

УДК 614.841

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ПЕРЕНОСНИХ ЗАСОБІВ ДИМО- ТА ТЕПЛОВИДАЛЕННЯ

В.В. Присяжнюк, С.В. Семичаєвський*, М.Л. Якіменко, М.В. Осадчук, О.В. Куртов, О.В. Мілютін
Український науково-дослідний інститут цивільного захисту, Україна

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

Надійшла до редакції: 21.10.2019
Пройшла рецензування: 05.12.2019

КЛЮЧОВІ СЛОВА:

газоповітряне середовище, експериментальні дослідження, переносні засоби димо- та тепловидалення, функціональний макет

АНОТАЦІЯ

Наведено результати експериментальних досліджень з визначення коефіцієнту ефективного зменшення задимленості і коефіцієнту ефективного зниження температури під час реалізації трьох варіантів нормалізації газоповітряного середовища у випробувальному боксі, а саме під час створення задимленого та високотемпературного середовища та подальшого самостійного зменшення задимленості і зниження температури, під час димо та тепловидалення шляхом нагнітання повітря та шляхом одночасного подавання повітря та розпиленого струменя води до випробувального боксу за допомогою переносного засобу димо- та тепловидалення

Постановка проблеми. Значна кількість випадків гасіння пожеж пов'язана із небезпечним впливом на особовий склад небезпечних чинників пожежі. Зокрема, дія високих температур та диму значно ускладнюють проведення рятувальних робіт та пожежогасіння. Вагомим тактичним способом зниження такого впливу на особовий склад пожежно-рятувальних підрозділів є керування теплдимовими потоками пожежі за допомогою переносних засобів димо- та тепловидалення, які функціонально призначені для локального підвищення повітряного тиску шляхом нагнітання повітря до зони роботи особового складу або видалення продуктів горіння з приміщень в умовах пожежі для нормалізації температурного і повітряного середовища [1, 2].

На теперішній час в пожежно-рятувальних підрозділах ДСНС України майже відсутні переносні засоби димо- та тепловидалення (далі – ПЗДТ). Враховуючи те, що за період з 2014 по 2018 роки, під час гасіння пожеж та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій в Україні, спостерігалася тенденція збільшення кількості використаних ланок ГДЗС на пожежах з 5802 до 7804 та збільшення часу їх роботи з 1704 год до 2544 год [3], стає очевидним необхідність широкого використання пожежно-рятувальними підрозділами ДСНС України ПЗДТ.

Створення вітчизняних зразків ПЗДТ неможливе без обґрунтування та розроблення технічних вимог до конструкції, показників якості й методів випробувань таких засобів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В звіті [4] наведено результати досліджень з обґрунтування технічних вимог до переносних

технічних засобів пожежогасіння з метою розроблення пропозицій з підвищення ефективності гасіння пожеж з їх застосуванням пожежно-рятувальними підрозділами ДСНС України. В той же час, ці дослідження не містять даних щодо кількісного оцінювання ефективності застосування ПЗДТ.

Постановка завдання. В Українському науково-дослідному інституті цивільного захисту (далі – УкрНДЦЗ) в рамках виконання науково-дослідної роботи «Засоби димо- та тепловидалення» на підставі проведених аналітичних досліджень створено функціональний макет ПЗДТ нагнітального типу (рисунок 1).



Рисунок 1 – Загальний вигляд функціонального макету ПЗДТ

Згідно з розробленими методиками, фахівцями УкрНДЦЗ проведено експериментальні дослідження з визначення коефіцієнту ефективного зменшення задимленості та коефіцієнту ефективного зниження температури у приміщенні пожежі під час застосування такого засобу.

Результати експериментальних досліджень отримані для наявних випробувальних приміщень, експериментального обладнання та певних погодних умов, в яких вони були проведені, але вони формують уявлення про можливості розробленої техніки, а представлені методики можуть бути використані для оцінки часу димо- та тепловиділення з приміщень, в яких не можливо або не передбачено застосування стаціонарних систем димовидалення.

Виклад основного матеріалу. Під час експериментальних досліджень з визначення коефіцієнту ефективного зменшення задимленості було реалізовано три варіанти нормалізації газоповітряного середовища у приміщенні пожежі (в якості цього приміщення використовувався випробувальний бокс об'ємом 40 м³).

Перший варіант передбачав створення задимленого середовища у випробувальному боксі та подальше його самостійне (вільне) розсіювання до нормалізації газоповітряного середовища. Другий варіант передбачав створення задимленого середовища у випробувальному боксі та подальше димовидалення шляхом нагнітання повітря без подавання розпиленого струменя води до нього, третій – шляхом одночасного подавання повітря та розпиленого струменя води.

Суть методу полягала у наступному. У випробувальному боксі встановлювався технічний комплекс для визначення оптичної щільності повітря, який складався з лазерного випромінювача та приймача випромінювання лазера (рисунок 2). За допомогою інформаційно-виміральної системи «Термоконт» виконувалась реєстрація даних щодо зміни напруги на приймачі випромінювання лазера, а також виконувалась автоматична реєстрація часу. На початковому етапі експерименту, при відсутності задимлення, показання виміральної системи відповідали максимальному значенню напруги на приймачі випромінювання лазера.

В подальшому приводилася у дію димова шашка для створення задимлення чорного кольору. У випробувальному боксі закривалися всі наявні отвори та включалися вентилятори для забезпечення рівномірного перемішування газоповітряного середовища.

У першому варіанті при досягненні мінімального значення електричної напруги на приймачі випромінювання лазера, що відповідало

максимальному задимленню у випробувальному боксі в результаті закінчення дії димової шашки, відчинялися всі наявні отвори у випробувальному боксі та вимикалися вентилятори. Вільне розсіювання диму тривало протягом проміжку часу $t_{вільнД}$ (проміжок часу від моменту закінчення дії димової шашки та відкриття всіх наявних отворів у випробувальному боксі до моменту самостійної нормалізації газоповітряного середовища у випробувальному боксі, що відповідало настанню найбільшого (максимального) значення показань інформаційно-виміральної системи).

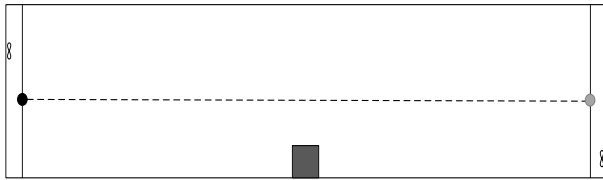
У другому та третьому варіантах при досягненні мінімального значення електричної напруги на приймачі випромінювання лазера також відчинялися всі наявні отвори у випробувальному боксі та вимикалися вентилятори. Приводився у дію ПЗДТ, робота якого тривала протягом проміжку часу $t_{технД}$ (проміжок часу від моменту включення ПЗДТ після закінчення дії димової шашки та відкриття всіх наявних отворів у випробувальному боксі до моменту нормалізації газоповітряного середовища у випробувальному боксі, що відповідало настанню найбільшого (максимального) значення показань інформаційно-виміральної системи).

Під час реалізації вищезазначених варіантів для контрольної точки вимірювання отримували залежності величини електричної напруги на приймачі випромінювання лазера, що є пропорційною рівню задимленості у випробувальному боксі, від часу димовидалення (в якості контрольної точки вимірювання електричної напруги було обрано рівень розміщення лазерного випромінювача та приймача випромінювання лазера на висоті 1,7 м від рівня підлоги випробувального боксу, що відповідає середньостатистичному зросту людини).

Відповідно за формулою (1) розраховувався коефіцієнт ефективного зменшення задимленості у випробувальному боксі для другого та третього варіантів:

$$K_{де} = \frac{t_{вільнД}}{t_{технД}} \quad (1)$$

Робочі моменти проведення експериментальних досліджень наведено на рисунку 3.



■ – вхід до випробувального боксу; ● – лазерний випромінювач; ● – приймач випромінювання лазера; 8 – вентилятори для перемішування газоповітряного середовища.

Рисунок 2 – Схема розміщення технічного комплексу для визначення оптичної щільності повітря у випробувальному боксі



Рисунок 3 – Робочі моменти проведення експериментальних досліджень з визначення коефіцієнту ефективного зменшення задимленості

Результати експериментальних досліджень з визначення часу $t_{вільнд}$ (варіант створення задимленого середовища у випробувальному боксі та подальшого його вільного розсіювання) наведено на рисунку 4.

Проміжок часу вільного розсіювання диму у випробувальному боксі $t_{вільнд}$ згідно з рисунком 4 складає 4590 с.

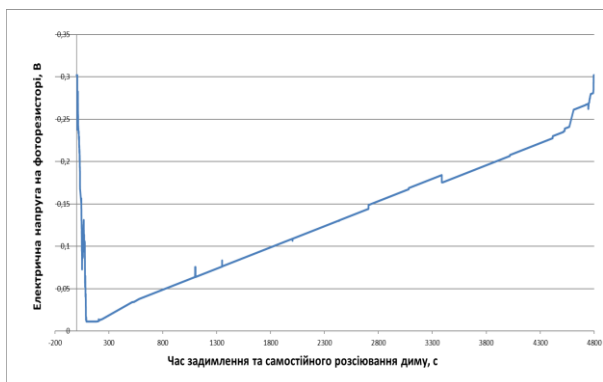


Рисунок 4 – Результати експериментальних досліджень з визначення часу $t_{вільнд}$ (варіант створення задимленого середовища у випробувальному боксі та подальшого його вільного розсіювання)

Результати експериментальних досліджень з визначення коефіцієнту ефективного

зменшення задимленості під час нагнітання повітря до випробувального боксу за допомогою ПЗДТ наведено на рисунку 5.



Рисунок 5 – Результати експериментальних досліджень з визначення коефіцієнту ефективного зменшення задимленості під час нагнітання повітря до випробувального боксу за допомогою ПЗДТ

Коефіцієнт ефективного зменшення задимленості під час нагнітання повітря до випробувального боксу за допомогою ПЗДТ за формулою (1) та згідно даних рисунку 5 складає 13,1 ($t_{технд} = 350$ с).

Результати експериментальних досліджень з визначення коефіцієнту ефективного зменшення задимленості під час нагнітання повітря з одночасним подаванням розпиленого струменю води до випробувального боксу за допомогою ПЗДТ наведено на рисунку 6.



Рисунок 6 – Результати експериментальних досліджень з визначення коефіцієнту ефективного зменшення задимленості під час нагнітання повітря з одночасним подаванням розпиленого струменю води до випробувального боксу за допомогою ПЗДТ

Коефіцієнт ефективного зменшення задимленості під час нагнітання повітря з одночасним подаванням розпиленого струменю води до випробувального боксу за допомогою ПЗДТ складає 27,5 ($t_{технд} = 167$ с).

Під час експериментальних досліджень з визначення коефіцієнту ефективного зниження температури було реалізовано також три

варіанти нормалізації температурного середовища у приміщенні пожежі (в якості

Перший варіант передбачав створення високотемпературного середовища у випробувальному боксі та вільне зниження температури по мірі вигорання модельних вогнищ пожежі протягом певного проміжку часу. Другий варіант передбачав створення високотемпературного середовища у випробувальному боксі та подальше зниження температури шляхом нагнітання повітря до нього, третій – шляхом одночасного подавання повітря та розпиленого струменя води. Процедуру цих експериментів наведено нижче.

Для реєстрації температури газоповітряного середовища використовувалися взагалі п'ятнадцять термопар типу ТХА з електродами діаметром 0,7 мм, які розташовувалися у випробувальному боксі. Термопари під'єднувалися до інформаційно-вимірювальної системи, що встановлювалася за межами випробувального боксу перед його входом. Схема розміщення термопар наведена на рисунку 7.

Термопари з номерами T_1 - T_5 розташовувалися на висоті 0,5 м від рівня площини підлоги. Термопари з номерами T_9 - T_{13} розташовувалися на відстані 0,5 м від рівня площини покриття випробувального боксу. Крім того, п'ять термопар з номерами T_6 - T_8 , T_{14} - T_{15} розташовувалися у площині на висоті $h_1=1,70$ м від рівня площини підлоги випробувального боксу. В якості контрольної точки вимірювання температури приймалася термопара за номером T_7 , яка розташовувалась на висоті $h_1=1,70$ м, що відповідає зросту середньостатистичної людини, як показано на рисунку 7.

У випробувальному боксі розміщувалися два модельні вогнища пожежі, які представляють собою дека квадратної форми розмірами 1,90 м x 1,90 м x 0,15 м кожне. У кожне деко заливався бензин марки А-92.

За допомогою факела підпалювалися модельні вогнища. У випробувальному боксі зачінялися всі наявні отвори.

Одночасно розпочиналася реєстрація температури газоповітряного середовища у випробувальному боксі за допомогою п'ятнадцяти термопар, під'єднаних до інформаційно-вимірювального комплексу.

При досягненні 200 с вільного горіння (повного вигорання модельних вогнищ пожежі) відчинялися прорізи у верхній частині випробувального боксу та його дверний отвір.

цього приміщення використовувався випробувальний бокс об'ємом 285 м³).

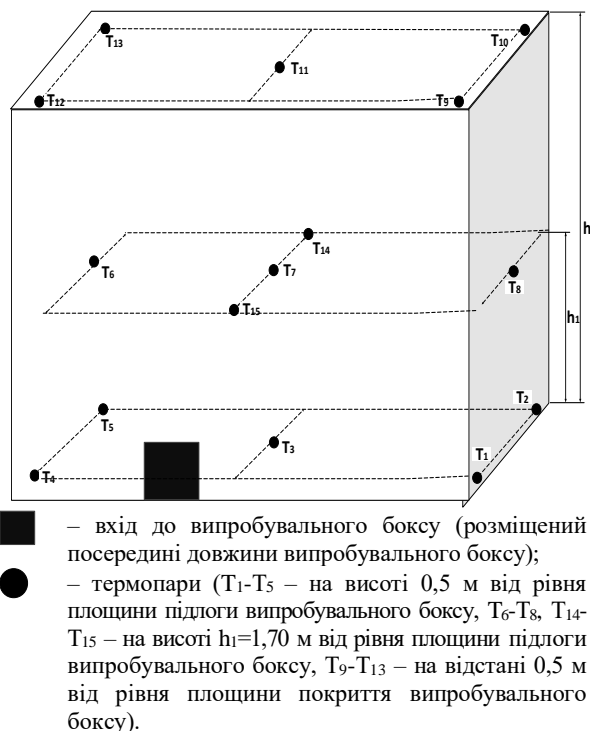


Рисунок 7 – Схема розміщення термопар у випробувальному боксі

У першому варіанті реєструвався проміжок часу $t_{вільнТ}$ (проміжок часу, що відповідав вільному (самостійному) зниженню температури газоповітряного середовища від моменту досягнення максимальної температури газоповітряного середовища у контрольній точці до кінцевої температури $T_{кінц} = 40^\circ\text{C}$).

Під час реалізації другого вищезгаданого варіанта, при досягненні 200 с вільного горіння модельних вогнищ пожежі відчинялися прорізи у верхній частині випробувального боксу та його дверний отвір. Вмикався ПЗДТ, за допомогою якого через відчинений дверний отвір здійснювалося нагнітання свіжого повітря до випробувального боксу.

Одночасно із початком роботи ПЗДТ розпочиналася автоматична реєстрація часу його роботи за допомогою інформаційно-вимірювального комплексу.

У другому та третьому варіантах реєструвався проміжок часу $t_{технТ}$ (проміжок часу, що відповідав зниженню температури газоповітряного середовища при роботі ПЗДТ від моменту досягнення максимальної температури газоповітряного середовища у контрольній точці до кінцевої температури $T_{кінц} = 40^\circ\text{C}$).

В процесі досліджень реєструвалося, наскільки і упродовж якого часу знижується температура у кожній точці встановлення термопар у випробувальному боксі. За результатами експериментальних досліджень отримувалася залежність температури у випробувальному боксі від часу.

Для контрольної точки за формулою (2) для другого та третього варіантів розраховувався коефіцієнт ефективного зниження температури у випробувальному боксі:

$$K_{Te} = \frac{t_{вілнт}}{t_{технт}} \quad (2)$$

Робочі моменти проведення експериментальних досліджень наведено на рисунку 8.



Рисунок 8 – Робочі моменти проведення експериментальних досліджень з визначення коефіцієнту ефективного зниження температури
Результати експериментальних досліджень з визначення часу самостійного зниження температури наведено на рисунку 9.



Рисунок 9 – Результати експериментальних досліджень з визначення часу самостійного зниження температури

Проміжок часу самостійного зниження температури у випробувальному боксі згідно з рисунком 9 для контрольної точки (термопара Т7) складає 2950 с.

Результати експериментальних досліджень з визначення коефіцієнту ефективного зниження

температури у контрольній точці під час нагнітання повітря до випробувального боксу за допомогою ПЗДТ наведено на рисунку 10.

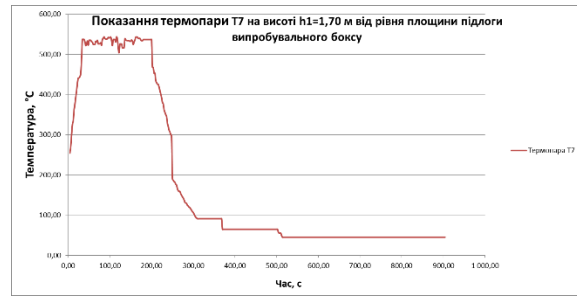


Рисунок 10 – Результати експериментальних досліджень з визначення коефіцієнту ефективного зниження температури у контрольній точці під час нагнітання повітря до випробувального боксу за допомогою ПЗДТ

Згідно з даними рисунку 10, використовуючи формулу (2), коефіцієнт ефективного зниження температури у випробувальному боксі при роботі ПЗДТ під час нагнітання повітря складає 5,3 (час його роботи $t_{технт} = 554$ с).

Результати експериментальних досліджень з визначення коефіцієнту ефективного зниження температури у контрольній точці під час нагнітання повітря з одночасним подаванням розпиленого струменю води до випробувального боксу наведено на рисунку 11.

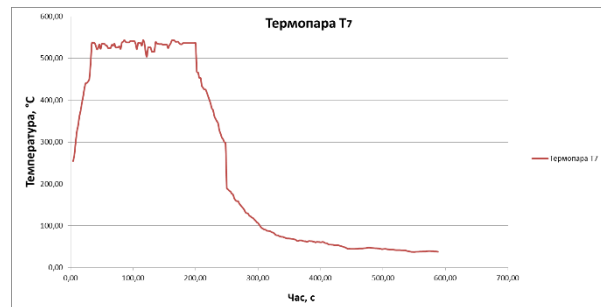


Рисунок 11 – Результати експериментальних досліджень з визначення коефіцієнту ефективного зниження температури у контрольній точці під час нагнітання повітря з одночасним подаванням розпиленого струменю води до випробувального боксу

Згідно з даними рисунку 11, використовуючи формулу 2, коефіцієнт ефективного зниження температури у випробувальному боксі при роботі ПЗДТ під час нагнітання повітря з одночасним подаванням розпиленого струменю води складає 9,3 ($t_{технт} = 318$ с).

Висновки. Застосування ПЗДТ є ефективним засобом димо- та тепловидалення під час пожеж в приміщеннях, в яких наявні

отвори для самостійного/примусового димо- та тепловидалення.

Виявлено, що робота функціонального макету ПЗДТ під час нагнітання повітря з одночасним подаванням розпиленого струменю

води є більш ефективним у порівнянні з подаванням тільки повітря, оскільки при цьому час роботи засобу зменшується приблизно в два рази.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Назначение и классификация дымососов [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://taketop.ru/articles/bg/pogar/kldum>.
2. Димовидалення на пожежі: навчальний посібник / В. І. Луцц, О. В. Лазаренко. – Львів: ЛДУ БЖД, 2017. – 100 с.
3. Аналіз масиву карток обліку пожеж (POG_STAT), що надійшли з територіальних органів управління

- ДСНС України за 2014–2018 роки. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.undicz.mns.gov.ua>.
4. Звіт про НДР «Провести дослідження та розробити пропозиції щодо застосування переносних технічних засобів пожежогасіння для підвищення ефективності гасіння пожеж» – УкрНДІЦЗ № Держреєстрації 0117U008840. Київ. – С.150.

REFERENCES

1. Naznachenie i klassifikatsiya dyimososov [Elektronniy resurs]. – URL: <http://taketop.ru/articles/bg/pogar/kldum>.
2. Dymovydalennia na pozhezhi: navchalnyi posibnyk / V. I. Lusch, O. V. Lazarenko. – Lviv: LDU BZhD, 2017. – 100 s.
3. Analiz masyvu kartok obliku pozhezh (POG_STAT), scho nadiishly z terytorialnykh orhaniv upravlinnia DSNS Ukrainy

- za 2014-2018 roky. [Elektronnyi resurs] – Rezhym dostupu: <http://www.undicz.mns.gov.ua>.
4. Zvit pro NDR «Provesty doslidzhennia ta rozrobyty propozytsii schodo zastosuvannia perenosnykh tekhnichnykh zasobiv pozhezhasinnia dlia pidvyschennia efektyvnosti hasinnia pozhezh» - UkrNDITsZ # Derzhreistratsii 0117U008840. Kyiv. – S.150.

EXPERIMENTAL METHODS OF ASSESSING THE EFFICIENCY OF USE OF SMOKE AND HEAT REMOVAL

V. Prisyazhnik, S. Semichaevskiy, M. Yakimenko, M. Osadchuk, O. Kurtov, O. Milutin
The Ukrainian Civil Protection Research Institute, Ukraine

KEYWORDS

gas-air environment, experimental studies, portable means of smoke and heat removal, functional layout

ANNOTATION

The results of experimental studies on determining the coefficient of effective smoke reduction and the coefficient of effective temperature reduction during the implementation of three options for normalization of the gas-air environment in the test box, namely during the creation of a smoky and high-temperature environment and subsequent self-reduction of smoke time of smoke and heat removal by injection of air and by simultaneous supply of air and sprayed jets of water to the test box using portable means of smoke and heat removal.

A large number of firefighting cases are associated with the hazardous effects on the personnel of hazardous fire factors. In particular, the effects of high temperatures and smoke greatly complicate rescue work and firefighting. An important tactical way to reduce such an impact on the personnel of the fire and rescue units is to control the flue streams of the fire by means of portable means of smoke and heat removal, which are functionally intended for local increase of air pressure by injection of air into the area of work of personnel or removal of combustion products from the fire conditions for normalization of temperature and air environment.

At present, there are almost no portable means of smoke and heat removal in the fire-fighting units of the State Emergency Service of Ukraine. Considering that in the period from 2014 to 2018 during the firefighting and elimination of the consequences of emergencies in Ukraine, there was a tendency to increase the number of used units of gas and fire protection service from fires from 5802 to 7804 and increase their operating time from 1704 h to 2544 h. the need for widespread use of fire and rescue units and portable means of smoke and heat removal. In order to assist in solving this problem, a functional layout of a portable smoke and heat extraction type was created at the Ukrainian Research Institute of Civil Protection within the framework of the research work "Smoke and Heat Removal Means".

According to the developed methodology, the experts of the institute conducted experimental studies to determine the effective smoke reduction coefficient and the effective temperature reduction coefficient in the fire room during the use of such means.

The results of the experimental studies are presented in the appropriate graphs

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЕРЕНОСНЫХ СРЕДСТВ ДЫМО- И ТЕПЛОУДАЛЕНИЯ

В.В. Присяжнюк, С.В. Семичаевский, М.Л. Якименко, М.В. Осадчук, О.В. Куртов, О.В. Милютин
Украинский научно-исследовательский институт гражданской защиты, Украина

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

газовоздушная среда, экспериментальные исследования, переносные средства дымо- и теплоудаления, функциональный макет

АННОТАЦИЯ

Приведены результаты экспериментальных исследований по определению коэффициента эффективного уменьшения задымленности и коэффициента эффективного снижения температуры при реализации трех вариантов нормализации газовой среды в испытательном боксе, а именно при создании задымленной и высокотемпературной среды и дальнейшего самостоятельного уменьшения задымленности и снижения температуры в течение определенного промежутка времени, при дымо- и теплоудалении путем нагнетания воздуха и путем одновременной подачи воздуха и распыленной струи воды в испытательный бокс с помощью переносного средства дымо- и теплоудаления