

Д. О. Федотов, О. П. Клімов, В. Д. Тимофєєв, В. А. Шматков, Н. В. Горохівська, О. Г. Бобров
Військовий інститут танкових військ НТУ “ХПІ”, Харків, Україна

ДИНАМІКА ЗБІЛЬШЕННЯ ОПОРУ ПОВІТРЯ У БОЙОВОМУ ВІДДІЛЕННІ ТАНКУ ПРИ ЙОГО ЗАТОПЛЕННІ

Анотація. Предметом вивчення в статті є динаміка збільшення опору повітря у бойовому відділенні танку при його затопленні. Метою статті є визначення експериментальним шляхом функціональної залежності постійного часу перехідного процесу для динаміки збільшення опору повітря у бойовому відділенні танку при його затопленні. **Завдання дослідження:** оскільки динаміка збільшення опору повітря у бойовому відділенні танку при його затопленні зумовлена перехідним процесом витіснення повітря під час перехідного процесу заповнення об'єму учбово-діючого стенду (далі – УДС) бойової машини з урахуванням багатофункціональної залежності постійної часу та з урахуванням складної геометричної форми внутрішнього об'єму УДС та непередбачуваного розташування зон протікання, то для цього пропонується зворотний процес визначення функціональної залежності постійної часу через злив наперед заповненого водою УДС: визначити час T_1 спорожнення повністю заповненого внутрішнього об'єму УДС через зливну систему в підлозі бойового відділення; визначити час T_2 спорожнення повністю заповненого внутрішнього об'єму УДС через нещільності та не герметичність усіх стикувальних елементів та приладів. Методологічною основою дослідження стали загальнонаукові та спеціальні методи наукового пізнання: теорія фізики, теорія будова бронетанкової техніки, використання практичних навичок. Отримані такі результати: визначено та надано опис функціональної залежності постійного часу перехідного процесу для динаміки збільшення опору повітря у бойовому відділенні танку при його затопленні експериментальним шляхом, зворотний процес визначення функціональної залежності постійної часу через злив заповненого водою УДС: визначений час T_1 спорожнення повністю заповненого внутрішнього об'єму УДС через зливну систему в підлозі бойового відділення; визначений час T_2 спорожнення повністю заповненого внутрішнього об'єму УДС через нещільності та не герметичність усіх стикувальних елементів та приладів. Поставлені завдання дослідження досягнуті. **Висновки.** Опис динамічного збільшення опору повітря у бойовому відділенні танку при його затопленні можна здійснити інтегральною характеристикою перехідного процесу з одним накопичувачем функціонально залежною постійного часу t , яку доцільно визначити експериментально за розрахунком.

Ключові слова: динаміка, опір повітря, бойове відділення танку, УДС, зворотний процес, перехідний процес.

Вступ

Постановка проблеми та завдання дослідження. При затопленні бронетанкової техніки або учбово-діючого стенду (далі УДС) динаміка збільшення опору повітря у бойовому відділенні танку при цьому зумовлена перехідним процесом витіснення повітря під час перехідного процесу заповнення об'єму УДС бойової машини.

З урахуванням багатофункціональної залежності постійної часу та складної геометричної форми внутрішнього об'єму УДС та непередбачуваного розташування зон протікання, пропонується зворотний процес визначення функціональної залежності постійної часу через злив наперед заповненого водою УДС.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Стосовно зазначених вище питань засвідчує, що теоретично дане питання поверхнево наведено у технічній документації до експлуатації даної бронетанкової техніки але щодо публікацій у виданнях з даної тематики таких даних не було.

Метою статті є визначення функціональної залежності постійного часу перехідного процесу для динаміки збільшення опору повітря у бойовому відділенні танку при його затопленні експериментальним шляхом. **Завдання дослідження:** так як динаміка збільшення опору повітря у бойовому відділенні танку при його затопленні зумовлена перехідним процесом витіснення повітря під час перехідного процесу заповнення об'єму учбово-діючого стенду

(далі – УДС) бойової машини з урахуванням багатофункціональної залежності постійної часу та складної геометричної форми внутрішнього об'єму УДС і непередбачуваного розташування зон протікання, то для цього пропонується зворотний процес визначення функціональної залежності постійної часу через злив наперед заповненого водою УДС. Це дозволяє:

– визначити час T_1 спорожнення повністю заповненого внутрішнього об'єму УДС через зливну систему в підлозі бойового відділення;

– визначити час T_2 спорожнення повністю заповненого внутрішнього об'єму УДС через нещільності та не герметичність усіх стикувальних елементів та приладів.

Виклад основного матеріалу.

1. Основні поняття. Внутрішній робочий об'єм V бойового відділення, включно башти танку, в яких знаходиться екіпаж та проводить дії з управління механізмами та системами бойової машини має складну конфігурацію і складається з об'ємів V_K капсули екіпажу та об'єму V_B башти.

$$V = V_K + V_B \quad (1)$$

Затоплення танку призводить до заповнення водою його внутрішніх об'ємів у деякій послідовності з різною швидкістю, тому визначення технологічного часу доступу води у бойове відділення є актуальним завданням, як під час набуття практичних навичок, так і у бойовій обстановці.

Оскільки аварійний режим відбувається, в основному, при подоланні водних перешкод, то зупинка двигуна під водою призведе до першочергового заповнення об'єму V_K при збільшеному тиску зовнішнього водного середовища.

Це зумовлює потрапляння у воду більшої частини екіпажу та неможливості екстреного покидання ним бойового відділення. [2].

У залежності від герметичних параметрів внутрішнього об'єму танку потрапляння води у робочий об'єм період затоплення, а тому час на прийняття рішення до виконання штатних заходів екіпажем, є різним та потребує від військовослужбовців відповідних свідомих та осмислених дій, які набуваються ретельним навчанням та тренуваннями. [1].

Оскільки вода є нестисливою рідиною, то стисненню підлягає повітря внутрішнього об'єму. Перепад тиску рідини із зовні за рахунок більшої щільності води створює умови витиснення повітря із внутрішнього об'єму капсули. При повній герметичності об'єкту створюється відомий "повітряний пазир", який компенсує тиск заповненої рідини. Процес затоплення робочого об'єму бойового відділення танку схематично зображено на рис. 1.

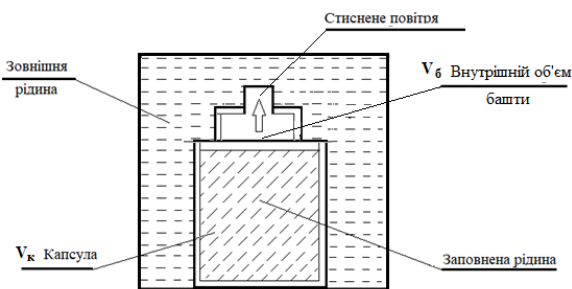


Рис. 1. Процес затоплення робочої зони

Процес заповнення водою об'єму бойового відсіку безпосередньо пов'язаний з взаємодією тиску води і стисненням повітря.

Тиск (p) – є фізичною величиною, яка чисельно дорівнює силі F , що діє на одиниці площі S поверхні тіла та спрямована за напрямом зовнішньої нормалі n до цієї поверхні (F_n).

$$p = F_n / S; F_n = p \cdot S, \quad (2)$$

Тиск – скалярна величина, отже не залежить від напрямку. Загальнішим поняттям, ніж поняття тиску є поняття напруження. У анізотропних середовищах деформація залежить від напрямку прикладеної сили, тому для опису дії сили в таких середовищах використовується інша величина: тензор механічних напружень. У цьому випадку поняття тиску найкраще характеризує пружні властивості газів і рідин. Як відомо, у системі СІ тиск вимірюється у Паскалях [3]

$$1 \text{ Па} = \frac{1 \text{ Н}}{1 \text{ м}^2} \quad (3)$$

Іншими популярними одиницями вимірювання тиску є торр або міліметр ртутного стовпа й атмосфера або бар. Позасистемна одиниця тиску – п'єза. Гідромеханічний тиск для даної ділянки рідини або

поверхні, наміченої всередині рідини (наприклад, для перерізу потоку), задовольняє умову:

$$z + p / \rho g = \text{idem} \quad (4)$$

де *idem* – означає виконання умови для всіх точок об'єму чи поверхні, z – позначення будь-якої точки, що належить області, яку розглядають (або поверхні); $p/\rho g$ – п'єзометрична висота для цієї точки; p – тиск; ρ – густина рідини; g – прискорення вільного падіння.

Уздовж будь-якої прямої (проведеної всередині рідини), для точок якої справедлива названа залежність, гідромеханічний тиск розподіляється за лінійними законами, тобто

$$p = z\rho g + P_0 \quad (5)$$

де P_0 – тиск над рівнем рідини.

При цьому слід враховувати дію закону Паскаля: тиск на рідину в стані теплової рівноваги передається в усіх напрямках однаково, що складає основне рівняння гідростатики.

За другим законом Ньютона в інерціальних системах відліку похідна від імпульсу p_n матеріальної точки по часу дорівнює силі, яка діє на нього.

$$F = dp / dt; dp = F dt; p = \int F dt = \int F_n dt \quad (6)$$

Таким чином, тиск в конкретній точці матеріального об'єкта пропорційний площі та нормальному накопичуваному імпульсу в часі.

Заповнення об'єму водою є фізичним процесом витиснення повітря, як субстанції з меншою щільністю під дією гідростатичного зовнішнього тиску [4]. Цей фізичний процес може бути описаним перехідним процесом з одним накопичувачем для внутрішнього об'єму з нульовими початковими умовами:

$$V(t) = V(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \quad (7)$$

2. Приведення точних експериментів. Вочевидь, у нашому випадку постійна часу τ не є величиною постійною. Особливість її полягає у тому, що у процесі затоплення об'єму через відхилення поточного об'єму через зміну конфігурації внутрішньої зони від існуючих геометричних об'ємних характеристик предмету (циліндр, шар, інше), від ступеню герметизації учбово-діючого стенду, через яку в процесі заповнення бойової зони надходила вода з урахуванням закону Паскаля частина нещільностей змінювала свою ефективність (у процесі затоплення). За цих причин постійна часу τ має функціональну залежність від неоднорідності ($K_{об}$) об'єму, так і від коефіцієнту герметичності $K_I = 0 \dots 1$.

$$\tau = f(K_{об} \cdot K_I) \quad (8)$$

Якщо коефіцієнт неоднорідності об'єму для екіпажу можна визначити експериментально за правилом 3τ (перехідний процес в системах з одним накопичувачем вважається закінченим через 3τ – з похибкою 3% (4τ з похибкою 1%), то вплив коефіцієнту герметичності у кожному випадку буде різним. Але за умови, коли площа нещільностей буде суттєво меншою площі отвору затоплення, можна вважати $K_I=1$.

За вимогами настанов з підводного водіння бронетехніки час затоплення об'єктів не має бути меншим 5 хвилин, звідки постійна часу диференційного процесу затоплення складає $\tau=5/4=1,25$ хв., або 75 секунд. Тому, динаміка збільшення опору повітря [2] у бойовому відділенні танку при його затопленні за виразом (7) зумовлена перехідним процесом витіснення повітря під час перехідного процесу заповнення об'єму учбово-діючого стенду бойової машини із урахуванням багатофункціональної залежності постійної часу, визначеною виразом (8).

З урахуванням складної геометричної форми внутрішнього об'єму УДС та непередбачуваного розташування зон протікання, визначити функціональну залежність постійної часу перехідного процесу для динаміки збільшення опору повітря у бойовому відділенні танку при його затопленні можна експериментальним шляхом.

Для цього пропонується зворотний процес визначення функціональної залежності постійної часу через злив наперед заповненого водою УДС, а саме:

– визначити час T_1 опорожнення повністю заповненого внутрішнього об'єму УДС через зливну систему в підлозі бойового відділення;

– визначити час T_2 опорожнення повністю заповненого внутрішнього об'єму УДС через нещільності та не герметичність усіх стикувальних елементів та приладів [5].

Вочевидь, що у цьому випадку, коефіцієнт герметичності може бути визначеним наступним відношенням:

$$K_r = T_1/T_2 \quad (9)$$

У цьому випадку постійну часу функціональної залежності $K_{об}$, K_r можна визначити з (8) після виключення коефіцієнту $K_{об}$ об'єму, як T_1-T_2 з урахуванням інтегральної залежності (7) для перехідного процесу та залежності часу, який характеризує перехідний процес:

$$\tau = (T_1 - T_2)/4, \quad (10)$$

Висновки

Опис динамічної зміни опору повітря у бойовому відділенні танку при його затопленні можна здійснити інтегральною характеристикою (7) перехідного процесу з одним накопичувачем за допомогою функціонально залежної постійної часу τ , яку доцільно визначити експериментально розрахунком за виразом (10).

Для цього достатньо попередньо визначити експериментально встановлені інтервали часу зливу води з внутрішнього об'єму танка через аварійний скид води (T_1) та окремо протікання води через негерметичність бойового відділення (T_2).

Received (Надійшла) 25.10.2021

Accepted for publication (Прийнята до друку) 24.11.2021

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Патент на корисну модель. Навчально-тренувальний комплекс легкового долазної підготовки танкових екіпажів / №142828 від 26.06.2020 року.
2. Методика проведення практичних занять з легкового долазної підготовки з урахуванням сучасних вимог / 30.10.2020 р.
3. Константінов Ю. М., Гіжа О. О. Технічна механіка рідини і газу: підручник / К. – Вища школа, 2002–227с.
4. Кулінченко В. Р. Гідравліка, гідравлічні машини і гідропривід: підручник. – Київ: Центр навч. літер., 2006. – 616 с.
5. Колчунов В. І. Теоретична та прикладна гідромеханіка: навч. посібник. – К.: НАУ, 2004. – 336с.

Dynamika increase resistance treated at the battle viddilenni tank at his flooded

Fedotov Dmytro, Alexej Klimov, Timofeev Vadym, Shmatkov Vitaliy, Gorokhivska Natalia, Bobrov Oleksandr

Abstract. The subject of research in the article is the dynamics of the growth of air resistance in the fighting compartment of a tank when it is flooded. The purpose of the article is to experimentally determine the functional dependence of the constant time of the transient process for the dynamics of increasing resistance in the fighting compartment of a tank when it is flooded. **Research objective:** since the dynamics of an increase in air resistance in the fighting compartment of a tank during its flooding is due to the transient process of air displacement during the transient process of filling the volume of the training stand (hereinafter UDS) of the combat vehicle, taking into account the multifunctional dependence of constant time and taking into account the complex geometric shape of the internal volume of the UDS and the unpredictable location of the flow zones, then the reverse process of determining the functional dependence of the constant time through the drain of the pre-filled UDS with water is proposed: to determine the time T_1 of emptying the completely filled internal volume of the UDS through the drain system in the floor of the fighting compartment; to determine the time T_2 of emptying the completely filled internal volume of the UDS due to leaks and the lack of tightness of all docking elements and devices. **The methodological basis of the study was general scientific and special methods of scientific knowledge:** the theory of physics, the theory of the structure of armored vehicles, the use of practical skills. **The following results were obtained:** the functional dependence of the constant time of the transient process for the dynamics of the increase in air resistance in the fighting compartment of the tank during its flooding experimentally was determined and given, the reverse process of determining the functional dependence of the constant time through the drain of the UDS filled with water: a certain time T_1 of emptying the completely filled internal volume of the UDS through the drain system in the floor of the fighting compartment; a certain time T_2 of emptying the completely filled internal volume of the UDS due to leaks and the lack of tightness of all docking elements and devices. The set objectives of the study have been achieved. **Conclusions.** The description of the dynamic growth of air resistance in the fighting compartment of the tank during its flooding can be performed as an integral feature of the transient process with one storage device functionally dependent on constant time, which is expedient to find experimentally by calculation.

Keywords: dynamics, air resistance, fighting compartment of a tank, UDS, reverse process, transient process.