

СУЧАСНИЙ СТАН ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ КРИТИЧНОГО ЗНАЧЕННЯ ПОВЕРХНЕВОЇ ГУСТИНИ ТЕПЛООВОГО ПОТОКУ

¹*Нижник В.В., ¹Борисова А.С.*

¹ *Институт державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту*

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ КРИТИЧЕСКОГО ЗНАЧЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ ПЛОТНОСТИ ТЕПЛООВОГО ПОТОКА

¹*Нижник В.В., ¹Борисова А.С.*

¹ *Институт государственного управления и научных исследований по гражданской защите*

CURRENT SITUATION ON DETERMINATION OF CRITICAL VALUE OF HEAT FLOW DENSITY

¹*Nizhnyk V.V., ¹Borysova A.S.*

¹ *Institute of Public Administration and Research in Civil Protection*

Анотація. Фізичний процес передавання енергії у вигляді певної кількості теплоти від тіла з вищою температурою до тіла з нижчою температурою до настання термодинамічної рівноваги процес неперервний та присутній у багатьох сферах діяльності людства. Визначення поверхневої густини теплового потоку дає можливість вимірювання та контролю теплових процесів майже будь-яких об'єктів з різних матеріалів, а також речовин з метою оцінки їх стану.

У статті на основі теоретичного огляду проведено аналіз сучасного стану щодо визначення критичного значення поверхневої густини теплового потоку залежно від умов навколишнього середовища. На основі статистичних даних та масивів карток обліку пожеж було зроблено висновок, що кожна четверта пожежа в Україні може поширитися на суміжні будівлі та споруди, технологічне обладнання та об'єкти природної екосистеми шляхом поширення теплової енергії з послідуочим займанням.

Авторами розглянуто поняття теплового потоку та поняття густини теплового потоку, а також визначено сутність поняття критичної поверхневої густини теплового потоку, як характеристики теплового потоку. Науковцями проведено детальний аналіз літературних джерел, нормативних документів та інших джерел інформації, що стосуються даної тематики. На основі проведених пошукових досліджень авторами проаналізовано та встановлено, що значення поверхневої густини теплового потоку істотно залежить від умов навколишнього середовища, а саме від введення тонкорозпиленої води у простір де відбувається тепловий процес та вітрового впливу. Авторами встановлено, що для оцінки значення критичної поверхневої густини теплового потоку доцільно за критеріальну базу використовувати ознаку полуменового горіння речовин і матеріалів. Однак на сьогоднішній день відсутня статистична база критичних значень поверхневої густини теплового потоку для різних речовин і матеріалів, зокрема тих, що можуть бути використані у оздобленні будинків та технологічних установок. В статті проаналізовано сучасні підходи до визначення параметрів теплового потоку, а також встановлено деякі відмінності в даних підходах, що дало можливість сформулювати мету та актуальність подальших досліджень, а також визначено основні завдання, які необхідно виконати для досягнення поставленої мети.

Ключові слова: критична поверхнева густина теплового потоку, тепловий потік, теплообмін, променевий теплообмін

Фізичний процес передавання енергії у вигляді певної кількості теплоти від тіла з вищою температурою до тіла з нижчою температурою до настання термодинамічної рівноваги, є процесом неперервним та присутнім у багатьох сферах діяльності людства. Дослідженнями теплових процесів, характеристикою яких є тепловий потік, займаються чимало вчених як вітчизняних так і зарубіжних. Визначення поверхневої густини теплового потоку дає можливість вимірювання та контролю теплових процесів майже будь-яких об'єктів з різних матеріалів, а також речовин з метою оцінки їх стану.

Напрями науки, для яких вимірювання значень теплового потоку та визначення поверхневої густини теплового потоку має вагоме значення, є вкрай різноманітними.

Зазначимо, що за останні 10 років прослідковується стала тенденція до збільшення кількості пожеж і матеріальних втрат від них. На основі аналізу статистичних даних та масивів карток обліку пожеж було зроблено висновок, що кожна четверта пожежа в Україні може поширитися на суміжні будівлі та споруди, технологічне обладнання та об'єкти природної екосистеми шляхом поширення теплової енергії з послідуочим займанням.

Як приклад розповсюдження пожежі шляхом поширення променевого теплообміну з послідуочим займанням суміжних об'єктів можна навести такий випадок.

8 червня 2015 року о 17 год 23 хв у Васильківському районі Київської області виникла пожежа на одному з резервуарів із палимим нафтобази БРСМ-нафта, рисунок 1.



Рисунок 1 – Пожежа на нафтобазі

Після прибуття рятувальників було повідомлено, що горять три резервуари з палимим. Вночі, внаслідок дії теплового опромінення від резервуарів, що горіли, вогонь поширився і пожежа охопила ще кілька резервуарів.

Авторами було сформовано мету цієї роботи, яка полягає у дослідженні сучасного стану щодо визначення критичного значення поверхневої густини теплового потоку залежно від умов навколишнього середовища, зокрема вітру.

Для досягнення поставленої мети вирішено такі задачі дослідження:

а) проведено аналіз статистичних даних та масивів карток обліку пожеж, під час яких мало місце поширення пожежі внаслідок променистого випромінювання, або була загроза розповсюдженню пожежі на сусідні будівлі та споруди;

б) проведено аналіз літературних джерел щодо дослідження теплового потоку для речовин і матеріалів із урахуванням впливу на цей процес умов навколишнього середовища;

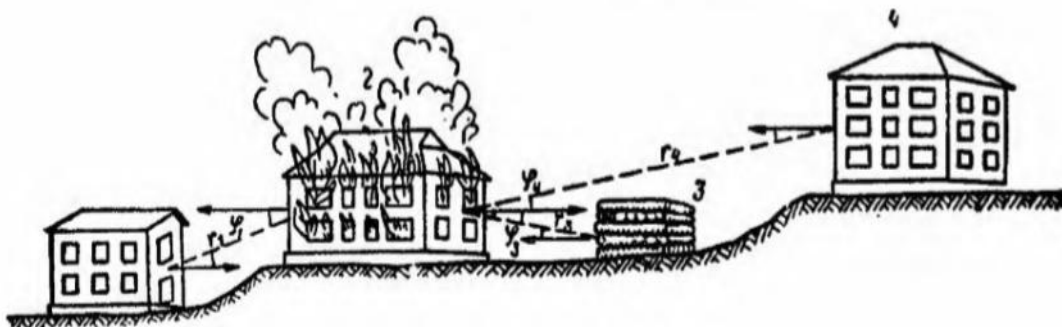
в) проведено аналіз сучасного стану щодо впливу вітру на процес теплового опромінювання речовин і конструкцій від факелу пожежі;

г) визначено передумови для виявлення у дослідженні мети і постановка завдань для її досягнення, а також визначено актуальність подальших досліджень.

Однією з причин поширення пожежі на сусідні будівлі та споруди, технологічні блоки та об'єкти природної екосистеми, може бути перенос теплової енергії шляхом променевого та конвективного теплообміну.

Як відомо з [1], теплообмін способом конвекції у відкритому середовищі переважно відбувається у вертикальному від пожежі напрямку, тому даний вид теплопередачі в дослідженні не розглядався. В той же час в усіх інших напрямках тепловий потік, очевидно, розповсюджується завдяки тепловому випромінюванню від осередку пожежі, тому поширення полум'я, яке настає в результаті нагріву речовин і матеріалів до температури спалахування, характерне для променевого теплообміну.

У процесі розвитку відкритої пожежі променистий тепловий потік від факелу полум'я падає на навколишні будівлі чи горючі матеріали. Необхідна і достатня умова загоряння будь-якої поверхні горючого матеріалу виражається співвідношенням $q_n \geq q_{кр}$ (q_n - падаючий потік на поверхню матеріалу, що опромінюється Вт/м^2 ; $q_{кр}$ - критичний тепловий потік, при якому виникає загоряння поверхні даного виду горючого матеріалу, Вт/м^2). Відповідно до законів променистого теплообміну, загоряння може відбутися, якщо коефіцієнт опромінення і відстань між випромінюючою і теплосприймаючою поверхнями будуть такими, при яких падаючий тепловий потік стане не меншим за критичний [1]; схему променевого теплообміну палаючої будівлі з об'єктом, що не горить, наведено на рисунку 2.



1 - будівля V ступеня вогнестійкості загорається від променевої теплоти; 2 - будівля III ступеня вогнестійкості горить (відкрита пожежа); 3 - штабель деревини загорається від променевої теплоти; 4 - будівля II ступеня вогнестійкості, загрози виникнення пожежі від променевої теплоти немає; r_1 , r_3 , r_4 - відстань від палаючої будівлі до об'єктів, що опромінюються у напрямку випромінювання; φ_1 , φ_3 , φ_4 - кути між напрямками випромінювання в бік об'єктів, що не горять і нормаллями до випромінюючої поверхні полум'я

Рисунок 2 – Схема променевого теплообміну палаючої будівлі з об'єктом, що не горить

Характеристикою променевого теплообміну є величина, яка описує кількісне значення променевого теплообміну, а саме – тепловий потік. Тепловий потік [2] – фізична величина, яка визначає кількість теплоти, що проходить через ізотермічну поверхню за одиницю часу, спрямована в напрямку, протилежному до градієнта температури, або є похідною за часом від кількості тепла, що проходить через таку поверхню. З аналізу існуючих документів визначено, що величиною, яка описує тепловий потік, є його щільність (густина). За [3] щільністю теплового потоку або питомим тепловим потоком, що характеризує інтенсивність теплообміну, визначається кількість тепла, що проходить через одиницю поверхні за одиницю часу. Критична поверхнева густина теплового потоку – мінімальне значення теплового потоку, при якому виникає горіння, що триває до чергового впливу на матеріал або речовину полум'я від джерела запалювання або мінімальне значення густини теплового потоку, за якого виникає стійке полум'яне горіння матеріалів, на які падає променистий потік.

Теоретичними дослідженнями з питань теплового потоку в умовах пожежі займалися А.Е. Басманов, М.М. Семерак, С.В. Поздєєв, В.В. Ніжник, В.І. Гудим, Е. Carlsson, G. Hankinson, В. J. Lowesmith, та ін.

У роботі [4] автори експериментально дослідили та визначили, що густина теплового випромінювання різко зменшується при збільшенні відстані від джерела випромінювання, а також при введенні до простору дрібно розпиленої води. Дрібно розпилена вода зменшує опромінення об'єкта з коефіцієнтом послаблення у 2–2,2 рази. Встановлено, що середовище, у якому відбувається випромінювання, істотно впливає на променивий тепловий потік і значення температури в точках простору, які піддаються опроміненню. Однак дані щодо впливу вітру на об'єкт опромінення відсутні.

У роботі [5] розроблено методика та проведено дослідження впливу густини теплового потоку на елементи суміжних будівельних об'єктів залежно від тривалості теплового впливу та відстані від осередку пожежі. Встановлено, що тепловий потік від нього є суттєво змінним у часі та залежить від зовнішніх погодних умов, зокрема наявності вітру. При цьому експериментально доведено, що відбувається зменшення величини теплового потоку внаслідок вітрового впливу, що пояснюється зменшенням площі поверхні, яка випромінює тепло внаслідок нахилення до землі вітром факелу пожежі. При цьому в даному дослідженні відсутні дані щодо зміни величини густини теплового потоку на суміжній поверхні, що підпадає під тепловий вплив залежно від вітрового впливу, а дані величин теплового потоку, які існують, не прив'язані до тривалості теплового впливу.

Авторами у роботі [6] розглянуто сценарії розвитку пожежі в резервуарному парку за умов розливу нафтопродуктів та отримано залежності інтенсивності теплового потоку на поверхні резервуарів від швидкості та напрямку вітру. Розрахунковим методом автори встановили та дійшли до висновку, що при збільшенні швидкості вітру стінка матеріалу (резервуару) нагріватиметься інтенсивніше, тобто буде збільшуватись величина теплового потоку. Однак

враховуючи інформацію [5], у якій автори експериментально встановили, що величина теплового потоку зменшується внаслідок вітрового впливу, постає питання щодо подальшого більш детального дослідження даної теми, оскільки проблеми, що вирішували автори у своїх дослідженнях, дозволяють зробити кардинально різні висновки.

У роботах [7-9] авторами досліджується тема нагріву резервуарів з нафтопродуктами. Основну увагу приділено розробці математичних моделей для розрахунку температури нагрівання поверхневого шару нафтопродукту від сусіднього палаючого резервуару під час пожежі в резервуарному парку. Модель призначена для визначення максимально досяжної температури нафтопродукту і небезпеки займання. В [9] авторами побудована математичну модель нагріву резервуара з нафтопродуктами під дією випромінювання від полум'я палаючого сусіднього резервуару. Модель дозволяє визначити час досягнення вибухонебезпечної температури. Однак дані моделі не враховують дію потоку повітря на резервуар, автори лише згадують дію вітру, як нездатну до зміни картини величину, виключенням є лише ураганний вітер, який може нахилити факел полум'я майже горизонтально. Також в переважній більшості моделі ґрунтовані на теорії, в той час як експериментальні дослідження подібних питань показують істотно інші результати.

У роботі [10] авторами було проаналізовано сучасні підходи і вимоги технічних нормативних правових актів з оцінки інтенсивності теплового випромінювання під час пожежі. У деяких документах виявлено недоліки: наприклад, відсутність інформації щодо прийнятої геометрії у завданні теплообміну або відсутність можливості визначати теплове навантаження для різних випадків розташування матеріалу, що опромінюється. Автори встановили, що на сучасному етапі для визначення безпечної відстані під час пожежі використовується розрахунково експериментальний метод, суть якого полягає у порівнянні розрахункової щільності променистого теплового потоку для матеріалу, що опромінюється, з експериментально встановленим критичним значенням. При цьому умова безпеки виконується, якщо отримане в результаті розрахунку теплове навантаження менше критичного. Автори також розробили програму «Теплообмін випромінюванням при пожежі», яка дозволяє розрахувати інтенсивність теплового випромінювання з урахуванням всіх можливих ситуацій взаємного розташування поверхонь, що випромінює та опромінюється, а також параметрів фронту полум'я і горючості матеріалу. Також розроблена програма дозволяє оцінити мінімальну безпечну відстань при пожежі і передбачає функцію побудови графічної залежності щільності променистого теплового потоку від одного з параметрів розв'язуваної задачі.

На підставі проведеного аналізу літературних джерел, нормативних документів та інших джерел інформації встановлено, що для оцінки значення критичної поверхневої густини теплового потоку доцільно за критеріальну базу використовувати ознаку полуменевого горіння речовин і матеріалів. Однак на сьогоднішній день відсутня статистична база критичних значень поверхневої

густини теплового потоку для різних речовин і матеріалів, зокрема тих, що можуть бути використані в оздобленні будинків та технологічних установок.

З огляду на викладене вище потребують подальшого дослідження процеси зміни густини теплового потоку для різних речовин і матеріалів залежно від впливу величини потоку повітря, введеного у простір дослідження.

Таким чином метою подальших досліджень може бути дослідження закономірності зміни величини густини теплового потоку залежно від вітрового впливу.

Для досягнення поставленої мети необхідно поставити та вирішити такі задачі:

а) провести аналіз сучасного стану дослідження критичної поверхневої густини теплового потоку для речовин і матеріалів;

б) провести теоретичні дослідження зміни величини густини теплового потоку залежно від вітрового впливу та створити відповідні математичні моделі

в) розробити програму та методику експериментальних досліджень щодо визначення значень критичної поверхневої густини теплового потоку для речовин і матеріалів та залежно від вітрового впливу;

г) дослідити закономірності зміни густини теплового потоку залежно від вітрового впливу;

д) провести перевірку адекватності отриманих даних;

е) розробити табличні дані значень критичної поверхневої густини теплового потоку для речовин і матеріалів залежно від вітрового впливу.

Об'єкт дослідження – процеси теплового опромінювання речовин і матеріалів під час пожежі.

Предмет дослідження – залежність густини теплового потоку від вітрового впливу.

Підсумовуючи вищенаведену інформацію, автори дійшли **висновків**, що на сьогоднішній день відсутня база статистики даних щодо значень критичної поверхневої густини теплового потоку для різних речовин і матеріалів, також на основі проведених пошуків встановлено, що у нормативних документах та літературних джерелах відсутні методи кількісного визначення значення критичної поверхневої густини теплового потоку речовин і матеріалів від вітрового впливу. А якщо дані величин теплового потоку існують, то вони не прив'язані до тривалості теплового впливу, а якщо прив'язані, то лише до одного часового проміжку. Визначено відсутність даних щодо зміни величини густини теплового потоку на суміжній поверхні, що підпадає під тепловий вплив залежно від вітрового впливу.

На основі висновків та проведених пошукових робіт авторами було сформовано мету та актуальність подальших досліджень, а також визначено основні завдання, які необхідно виконати для досягнення поставленої мети.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кимстач И.Ф., Девлишев П.П., Евтюшкин Н.М. Пожарная тактика: Учеб, пособие для пожарно- техн. училищ и нач. состава пожарной охраны. М.: Стройиздат, 1984. 590 с.

2. ДСТУ 3518-97. Термометрія. Терміни та визначення: чинний від 1998-01-01. Офіц. вид. К. : Держстандарт України, 1997. 95с.
3. ДСТУ 4035-2001 (ГОСТ 25380-2001) Енергозбереження. Будівлі та споруди. Методи вимірювання поверхневої густини теплових потоків та визначення коефіцієнтів теплообміну між огорожувальними конструкціями та довкіллям.
4. Лабай В. Й., Гудим В.І., Гаврилюк А.Ф. Дослідження та шляхи зменшення теплового випромінювання під час пожеж // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Теорія і практика будівництва. 2013. № 755. С. 221-226. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VNULPTPB_2013_755_42.
5. Жартовський С.В., Поздеев С.В., Ніжник В.В., Фещук Ю.Л. Оцінювання небезпеки поширення пожежі на суміжні будівельні об'єкти за критерієм теплового потоку / International Scientific Journal "Internauka". Режим доступу: <http://www.inter-nauka.com/>.
6. Семерак М. М., Михайлишин М.Р. Вплив швидкості вітру на процеси теплообміну між вертикальними сталевими резервуарами (на прикладі пожежі на нафтобазі "БРСМ Нафта") // Пожежна безпека. 2017. № 30. С. 137-147. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pb_2017_30_18.
7. Абрамов Ю.А., Басманов А.Е. Моделирование нагрева резервуара под действием излучения пожара // Вісник міжнародного слов'янського університету. Харків: ТОВ ПКФ «Яна», 2004. Т. 7. №2. С. 7-9.
8. Абрамов Ю.А., Басманов А.Е. Оценка пожарной опасности резервуара с нефтепродуктом при его нагреве от пламени соседнего горящего резервуара // Радиоэлектроника и информатика. Харьков: ХНУРЭ, 2005. №2. С. 110-112.
9. Абрамов Ю.А., Басманов А.Е. Тепловые процессы в нагреваемом резервуаре // Коммунальное хозяйство городов. Научно-технический сборник. Киев: Техника, 2006. Вып. 67. С. 357-362.
10. Гоман П.Н., Соболевская Е.С. Разработка программы расчёта интенсивности теплового излучения при пожаре // Интернет-журнал "технологии техносферной безопасности". 2016. Вып. 1(65). [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://ipb.mos.ru/ttb/>

REFERENCES

1. Kimstach I.F., Devlyshev P.P. and Yevtyushkin N.M. (1984), *Pozharnaya taktika: ucheb, posobie dlya pozharno- tekhn. uchilishch i nach. sostava pozharnej ohrany* [Fire tactics: Textbook, a guide for fire-tech. schools and com. Rank of the fire department]. Stroyizdat, Moscow, SU.
2. Derzhstandart Ukrainy (1997), *3518-97: Termometriya. Terminy ta viznachennia* [3518-97: Thermometry. Terms and definitions]. Kyiv, Ukraine.
3. Derzhstandart Ukrainy (2001), *4035-2001 (GOST 25380-2001) Energozberezhennia. Budivli ta sporudy. Metody vimiriuvannia poverhnevoi gustini teplovykh potokiv ta vyznachennia koeficientiv teploobminu mizh ogorodzhuvalnymy konstrukciamy ta dovkilliam* [4035-2001 (GOST 25380-2001) Energy saving. Buildings and structures. Methods for measuring the surface density of heat fluxes and determining the heat transfer coefficients between enclosing structures and the environment.] Kiev, Ukraine.
4. Labay V. Y., Gudim V.I. and Gavriiliuk A.F. (2013), "Research and ways to reduce thermal radiation during fires", *Visnik Natsionalnogo universitetu "Lvivska politekhnika". Teoriia i praktyka budivnitstva*, no. 755. Pp 221-226. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VNULPTPB_2013_755_42.
5. Zhartovskiy S.V., Pozdeiev S.V., Nizhnyk V.V. and Feshhuk Ju.L., " Assessment of the risk of fire spreading to adjacent construction sites according to the criterion of heat flow", *International Scientific Journal "Internauka"*. Available at: <http://www.inter-nauka.com/>
6. Semerak M. M. and Mykhaylishin M.R. (2017), " Influence of wind speed on heat exchange processes between vertical steel tanks (on the example of fire at BRSM Nafta oil depot)", *Pozhezhna bezpeka*, no. 30. Pp. 137-147. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pb_2017_30_18.
7. Abramov Yu.A. and Basmanov A.Ye. (2004), "Simulation of tank heating by fire radiation", *Visnyk mizhnarodnogo slovianskogo universitetu*, Vol. 7, №2, pp. 7-9.
8. Abramov Yu.A. and Basmanov A.Ye. (2005), " Assessment of the fire hazard of a tank with an oil product when it is heated by the flame of a neighboring burning tank", *Radioelektronika i informatika*, no. 2, pp. 110-112.
9. Abramov Yu.A. and Basmanov A.Ye. (2006), "Thermal processes in a heating tank", *Kommunalnoie hoziaystvo gorodov. Nauchno-tekhnicheskiiy sbornik*, Vyp. 67, pp. 357-362.
10. Goman P.N. and Sobolevskaya Je.S. (2016), "Development of a program for calculating the intensity of thermal radiation in a fire", *Ynternet-zhurnal "Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti"*, vyp. 1 (65). Available at: <http://ipb.mos.ru/ttb/>

Про авторів

Ніжник Вадим Васильович, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, начальник науково-дослідного центру протипожежних заходів ІДУ НД ЦЗ, Київ, Україна, nignyk@ukr.net

Борисова Анна Сергіївна, магістр, науковий співробітник відділу розвитку цивільного захисту науково-дослідного центру цивільного захисту ІДУ НД ЦЗ, Київ, Україна, borysova_anna@ukr.net

About the authors

Nighnyk Vadym Vasyliovych, Candidate of Technical Sciences (Ph.D), Senior Researcher, Head of the research center for firefighting measures, Institute of Public Administration and Research in Civil Protection, Kyiv, Ukraine, nignyk@ukr.net

Borysova Anna Serhiivna, Master of Science, Researcher of the department of civil protection development of the civil protection research center, Institute of Public Administration and Research in Civil Protection, Kyiv, Ukraine, borysova_anna@ukr.net.

Аннотация. Физический процесс передачи энергии в виде определенного количества теплоты от тела с более высокой температурой к телу с более низкой температурой до наступления термодинамического равновесия процесс непрерывный и присутствует во многих сферах деятельности человечества. Определение поверхностной плотности теплового потока дает возможность измерения и контроля тепловых процессов почти любых объектов из различных материалов, а также веществ с целью оценки их состояния.

В статье на основе теоретического обзора проведен анализ современного состояния по определению критического значения поверхностной плотности теплового потока в зависимости от условий окружающей среды. На основе статистических данных и массивов карточек учета пожаров был сделан вывод, что каждый четвертый пожар в Украине может распространиться на соседние здания и сооружения, технологическое оборудование и объекты природной экосистемы путем распространения тепловой энергии с последующим горением.

Авторами рассмотрены понятия теплового потока и понятие плотности теплового потока, а также определена сущность понятия критической поверхностной плотности теплового потока, как характеристики теплового потока. Учеными проведен детальный анализ литературных источников, нормативных документов и других источников информации, касающихся данной тематики. На основе проведенных поисковых исследований авторами проанализированы и установлено, что значение поверхностной плотности теплового потока существенно зависит от условий окружающей среды, а именно от введения тонкораспыленной воды в пространство где происходит тепловой процесс и ветрового воздействия. Авторами установлено, что для оценки значения критической поверхностной плотности теплового потока целесообразно в критериальной базе использовать признак пламенного горения веществ и материалов. Однако на сегодняшний день отсутствует статистическая база критических значений поверхностной плотности теплового потока для различных веществ и материалов, в том числе тех, которые могут быть использованы в отделке домов и технологических установок. В статье проанализированы современные подходы к определению параметров теплового потока, а также установлены некоторые различия в данных подходах, что позволило сформулировать цель и актуальность дальнейших исследований, а также определены основные задачи, которые необходимо выполнить для достижения поставленной цели.

Ключевые слова: критическая поверхностная плотность теплового потока, тепловой поток, теплообмен, лучистый теплообмен.

Annotation. The physical process of energy transfer in the form of a certain amount of heat from a body with a higher temperature to a body with a lower temperature until the onset of thermodynamic equilibrium is a continuous process and is present in many areas of human activity. Determining the surface heat flux density makes it possible to measure and control the thermal processes of almost any object made of different materials, as well as substances in order to assess their condition.

Based on a theoretical review, the article analyzes the current state to determine the critical value of the surface heat flux density depending on environmental conditions. Based on statistics and arrays of fire cards, it was concluded that every fourth fire in Ukraine can spread to adjacent buildings and structures, process equipment and natural ecosystems by spreading thermal energy with subsequent ignition.

The authors consider the concept of heat flux and the concept of heat flux density, as well as define the essence of the concept of critical surface heat flux density as characteristics of heat flux. Scientists conducted a detailed analysis of literature sources, regulations and other sources of information related to this topic. Based on the research, the authors analyzed and found that the value of the surface heat flux density significantly depends on environmental conditions, namely the introduction of finely divided water into the space where the heat process and wind exposure. The authors found that to assess the value of the critical surface heat flux density, it is advisable to use the sign of flame combustion of substances and materials for the criterion base. However, to date there is no statistical base of critical values of surface heat flux density for various substances and materials, in particular those that can be used in the decoration of buildings and technological installations. The article analyzes modern approaches to determining the parameters of heat flux, as well as identifies some differences in these approaches, which allowed to formulate the purpose and relevance of further research, and identifies the main tasks to be achieved to achieve this goal.

Keywords: critical surface heat flux density, heat flux, heat transfer, radiant heat transfer.

Стаття надійшла до редакції 10.06. 2020

Рекомендовано до друку д-ром техн. наук С.П. Мінсьєвим.