

АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДИК З ВИЗНАЧЕННЯ ВОДОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІДПРИЄМСТВА НА ПОТРЕБИ ПОЖЕЖОГАСІННЯ

Ярослав Балло¹, Вікторія Балло², Світлана Голікова³, Олеся Савченко⁴

^{1,3,4}Український науково-дослідний інститут цивільного захисту
18, вул. Рибальська, м. Київ, Україна, 01011

¹канд.техн.наук, 2801397@ukr.net, orcid.org/0000-0002-9044-1293

³goldennika@ukr.net, orcid.org/0000-0001-5483-0972

⁴o.savcheko@ukr.net, orcid.org/0000-0003-4682-8332

²Київський національний університет будівництва і архітектури
31, пр. Повітрофлотський, м. Київ, Україна, 03037
vballo@ukr.net, orcid.org/0000-0003-3358-9168

Анотація. В даній роботі приведено аналіз застосування чинних методів розрахунків водозабезпечення на потреби зовнішнього та внутрішнього пожежогасіння на прикладі філії «Дарницького вагоноремонтного заводу» ПАТ «Українська залізниця» для обґрунтування рішення щодо необхідності реконструкції водопровідної мережі. Наведено аналіз пожежної небезпеки об'єктів, які входять до складу підприємства з врахуванням особливостей технологічного процесу виробництва та добового споживання води. Визначено найбільш небезпечну споруду за рівнем пожежної небезпеки, що входить до складу підприємства, а також проведено аналіз ситуаційного розташування джерел зовнішнього протипожежного водопостачання, які можуть застосовуватимуться вразі гасіння пожежі. Розраховано мінімально необхідну кількість води на потреби зовнішнього пожежогасіння об'єкту з врахуванням типу небезпеки пожежного навантаження. Визначено тип водних вогнегасних речовин, а також мінімальну кількісну характеристика сил і засобів, які повинні залучатися в разі пожежі для гасіння об'єкта захисту. Проаналізовано фактичний стан джерел протипожежного водопостачання та протипожежного запасу води з врахуванням максимальної добової витрати води на господарсько-питні та виробничі потреби, за результатом яких зроблено висновок щодо необхідності їх реконструкції. Приведено загальний висновок за результатами розрахунків за двома альтернативними методиками, що включає економічне обґрунтування методів. Охарактеризовано переваги та недоліки альтернативних методик розрахунку водопотреби об'єкта.

Ключові слова: протипожежне водопостачання; зовнішнє пожежогасіння; внутрішнє пожежогасіння; водопровідні мережі; розрахунок водопотреби.

ВСТУП

На сьогоднішній день під час проектування або реконструкції об'єкту, визначення потреби води для протипожежного захисту об'єкту, можна виконувати за двома діючими методиками – методика розрахунку згідно будівельних норм [1,2], яка базується на геометричних параметрах будівлі або за методикою, яка

враховує одночасно геометричні параметри об'єкту та його пожежне навантаження згідно вимог [3]. Методика визначення кількості води на потреби пожежогасіння, яка ґрунтується на вимогах будівельних норм [1,2] як правило застосовується під час нового будівництва або реконструкції будинків та споруд. Методика розрахунку [4], яка враховує зна-

чення пожежного навантаження на об'єкті, застосовують під час визначення сил та засобів для гасіння пожежі та перевірки розрахунків із застосуванням найбільш несприятливих сценаріїв пожеж.

На сьогоднішній день серед фахівців науково-дослідних та проектних організацій виникають дискусійні питання стосовно переваг одної із зазначених методик. Методика визначення водопотреби згідно [1,2] має ряд переваг з точки зору визначення вихідних даних для розрахунку, але через прив'язку будівельних норм до типових проектів будівель та їх об'ємно-планувальних параметрів, в ньому закладені великі коефіцієнти запасу, а тому він обумовлює значні капітальні витрати для реалізації протипожежного водозабезпечення на етапі будівництва. Методика [4] більш трудомістка на етапі аналізу пожежної небезпеки об'єкту, насамперед щодо визначення величини пожежного навантаження об'єкту, проте вона дозволяє в деяких випадках заощадити капітальні вкладення на реалізацію протипожежного водозабезпечення на етапі будівництва і при цьому не знижує рівень пожежної безпеки в цілому для об'єкту.

Забезпечення промислового підприємства водою на потреби пожежогасіння є важливою складовою протипожежного захисту та передумовою ліквідації можливої пожежі на початковій стадії її розвитку. Визначення необхідної кількості води, сил та засобів на потреби внутрішнього і зовнішнього пожежогасіння для об'єкту, після його технологічної модернізації або реконструкції та зміни ряду функціональних параметрів є особливо відповідальним етапом та потребує урахування всіх об'ємно-планувальних, конструктивних, інженерних і технологічних змін з метою забезпечення якісного протипожежного захисту об'єкту.

В даній роботі приведено аналіз розрахунків за двома вищезазначеними методиками на прикладі філії «Дарницький вагоноремонтний завод» (далі – Завод) для можливості їх раціонального застосування з точки зору забезпечення необхідного рівня пожежної безпеки людей і об'єкту, а також для визначення необхідності реконструкції зовнішніх водопровідних мереж об'єкту після його реконструкції.

Мета досліджень – обґрунтування прийняття рішення щодо необхідності (або відсутності необхідності) реконструкції зовнішньої водопровідної мережі шляхом проведення аналізу результатів розрахунку необхідної кількості води на потреби пожежогасіння здійсненого на основі двох альтернативних методик.

Об'єкт дослідження – аналіз результатів визначення необхідної кількості води на потреби пожежогасіння об'єкту, здійсненого на основі двох альтернативних методик.

Для досягнення мети слід було розв'язати наступні задачі:

1. Провести аналіз існуючої проектно-документації в частині існуючих витратних характеристик зовнішньої об'єднаної водопровідної мережі Заводу, їх розрахункову водовіддачу на потреби пожежогасіння, об'ємно-планувальні характеристики об'єктів Заводу.

2. Провести аналіз пожежної небезпеки об'єктів Заводу, зокрема провести оцінку пожежного навантаження.

3. Визначити витрати води на зовнішнє та внутрішнє пожежогасіння за методикою згідно [1,2] та за методикою [4] під час максимального водоспоживання.

4. Провести порівняльний аналіз даних, отриманих за результатом проведених розрахунків для надання висновку, щодо забезпечення об'єкту необхідною кількістю води на потреби пожежогасіння філії Заводу, а також необхідності реконструкції його зовнішніх водопровідних мереж.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Дарницький вагоноремонтний завод (далі - Завод) запроектований в 1934 році з розрахунковою виробничою потужністю у 6000 вагонів за рік, який за свою історію пройшов декілька етапів модернізації і на сьогоднішній день виконує капітальний ремонт 40 моделей вантажних чотирьохвісних вагонів [5]. Особливістю водозабезпечення, в тому числі і протипожежного, Дарницького району міста Києва є те, що не зважаючи на масштабну промислову та соціальну забудову, даний район не мав централізованого водопостачання до введення в 1961 році в експлуатацію Деснянської водопровідної станції. До цього моменту водопостачання Заводу (в тому числі протипожежне) відбувалося з двох свердловин загальним дебетом 55 м³/год підключених до кільцевої водопровідної мережі Заводу. Дана водопровідна мережа об'єднаного типу забезпечує виробничі, протипожежні та господарсько-питні потреби Заводу і на сьогоднішній день додатково підключена до централізованої мережі. Ця мережа також обладнана пожежними гідрантами для забезпечення потреб зовнішнього пожежогасіння Заводу.

Декілька етапів модернізації Заводу призвело до зміни ряду технологічних процесів та введення в експлуатацію нових виробничих ліній, а також закриття деяких старих споруд та цехів, що призвело до відсутності даних щодо відповідності існуючого протипожежного водопроводу стосовно його водовіддачі нормативним вимогам.

Для проведення аналізу водозабезпечення Заводу було визначено наступні вихідні дані: загальна площа території Заводу - 52,8 га; загальна кількість працівників у найбільшу зміну 466 чоловік; водне господарство Заводу складається із внутрішньої мережі водопостачання підключеної до міської мережі двома вводами діаметром 100 мм та 150 мм., а

також двох підземних резервуарів по 900 м³ із протипожежним запасом води та двох свердловин із дебітом 55 м³/годину.

На території Заводу функціонують такі споруди:

- вагоноремонтний цех у складі якого функціонує малярне приміщення;
- ливарний цех із електричними печами;
- ковальський цех із електричними печами;
- механічний цех із токарними станками;
- котельня, що працює на газу;
- склади готової продукції, в яких зберігаються негорючі матеріали в негорючій упаковці.

За результатом аналізу пожежної небезпеки приміщень з найбільшим пожежним навантаженням для розрахунку визначено вагоноремонтний цех загальним об'ємом 713076 м³, у складі якого функціонує малярне приміщення, яке відокремлене протипожежною стіною REI 60 та обладнане системою автоматичного порошкового пожежогасіння.

Відповідність існуючих витрат води від мереж водопостачання Заводу нормативним витратам під час гасіння умовної пожежі забезпечується у разі виконання умови (1):

$$Q_{\text{в.в.}} \geq Q_{\text{н.в.}}, \quad (1)$$

де $Q_{\text{в.в.}}$ - існуюча водовіддача водопровідної мережі Заводу, л/с; $Q_{\text{н.в.}}$ - нормативна водовіддача під час гасіння умовної пожежі на території Заводу, л/с.

Виходячи з того, що зовнішня водопровідна мережа Заводу є об'єднаного типу для потреб виробничого, господарсько-питного та протипожежного водопостачання, то нормативні витрати води під час гасіння умовної пожежі на території Заводу складаються згідно [1] із витрат на: зовнішнє пожежогасіння, внутрішнє пожежогасіння, потреби вироб-

ництва, господарсько-питні потреби та визначаються за рівнянням (2).

$$Q_{н.в.} = 1,1 \times (Q_{з.п.г.} + Q_{вн.п.г.} + Q_{вироб.} + Q_{г.п.}). \quad (2)$$

де $Q_{з.п.г.}$ – витрати води на зовнішнє пожежогасіння; $Q_{вн.п.г.}$ – витрати води на внутрішнє пожежогасіння; $Q_{вироб.}$ – витрати води на виробництво; $Q_{г.п.}$ – витрати води на господарсько-питні потреби; 1,1 – 10% коефіцієнт запасу (прийнята величина), що враховує зношеність мереж водопостачання Заводу згідно [1,2].

Оскільки зовнішня водопровідна мережа Заводу є кільцевою та не дублюється, то водовіддачу водопровідної мережі Заводу $Q_{в.в.}$ визначено за технічними характеристиками цієї мережі.

Визначення витрат води на потреби зовнішнього пожежогасіння згідно [2,4]. Оскільки загальна площа Заводу становить 52,8 га, розрахунок витрат води на зовнішнє пожежогасіння виконано згідно [2] для однієї пожежі. Витра-

ти води на внутрішнє пожежогасіння $Q_{вн.п.г.}$ складаються із витрат на роботу внутрішніх пожежних кран-комплектів для найбільш пожежонебезпечної виробничої споруди Заводу, тобто згідно аналізу пожежної небезпеки об'єкту – для вагоноремонтного цеху Заводу.

За результатом аналізу проектної документації щодо зовнішніх мереж водопостачання Заводу, було визначено, що водопровідна мережа має однаковий діаметр трубопроводу – 150 мм. Дана гідравлічна характеристика значно спрощує аналіз водовіддачі мережі, так як не потребує розділення мережі на розрахункові ділянки, в яких за однакового тиску буде різна швидкість потоку, а відповідно і різна водовіддача. Таким чином для діаметру трубопроводу D 150 мм за довідковими даними [6] встановлено, за мінімального тиску 0,2 МПа водовіддача становитиме $Q_{в.в.} = 70$ л/с. На рис. 1 наведено план-схема зовнішньої водопровідної мережі Заводу.

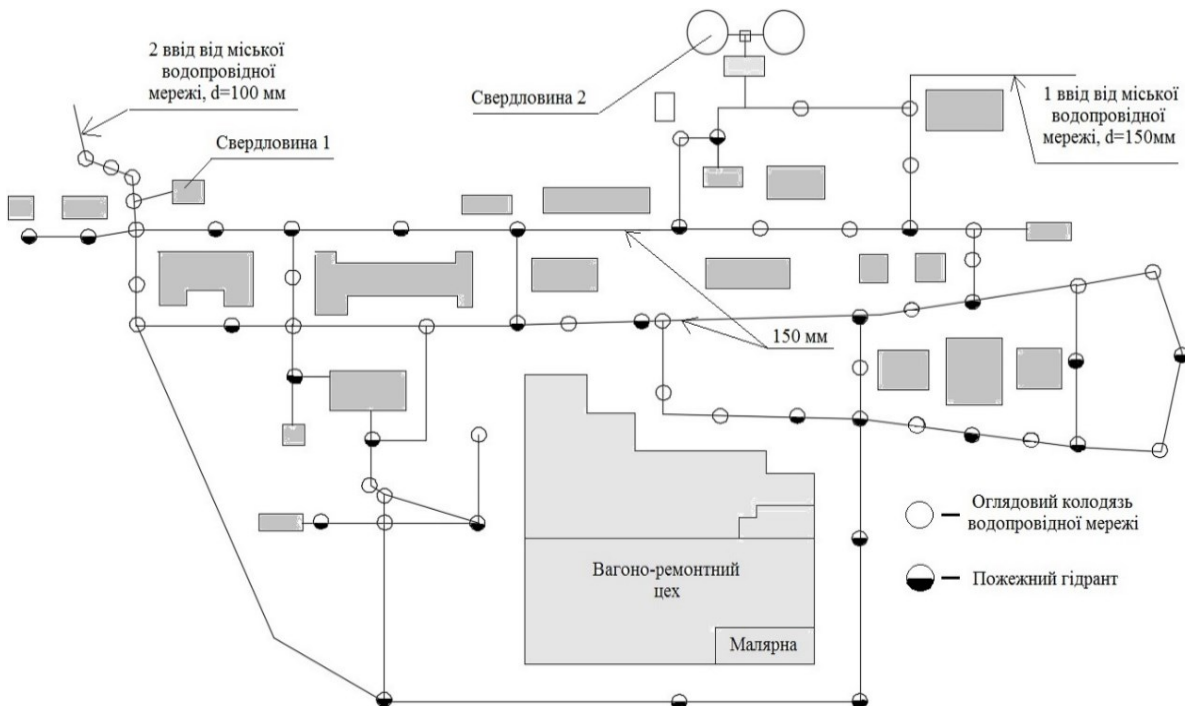


Рис. 1. План-схема зовнішніх водопровідних мереж Заводу
 Fig. 1. The plan-scheme of water-related measures for the Plant

Відповідно до вимог будівельних норм, витрату води на зовнішнє пожежогасіння слід визначати за таблицями 5 або 6 [2]. Витрата на зовнішнє пожежогасіння $Q_{з.п.г.}$ будівлі вагоноремонтного цеху згідно таблиці 6 [2] становить не менше 50 л/с, як для будинку загальним об'ємом більше 700 000 м³, ступенем вогнестійкості II та категорією будівлі за вибухопожежною небезпекою – Д із шириною більше 60 м. За таких витрат зовнішнє пожежогасіння згідно з п. 12.16 [2] слід забезпечувати не менше ніж від 2 пожежних гідрантів, з урахуванням витрат від одного пожежного гідранта до 15 л/с, тобто за даних умов не менше ніж від чотирьох пожежних гідрантів.

За результатами визначення стану забезпечення території Заводу джерелами зовнішнього протипожежного водопостачання, встановлено, що виробнича споруда вагоноремонтного цеху обслуговується 10-ма пожежними гідрантами (рис. 1), що забезпечують нормативні витрати для зовнішнього пожежогасіння.

Аналіз виробничої споруди вагоноремонтного цеху показав, що вона відноситься до II ступеня вогнестійкості, за вибухопожежною небезпекою відноситься до категорії Д і не обладнана системою внутрішнього протипожежного водопроводу та пожежними кран-комплектами, що не суперечить вимогам пункту 8.4, підпункту «е» [1]. Виходячи з вищенаведеного в рівнянні (2), для пожежних кранів $Q_{вн.п.г.}=0$ л/с. За результатом аналізу технології виробництва, встановлено що максимальне значення витрати води на виробничі потреби) в рівнянні (2) $Q_{вироб} = 8,9$ л/с.

Також відповідно до пункту 6.2.10 [2] під час розрахунку витрат води на потреби пожежогасіння підприємств виробничого призначення, витрати води на гігієнічні, господарсько-побутові проблеми, миття технологічного устаткування та благоустрій в розрахунках не враховується. Таким чином розрахунко-

ві витрати води на господарсько-питні потреби в рівнянні (2) $Q_{г.п.} = 0$ л/с.

Таким чином нормативна витрати води з врахуванням виробничих потреб ($Q_{вироб} = 8,9$ л/с) та 10% запасу під час гасіння умовної пожежі на території Заводу складає $Q_{н.в.} = 64,8$ л/с. Так як за мінімального тиску 0,2 МПа водовіддача кільцевої водопровідної мережі діаметром 150 мм становитиме $Q_{в.в.} = 70$ л/с нормативна вимога згідно (1) щодо водозабезпечення Заводу виконується.

Визначення витрати води на потреби зовнішнього пожежогасіння згідно [4]. Відповідно до [4] для розрахунків сил та засобів, необхідних для гасіння умовної пожежі обрано найбільш небезпечний за пожежною небезпекою вагоноремонтний цех, загальною площею 64825 м², а також висотою приміщення 11 м.

За сценарій розвитку пожежі прийнято: у вагоноремонтному цеху сталося коротке замикання з подальшим загорянням пластикового контейнеру із горючими матеріалами та розповсюдженням пожежі на площу 177 м², що відповідає попереднім розрахункам за [4]. Визначення необхідної витрати вогнегасної речовини (в даному випадку вода) визначається за формулою (3):

$$Q_H^r = S(n\epsilon) \cdot I_p \quad (3)$$

де Q_H^r – необхідна витрата вогнегасних речовин для гасіння пожежі, л/с; $S_p(\Gamma)$ – площа пожежі (гасіння), м². Приймаємо (177 м²); I_p – розрахункова інтенсивність подачі води на гасіння, л/(с·м²), відповідно [4] таблиця 4.18 для ангарів, гаражів, майстерень, трамвайних і троллейбусних депо = 0,2 л/(с·м²).

Таким чином, необхідні витрати вогнегасних речовин для ліквідації прийнятої пожежі становлять 35,4 л/с, при цьому для гасіння розрахункової пожежі необхідно 5 стволів типу «А» із витратою 7,4 л/с при напорі 0,4МПа.

Кількість водяних пожежних стволів для захисту ($N_{пр}^3$) вагоноремонтного

цеху визначається виходячи з тактичних міркувань щодо кількості місць захисту. При цьому враховуються умови обстановки на пожежі, оперативно-тактичні фактори та вимоги [10].

У даному випадку прийнято, що 2 пожежні стволи подаються на захист несучих стін вагоноремонтного цеху та 2 пожежні стволи подаються на захист покрівлі (разом 4 стволи «Б»).

Таким чином для захисту вагоноремонтного цеху необхідно 4 стволи «Б» з витратами води 3,7 л/с (q_{np}^3).

Визначення фактичної витрати води на захист:

$$Q_{\phi}^3 = N_{np}^3 \cdot q_{np}^3 \quad (4)$$

де N_{np}^3 – кількість пожежних стволів для захисту.

Таким чином, необхідні витрати вогнегасних речовин для захисту становлять 14,8 л/с, а загальна витрата води для гасіння умовної пожежі вагоноремонтного цеху становить 50,2 л/с.

Під час проведення розрахунків Заводу враховувалась виключно наявна потужність зовнішньої водопровідної мережі без врахування наявних на території свердловин, а також резервуарів протипожежного запасу води, які є важливою додатковою передумовою протипожежного захисту Заводу.

Порівняння результатів розрахунків за обома методиками показало, що за методикою [1,2] водозабезпечення Заводу має складати 64,8 л/с, а за методикою [4] мінімальне водозабезпечення об'єкту для гасіння умовної пожежі складає 50,2 л/с. Результати обох розрахунків задовольняють умови наведені в рівнянні (2) із врахуванням 10% запасу, тобто гідравлічні параметри мережі відповідають чинним будівельним вимогам, а тому водопровідна мережа не потребує реконструкції.

ВИСНОВКИ

Аналіз методик з визначення витрати води на зовнішнє та внутрішнє пожежо-

гасіння Заводу показав, що критерії методик не мають взаємних суперечностей, хоч вони базуються на різних параметрах, що використовуються під час розрахунку. Також за результатами розрахунку підтверджено, що в окремих випадках, метод визначення водопотреби об'єкту за величиною пожежного навантаження на об'єкті, дозволяє заощадити капітальні вкладення, не знижуючи при цьому рівень пожежної безпеки самого об'єкту. Також варто відзначити, що застосування одночасно обох методик під час розрахунків з визначення протипожежного водозабезпечення об'єктів завжди доречне з точки зору самоконтролю та забезпечення належного рівня пожежної безпеки.

ЛІТЕРАТУРА

1. **ДБН В.2.5-64:2012** Внутрішній водопровід та каналізація. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво. [чинні від 2013-03-01]. К.: Мінрегіон України //вид-во ДП Укрархбудінформ, 2013. 105 с. (Державні будівельні норми).
2. **ДБН В.2.5-74:2013** Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення до проектування [чинні від 2014-01-01]. К.: Мінрегіон України //вид-во ДП Укрархбудінформ, 2014. 172 с. (Державні будівельні норми).
3. **Закон України** про будівельні норми : станом на 05.01.2013 / Верховна Рада України. Офіц. вид. К.: Парлам. вид-во, 2014. 29 с. (Бібліотека офіційних видань).
4. **Методики** розрахунку сил і засобів, необхідних для гасіння пожеж у будівлях і на територіях різного призначення: Наказ МНС України 16.12.2011 № 1341. К *Міністерство надзвичайних ситуацій*. 7 с (Нормативні директивні правові документи).
5. **Кобзар В.В.** Водопостачання та водовідведення лівого берега міста Києва (коротка історична довідка / В.В. Кобзар. - *Журнал полімерні труби. Україна* [Електронний ресурс] К.: 2013. 4 с. Режим доступу до сайту: <http://polypipe.info/history/1460-vodopostachannya-ta-vodovidvedennya-livogo-berega-mista-kieva-korotka-istorichna-dovidka>.
6. **Довідник** керівника гасіння пожежі [Кортинський П.А., Савинський С.П. Волошко С.В. та ін.] К. *УкрНДШЦ*. 2016. 320 с..
7. **Правила** пожежної безпеки в Україні : НАПБ А.01.001-2014. К: *М-во внутрішніх справ*,

2014. 27 с. (Нормативний документ МВС України. Правила).

8. **Рабинович Е.З.** Гидравлика / Е.З. Рабинович // *Недра*. Ленінград. 1980. – 407 с.

9. **Статут** дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту. К: *М-во внутрішніх справ*, 2018. 8 с. (Нормативний документ МВС України. Статут).

10. **Методичні** рекомендації зі складання та використання оперативних планів і карток пожежогасіння. К: *М-во надзвичайних ситуацій*, 2011. 5 с. (Нормативний документ МНС України. Методичні рекомендації).

REFERENCES

1. **DBN B.2.5-64: 2012** Inland water pipes and sewerage. Part I. Designed. Part II Construction. [effective from 2013-03-01]. *Minregion of Ukraine*. 105. [in Ukrainian]

2. **DBN B.2.5-74: 2013** Water supply. External networks and facilities. Basic design provisions *Minregion of Ukraine*. 172. [in Ukrainian]

3. **Law of Ukraine on building codes: as of January 5, 2013.** *Verkhovna Rada of Ukraine*. 29. [in Ukrainian]

4. **Methods** of calculating the forces and means necessary to extinguish fires in buildings and territories of different purposes: the Order of the Ministry of Emergencies of Ukraine dated **16.12.2011** No. 1341. *Ministry for Emergencies of Ukraine*. 7. [in Ukrainian]

5. **Kobzar V.V. (2013).** Water supply and drainage of the left bank of the city of Kyiv (short historical background. Electronic resource:

<http://polypipe.info/history/1460-vodopostachannya-ta-vodovidvedennya-livogo-berega-mista-kyeva-korotka-istorichna-dovidka>.

6. **Korotinsky P.A., Savinsky S.P. Voloshko SV etc.(2016).** Directory of the fire extinguishing director. *K. UkrNIEDZZ*. 320. [in Ukrainian]

7. **Fire safety** rules in Ukraine: NAPB A.01.001-2014. *Ministry of Internal Affairs*. 27. [in Ukrainian]

8. **Rabinovich E.Z. (1980).** Hydraulics. *Nedra*. 407. [in Russian]

9. **Statute of actions** in emergencies of the authorities and units of the Civilian Protection Rescue Service. **(2018).** *Ministry of Internal Affairs*, 8. [in Ukrainian]

10. **Methodical recommendations** for the compilation and use of operational plans and firefighting cards. **(2011).** *Ministry for Emergencies of Ukraine*. 5. [in Ukrainian]

Analytical research of the methods of determination of waste supply for fire fighting needs of enterprises

Yaroslav Ballo, Victoria Ballo, Svetlana Golikova, Olesya Savchenko

Abstract. The results application methods of calculations fire water supply for the needs of external and internal fire extinguishing on an example of a branch «Darnytsky wagon repair factory» PJS company «Ukrainian railway» to substantiate the decision on the need for the reconstruction of the water supply network. The analysis of fire hazard of objects that are part of the enterprise with the account of the features of technological process of production and daily consumption of water is given. The most dangerous building according to the level of fire danger, which is part of the enterprise, is determined, as well as an analysis of the situational location of the sources of external fire water supply that can be used in the event of fire suppression. The minimum required amount of water for the needs of the fire extinguishing of the object is calculated taking into account the type of danger of fire load. The type of water extinguishants, as well as the minimum quantitative characteristics of the forces and means that must be involved in the event of a fire to extinguish the object of protection, are determined. The actual state of the sources of fire water supply and fire water reserves with the account of the maximum daily water consumption for drinking water and production needs is analyzed, as a result of which the conclusion about the necessity of their reconstruction is made. A general conclusion is drawn based on the results of calculations by two alternative methods, which includes the economic substantiation of the methods. Characterized advantages and disadvantages of alternative methods of water consumption calculation.

Key words: fire fighting water supply; external fire fighting; internal fire fighting; water supply networks; calculation of water consumption.

Стаття надійшла до редакції 8.12.2018