исследований могут быть применены для разработки энерго- и ресурсосберегающих технологий для предприятий промышленности строительных материалов.

Ключевые слова: антропогенное влияние; газовые котельные; предприятия автоклавного производства строительных материалов; водные ресурсы; методы сокращения.

N. I. Radchenko,

National University of Shipbuilding, Mykolaiv, Ukraine

O. V. Makarova,

Petro Mohyla Black Sea State University, Mykolaiv, Ukraine

REDUCE THE USE OF GAS BOILER WATER COMPANIES AUTOCLAVE PRODUCTION OF BUILDING MATERIALS

The application of new techniques to reduce emissions of gas boiler autoclave production of building materials. The purpose of research – to justify the use of a method of reducing water consumption, including emissions, boiler through an integrated heat recovery and exhaust gases.

Analyzed the impact of anthropogenic gas boiler autoclave production of building materials on humans and the environment, as well as consider the urgency of solving the issue in connection with the problem of water scarcity.

The study found that the methods proposed integrated waste heat recovery steam and exhaust gases provide a significant reduction not only of emissions of gas boilers with the thermal inertia of the system and the loss of heat to the heating of the autoclave, trolleys and the environment, but also the cost of water. The use of exhaust steam as a coolant proposed methods can reduce steam consumption during heat treatment of construction materials. By reusing the pair also provided savings of water resources in its production.

Overall reviewed methods increase energy efficiency and environmental safety of autoclave production of building materials. The research results can be applied to the development of energy-saving technologies for the construction materials industry enterprises.

Keywords: ecological influence; gas boiler rooms; the autoclaving production of building materials enterprises; wate resources; methods of the reduction.

Рецензенти: **Щербак Ю. Г.**, к. т. н., доцент;

Сербін С. І., д. т. н., професор.