

263 – Цивільна безпека
УДК 669.15-194:620.92

doi.org/10.31498/2522-9990312026359392

Нестеров О.В., Капустян О.Є., Рубан В.Т.

ПІДТРИМАННЯ СТАБІЛЬНОСТІ РОБОТИ ПІДПРИЄМСТВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ПІД ЧАС ВОЄННОГО СТАНУ

У роботі розглянуто актуальну проблему забезпечення стійкості функціонування об'єктів критичної інфраструктури України в умовах збройної агресії. На тлі повномасштабного вторгнення російської федерації особливої ваги набуває захист промислових підприємств, зокрема термічних цехів машинобудівної галузі, які відіграють ключову роль у підтриманні обороноздатності держави. Проаналізовано нормативно-правові засади у сфері захисту критичної інфраструктури та визначено основні завдання державної політики щодо попередження кризових ситуацій, мінімізації ризиків і ліквідації наслідків надзвичайних подій. Досліджено особливості технологічних процесів термічної та хіміко-термічної обробки, а також склад і функціонування відповідного обладнання. Встановлено, що вразливість таких об'єктів зумовлена використанням вибухонебезпечних газових середовищ, складних автоматизованих систем управління та високих температурних режимів. Розглянуто вплив сучасних засобів ураження, зокрема ракетного озброєння, на промислові об'єкти, а також проаналізовано фактори ураження – ударну хвилю, уламкову дію та вторинні наслідки, такі як пожежі та хімічне забруднення. Виконано розрахунки параметрів ударної хвилі при застосуванні ракети типу «Кинжал», а також визначено масштаби можливого хімічного забруднення при витоку аміаку. Отримані результати свідчать про високий рівень ризику для персоналу та значні руйнування будівель і технологічного обладнання. Обґрунтовано, що вторинні фактори ураження можуть призводити до масштабних аварій і людських втрат. Запропоновано комплекс організаційних та інженерно-технічних заходів, спрямованих на забезпечення безперервної роботи підприємств, зокрема використання підземних виробничих приміщень, підвищення надійності систем енергопостачання, водопостачання та вентиляції, а також впровадження резервних джерел ресурсів. Реалізація запропонованих рішень дозволить підвищити рівень захищеності об'єктів критичної інфраструктури та зменшити негативні наслідки в умовах воєнних загроз.

Ключові слова: *вражаючі фактори, критична інфраструктура, стабільність функціонування.*

Постановка проблеми. У Зверненні Верховної Ради України до парламентів і урядів держав світу та міжнародних організацій з нагоди річниці повномасштабного вторгнення російської федерації в Україну зазначено: 24 лютого 2022 року російська федерація перейшла до відкритої збройної агресії проти України, що супроводжується безпрецедентними за своїм цинізмом і жорстокістю воєнними злочинами, злочинами проти людяності, злочинами геноциду та ядерним шантажем, внаслідок якої порушено загальновизнані норми та принципи міжнародного права, територіальна цілісність і непорушність кордонів суверенної держави, принципи незастосування сили чи погрози силою проти територіальної цілісності чи політичної незалежності держави.

У відповідності до статті 5 Закону України «Про критичну інфраструктуру» від 05.12.2022 р. зі змінами внесеними згідно із Законом № 2684-IX від 18.10.2022, метою державної політики у сфері захисту критичної інфраструктури є забезпечення безпеки об'єктів

критичної інфраструктури, запобігання проявам несанкціонованого втручання в їх функціонування, прогнозування та запобігання кризовим ситуаціям на об'єктах критичної інфраструктури.

До основних завдань у сфері захисту критичної інфраструктури належать:

- попередження кризових ситуацій, що порушують безпеку критичної інфраструктури;
- розроблення комплексу заходів з контролю за ризиками безпеки, виявлення, запобігання та ліквідації наслідків інцидентів безпеки на об'єктах критичної інфраструктури;
- встановлення обов'язкових вимог із забезпечення безпеки об'єктів критичної інфраструктури, їх захищеності на всіх етапах життєвого циклу, у тому числі під час створення, прийняття в експлуатацію, модернізації;
- аналіз викликів та загроз, що впливають на стійкість критичної інфраструктури, оцінка стану її захищеності.

Історично Україна є державою з найбільш розвинутим та сучасним промисловим комплексом, де частка інноваційних технологій та процесів є досить суттєвою. Українське авіабудування, проектування та виробництво ракетної техніки, радіоприладобудування, виготовлення спеціалізованого обладнання для машинобудівного та металургійного комплексів вважаються у світі одними з провідних галузей. Безперервне функціонування підприємств цих галузей і є запорукою підтримання обороноздатності нашої країни.

Кричущою проблемою залишається захист цивільного населення, промислових підприємств в урбанізованих районах, які не є дотичними до бойових дій.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Вплив факторів вогневого ураження на стабільність функціонування основного технологічного обладнання термічного цеху.

Термічні цехи є невід'ємною частиною виробничого циклу машинобудівних підприємств. В структурі сучасних термічних цехів повинно передбачити наявність технологічного обладнання для виконання усіх необхідних операцій термічної або хіміко-термічної обробки на будь яких стадіях виготовлення виробів. Як приклад, оснащення термічного цеху двигунобудівного підприємства передбачає застосування камерних, шахтних, прохідних печей без функції утворення захисних атмосфер для виконання нормалізації або відпалу литих та деформованих заготовок. Печі такого ж типу, але в яких є можливість створення захисних атмосфер на базі азоту або аргону для виконання операцій гартування та відпускання або печі для вакуумної термічної обробки. Для виконання операцій хіміко-термічної обробки потрібно спеціалізоване обладнання для створення насичувальних атмосфер при виконанні подальших операцій азотування, цементації, нітроцементації [1]. Крім основного технологічного обладнання є потреба у допоміжному обладнанні, до якого можна віднести камери для очищення поверхні деталей до та після оброблення, комплекс обладнання для нанесення гальванічних покриттів, обладнання для виконання контрольних операцій, в тому числі електронне обладнання для управління технологічними параметрами пірометричного супроводу технологічних операцій.

Особливістю процесів термічної та хіміко-термічної обробки є те, що сталість режимів та параметрів може бути забезпечена тільки при використанні елементів автоматичного управління без будь-якого зовнішнього втручання.

Найбільш показовим прикладом є термічна або хіміко-термічна обробка у вакуумних печах, зокрема, для підтримки температурних режимів використовуються основні та контрольні термопари типу ТПП, для створення необхідних значень вакууметричного тиску використовують датчики магнітоелектричного типу, а для вимірювання надлишкового тиску охолоджуючих газів - датчики мембранного типу. В сучасних вакуумних термічних печах відомих світових виробників усі ці функції поєднуються у програматорах, в яких використовуються доволі складні комп'ютерні програми.[2]

Наприклад, для приготування вуглецевмісних насичувальних атмосфер використовуються природній газ та аміак. Технологічним процесом передбачена подача еногазу безпосередньо в робочу камеру. Для доведення насиченості середовища у відповідності технологічним параметрам цементування деталей з певної марки сталі додатково подається природний газ у чистому вигляді до значень вуглецевого потенціалу від 0,4 % до 1,2 % по вуглецю. В реальному процесі повна дисоціація не відбувається, тому в складі насичувальної атмосфери завжди примутні залишки метану. У двокамерних печах по закінченню стадії цементування садка переміщується з робочої камери у форкамеру. Основною небезпекою при цьому є виток залишків вибухонебезпечного насичувального середовища у форкамеру, що може призвести до вибуху при потраплянні в неї зовнішнього повітря [3].

Таким чином, при втраті герметичності робочого простору печі, у разі прямого влучання того чи іншого боєприпасу безпосередньо по території термічного цеху, ризик виникнення масштабних пожеж внаслідок вибуху газо-повітряних сумішей критично підвищується. Крім цього виникає забруднення виробничого середовища небезпечними речовинами, зокрема аміаком.

Що стосується термічної обробки у вакуумних печах, дія ударної хвилі при вибуху боєприпасів призводить до неповоротної втрати працездатності електронних елементів управління параметрами технологічного процесу в печі.

Мета роботи. Визначення заходів щодо можливості безперервної роботи об'єктів критичної інфраструктури під час агресії супротивника та оцінка їх ефективності.

Виклад основного матеріалу. *Застосування засобів ураження в сучасних воєнних конфліктах.* За інформацією з відкритих джерел [4] до звичайних засобів ураження прийнято відносити боєприпаси, вражаючи дія яких ґрунтується на використанні вибухових речовин, наприклад, тротилу, вуглеводнів і запалювальних речовин. Вражаючи дія звичайних засобів ураження залежить здебільшого від кількості речовини, яка використовується, її виду, теплофізичних властивостей і конструктивних особливостей боєприпасів. Залежно від призначення та виду вибухової речовини, звичайні засоби ураження поділяються на осколково-фугасні, запалювальні боєприпаси та боєприпаси об'ємного вибуху.

Наприклад, осколково-фугасні снаряди ЗВОФ39 мають масу вибухової речовини 6,42 кг, боєприпаси призначені переважно для руйнування промислових і адміністративних об'єктів, техніки та ураження людей. Вражаючи властивості осколково-фугасних боєприпасів та їхніх різновидів зумовлені дією ударної хвилі, що утворюється внаслідок дії вибухової речовини, і осколків, що розлітаються в різні боки. Радіус руйнування об'єктів і ураження людей залежить від калібру боєприпасу, міцності споруд, захищеності людей і становить здебільшого десятки метрів.

Бетонобійні боєприпаси призначені для руйнування злітно-посадкових смуг аеродромів, міцних споруд та інших об'єктів, що мають бетонне покриття. Бойова частина бетонобійного снаряда виконана у вигляді комбінації двох зарядів - кумулятивного і фугасного. Кумулятивний заряд забезпечує пропалювання шару бетону до 30 см і додаткове проникнення в ґрунт до 7 м. Ефективність боєприпасу в 10 разів перевищує ефективність звичайної фугасної бомби того ж калібру. Кумулятивні боєприпаси призначені для ураження броньованих цілей. Принцип дії цих боєприпасів ґрунтується на пропалюванні перешкоди потужним струмом продуктів детонації вибухових речовин з температурою 6 - 7 тис. градусів і тиском $5 \cdot 10^5$ - $6 \cdot 10^5$ кПа. Сфокусовані продукти детонації здатні пропалювати отвори в броньованих плитах завтовшки кілька десятків сантиметрів і спричинити пожежі. Наприклад, 152-мм бетонобійно-фугасний снаряд 53-Г-530 до гаубиці М-10 зразка 1938 року під час стрільби вилітає з

початковою швидкістю 457 м/с та пробиває залізобетонну стінку, на відстані 1 км і забезпечує пробиття 114 см залізобетону.

Касетні боєприпаси - це звичайні авіаційні бомби великого калібру, що оснащені малогабаритними боєприпасами різних видів, наприклад, осколковими з детонаторами миттєвої дії для ураження техніки та людей поза укриттями. Касетні боєприпаси з готовими елементами дозволяють у десятки разів збільшити площу ураження.

Ще більшу загрозу несе застосування ракетної зброї. Росія обстрілює українські міста з різних напрямків та за різними траєкторіями різними типами ракет, намагаючись вирахувати прогалини в обороні й обійти українську ППО. Спочатку йдуть масовані атаки безпілотників, а потім комбіновані атаки із застосуванням крилатих і балістичних ракет.

Наприклад, «Іскандер» - це оперативно тактичний ракетний комплекс, який може використовувати як крилаті, так і квазібалістичні ракети. На озброєнні РФ має «Іскандер-М» з двома квазібалістичними ракетами 9М723. Вага такої ракети 3,8 тони, з яких 480 кг – бойова частина.

"Кинжал" (у ряді джерел Х-47М2 "Кинжал") - російський гіперзвуковий авіаційний ракетний комплекс. Гіперзвукові ракети 9-С-7760 (близько 10 М) комплексу здатні вражати як стаціонарні об'єкти, так і надводні кораблі. Маса боєвої частини 500 кг.

Наступним етапом роботи було визначити параметри зон ураження при вибуху газоповітряних сумішей, хімічного забруднення при витокі аміаку та значень ударної хвилі під час застосування того чи іншого боєприпасу.

Розрахунки зон ураження від дії ударної хвилі, визначення параметрів зон хімічного забруднення та оцінка можливих втрат та руйнувань. При проведенні розрахунків використовувалась методика розроблена Г.П. Деміденком [5].

Розрахунок значень надлишкового тиску та радіусу зони руйнувань при вибуху гіперзвукової ракети 9-С-7760 «Кинжал»(Х-47М2).

Вихідні дані: маса вибухової речовини $Q = 0,5$ т, можливий розліт при прицілюванні за координатами – $r = 20$ м, прогнозований надлишковий тиск ударної хвилі в залежності від маси вибухової речовини та радіусу розльоту боєприпасу – 390 кПа, $r = r_1 = 20$ м

$$\Delta P = 390 \cdot \sqrt{\frac{Q(\text{кг})}{r^3}} = 390 \cdot \sqrt{\frac{0,5 \cdot 10^3}{20^3}} = 97,5 \text{ кПа} .$$

Розрахунок параметрів зони хімічного забруднення внаслідок витокі аміаку при розгерметизації ємностей для зберігання в термічному цеху. Зріджений аміак – бінарна неорганічна сполука NH_3 , ПДК 20 мг/м³, 4-й клас безпеки).

Вихідні дані: маса аміаку, який зберігається в балонах на аміачній рампі при повній її заповненості (в одному балоні 60 кг аміаку, при стандартній заповненості рампи – 3 балони) - $Q = 540$ кг, густина аміаку $d = 0,681$ т/м³, товщина шару при витокі аміаку $h = 0,05$ м, місце знаходження рампи – у спеціальному приміщенні цеху.

Визначення площі (S_p) та радіусу розливу (R_p) аміаку

$$S_p = \frac{Q}{hd} = \frac{540}{0,681 \cdot 0,05} = 5294 \text{ м}^2,$$

$$R_p = \sqrt{\frac{S_p}{\pi}} = \sqrt{\frac{5294}{3,14}} = 41,06 \text{ м}$$

З огляду на те, що аміак є речовиною, яка легко зріджується і при порушенні герметичності балонів має здатність до миттєвого випаровування, тому зона хімічного забруднення стосується як площини цеху, так і прилеглих територій (табл. 1, 2).

Таблиця 1 – Оцінка впливу ударної хвилі на персонал цеху при вибуху боєприпасу-ракету "Кинжал" Х-47М2

Ступень негативного впливу	Величина $\Delta P_{\text{ф}}$, кПа
Для людини безпечно	<10
Легке ураження (забиті місця, вивихи, тимчасова втрата слуху, загальна контузія)	20...40
Середнє ураження (контузія головного мозку, ушкодження органів слуху, розриви барабаних перетинок, кровотеча з носа та вух)	40...60
Сильне ураження (сильна контузія всього організму, втрата свідомості, переломи кінцівок, ушкодження внутрішніх органів)	60...100
Поріг смертельного ураження	100
Летальний вихід у 50% випадків	250...300
Безумовна смертельне ураження	>300

Таблиця 2 – Оцінка ступеню руйнувань при розрахованих значеннях надлишкового тиску (ΔP , кПа)

Об'єкт	Нормативний ступінь руйнувань		
	Повне	Сильне	Середнє
Будівлі промислові			
Цеглові малоповерхові споруди з важким металевим або залізобетонним каркасом	60...100	50...60	40...50
Цеглові багатоповерхові споруди з легким металевим каркасом або без каркасні	60...80	40...50	30...50
Промислові об'єкти			
Трубопроводи наземні	130	50	20
Трансформаторні підстанції	100	40...60	20...40

Проведені розрахунки дають досить впевнений прогноз щодо можливих негативних наслідків дії вражаючих факторів при застосуванні потужного ракетного озброєння по цивільному сектору та промисловим об'єктам критичної інфраструктури. Прогнозувалися наслідки впливу ударної хвилі на людські ресурси та ступінь стійкості промислових об'єктів. При максимальних значеннях надлишкового тиску в зоні руйнувань (згідно розрахункам $\Delta P = 97,5$ кПа) та користуючись даними, наведеними у довіднику Г.П. Димиденка, загроза для людей полягає в тяжких контузіях, чисельних переломах опорно-рухового апарату, ушкодженні внутрішніх органів та, в окремих випадках, смертельному ураженні. Відносно загроз до збереження цілісності елементів промислових об'єктів існує вірогідність повних руйнувань конструкцій будівель, систем енергопостачання та часткових руйнувань комунікацій для постачання рідинних або газоподібних ресурсів по трубопроводах.

У разі витоку газоподібного аміаку з балонів, в зоні його розповсюдження утворюються небезпеки для персоналу у вигляді гострих хімічних отруень, хімічних опіків органів зору та дихання, можливі летальні випадки.

Запропоновані організаційні та інженерно-технічні заходи щодо забезпечення безперервної роботи цеху під час загрози вогневого ураження. Інженерний захист територій та об'єктів критичної інфраструктури передбачає віднесення конгломерацій до відповідних груп цивільного захисту а суб'єктів господарювання до певних категорій цивільного захисту. Розміщення об'єктів критичної інфраструктури повинно здійснюватися з урахуванням наслідків агресивних дій стосовно таких об'єктів. Будівництво споруд, будівель, інженерних

мереж і транспортних комунікацій має відповідати заданим рівням безпеки та надійності з метою безаварійного функціонування об'єктів критичної інфраструктури.

В умовах реальної агресії потрібно негайно брати на облік існуючі споруди подвійного призначення та найпростіші укриття, об'єкти іншого призначення, зокрема підземні і наземні будівлі, гірські та інші підземні порожнини, будувати в особливий період швидко споруджувані захисні споруди та завчасно виготовляти конструкції блок-модульного типу, готових до монтажу та використання.

Затягування бойових дій зі сторони росії і висока вірогідність нових агресивних закидів на незалежність України ставить за мету розміщення найбільш значущих об'єктів промислового виробництва поза зоною досяжності засобами ураження. Одним із можливих організаційно-технічних рішень може бути розміщення промислових потужностей або у підвальних приміщеннях, об'єм яких та облаштування потрібними комунікаціями дозволяє організувати технологічний процес у повному обсязі, або у окремо розташованих поза зонами можливого ураження спеціально побудованих підземних захисних спорудах.

Для вирішення цієї задачі необхідно визначити доцільність використання підземних просторів, створювати технічні проекти по забезпеченню технологічного обладнання усім необхідним з урахуванням вимог охорони праці, санітарних умов, екологічної безпеки та інше [7].

Обов'язковими заходами з практичної реалізації цієї задачі мають бути:

- проведення районування територій за наявністю потенційно небезпечних об'єктів і небезпечних геологічних, гідрогеологічних та метеорологічних явищ і процесів, а також ризику виникнення надзвичайних ситуацій, пов'язаних з ними;
- розроблення та включення вимог інженерно-технічних заходів цивільного захисту до відповідних видів містобудівної і проектної документації та реалізація їх під час будівництва і експлуатації;
- розміщення об'єктів підвищеної небезпеки з урахуванням наслідків аварій, що можуть статися на таких об'єктах як у надзвичайних ситуаціях техногенного походження, так і в умовах збройної агресії.

Таке розміщення виробництва ставить додаткові вимоги до систем енергопостачання, водопостачання та повітрообміну.

Порушення нормальної подачі електроенергії на об'єкт або окремі ділянки виробництва може привести до повного припинення роботи об'єкта. Тому для забезпечення надійного електропостачання в умовах воєнної надзвичайної ситуації при його проектуванні і будівництві повинні бути враховані наступні основні вимоги:

- електропостачання повинне здійснюватися від енергосистем, до складу яких входять електростанції, що працюють на різних видах палива;
- трансформаторні підстанції необхідно надійно захищати від впливу вражувачих факторів, їх стійкість повинна бути не нижче стійкості самого об'єкта;
- електроенергію до ділянок виробництва слід подавати незалежними електрокабелями, прокладеними у землі на глибині 0,8...1,2 м;
- при електропостачанні об'єкта від одного джерела повинне бути не менше двох введів з різних напрямків;
- необхідно створювати автономні, резервні джерела електропостачання, наприклад, потужні автономні електрогенератори;
- система водопостачання повинна базуватися не менше ніж на двох незалежних джерелах, одне з яких доцільно влаштовувати природним;
- на підприємствах слід передбачати оборотне використання води для технічних цілей (це зменшує загальну потребу у воді, а отже, підвищує надійність водопостачання);

- лінії водопроводу всіх мереж водопостачання повинні бути заглиблені в ґрунт на 1...2 м бути закільцьованими;

- резервуари питної води слід обладнати герметичними люками;

Газопостачання в підземних спорудах повинно здійснюватись від газобалонних рамп з виконанням усіх вимог вибухопожежної безпеки.

Повітрообмін створюється як системами подачі зовнішнього повітря, так і засобами механічного примусового повітрообміну. Обов'язково треба передбачати наявність систем регенерації повітря в аварійних випадках [6].

ВИСНОВКИ

1. Було визначено ступінь ураженості термічних цехів машинобудівних підприємств при зовнішньому впливі, що може бути пов'язано з вогневим ураженням під час агресивних дій військових формувань рф.

2. Розглянуто наслідки від використання тих чи інших видів озброєння з точки зору масштабу руйнувань об'єктів критичної інфраструктури та людських втрат.

3. Визначені складові технологічних процесів в термічній та хіміко-термічній обробки, де наслідки застосування засобів вогневого ураження полягають не тільки в безпосередньому руйнуванні, а й призводять до вторинних чинників в розвитку надзвичайної ситуації, зокрема вибухів технологічних газових сумішей, масштабних пожеж та хімічного забруднення зон ураження небезпечними речовинами, які використовуються в технологічних процесах.

4. Виконані розрахунки впливу ударної хвилі при застосуванні найбільш потужного виду озброєння – балістичної ракети Х-47М2 «Кинжал» на ступінь руйнувань промислових будівель та об'єктів і, як наслідок, спрогнозовані чисельні загрози для персоналу на межі смертельного ураження, а також небезпеки для персоналу у вигляді гострих хімічних отруєнь, хімічних опіків органів зору та дихання, можливі летальні випадки при витоку небезпечних та небезпечних та отруйних речовин, які використовуються в технологічному процесі.

5. Обґрунтовано доцільність організації виробництва на підприємствах оборонно-промислового комплексу в підземних спорудах за умови виконання усіх вимог будівельних технологій, можливості виконання технологій, зокрема, термічної та хіміко-термічної обробки в повному обсязі, забезпечення безпечних умов праці, екологічності та надійності постачання технологічних та енергетичних ресурсів, що надасть можливість виключити або мінімізувати вірогідність руйнувань та ушкоджень при використанні засобів вогневого ураження ворогом.

Список використаних джерел

1. Нестеров О.В., Рубан В.Т., Кузьменко В.Г. Впровадження сучасних технологій азотування з метою поліпшення умов праці та підвищення екологічності процесів. *Нові матеріали і технології в металургії та машинобудування*. 2023. № 3. С. 81-84. <https://doi.org/10.15588/1607-6885-2023-3-2>.

2. Головка Д.Б., Реґо К.Г., Скрипнік Ю.О. Автоматика і автоматизація технологічних процесів. Підручник. Київ: Либідь. 1997. 232 с.

3. Нестеров О.В., Рубан В. Т., Повзло В. М. Дослідження ефективності вибухопожежобезпечної захисної атмосфери при виконанні операцій цементації. *Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні*. 2024. № 1. С. 92-95. <https://doi.org/10.15588/1607-6885-2024-1-13>.

4. Сучасне озброєння і військова техніка Збройних сил Російської Федерації. Довідник учасника ООС / С.П. Корнійчук, О.В. Турінський, Г.В. Пєвцов та ін. / за заг. ред. С.П. Корнійчука. Х.: ДІСА ПЛЮС. 2020. 1220 с.
5. Защита объектов народного хозяйства от оружия массового поражения. Справочник / Под ред. Г.П. Демиденко. – К: Вища шк. Головное изд-во, 1987. 256 с.
6. Навчальний посібник для самостійного вивчення дисципліни «Цивільний захист» : частина перша – теоретична : навч. посіб. для студентів усіх спеціальностей / Укл. : М. О. Журавель, С. М. Журавель, М. І. Лазуткін, Ю. В. Якімцов. Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка». 2021. 235 с.
7. Білецький В.С. Підземні споруди / Велика українська енциклопедія. URL: <https://vue.gov.ua> (дата звернення: 01.04.2026).

Nesterov O.V., Kapustian O.Ye., Ruban V.T.

MAINTAINING THE STABILITY OF THE OPERATION OF CRITICAL INFRASTRUCTURE ENTERPRISES DURING MARTIAL ARTS

The paper considers the urgent problem of ensuring the stability of the functioning of critical infrastructure facilities of Ukraine in conditions of armed aggression. Against the backdrop of the full-scale invasion of the Russian Federation, the protection of industrial enterprises, in particular thermal workshops of the machine-building industry, which play a key role in maintaining the defense capability of the state, is of particular importance. The regulatory and legal framework in the field of critical infrastructure protection is analyzed and the main tasks of state policy regarding the prevention of crisis situations, minimizing risks and eliminating the consequences of emergency events are identified. The features of the technological processes of thermal and chemical-thermal treatment, as well as the composition and functioning of the relevant equipment are studied. It is established that the vulnerability of such facilities is due to the use of explosive gas environments, complex automated control systems and high temperature regimes. The impact of modern means of destruction, in particular missile weapons, on industrial facilities is considered, and the factors of destruction are analyzed - shock wave, fragmentation effect and secondary consequences, such as fires and chemical contamination. The parameters of the shock wave when using a Kinzhal type missile are calculated, and the scale of possible chemical contamination in the event of an ammonia leak is determined. The results obtained indicate a high level of risk for personnel and significant destruction of buildings and technological equipment. It is substantiated that secondary factors of destruction can lead to large-scale accidents and human losses. A set of organizational and engineering and technical measures is proposed to ensure the continuous operation of enterprises, in particular the use of underground production facilities, increasing the reliability of power supply, water supply and ventilation systems, as well as the introduction of reserve sources of resources. The implementation of the proposed solutions will allow to increase the level of protection of critical infrastructure facilities and reduce negative consequences in conditions of military threats.

Keywords: *damaging factors, critical infrastructure, stability of operation.*

Стаття надійшла 05.04.2026

Стаття прийнята 09.04.2026р.

Стаття опублікована 30.04.2026р.