

УДК 624.046.3

СТІЙКІСТЬ БЛОЧНОЇ ЗАГОРОДЖУВАЛЬНОЇ ПЕРЕШКОДИ ПРИ ДІЇ ЗОВНІШНІХ НАВАНТАЖЕНЬ

О.І. Шаповалів,
канд. техн. наук

А.В. Ковтун,
канд. техн. наук

*Національна академія Національної гвардії України, м. Харків,
майдан Захисників України 3, 61001*

DOI: 10.32347/2410-2547.2021.106.247-261

Стаття присвячена аспектам інженерного забезпечення сил охорони правопорядку в разі ускладнення оперативної обстановки. В роботі проведені попередні експериментальні дослідження, які дозволяють визначити характер взаємодії пустотілих з'єднувальних елементів блочної загороджувальної перешкоди при різних ступенях і напрямках їх наповнення рідиною під час впливу зовнішніх навантажень. Запропоновані математичні моделі визначення стійкості блочної загороджувальної перешкоди при дії зовнішніх навантажень і наведено їх результати. Подальші дослідження пов'язані з вдосконаленням блочної загороджувальної перешкоди і визначенням її стійкості у разі дії на неї різних видів зовнішніх навантажень.

Ключові слова: блочна загороджувальна перешкода, пустотілі з'єднувальні елементи, сили охорони правопорядку, загороджувальні засоби, стійкість.

Постановка проблеми. У сучасному світі домінуючими чинниками нестабільності в різних країнах, в тому числі в Україні, є такі негативні явища як внутрішні суперечності (політичні, етнічні, етнорелігійні та ін.), що можуть переростати у масові заворушення.

Результати аналізу спостережень за перебігом цих подій показують, що можуть виникати провокації на державному кордоні в місцях пункту пропуску [1] або масові заворушення в населених пунктах [2]. Це організовані навмисні дії порушників, спрямовані проти держави Україна з території суміжних держав (тимчасово окупованої території України), а також з боку екстремістів, що грубо порушують режим державного кордону з метою виклику дій у відповідь для досягнення певних політичних або воєнних цілей.

Масові заворушення – це дії натовпу, що супроводжуються вчиненням насильства, погромів, підпалів, знищенням майна, захопленням будівель або споруд, опором представникам влади та іншими діями руйнівного характеру із застосуванням зброї або інших предметів, які використовуються як зброя [2]. Масові заворушення можуть виникнути в одному чи декількох містах, районах одночасно або послідовно на всій території держави, області і окремих місцевостях. За своїм характером і наслідками масові заворушення є досить небезпечними, оскільки порушують нормальне функціонування органів

державного управління, транспорту, торгівлі та інших сфер життєдіяльності.

На практиці багатьох держав у разі ускладнення соціально-політичної обстановки для відновлення правопорядку залучають будь-які підрозділи (поліцейські, військові) незалежно від їх призначення [3], які об'єднуються в сили охорони правопорядку.

У роботі [1] зазначається, що одним із способів припинення масових заворушень силами охорони правопорядку може бути блокування руху натовпу шляхом оперативно створених перешкод (інженерними або переносними загородженнями, вантажними автомобілями та ін.).

Проведений аналіз існуючих загороджувальних засобів [4], які використовуються силами охорони правопорядку під час припинення масових заворушень, свідчить про наявність у них наступних недоліків:

– низьку ефективність недопущення прориву учасників заворушень на заборонені ділянки території або блокування певних напрямків руху натовпу;

– низьку захищеність особового складу сил охорони правопорядку від засобів нападу учасників масових заворушень.

Таким чином, з огляду на викладене вище виникає необхідність у створенні нових зразків загороджувальних засобів, які повинні мати такі властивості:

– надійне блокування і недопущення порушників на заборонені ділянки території;

– забезпечення швидкого монтажу та демонтажу загороджувальних засобів для перекриття різних ділянок території;

– забезпечення захисту особового складу під час виконання службово-бойових завдань;

– обмеження щодо завдання шкоди інфраструктурі району;

– забезпечення мінімальної вартості їх виготовлення й експлуатації.

Виходячи з цього і з урахуванням проведеного аналізу [4] та перелічених властивостей у статті пропонується для використання силами охорони правопорядку нова конструкція загороджувального засобу – блочна загороджувальна перешкода (БЗП) [5].

Особливістю цього типу загороджень є наповнення пустотілих з'єднувальних елементів (ПЗЕ) рідиною для підвищення її стійкості. Під стійкістю розуміється здатність конструкції чинити опір зовнішнім навантаженням, спроможним її зсунути або перекинути, тим самим забезпечуючи підвищення ефективності виконання завдання силами охорони правопорядку [6].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженням стійкості будівель і споруд присвячена велика кількість наукових робіт. Фундаментальні дослідження проводили В.З. Власов, О.Р. Ржаницин, І.М. Рабінович [7].

Сучасні дослідження стійкості будівель і споруд пов'язані з щорічним ростом числа аварій, внаслідок терористичних актів, вибухів побутового

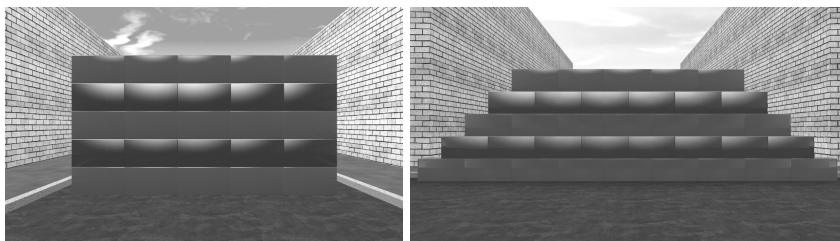
газу, видалення опор при наїзді автотранспорту, які не були передбачені на стадії проектування, але викликали обвалення окремих конструкцій, а в деяких випадках – усієї будівлі або споруди [8, 9, 10, 11]. Для більшості будівельних об'єктів сприйняття таких «особливих дій» не передбачається, оскільки вони відносяться до аварійних ситуацій, і за економічними показниками були дуже дорогими. Тому, аварії будівель і споруд в результаті помилок проектування, зведення, порушення правил експлуатації, що почастишали останнім часом, і висока міра зносу експлуатованих об'єктів капітального будівництва вимагають розробки принципово нової концепції захисту проєктованих будівельних об'єктів, здатних сприйняти сучасні дії природного і техногенного характеру.

Таким чином, проведений аналіз досліджень і публікацій показує, що загороджувальні засоби, які відповідають висунутим вимогам по стійкості конструкції (недопущення проходу учасників масових заворушень на заборонені ділянки території та захищеності особового складу сил охорони правопорядку) у відомій науково-технічній літературі та нормативних документах не розглянуті.

Мега статті – дослідити процес стійкості блочної загороджувальної перешкоди при дії на неї зовнішніх навантажень з боку учасників масових заворушень.

Основний матеріал. Однією із принципових переваг блочної загороджувальної перешкоди є можливість зміни ваги конструкції шляхом заповнення пустотілих з'єднувальних елементів рідиною для надання їй більшої стійкості. Це дає можливість особовому складу сил охорони правопорядку власними зусиллями оперативно проводити монтаж (демонтаж) загородження на визначених ділянках території. При цьому воно використовується не лише як загороджувальний засіб, а і як конструкція для захисту особового складу сил охорони правопорядку від засобів нападу учасників заворушень.

Використання запропонованого загородження дозволяє проводити монтаж різних конструктивно-компонувальних схем (рисунк 1). Блочна загороджувальна перешкоди дозволяє змінювати її висоту залежно від оперативної обстановки, яка склалася, шляхом встановлення необхідної кількості рядів елементів. Для зміни довжини загороджувальної перешкоди (залежно від ділянки території) її з'єднують у ланцюг.



(а)

(б)

Рис. 1. Варіанти побудови блочної загороджувальної перешкоди для перекриття ділянок території: а – рядний; б – шаховий

В якості зовнішнього навантаження розглядаються силові дії учасників масових заворушень (натовпу) приклади яких подано на рисунку 2.



Рис. 2. Силові дії учасників масових заворушень на загороджувальні засоби

Дії натовпу (зовнішнє навантаження) може спричинити:

- зсув конструкції в цілому відносно поверхні її опирання;
- зсув окремих елементів конструкції;
- перекидання окремих елементів конструкції;
- перекидання конструкції в цілому.

Практичне використання блочної загороджувальної перешкоди ускладнюють такі чинники:

- невизначеність процесу взаємодії пустотілих з'єднувальних елементів конструкції при різних ступенях та напрямках її наповнення рідиною під час прикладання зовнішнього навантаження;
- невизначеність стійкості блочної загороджувальної перешкоди при наповненні її рідиною під час прикладання зовнішнього навантаження.

Одним із завдань дослідження є визначення особливостей впливу зовнішніх навантажень на стійкість блочної загороджувальної перешкоди при різних ступенях та напрямках її наповнення рідиною.

Для досягнення поставленої мети виникає необхідність в проведенні попередніх експериментальних досліджень, які дозволяють визначити характер взаємодії пустотілих з'єднувальних елементів конструкції при різних ступенях та напрямках їх наповнення рідиною під час впливу зовнішніх навантажень.

При цьому необхідно вирішити наступні завдання:

- розробити експериментальну установку, яка б дозволила визначити характер взаємодії елементів моделі конструкції при різних ступенях їх наповнення рідиною під час прикладання зовнішніх навантажень;
- розробити конструктивні вузли та елементи, які забезпечували б швидку та надійну зміну їх положень для проведення експериментальних досліджень.

Виходячи з поставлених завдань було створено експериментальну установку, схема якої представлена на рисунку 3.

Експериментальна установка складається з: станина 1, випромінювач 3 вузько спрямованого світлового променя 4, блок світлового приймача 5 із звуковим сигналізатором 6 та навантажувальна площадка 10.

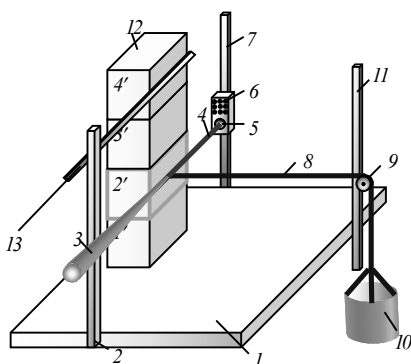


Рис. 3. Схема експериментальної установки для дослідження взаємодії елементів моделі конструкції при прикладанні зовнішніх сил

Станина 1 має прямокутну форму з гладкою поверхнею і призначена для кріплення всіх частин установки. З лівого боку станини 1 фіксується пересувна стійка 2, на якій закріплюється випромінювач 3 вузько спрямованого світлового променя 4 та регульовані фіксатори 13 елементів 1'-4'. Живлення випромінювача 3 здійснюється від акумуляторних батарей. Паралельно стійці 2, що може пересуватися, з протилежного боку станини 1 фіксується пересувна стійка 7, на якій встановлюється блок світлового приймача 5 з вмонтованим звуковим сигналізатором 6, що живиться від постійної напруги. Між випромінювачем 3 та блоком світлового приймача 5 на станині 1 встановлюється модель конструкції 12, яка складається з чотирьох елементів 1'-4'. Паралельно моделі конструкції 12 на станині 1 фіксується пересувна стійка 11, на якій кріпиться оберতальне колесо 9, через яке проходить поперечна тяга 8, яка з'єднується з навантажувальною площадкою 10. Поперечна тяга 8 служить для з'єднання елемента 2' моделі конструкції 12 з навантажувальною площадкою 10 для прикладання зовнішньої сили. Кожний елемент 1'-4' моделі конструкції 12 має масу 0,015 кг, що дорівнює силі ваги 0,2 Н, а у разі наповнення рідиною – 0,315 кг (3,1 Н). Загальна вага пустої моделі конструкції 12 – 0,6 Н і у разі наповнення її рідиною – 12,4 Н.

Завданням проведення попередніх експериментальних досліджень було визначення стійкості моделі конструкції 12 у разі прикладання зовнішньої сили за різних об'ємів і способів її наповнення рідиною.

Змінними чинниками у дослідженнях вважаються:

- маса наповнення елементів 1'-4' рідиною;
- зміна напрямку наповнення елементів рідиною.

За зміну напрямку наповнення моделі конструкції 12 рідиною прийнято:

- наповнення рідиною елементів з 1' по 4' по черзі;
- наповнення рідиною елементів з 4' по 1' по черзі.

Результатом є сила тертя між елементами 1'-4' моделі конструкції 12 при прикладанні зовнішньої сили до елемента 2'.

Дослідження проводилось в два етапи, сутність яких залежала від напрямку наповнення елементів 1'-4' моделі конструкції 12 рідиною. Перший етап досліджень – процес наповнення рідиною з 4' по 1' елементи; другий етап – наповнення рідиною з 1' по 4' елементи.

Зміна маси наповнювача елементів 1'–4' рідиною здійснювалася у межах від 0 до 0,3 кг. Варіанти наповнення елементів 1'–4' моделі конструкції 12 рідиною подано у таблиці 1.

Таблиця 1

Варіанти наповнення елементів моделі конструкції 12 рідиною

Варіанти наповнення елементів рідиною		1		2		3		4		5	
Маса рідини, кг		0	0,3	0	0,3	0	0,3	0	0,3	0	0,3
Етапи проведення досліджень	Елементи	Перший етап									
	1'	+	-	+	-	+	-	+	-	-	+
	2'	+	-	+	-	+	-	-	+	-	+
	3'	+	-	+	-	-	+	-	+	-	+
	4'	+	-	-	+	-	+	-	+	-	+
	Елементи	Другий етап									
	1'	+	-	-	+	-	+	-	+	-	+
	2'	+	-	+	-	-	+	-	+	-	+
	3'	+	-	+	-	+	-	-	+	-	+
	4'	+	-	+	-	+	-	+	-	-	+

Коли зовнішня сила досягала максимальної величини сили тертя спокою, відбувався зсув елемента 2' моделі конструкції 12, який, у свою чергу, переривав вузько спрямований світловий промінь 4. Світловий промінь 4 між випромінювачем 3 та блоком світлового приймача 5 розривався, що супроводжувалося звуковим сигналом 6, який був результатом початку зсуву елемента 2' при прикладанні до нього зовнішньої сили.

Дослідження з визначення залежності максимальної сили тертя елемента 2' відносно моделі конструкції 12 від зміни напрямку та об'єму її наповнення рідиною проводилися відповідно до рекомендацій, викладених у роботі [12]. Результати досліджень наведені на рисунку 4.

У процесі проведення дослідження одержано такі результати:

– під час наповнення моделі конструкції 12 рідиною з 4' по 1' елементи відбувався зсув 2', 3', 4' елементів відносно 1' з максимальною силою ваги G_1 навантажувальної площадки 10 [під індексом 1 прийнято вважати перший етап (таблиця 1) проведення досліджень];

– під час наповнення моделі конструкції 12 рідиною з 1' по 4' елементи відбувався зсув елементів 2', 3', 4' відносно елемента 1' з мінімальною силою ваги G_2 навантажувальної площадки 10 [під індексом 2 прийнято вважати другий етап (таблиця 1) проведення досліджень]; одному ступеню наповнення моделі конструкції 12 рідиною сила ваги визначена як $G_2 < G_1$.

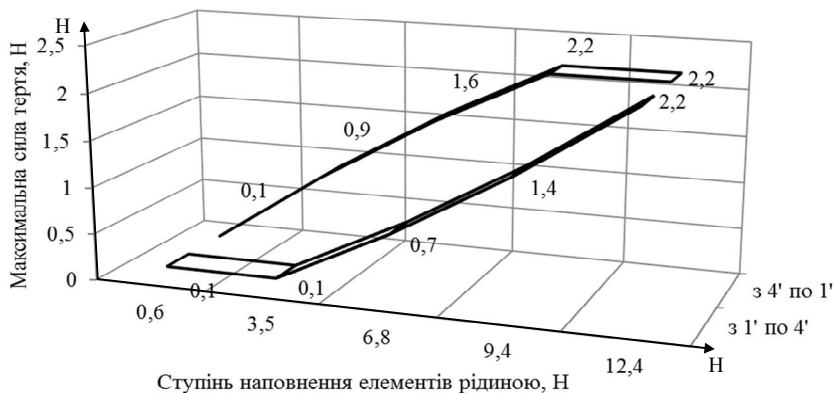


Рис. 4. Залежність максимальної сили тертя спокою між елементами 2' та 1' моделі конструкції 12 від напрямку та ступеню її наповнення рідиною

Таким чином, сила тертя між елементами 1' та 2' залежить від маси та напрямку їх наповнення рідиною, а також місця прикладання зовнішнього навантаження до моделі конструкції 12.

Аналіз результатів попередніх досліджень, дозволив отримати аналітичну залежність для визначення величини зовнішньої сили P , що необхідна для зсуву одних елементів загороджувальної перешкоди відносно інших елементів.

Для математичного опису процесу зсуву елементів при прикладанні зовнішньої сили P прийнято такі припущення:

- елемент вважаємо, як тверде тіло;
- деформацію елементів при прикладанні зовнішньої сили P не враховуємо;
- зовнішня сила прикладається до i -го елемента;
- зсув елементів відбувається за законом Амонтона – Кулона [13].

При дослідженні залежності сили, яка викликає зсув елементів загороджувальної перешкоди, від маси та способу наповнення її рідиною у разі прикладання зовнішньої сили P побудовані часткові математичні моделі:

- модель зсуву елементів під час прикладання зовнішньої сили P до 1-го (нижнього) елемента за умови, що коефіцієнт тертя f_{01} між 1-м елементом та поверхнею обпирання буде менше, ніж коефіцієнти тертя f_i між іншими елементами загороджувальної перешкоди, тобто ($f_{01} < f_i$);

- модель зсуву елементів при прикладанні зовнішньої сили P до i -х елементів крім 1-го (нижнього) за умови, що коефіцієнт тертя f_{01} між 1-м елементом та поверхнею обпирання буде більшим або дорівнюватиме коефіцієнтам тертя f_i між іншими елементами загороджувальної перешкоди, тобто ($f_{01} \geq f_i$);

При прикладанні зовнішньої сили P до 1-го елемента ($P = F_1$) за умов, що у разі виконання нерівності сил $f_{01} < f_i$ відбувається зсув усієї загороджувальної перешкоди. Математичну модель зсуву елементів при

прикладанні зовнішньої сили P можна подати у вигляді

$$F_1 = f_{01} \cdot \left(\left(N_{el,1} + \sum_{i=2}^n N_{el,i} \right) + \left(N_{p,1} + \sum_{i=2}^n N_{p,i} \right) \right), \quad (1)$$

де $N_{el,i}$ – сила нормальної реакції опори i -го елемента, Н; $N_{p,i}$ – сила нормальної реакції ваги рідини в i -х елементах, Н.

Коефіцієнт стійкості загороджувальної перешкоди при її зсуві під час прикладання зовнішньої сили P до 1-го елемента визначається за виразом

$$k_{зсув} = \frac{F_1}{P_{\max}}, \quad (2)$$

де P_{\max} – максимальна зовнішня сила, яка дорівнює 2 600 Н.

Математична модель зсуву загороджувальної перешкоди при прикладанні зовнішньої сили P до 1-го елемента має такий загальний вигляд:

$$\left. \begin{aligned} P &= F_1; \\ F_1 &= f_{01} \cdot \left(\left(N_{el,1} + \sum_{i=2}^n N_{el,i} \right) + \left(N_{p,1} + \sum_{i=2}^n N_{p,i} \right) \right); \\ k_{зсув} &= \frac{F_1}{P_{\max}}. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

При прикладанні зовнішньої сили P до i -го елемента крім 1-го ($P=F_{1+i}$) за умови, що $f_{01} \geq f_i$ відбувається зсув окремих i -х елементів загороджувальної перешкоди. Математична модель має вигляд:

$$F_1 = f_{i-1,i} \cdot \left(\sum_{i=2}^n N_{el,i} + \sum_{i=2}^n N_{p,i} \right) + f_{0,i} \cdot (N_{el,1} + N_{p,1}). \quad (4)$$

Загальна математична модель зсуву загороджувальної перешкоди при прикладанні зовнішньої сили P до 1-го або $(1+i)$ -х елементів від сили реакції опори N елементів має вигляд:

$$\left. \begin{aligned} P &= F_i; \\ f_{01} &< f_i; \\ F_1 &= f_{01} \cdot \left(\left(N_{el,1} + \sum_{i=2}^n N_{el,i} \right) + \left(N_{p,1} + \sum_{i=2}^n N_{p,i} \right) \right); \\ f_{01} &\geq f_i; \\ F_i &= f_{i-1,i} \cdot \left(\sum_{i=2}^n N_{el,i} + \sum_{i=2}^n N_{p,i} \right) + f_{0,i} \cdot (N_{el,1} + N_{p,1}); \\ k_{зсув} &= \frac{F_i}{P_{\max}}. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Математичне моделювання впливу зовнішніх сил P на елементи загороджувальної перешкоди у процесі наповнення її рідиною дало змогу

отримати такі результати:

1. У разі прикладання зовнішньої сили P до i -го елемента загороджувальної перешкоди за відсутності рідини, де зв'язок між елементами за допомогою сили тертя за умови, що коефіцієнт тертя між 1-м (нижнім) елементом f_{01} та основою обпирання набагато менший, ніж коефіцієнт тертя f_i між i -ми елементами, $f_{01} \ll f_i$;

Відбувався зсув усієї моделі загороджувальної перешкоди із силою зсуву, яка дорівнює силі тертя F_{01} між поверхнею 1-го елемента та поверхнею основи обпирання, $P = F_{01}$.

У разі наповнення конструкції рідиною з нижнього або з верхнього елементів відбувався зсув усієї загороджувальної перешкоди до виконання умови, що зовнішня сила P , яка діє на елементи, дорівнює максимальній її зовнішній силі P_{\max} , $P = P_{\max}$.

На основі розробленої математичної моделі (3) отримано залежність значення сили, необхідної для зсуву загороджувальної перешкоди $P = F_i$, від реакції опори N_i елементів, яка наведена на рисунку 5, за умов: коефіцієнт тертя між 1-м (нижнім) елементом та поверхнею обпирання $f_{01} = 0,1$; сила ваги 5 елементів без рідини $G_{ел.(1...5)} = 2\ 850$ Н; сила ваги рідини у 5-ти елементах $G_{р.(1...5)} = 18\ 625$ Н.

Отже, залежність зовнішньої сили P , необхідної для зсуву загороджувальної перешкоди, яка дорівнює силі тертя F_i елементів, $P = F_i$, від реакції опори N_i елементів (рисунок 5), не залежить від напрямку наповнення цієї конструкції рідиною, а залежить від реакції опори N_i елементів.

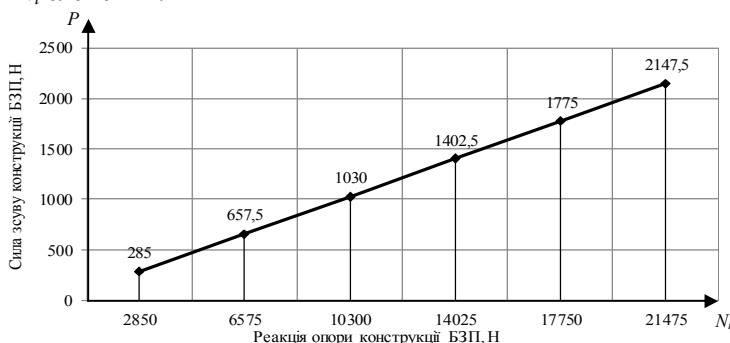


Рис. 5. Залежність сили, необхідної для зсуву загороджувальної перешкоди у разі прикладання зовнішньої сили P до i -го елемента, від реакції опори N_i елементів

2. У разі виконання умови, коли коефіцієнт тертя f_{01} між 1-м (нижнім) елементом БЗП та поверхнею обпирання значно більший, ніж коефіцієнт тертя f_i між поверхнями i -х елементів, тобто $f_{01} \gg f_i$ та під час прикладання зовнішньої сили P до $(1+i)$ -го елемента, зсув незаповнених та заповнених елементів рідиною відбуватиметься між елементом, до якого прикладена сила P_{1+i} ($i = 1 \dots n$) та елементом i , який знаходиться нижче, при силі зсуву P_{1+i} , яка дорівнює силі тертя F_{1+i} між елементами,

$P_{1+i} = F_{1+i}$. При цьому значення сили зсуву елементів залежить від напрямку наповнення загороджувальної перешкоди рідиною, що підтверджено результатами попередніх досліджень.

На основі рівняння (5) побудовано залежність сили, необхідної для зсуву елементів загороджувальної перешкоди, значення якої дорівнює силі тертя F_{1+i} між елементами $P = F_{1+i}$ (при коефіцієнті тертя між 1-м і 2-м елементами $f_{12} = 0,1$ та її прикладанні до 2-го елемента) від реакції опори N елементів (за умов, що сила ваги 5-ти елементів без рідини $G_{ел.(1...5)} = 2\ 850$ Н; сила ваги рідини в 5-ти елементах $G_{р.(1...5)} = 18\ 625$ Н) та напрямку наповнення їх рідиною відносно осі OY . Результати математичного моделювання визначення стійкості загороджувальної перешкоди у разі зсуву елементів під час наповнення їх рідиною наведені на рисунку 6.

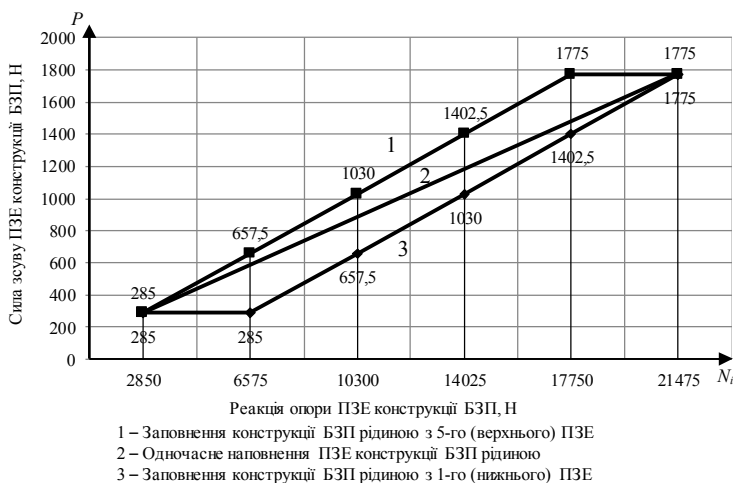


Рис. 6. Залежність сили, необхідної для зсуву елементів під час прикладання зовнішньої сили P до 2-го елемента, від реакції опори N елементів та напрямку наповнення їх рідиною

Під час прикладання сили, необхідної для зсуву P елементів загороджувальної перешкоди, яка дорівнює силі тертя F_2 , до 2-го елемента та у разі зміни напрямку наповнення їх рідиною може відбуватися процес зсуву:

– у разі наповнення рідиною з 5-го (верхнього) елемента та під час прикладання зовнішньої сили P до 2-го елемента (графік 1, рисунок 6) сила, яка необхідна для зсуву елементів $P=F_2$, зростає від 285 до 1775 Н разом зі зростанням реакції опори N елементів від 2850 до 17750 Н. У разі наповнення 1-го елемента рідиною сила, яка необхідна для їх зсуву $P=F_2$, не зростає, але реакція опори N елементів зазначеної загороджувальної перешкоди збільшується від 17750 до 21475 Н. Це пояснюється тим, що у разі наповнення 1-го елемента рідиною він не чинить опір зовнішній силі P ;

– у разі одночасного наповнення кожного елемента рідиною (графік 2, рисунок 6) та під час прикладання зовнішньої сили P до 2-го елемента сила, яка необхідна для їх зсуву $P=F_2$, зростає від 285 до 1 775 Н разом зі зростанням реакції опори N загороджувальної перешкоди від 2 850 до 21 475 Н. Кут нахилу графіка 2 на рисунку 6 менший, ніж кут нахилу графіків 1 і 3. Це пояснюється тим, що відбувається часткове, одночасне наповнення кожного з елементів рідиною, що забезпечує рівномірний розподіл сили ваги по всій загороджувальній перешкоді;

– у разі наповнення рідиною з 1-го (нижнього) елемента та під час прикладання зовнішньої сили P до 2-го елемента (графік 3, рисунок 6) сила, яка необхідна для зсуву елементів $P=F_2$, не зростає, але збільшується реакція опори N загороджувальної перешкоди від 2 850 до 6 575 Н. Це пояснюється тим, що при наповненні 1-го елемента рідиною він не чинить опір зовнішній силі P . При наповненні з 2-го елемента рідиною сила, яка необхідна для зсуву елементів $P=F_{1+i}$, починає зростати від 285 до 1 775 Н зі зростанням реакції опори N загороджувальної перешкоди від 6 575 до 21 475 Н.

Отже, особливість залежності сили, необхідної для зсуву елементів $P=F$ при її прикладанні до $(1+i)$ -го елемента, від реакції опори N елементів та напрямку наповнення загороджувальної перешкоди рідиною, як зображено на рисунку 6, полягає в тому, що одному значенню реакції опори N елементів відповідає кілька значень сили, необхідної для зсуву елементів залежно від напрямку наповнення їх рідиною.

Висновки

Набула подальшого розвитку аналітична залежність (5) сили тертя покою F між елементами загороджувальної перешкоди під час прикладання зовнішньої сили P до $(1+i)$ -го елемента від величини реакції опори N елементів та коефіцієнта тертя f у разі зміни напрямку наповнення рідиною. Вона уперше враховує можливість незмінності сили тертя F_i між елементами при зміні величини реакції опори N загороджувальної перешкоди. Достовірність підтверджується коректно прийнятими припущеннями та відповідністю її результатів до результатів досліджень. Її практична цінність полягає у тому, що вона дає змогу визначати стійкість загороджувальної перешкоди за різних об'ємів і напрямків її наповнення рідиною під час прикладання зовнішньої сили P без проведення додаткових експериментальних досліджень.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Катеринчук І.С. Застосування блочної загороджувальної перешкоди у разі виникнення внутрішніх загроз національній безпеці / І.С. Катеринчук, О.І. Шаповалов // Збірник наукових праць Національної академії Державної прикордонної служби України. Серія : військові та технічні науки. – Хмельницький, 2018. – № 2(76). – С. 256-271.
2. Орлов М.М. Способи дій внутрішніх військ під час припинення масових протистоянь громадян у разі виникнення міжетнічного конфлікту / М.М. Орлов, В.В. Халеп, О.І.

- Шаповалов // Честь і закон / Національна академія НГУ. – Харків, 2014. – Вип. 2(49). – С. 20-27.
3. Шмаков О.М. Сили охорони правопорядку в службово-бойовій діяльності силових структур / О.М. Шмаков // Честь і закон / Національна академія НГУ. – Харків, 2013. – № 2. – С. 27-30.
 4. Шаповалов О.І. Використання загороджувальних засобів силами охорони правопорядку під час припинення масових заворушень / О.І Шаповалов. – Монографія. – Харків : Видав-во НАНГУ, 2014. – 165 с.
 5. Захисна загороджувальна перешкода : пат. 134662 Україна : МПК F41H 11/00. № u 2019 00121 ; заявл. 03.01.2019 ; опубл. 27.05.2019, Бюл. № 10.
 6. Шаповалов О.І. Визначення стійкості блочної багатоярусної загороджувальної перешкоди під дією зовнішнього навантаження / О.І. Шаповалов // Збірник наукових праць Академії внутрішніх військ МВС України. – Харків, 2011. – Вип. 1(17). – С. 17-28.
 7. Дарков А.В. Строительная механика / А.В. Дарков, Н.Н. Шапошников // Учебник – СПб.: Издательство «Лань», 2004 г. – 656 с.
 8. Белостоцкий А.М. Численное моделирование как эффективный инструмент анализа технического состояния и причин обрушения зданий и сооружений (опыт экспертных исследований спортивнооздоровительного комплекса «Трансвааль-парк») / А.М. Белостоцкий // Теория и практика судебной экспертизы. Российский Федеральный центр судебной экспертизы при Министерстве юстиции Российской Федерации. – 2009. – №4 (16) – С. 105-119.
 9. Гарькин И.Н. Анализ причин обрушений промышленных зданий / И.Н. Гарькин // Технические науки: проблемы и перспективы: мат. междунар. науч. конф. СПб.: Реноме, 2011. – С. 27-29.
 10. Ерёмин К.И. Обзор аварий зданий и сооружений, произошедших в 2010 году/ К.И. Ерёмин, Н.А. Шишкина // Предотвращение аварий зданий и сооружений: сборник научных трудов, 2011. – С. 1-20.
 11. Малахова А.Н. Аварийные разрушения панельного жилого дома типовой технологической серии 1-115 / А.Н. Малахова, А.С. Балакишин // Научно-технический журнал Вестник МГСУ. – 2010. – №2 – С. 203-207.
 12. Адлер Ю.П. Введение в планирование эксперимента / Ю.П. Адлер // науч. изд. Москва : Металлургия, 1968. – 155 с.
 13. Крагельский И.В. Трение и износ / И.В. Крагельский // науч. изд. Москва : Машиностроение, 1968. – 480 с.

REFERENCES

1. Katerynchuk I.S. Zastosuvannya blochnoyi zahorodzhuvalnoyi pereshkody u razi vynyknennya vnutrishnikh zahroz natsionalny bezpetsi (Application of block barrier in case of internal threats to national security) / I.S. Katerynchuk, O.I. Shapovalov // Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoyi akademiyi Derzhavnoyi prykordonnoyi sluzhby Ukrainy. Seriya : viyskovi ta tekhnichni nauky. – Khmelnytsky, 2018. – № 2(76). – S. 256-271.
2. Orlov M.M. Sposoby diy vnutrishnikh viysk pid chas pryypynennya masovykh protystoyan hromadyan u razi vynyknennya mizhetnichnoho konfliktu (Methods of action of internal troops during the termination of mass confrontations of citizens in case of interethnic conflict) / M.M. Orlov, V.V. Khalep, O.I. Shapovalov // Chest i zakon / Natsionalna akademiya NHU. – Kharkiv, 2014. – Vyp. 2(49). – S. 20-27.
3. Shmakov O.M. Syly okhorony pravoporyadku v sluzhbovo-boyoviy diyalnosti sylovyykh struktur (Forces of protection of a law and order in service-fighting activity of power structures) / O.M. Shmakov // Chest i zakon / Natsionalna akademiya NHU. – Kharkiv, 2013. – № 2. – S. 27-30.
4. Shapovalov O.I. Vykorystannya zahorodzhuvalnykh zasobiv sylamy okhorony pravoporyadku pid chas pryypynennya masovykh zavorushen (The use of barriers by law enforcement during the cessation of mass riots) / O.I. Shapovalov. – Monohrafiya. – Kharkiv : Vydav-vo NANHU, 2014. – 165 s.
5. Zakhysna zahorodzhuvalna pereshkoda (Protective barrier) : pat. 134662 Ukrainyina : MPK F41H 11/00. № u 2019 00121 ; zayavl. 03.01.2019 ; opubl. 27.05.2019, Byul. № 10.

6. *Shapovalov O.I.* Vyznachennya stiykosti blochnoyi bahatoyarusnoyi zahorodzhuvальної pereshkody pid diyeyu zovnishnoho navantazhennya (Determination of the stability of a block multi-tiered barrier under the action of external load) / O.I. Shapovalov // Zbirnyk naukovykh prats Akademiyi vnutrishnikh viysk MVS Ukrainy. – Kharkiv, 2011. – Vyp. 1(17). – S. 17-28.
7. *Darkov A.V.* Stroitel'naya mekhanika (Building mechanics) / A.V. Darkov, N.N. Shaposhnikov // Uchebnik – SPb.: Izdatel'stvo «Lan'», 2004 g. – 656 s.
8. *Belostotskiy A.M.* Chislennoye modelirovaniye kak effektivnyy instrument analiza tekhnicheskogo sostoyaniya i prichin obrusheniya zdaniy i sooruzheniy (Numerical modeling as an effective tool for analyzing the technical condition and causes of the collapse of buildings and structures) / A.M. Belostotskiy // Teoriya i praktika sudebnoy ekspertizy. Rossiyskiy Federal'nyy tsentr sudebnoy ekspertizy pri Ministerstve yustitsii Rossiyskoy Federatsii. – 2009. – №4 (16) – S. 105-119.
9. *Gar'kin I.N.* Analiz prichin obrusheniya promyshlennykh zdaniy (Analysis of the causes of collapse of industrial buildings) / I.N. Gar'kin // Tekhnicheskiye nauki: problemy i perspektivy: mat. mezhdunar. nauch. konf. SPb.: Renome, 2011. – S. 27-29.
10. *Yeromin K.I.* Obzor avariy zdaniy i sooruzheniy, proizoshedshikh v 2010 godu (Overview of accidents of buildings and structures that occurred in 2010) / K.I. Yeromin, N.A. Shishkina // Predotvrashcheniye avariy zdaniy i sooruzheniy: sbornik nauchnykh trudov, 2011. – S. 1-20.
11. *Malakhova A.N.* Avariynnye razrusheniya panel'nogo zhilogo doma tipovoy tekhnologicheskoy serii 1-115 (Emergency destruction of a panel residential building of a typical technological series 1-115) / A.N. Malakhova, A.S. Balakshin // Nauchno-tekhnicheskii zhurnal Vestnik MGSU. – 2010. – №2 – S. 203-207.
12. *Adler YU.P.* Vvedeniye v planirovaniye eksperimeta (Introduction to experiment planning) / YU.P. Adler // nauch. izd. Moskva : Metallurgiya, 1968. – 155 s.
13. *Kragel'skiy I.V.* Treniye i iznos (Friction and wear) / I.V. Kragel'skiy // nauch. izd. Moskva : Mashinostroyeniye, 1968. – 480 s.

Стаття надійшла 30.09.2020

Шановалів О.І., Ковтун А.В.

СТІЙКІСТЬ БЛОЧНОЇ ЗАГОРОДЖУВАЛЬНОЇ ПЕРЕШКОДИ ПРИ ДІЇ ЗОВНІШНІХ НАВАНТАЖЕНЬ

Стаття присвячена аспектам інженерного забезпечення сил охорони правопорядку або силам охорони державного кордону у разі ускладнення оперативної обстановки. На сьогодні домінуючими чинниками у разі ускладнення соціально-політичної обстановки в різних державах, у тому числі й в Україні, є такі негативні явища, як внутрішні, так і зовнішні суперечності політичного, етнічного, етнорелігійного та іншого характеру.

В статті розглядається ситуація виникнення масових заворушень, які спрямовані організованою дією порушників проти держави Україна з території суміжних держав (тимчасово окупованої території України), а також з боку екстремістів (громадян України) на території суміжних держав, що грубо порушують режим державного кордону (тимчасовий устрій на адміністративній межі) і здійснюються з метою виклику дій у відповідь для досягнення певних політичних або воєнних цілей. Результати аналізу спостережень за перебігом цих подій показують, що вони можуть виникати, як послідовно в різних місцях держави, так і за певним сценарієм одночасно. Тому виникає питання або збільшувати чисельність особового складу сил охорони правопорядку, або застосовувати пошук нових способів їх припинення (ліквідації) шляхом застосування нових технічних засобів, а саме блочної загороджувальної перешкоди при виконанні службово-бойових завдань.

У роботі проведені попередні експериментальні досліджень, які дозволяють визначити характер взаємодії пустотілих з'єднувальних елементів блочної загороджувальної перешкоди при різних ступенях та напрямках їх наповнення рідиною під час впливу зовнішніх навантажень. Запропоновані математичні моделі визначення стійкості блочної загороджувальної перешкоди при дії зовнішніх навантажень на наведені їх результати. Подальші дослідження пов'язані з вдосконаленням блочної загороджувальної перешкоди та визначенням її стійкості у разі дії на неї різних видів зовнішніх навантажень.

Ключові слова: блочна загороджувальна перешкода, пустотілі з'єднувальні елементи, сили охорони правопорядку, загороджувальні засоби, стійкість.

Shapovalov O., Kovtun A.

SUSTAINABILITY OF THE UNIT OF PROTECTIVE OBSTACLES UNDER THE EXTRA LOAD

The article is devoted to the aspects of engineering provision of forces for the state border protection, namely the use of a blocking barrier obstacle to block certain areas of the territory in order to prevent a mass transfer of the state border violators at the border checkpoints or during the cessation of massive disturbances in the border areas. It also deals with the determination of the stability of the blocking barrier obstacle in the process of preparing it for its intended purpose in case of preventing the passage or breakthrough of the crowd on the prohibited areas of the territory.

Proceeding from the above presented in the article, the state border guard forces were requested to use a new construction of a barrier, namely: a blocking barrier obstacle to which Ukraine's patents for invention were obtained.

The peculiarity of the blocking barrier obstacle is that it consists of hollow connecting elements made of light polymer material. To increase the stability of the blocking barrier in case of external hollow loads, the connecting elements are filled with liquid. Sustainability refers to the ability of the structure to withstand the external loads, capable to shift or overturn them, thus ensuring the increase in the efficiency of the task of preventing passage or breakthrough of violators into the prohibited areas of the territory at the checkpoints. This feature of the blocking barrier obstacle allows construct various design and layout variants, each of which has certain advantages and disadvantages.

The article section contains the study of the processes of the external loads influence on the hollow connecting elements of the blocking barrier obstacle on various volumes and ways of filling it with liquid. Mathematical models of the blocking barrier obstacle stability with liquid have been constructed in case of applying external loads. The analysis of theoretical studies results of the external loads influence on the hollow connecting elements of the blocking barrier obstacle has been carried out.

Key words: blocking barrier obstacle, hollow connecting element, law enforcement forces, blocking means, sustainability.

Шаповалов А.И., Ковтун А.В.

УСТОЙЧИВОСТЬ БЛОЧНОГО ЗАГРАДИТЕЛЬНОГО ПРЕПЯТСТВИЯ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ВНЕШНИХ НАГРУЗОК

Статья посвящена аспектам инженерного обеспечения сил охраны правопорядка в случае осложнения оперативной обстановки. В работе проведены предварительные экспериментальные исследования, которые позволяют определить характер взаимодействия пустотелых соединительных элементов блочного заградительного препятствия при различных степенях и направлениях их наполнения жидкостью во время воздействия внешних нагрузок. Предложены математические модели определения устойчивости блочного заградительного препятствия при воздействии внешних нагрузок и приведены их результаты. Дальнейшие исследования связаны с совершенствованием блочного заградительного препятствия и определению ее устойчивости в случае воздействия на нее различных видов внешних нагрузок.

Ключевые слова: блочное заградительное препятствие, пустотелые соединительные элементы, силы охраны правопорядка, заградительные средства, устойчивость.

УДК 624.046.3

Шаповалів О.І., Ковтун А.В. Стійкість блочної загороджувальної перешкоди при дії зовнішніх навантажень // Опір матеріалів і теорія споруд: наук.-тех. збірн. – К.: КНУБА, 2021. – Вип. 106. – С. 247-261.

У статті запропоновано математичні моделі визначення стійкості блокового загороджувального перешкоди при впливі зовнішніх навантажень.

Табл. 1. Іл. 6. Бібліогр. 13 назв.

UDC 624.046.3

Shapovalov O., Kovtun A. Sustainability of the unit of protective obstacles under the extra load // Strength of Materials and Theory of Structures: Scientific-&-Technical collected articles. – Kyiv: KNUBA, 2021. – Issue 106. – P. 247-261.

The article proposes mathematical models for determining the stability of a block obstacle under the influence of external loads.

Tabl. 1. Fig. 6. Ref. 13.

Автор (науковий ступінь, вчене звання, посада): кандидат технічних наук, старший викладач, кафедра автобронетанкової техніки Національної академії Національної гвардії України. Шаповалів Олександр Ігорович.

Адреса робоча: 61001 Україна, м. Харків, майдан Захисників України 3, НАНГУ.

Мобільний тел.: +38(097)7811872

E-mail: halax1702@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8518-4336>

Автор (науковий ступінь, вчене звання, посада): кандидат технічних наук, доцент, кафедра бойового та логістичного забезпечення Національної академії Національної гвардії України. Ковтун Анатолій Васильович.

Адреса робоча: 61001 Україна, м. Харків, майдан Захисників України 3, НАНГУ, кафедра бойового та логістичного забезпечення, Ковтун Анатолій Васильович.

Мобільний тел.: +38(097) 708-04-41

E-mail: kav-60@ukr.net

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8427-1005>