

УДК 622.411.3

DOI: <https://doi.org/10.31731/2524.2636.2023.7.1.107.118>

Сергій ПОЗДЄЄВ¹, доктор технічних наук, професор (ORCID: 0000-0002-9085-0513),

Олег КУЛІЦА¹, кандидат технічних наук, доцент (ORCID: 0000-0003-2589-6520),

Сергій ТРОШКІН¹ (ORCID: 0000-0002-3795-2000),

Павло ПАНЧЕНКО² (ORCID: 0009-0008-4275-6072),

Максим САГДІЄВ³ (ORCID: 0009-0002-3652-4757),

¹*Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля*

Національного університету цивільного захисту України,

²*Товариство з обмеженою відповідальністю*

«ІНВЕСТИЦІЙНА ФІРМА ІНТЕРСПЕЦБУД»,

³*Товариство з обмеженою відповідальністю «АГРУС СЕРВІС»*

ПРОГНОЗУВАННЯ ВИНИКНЕННЯ АВАРІЙНОЇ СИТУАЦІЇ В МОБІЛЬНІЙ КОТЕЛЬНІ

Сучасний світ, де все прогресує. З'являються нові матеріали, нова техніка, але це не зменшує шанси на надзвичайні ситуації, а можливе лише збільшення витривалості чи покращення властивостей. Державна служба України з надзвичайних ситуацій реагує на будь-який виклик, оскільки вона ліквідує надзвичайні ситуації та всі їх наслідки. Саме тому ми проводимо безліч досліджень для того, аби зрозуміти поведінку та дізнатись критичні показники того чи іншого матеріалу або техніки під час НС чи аномально високих температур. Оскільки ми маємо розуміти та знати, як краще ліквідувати такі випадки.

Мета даної роботи полягає у розкритті закономірностей виникнення передумов настання надзвичайної ситуації у мобільних котельнях залежно від їхніх конструктивних особливостей як наукового підґрунтя розрахункової оцінки небезпеки роботи даних котелень.

Проведено аналіз небезпек, які можуть виникнути при роботі мобільних котелень із твердопаливними тепловими установками. Недостатнє або неправильне обслуговування та чищення котла, яке може призвести до утворення нагару та забруднення поверхні теплообмінників. Несправність вентиляційних систем, що призводить до погіршення подачі повітря до котла та збільшення рівня викидів. Недостатня кількість палива, яка може призвести до перегріву котла та розколу його стінок. Обґрунтована математична модель, що описує теплові процеси у камерах згорання мобільних котелень із твердопаливними тепловими установками. Досліджені закономірності виникнення передумов настання надзвичайних ситуацій в процесі роботи даних мобільних котелень.

Ключові слова: *мобільна котельня, математичне моделювання, аварійне гасіння, вуглекислий газ, тепловий вплив вогню.*

Постановка проблеми. Енергетична інфраструктура України є головною ціллю російського агресора, який не припиняє обстрілів. Державна влада робить все для того, щоб зміцнити теплоенергетичний комплекс міст на випадок надзвичайних ситуацій. Тому обласні міста України потребують мобільні котельні для автономності. Такі котельні, у випадку відсутності теплопостачання, можна оперативно розмістити в закладах соціальної сфери – лікарнях, школах, дитсадках. На сьогодні вузлами приєднання альтернативних теплоджерел оснащено вже більше 80 закладів країни. Мобільну котельню можна доставити на причепі та підключити за кілька годин,

під'єднавши до центрального тепlopункту закладу. Така модульна котельня здатна безперервно постачати тепло протягом тижня у разі тривалої відсутності централізованого тепlopостачання. Пересувні котельні можна експлуатувати навіть при температурі мінус 30 градусів. Їхня дозаправка здійснюється автоматично. В залежності від комплектації котельні встановлюється відповідна система автоматичного регулювання температури та тиску, враховуються граничні параметри, під час можливої аварійної ситуації, та спрацювання автоматичної системи гасіння котла. В результаті проведеного аналізу було визначено, що найбільш небезпечним сценарієм аварійної ситуації є перегрів камери згорання котла та розкол його стінок. Це може спричинити викиди небезпечних речовин у повітря та загрожувати життю та здоров'ю людей. Все це робить тематику дослідження актуальною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З огляду на конструктивну унікальність, масивність та вартість, вогневі випробування котелень із відтворенням всіх впливів є неефективними, оскільки вони передбачають виготовлення по два зразки конструкцій із дотриманням всіх технологій. Це означає, що розрахункова оцінка даної структури є єдиним ефективним підходом щодо вирішення поставленої задачі.

Як було відзначено у роботі [1, 2], сучасне програмне забезпечення, зокрема моделювання теплових процесів засобами обчислювальної газогідродинаміки (CFD), дозволяє врахувати всі необхідні параметри досліджуваних процесів та дослідити вплив геометричних та конструктивних характеристик котелень для випробувань закономірностей виникнення передумов настання надзвичайної ситуації.

Використовуючи математичний апарат та модель, описані в [3, 4], опираючись на їх адекватність, доведена в [5], за допомогою комп'ютерного моделювання у даній статті було розглянуто ряд геометричних конфігурацій, та показано, як конструктивні особливості можуть впливати на теплові процеси у камерах згорання мобільних котелень із твердопаливними тепловими установками.

Формулювання цілей статті. Мета даної роботи полягає у розкритті закономірностей виникнення передумов настання надзвичайної ситуації у мобільних котельнях залежно від їхніх конструктивних особливостей як наукового підґрунтя розрахункової оцінки безпеки роботи даних котелень.

У зв'язку з цим поставленні задачі дослідження:

1. Провести аналіз безпеки, що можуть виникнути при роботі мобільних котелень із твердопаливними тепловими установками;
2. Обґрунтувати математичну модель що описує теплові процеси у камерах згорання мобільних котелень із твердопаливними тепловими установками;
3. Дослідити закономірності виникнення передумов настання надзвичайних ситуацій в процесі роботи даних мобільних котелень.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих результатів. Основною задачею стану пожежної безпеки досліджуваного питання, рішення якої залежить від показників теплоносія, є забезпечення зниження порогових значень при аварійному стані камери згорання мобільної котельні. Враховуючи досліджене слід забезпечити стан теплоносія в межах оптимальних значень роботи об'єкта.

В даному дослідженні нами проаналізовано випадок виникнення високої температури або великого тиску в розширювальних баках котла. Це зумовлюється високою відповідальністю даного об'єкту. Для визначення критичних показників була розроблена спеціальна методика оцінки стану внутрішнього простору котла об'єкту з врахуванням усіх конструктивних особливостей. Одна з яких полягає у розташуванні системи аварійного гасіння котла. Дана методика ґрунтується на стандартах, які поєднані з методичною та нормативною базами, а також все узгоджується із

результатами проведених досліджень вітчизняних та закордонних авторів, які були визнані науковою спільнотою і входять у основну базу літературних посилань та є фахівцями в даній галузі. В даній методиці передбачається спостереження за реальним температурним режимом при пожежі, але з врахуванням дії системи пожежогасіння.

Об'єктом, що розглядається у даній роботі, є мобільна твердопаливна котельня згідно із технічною документацією «Котельня ТМ-1000-М-00-ГТ/А, ТМ-500-М-00-ГТ/А мобільна твердопаливна комплектна» (далі – об'єкт). У числі аварійних ситуацій, настання яких імовірно на даному об'єкті, має бути розглянутий випадок виникнення високої температури або великого тиску в розширювальних баках котла. Такий стан зумовлюється високою відповідальністю даного об'єкту. Основною задачею стану пожежної безпеки об'єкту, рішення якої залежить від показників теплоносія, є забезпечення зниження порогових значень при аварійному стані. Для цього слід забезпечити стан теплоносія в межах оптимальних значень роботи об'єкта.

Для визначення критичних показників був застосований підхід оцінки стану внутрішнього простору камери згорання котла об'єкту із врахуванням конструктивної особливості, яка полягає у розташуванні системи аварійного гасіння котла.

З огляду на конструктивну унікальність, масивність та вартість, вогневі випробування котелень із відтворенням всіх впливів є неефективним, оскільки вони передбачають виготовлення по два зразки конструкцій із дотриманням всіх технологій. Це означає, що розрахункова оцінка даної структури є єдиним ефективним підходом щодо вирішення поставленої задачі.

Даний підхід базується на стандартах, гармонізованих із відповідною методичною та нормативною базою об'єднаної Європи, а також узгоджується із результатами досліджень вітчизняних та закордонних авторів, які апробовані, обговорені та визнані науковою спільнотою і входять у основну базу літературних посилань та цитування фахівцями даної галузі. У якості основного підходу передбачено спостереження реального температурного режиму пожежі з врахуванням дії системи гасіння, реального пожежного навантаження, геометричної конфігурації, технологічних отворів, внутрішніх елементів котла об'єкту. При цьому розглядається сценарій аварійної ситуації із виникненням максимального порогового значення. Розрахунок, виконаний за даною методикою покрокового аналізу дозволив отримати результати, що можуть бути використані як підґрунтя для встановлення відповідності безпечної експлуатації досліджуваних котлів.

Для визначення найбільш небезпечного випадку утворення та розвитку аварійної ситуації було проаналізовано різні причини, які можуть призвести до аварійного стану твердопаливного котла об'єкту, а саме:

- недостатнє або неправильне обслуговування та чищення котла, що може призвести до утворення нагару та забруднення поверхні теплообмінників;
- несправність у вентиляційній системі, яка призводить до погіршення подачі повітря до котла та збільшення рівня викидів;
- недостатня кількість палива, яка може призвести до перегріву котла та розколу його стінок;
- несправність у системі контролю тиску та температури, яка може призвести до перевищення допустимих значень та, внаслідок цього, до пошкодження котла;
- помилки у процесі завантаження палива, які можуть призвести до виникнення ускладненого горіння та підвищення рівня викидів.

В результаті аналізу було визначено, що найбільш небезпечним сценарієм аварійної ситуації є перегрів котла та розкол його стінок. Це може спричинити викиди небезпечних речовин у повітря та загрожувати життю та здоров'ю людей.

Генератор теплової енергії потужністю 1,0/0,5 МВт змонтований на базі повнорозмірного напівпричепа загального призначення, схема показана на рисунку 1. Ця котельня здатна повноцінно надавати теплову енергію до об'єктів загальною опалювальною площею до 10000 м² / 5000 м² при найнижчих температурах зовнішнього повітря або підтримувати комунальні системи тепlopостачання у не замерзаючому стані.

Для транспортування котельні потрібен лише сідельний тягач. Габарити і вага котельні дозволяють користуватись дорогами загального призначення без обмежень.

У якості палива використовується тверде паливо:

- біомаса (рослинні відходи сільськогосподарського виробництва, лісового господарства, відходи первинної обробки харчових продуктів);
- відходи деревообробки;
- відходи вторинної деревообробки і аналоги (клеєна ДСП або багатошарова фанера, вироби зі смолянистим покриттям різних типів і кількостей, які дозволено використовувати повторно);
- вугілля всіх марок;
- пелети Ø8...10 мм, L=30 мм.

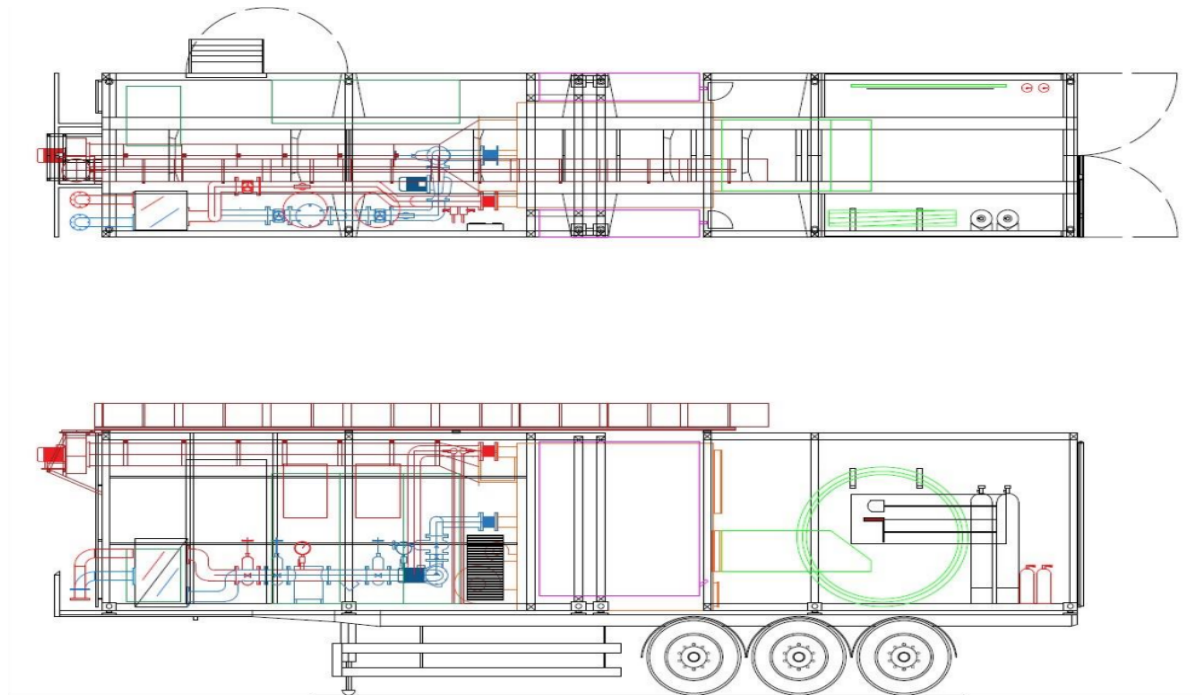


Рисунок 1. Схема котельні твердопаливної мобільної комплектної

Котельня є готовою до експлуатації, ввід в експлуатацію проводиться протягом двох годин з моменту прибуття на місце експлуатації. Вона забезпечена автономним джерелом електроживлення, комплектом врізки в мережі та комплектом інструментів і приладдя для ефективної експлуатації. Котельня оснащена всіма системами відповідно до державних стандартів та вимог і може бути оснащена системою віддаленої телеметрії через мобільні застосунки AppleStore та GooglePlay або мережу Internet. У комплекті з котельнею також передбачені інструментальна шафа, верстак ремонтний, гнучкий трубопровід довжиною 20 метрів, ємності із запасом палива, а також засоби обслуговування котла, такі як інструмент, компресор та портативна мийка

Котельня оснащена системою автоматичного завантаження палива, а також пеллетним пальником (опція). Забезпечена комплектом врізки в мережі та комплектом інструментів і приладдя для ефективної експлуатації, котельня оснащена всіма системами відповідно до державних стандартів та вимог.

Котельня оснащена котлом твердопаливним водогрійним, теплообмінник пластинчатий, зворотній трубопровід обладнаний фільтрами, засобами ХВО та підживлення, засувками, насосом внутрішнього контуру, приладами контролю і моніторингу та інше.

Котел оснащений також системою автоматичного регулювання температури та тиску, що дозволяє забезпечити ефективну роботу котла та оптимальні умови опалення приміщень. Крім того, в котельні передбачена система очищення димових газів, яка дозволяє зменшити викиди забруднюючих речовин в атмосферу. Для забезпечення безперебійної роботи котла, котельня оснащена додатковими запасними блоками живлення та іншими запасними частинами [6-8].

Усі елементи котельні забезпечують безперебійну та ефективну роботу котла, що дозволяє забезпечити оптимальні умови опалення та гарячого водопостачання для будівлі.

Основа котла (рисунок 2) є зварною конструкцією і включає в себе: зольник, збірну рушту, реторту і рукав для механічної подачі палива і дуттьового повітря. Збоку передбачені двері для огляду і чистки золи. Верхня частина основи, що не обмежена руштою і зольник теплоізолювані вогнетривкою цеглою. Колосники виконані з жаростійкого чавуну і мають отвори для обдуву. Корпус котла конструктивно представляє собою камеру згорання, обмежену металічним водотрубним пучком, викладену з внутрішньої сторони вогнетривкою цеглою, нижнього і верхнього пучка труб конвективної частини котла. В задніх стінках котла отвори для вторинного підпору.

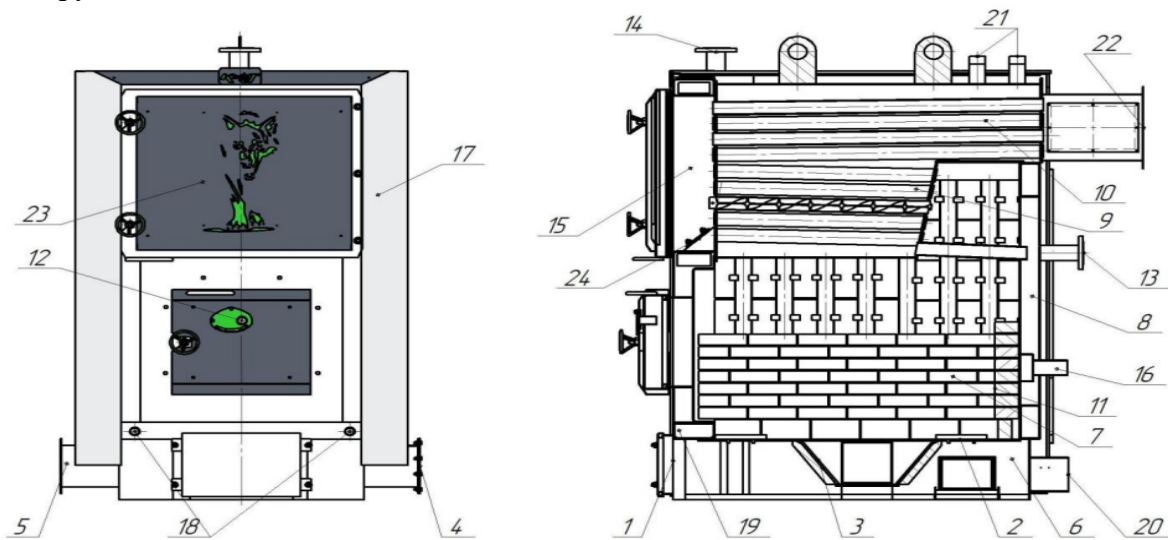


Рисунок 2 – Будова котла: 1) зольник; 2) колосникова решітка; 3) реторта; 4) фланець рукава подачі палива; 5) рукав подачі палива; 6) основа котла; 7) шамотна цегла; 8) вертикальний трубний пучок; 9) нижній трубний пучок; 10) верхній трубний пучок; 11) отвір для дуття; 12) оглядове віконце; 13) патрубок зворотної води; 14) патрубок подачі води; 15) поворотна камера (зона чистки котла); 16) патрубок вторинного повітря; 17) декоративна обшивка; 18) патрубок зливу (продувки); 19) основа котла, що охолоджується; 20) патрубок первинного повітря; 21) патрубок під запобіжні клапани 22) димозбірник; 23) верхні двері; 24) лючок для внутрішнього огляду стану теплообмінника

Нижня частина камери згорання обмежена основою котла з вмонтованими в неї патрубками діаметром 40 мм для продувки. Для огляду і чистки камери згорання і трубних пучків спереду котла передбачені теплоізовані двері. Для чистки золи передбачений люк зольника. В нижніх дверях для спостереження і контролю над процесом горіння знаходиться оглядове вікно. Перехідник димових газів складається з внутрішнього і зовнішнього кожухів з теплоізоляцією. Перехідник з'єднує нижній і верхній трубні пучки і забезпечує перехід димових газів з одного в інший. За вентилятором розташований розподільник дуттьового повітря. Його призначення - розподіл і регулювання дуттьового повітря у вторинну зону камери згорання. Корпус котла теплоізований і закритий декоративною обшивкою. Пристрій подачі палива – це ємкість циліндричної форми, на днищі якої розташований ворухитель, що приводиться в рух шнековим транспортером з приводом від двигуна-редуктора. В нижній частині ємкості розташовані двері з оглядовим вікном. Бункер обладнаний ручною і автоматичною системою контролю загорання палива. В конструкції бункера передбачені датчики контролю рівня палива, які дозволяють проводити його автоматичне завантаження за допомогою спеціального пристрою.

В комплектацію котельні входить засоби аварійного гасіння котла, що забезпечують безпеку праці і захист від можливих аварій (рисунок 3).

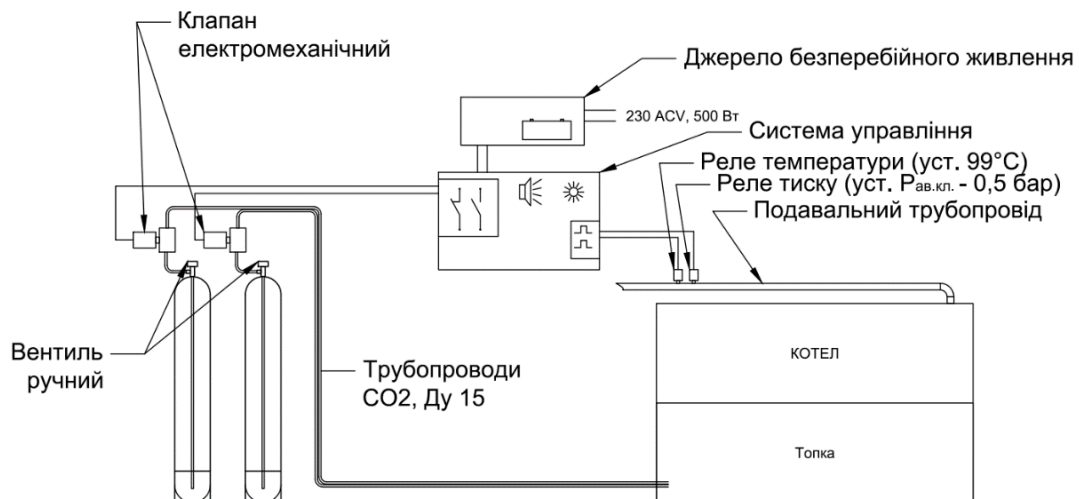


Рисунок 3 – Система гасіння пожежі в котельні

Основний принцип роботи системи гасіння пожежі котла вуглекислим газом полягає у тому, що в разі виникнення аварійної ситуації, система автоматично спрацьовує завдяки реле, встановлених через подавальний трубопровід розширювального бака, випускає у внутрішній простір топки вуглекислий газ, який зменшує концентрацію кисню у повітрі та сповільнює піроліз. Система гасіння вуглекислим газом має декілька переваг порівняно з іншими системами гасіння пожеж, зокрема водяно-пінними та порошковими системами. Переваги такої системи полягають у тому, що вуглекислий газ не залишає слідів та не завдає шкоди обладнанню та електроніці, як це може статися у разі використання водяно-пінних та порошкових систем. Система гасіння комплектується засобами додаткового живлення та управління. Вона дає змогу у разі відсутності джерела виконувати свої функції, а у разі спрацювання системи дає змогу подавати в осередок горіння не тільки автоматично, але і в ручному режимі.

В залежності від комплектації котельні встановлюється відповідна система автоматичного регулювання температури та тиску, враховуються граничні параметри,

під час можливої аварійної ситуації, та спрацювання автоматичної системи гасіння котла.

З метою контролю температурного режиму засобами комп'ютерного комплексу FDS було створено 11 місць її контролю (рисунок 4). У площині перерізу 1 місце контролю в геометричному центрі та ще 4 місця у геометричних центрах утворених чвертин.

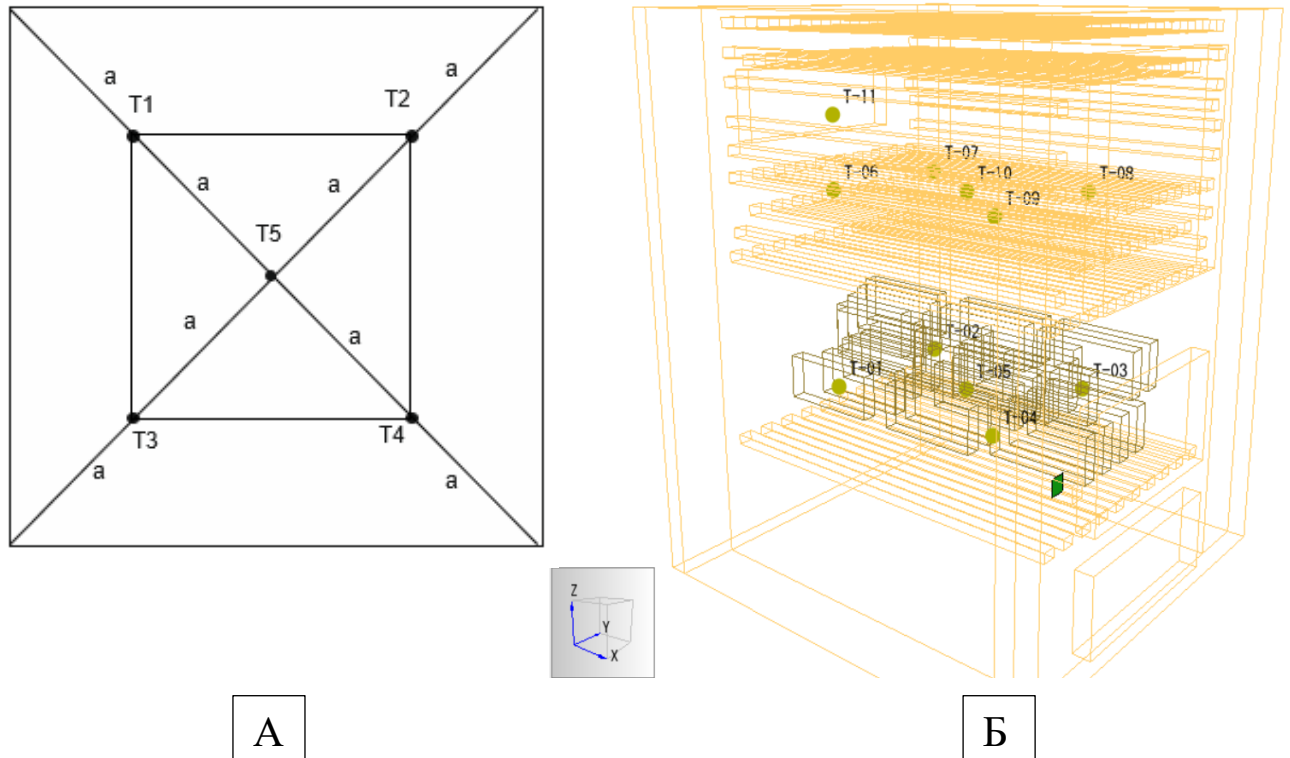


Рисунок 4 (А, Б) – А. Схема розташування місць контролю температури у геометричному перерізі котла: T1 – T5 – місця контролю температури, а – параметр геометричного розміру в залежності від перерізу котла. Б. Точки знімання температурних показників розташованих відповідно у внутрішньому просторі котла

Чисельне інтегрування рівнянь за просторовими координатами проводять із використанням прямокутної, адаптивної, локально подрібненої сітки. Такий підхід уможливує, з одного боку, використання простої рівномірної неадаптивної сітки під час виконання завдань із порівняно нескладною геометрією. З іншого боку, з'являється змога в процесі розв'язування задач зі складною геометрією проводити адаптацію підлаштування сітки до особливостей геометрії поблизу граничних умов, а в ході розв'язування задач із розривними течіями – адаптацію за значеннями аналізованих функцій, їхніх градієнтів та ін.

Для врахування особливості, яка полягає в наявності вентиляційних отворів, розмір розрахункової сітки підібрано таким чином, щоб поверхня комірки співпадала з поверхнею моделі отвору подачі CO₂. Вентиляційний трубопровід викиду продуктів горіння був спрощений пропорційно до сіткової моделі внутрішнього простору котла. Таким чином найточніше враховується як конвективний так і променевий теплообмін.

Результати розрахунку температури у внутрішньому просторі котла з врахуванням спрацювання системи гасіння. З метою контролю температурного режиму засобами комп'ютерного комплексу FDS було створено 11 місць її контролю, що відповідали схемі розміщення термопар (рис. 4).

На рисунку 5 показано візуалізацію горіння дерева в топці котла у момент початкового аварійного стану, розглядалися котельні модифікації ТМ-1000-М-00-ГТ/А та ТМ-500-М-00-ГТ/А, з огляду на це, беремо до уваги наступне:

- початковий час розрахунку 0,0 с;
- температура на початок розрахунку дорівнює максимальній температурі осередку горіння - 700°C;
- тиск в котлі під час початку аварійного стану дорівнює відповідно до модифікації від 0,3 до 0,5 bar;
- стан автоматичної системи гасіння котла – увімкнена.

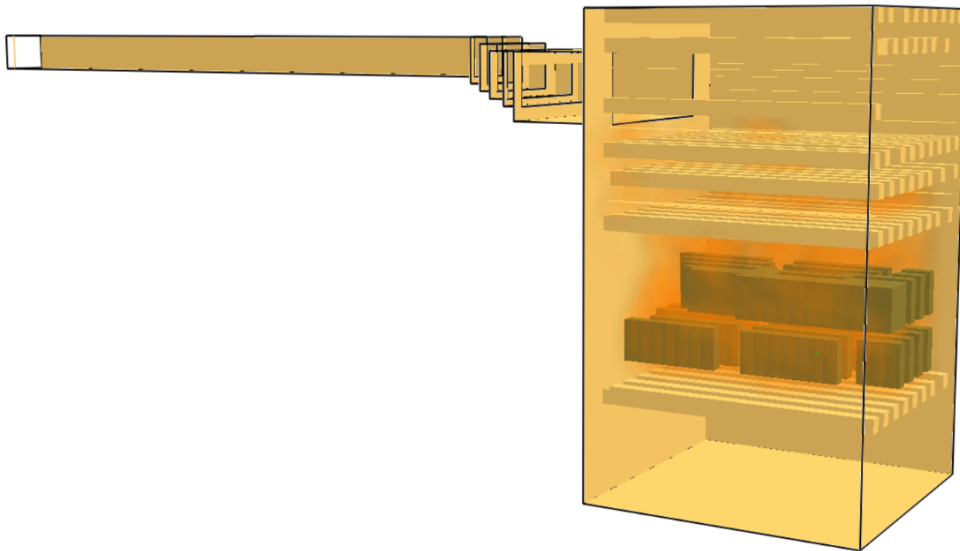
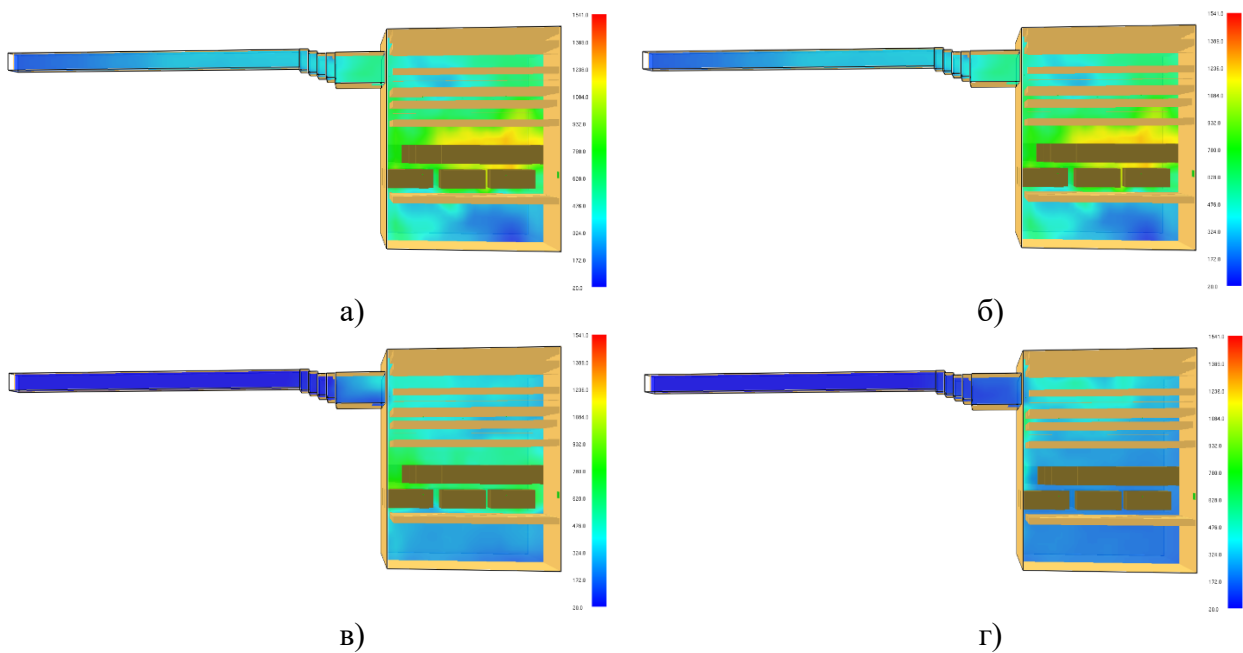


Рисунок 5 – Положення факелу полум'я горіння у момент початкового аварійного стану котла

У результаті розрахунку були отримані розподіли температур котельні ТМ-1000-М-00-ГТ/А на площині по перерізу XZ. Отримані результати наведені на рисунок 6.



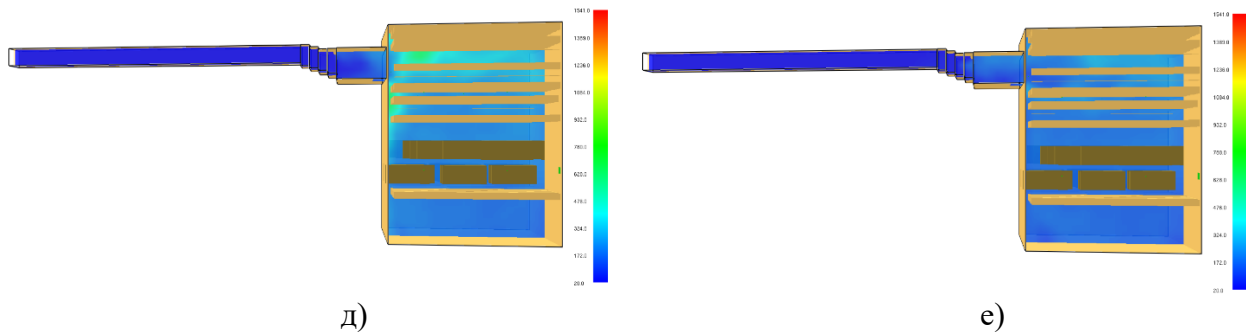


Рисунок 6 – Градієнт температур площини XZ у просторі моделі котельні: а – 1 хвилина, б – 5 хвилина, в – 10 хвилина, г – 15 хвилина, д – 20 хвилина, е – 25 хвилина

Після завершення проведеного дослідження було отримано дані температур по кожному місцю контролю для проведення дослідження температурного режиму горіння з урахувань умов роботи автоматичної системи гасіння котельні ТМ-1000-М-00-ГТ/А. Відповідно до температурних датчиків, що були встановлені рівномірно по всьому об'єму (рис. 5), були отримані графіки залежності температури у залежності від часу. Результати наведені на рисунку 7 – 8.

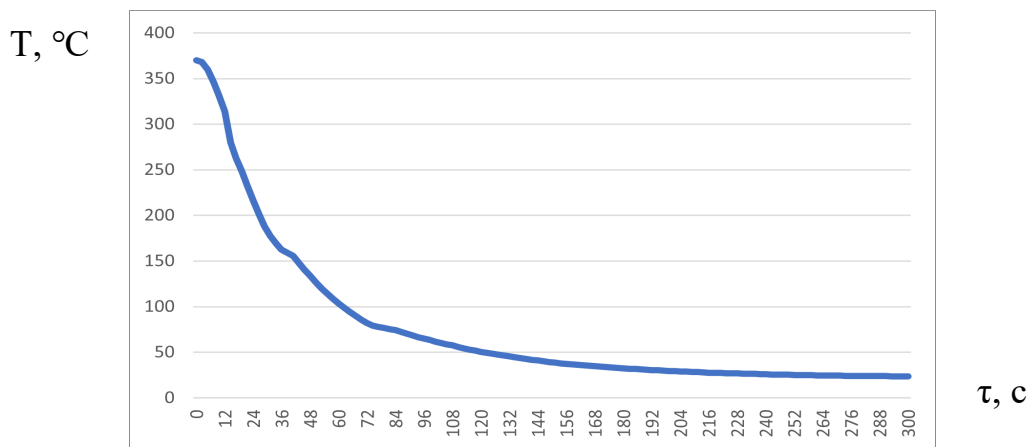


Рисунок 7 – Температурний режим горіння у внутрішньому просторі камери згорання котла ТМ-1000-М-00-ГТ/А

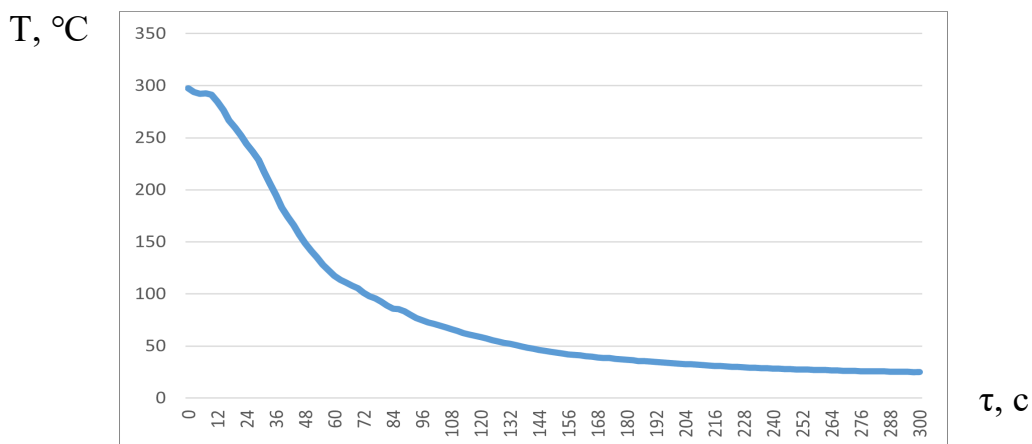


Рисунок 8 – Температурний режим горіння у внутрішньому просторі камери згорання котла ТМ-500-М-00-ГТ/А

Дані графіків демонструють, що після 130 секунди температура під час гасіння вуглекислотою знижується до безпечних значень від 50 до 21 °С, але піроліз деревини може продовжуватись і без доступу до кисню, тому необхідно забезпечити стабільну безпечну температуру протягом тривалого часу після гасіння вуглекислотою.

Висновки. Цінність результатів проведених досліджень полягає у розкритті закономірностей виникнення передумов настання аварійної ситуації у мобільних котельнях залежно від їхніх конструктивних особливостей як наукового підґрунтя розрахункової оцінки небезпеки роботи даних котелень. При цьому можна зробити такі висновки.

1. Проведено аналіз небезпеки, що можуть виникнути при роботі мобільних котелень із твердопаливними тепловими установками. В результаті аналізу було визначено, що найбільш небезпечним сценарієм аварійної ситуації є перегрів котла та розкол його стінок. Це може спричинити викиди небезпечних речовин у повітря та загрожувати життю та здоров'ю людей.

2. Обґрунтовано математичну модель, що описує теплові процеси у камерах згорання мобільних котелень із твердопаливними тепловими установками. Отже, результати моделювання показали, що автоматична система подачі вуглекислого газу є ефективним засобом для гасіння осередку горіння в разі аварійної ситуації перегріву котла та можливого розколу його стінок. Показники «температури» та «тиску» в розширювальному баку котла за пороговими значеннями свідчать про те, що система успішно зменшує температуру у внутрішньому просторі котла до безпечних значень протягом 130 секунд від початку спрацювання. Важливо зауважити, що модифікація котельні не впливає на температуру у внутрішньому просторі, під час гасіння вуглекислотою. Крім того, балони з вогнегасячою речовиною загалом повинні мати об'єм не менше 40 літрів, щоб забезпечити безпечні умови гасіння осередку горіння та пониження температури і тиску в розширювальному баку котла мобільної котельні. Отже, з огляду на отримані результати, можна стверджувати, що система гасіння вуглекислим газом є ефективним і безпечним засобом для управління аварійними ситуаціями в котельні ТМ-1000-М-00-ГТ/А, ТМ-500-М-00-ГТ/А.

3. Виявлені закономірності виникнення передумов настання аварійних ситуацій в процесі роботи даних мобільних котелень. Недостатнє або неправильне обслуговування та чищення котла, що може призвести до утворення нагару та забруднення поверхні теплообмінників. Несправність у вентиляційній системі, яка призводить до погіршення подачі повітря до котла та збільшення рівня викидів. Недостатня кількість палива, яка може призвести до перегріву котла та розколу його стінок. Несправність у системі контролю тиску та температури, яка може призвести до перевищення допустимих значень та, внаслідок цього, до пошкодження котла. Помилки у процесі завантаження палива, які можуть призвести до виникнення ускладненого горіння та підвищення рівня викидів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Fire Dynamics Simulator [Електронний ресурс] <https://pages.nist.gov/fds-smv/>
2. Аналіз існуючих математичних моделей тепломасообміну у камерах вогневих печей установок для випробувань на вогнестійкість залізобетонних стін / Нуязін О. М., Поздеев С. В., Сідней С. О. [та ін.] // Пожежна безпека: теорія і практика: зб. наук. праць. – Черкаси: АПБ, 2015. – № 18. – С. 91 – 100.
3. Вплив конструктивних особливостей вогневих печей на достовірність результатів випробувань стін на вогнестійкість / Сідней С. О., Нуязін О. М., Поздеев С. В. // Науковий вісник Українського науково-дослідного інституту пожежної безпеки: зб. наук. праць. – Київ: УкрНДІПЗ, 2015. – № 1 (31). – С. 4–12.

4. Mathematical modeling of the process of heat and mass transfer in chambers of fire furnaces of installations for fire resistance tests of load-bearing walls / Nuianzin OM, Pozdeev SV, Sidney SA // Fire safety: THEORY AND Practice: Coll. Sciences. Proceedings No. 20. - Cherkasy: ChIPB, 2015. – С. 92 – 98.

5. Pozdieiev S., Nuianzin O., Sidnei S., Shchipets S., "Computational study of bearing walls fire resistance tests efficiency using different combustion furnaces configurations", MATEC Web of Conferences, Vol.116, p.02027, (2017).

6. ДСТУ 5092:2008 «Пожежна безпека. Вогнегасні речовини. Діоксид вуглецю» (EN 25923:1993 (ISO 5923:1989));

7. ДБН В.2.5-77:2014 «Котельні»;

8. ДСТУ 2326-93 «Котли опалювальні водогрійні теплопродуктивністю до 100 кВт. Загальні технічні умови» (ГОСТ 20548-93).

REFERENCES

1. Fire Dynamics Simulator [Електронний ресурс] <https://pages.nist.gov/fds-smv/>

2. Analiz isnuuyuchykh matematychnykh modeley teplomasoobminu v kamerakh vohnyevykh pechey ustanovok dlya vyprobuvan' na vohnestiykist' zalizobetonnykh stin / Nuyanzin O.V. M., Pozdyeyev S. V., Sidney S. O. [ta in.] // Pozhezhna bezpeka : teoriya i praktyka : zb. nauk. prats'. – Cherkasy: APB, 2015. – № 18. – S. 91 – 100.

3. Vplyv konstruktyvnykh osoblyvostey vohnyevykh pechey na nadiynist' rezul'tativ vyprobuvan' stin na vohnestiykist' / Sidney S.V. O., Nuyanzin O. M., Pozdyeyev S.V. // Naukovyy visnyk Ukrayins'koho naukovo-doslidnoho instytutu pozhezhnoyi bezpeky : zb. nauk. prats'. – Kyiv: UkrNDITSZ, 2015. – № 1 (31). – S. 4–12.

4. Mathematical modeling of the process of heat and mass transfer in chambers of fire furnaces of installations for fire resistance tests of load-bearing walls / Nuianzin OM, Pozdeev SV, Sidney SA // Fire safety: THEORY AND Practice: Coll. Sciences. Proceedings No. 20. - Cherkasy: ChIPB, 2015. – С. 92 – 98.

5. Pozdieiev S., Nuianzin O., Sidnei S., Shchipets S., "Computational study of bearing walls fire resistance tests efficiency using different combustion furnaces configurations", MATEC Web of Conferences, Vol.116, p.02027, (2017).

6. DSTU 5092:2008 «Pozhezhna bezpeka. Vohnehasni rehovyny. Dioksyd vuhletsyu» (EN 25923:1993 (ISO 5923:1989));

7. DBN V.2.5-77:2014 «Kotel'ni»;

8. DSTU 2326-93 «Kotly opalyval'ni vodohriyni teploproduktyvnisty do 100 kVt. Zahal'ni tekhnichni umovy» (HOST 20548-93).

Serhii POZDIEIEV¹, doctor of technical sciences, professor (ORCID: 0000-0002-9085-0513),

Oleh KULITSA¹, candidate of technical sciences, associate professor

(ORCID: 0000-0003-2589-6520),

Serhii TROSHKIN¹ (ORCID: 0000-0002-3795-2000),

Pavlo PANCHENKO² (ORCID: 0009-0008-4275-6072),

Maxim SAGDIEV³ (ORCID: 0009-0002-3652-4757),

¹Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chornobyl Heroes
of National University of Civil Protection of Ukraine,

²Limited liability company «INVESTMENT FIRM INTERSPETSUD»,

³Limited liability company «AGRUS SERVICE»

FORECASTING THE EMERGENCY OF AN EMERGENCY IN A MOBILE BOILER ROOM

The modern world, where everything is progressing. New materials and new techniques appear, but this does not reduce the chances of emergency situations, but only

increases endurance or improves properties. The State Service for Emergency Situations of Ukraine responds to any challenge, as it eliminates emergency situations and all their consequences. That is why we conduct a lot of research in order to understand the behavior and find out the critical indicators of a particular material or technique during an emergency or abnormally high temperatures. Because we have to understand and know how to better eliminate such cases.

The purpose of this work is to reveal the regularities of the occurrence of the prerequisites for an emergency situation in mobile boiler houses depending on their design features as a scientific basis for the calculated assessment of the danger of the operation of these boiler houses.

An analysis of the dangers that may arise during the operation of mobile boiler rooms with solid fuel heating installations has been carried out. Insufficient or incorrect maintenance and cleaning of the boiler, which will lead to the formation of soot and contamination of the surface of the heat exchangers. Failure of ventilation systems, which leads to a deterioration of the air supply to the boiler and an increase in the level of emissions. Insufficient amount of fuel, which can lead to overheating of the boiler and splitting of its walls. A well-founded mathematical model describing thermal processes in the combustion chambers of mobile boiler houses with solid fuel heating installations. The regularities of the emergence of the prerequisites for the occurrence of emergency situations during the operation of these mobile boiler houses have been studied.

Key words: *mobile boiler house, mathematical modeling, emergency extinguishing, carbon dioxide, thermal effect of fire.*