

СИСТЕМИ ПРИВОДІВ. ЕЛЕМЕНТИ І СИСТЕМИ ГІДРОПНЕВМОАВТОМАТИКИ

DOI <https://doi.org/10.32782/1994-4691-2025-1-75-5>
УДК 621

ПРОЄКТУВАННЯ ГІДРОПРИВОДУ ПІДЗЕМНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ ЗБИРАННЯ ТА ЗБЕРІГАННЯ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

DESIGN OF THE HYDRAULIC DRIVE FOR AN UNDERGROUND SOLID HOUSEHOLD WASTE COLLECTION AND STORAGE MODULE

Л. Г. Козлов¹, д-р техн. наук, професор

О. В. Піонткевич^{1*}, канд. техн. наук, доцент

Є. О. Костенко², директор

В. В. Мазурін², радник директора

ORCID: 0000-0001-9652-1270

ORCID: 0000-0002-3460-8060

ORCID: 0009-0007-5669-6464

ORCID: 0009-0006-7858-9275

¹ Вінницький національний технічний університет,

² ТОВ «ТД КОНТАКТ»,

*e-mail: piontkevych@vntu.edu.ua.

Анотація. Закрите збирання та зберігання твердих побутових відходів в громадських і комерційних зонах вирішено шляхом проєктування підземного модуля на основі гідроприводу. Розглянуто конструктивні особливості підземних модулів різних виробників. Проведено аналіз гідроприводів для синхронізації руху його гідроциліндрів. Запропоновано конструкцію підземного модуля для збирання та зберігання твердих побутових відходів на основі гідроприводу з механічним стабілізатором. Розроблено схему гідроприводу підземного модуля на основі гальмівного клапана для забезпечення постійної швидкості опускання його платформи. Проведено проєктний розрахунок для вибору основних комплектуючих гідроприводу. Проведено інженерний аналіз гідроциліндрів гідроприводу. Отримані результати будуть корисні інженерам і виробникам при проєктуванні гідроприводів підземних модулів для збирання та зберігання твердих побутових відходів.

Ключові слова: підземний модуль, гідроапаратура гідроприводу, гальмівний клапан, інженерний аналіз.

Постановка проблеми.

На сьогодні в багатьох містах України збирання та зберігання твердих побутових відходів (ТПВ) в основному обмежено наземними смітєвими баками. Вони можуть створювати візуальний дискомфорт для оточуючих та розповсюджувати неприємний запах [1, 2]. Особливо це характерно для багатоквартирних забудов, житлових комплексів, громадських та комерційних зон, сучасних мікрорайонів та новобудов, спеціальних об'єктів (великі лікарні, аеропорти та вокзали, готельні комплекси). Саме тому залишається актуальним питання створення універсального рішення, яке дозволить забезпечити підземне збирання та зберігання ТПВ [3, 4, 5].

Аналіз останніх досліджень.

Потужними виробниками підземних модулів для збирання та зберігання ТПВ на сьогоднішній день є фірми DIASON [6] та SKLAD SERVICE [7]. Їхні підземні модулі застосовуються у міських або житлових зонах з метою підвищення санітарної безпеки,

естетичності та ефективності поводження з ТПВ. Саме тому до основних переваг варто віднести: естетичність та гігієнічність міського середовища, економія простору, зручність обслуговування, захист від погодних умов, можливість сортування сміття. Однак, все ж таки варто дослідити питання із забезпечення гідроізоляції та синхронізації гідроциліндрів для піднімання платформи підземного модуля.

Синхронізація роботи гідроциліндрів має вирішальне значення в сучасних технологіях, виробничих процесах [8]. За рахунок синхронізації забезпечується необхідна точність та координація руху виконавчих механізмів, що дозволяє досягнути високої якості продукції та оптимальної продуктивності [9].

Використання дросельного регулювання швидкості [10, 11] дозволяє забезпечити синхронізацію гідроциліндрів в гідроприводі. Принцип регулювання швидкості руху гідроциліндрів полягає у відводі частини рідини через запобіжно-переливний клапан, що забезпечує підтримання постійного тиску на виході насоса. Однак, такий спосіб є енергетично неефективним в порівнянні з іншими та має найнижчу точність синхронізації.

Під час використання регуляторів потоку точність синхронізації швидкості руху гідроциліндрів буде вищою ніж при використанні регульованих дроселів [12, 13]. Це досягається меншою чутливістю до перепадів тиску. Крім цього, регулятори потоку допомагають зменшити енергетичні втрати, так як робоча рідина подається тільки в необхідній кількості. Однак, регулятори потоку мають більшу вартість, складні в налаштуванні, можуть мати обмежену швидкість реакції на зовнішні зміни та проблеми із чутливістю до забруднення.

Подільники або суматори потоків часто використовуються для синхронізації роботи гідроциліндра [14, 15]. Основним недоліком цієї гідроапаратури вважається висока вартість виготовлення, що може бути не сумісне з малою потужністю або невеликими витратами робочої рідини.

Забезпечення синхронізації гідроциліндрів може відбуватися за рахунок механічного з'єднання [16, 17] та вважається актуальним на сьогоднішній день. За таким принципом побудовані сучасні фронтальні навантажувачі, пристрої для виробництва цегли та інші, які мають жорстку раму до якої прикріплені гідроциліндри. Під час руху гідроциліндрів нерівномірність навантаження нівелюється конструкцією рами і тиск в таких гідроциліндрах підтримується однаковий. Для механічно з'єднаних гідроциліндрів варто проводити інженерний аналіз обладнання [18, 19, 20], щоб забезпечити відповідну надійність.

Гідропривод підземного модуля працює з пасивним навантаженням, і для його гідроапаратури слід розглядати елементи, які забезпечують енергоощадність та надійність роботи. Гальмівні клапани в гідроприводі ефективно вирішують поставлені задачі [21, 22]. Клапани з незалежним керуванням потоками [23, 24] краще себе показують при енергоощадній роботі гідроприводу, однак, мають вищу вартість.

Таким чином, доцільно проектувати конструкції підземних модулів на основі гідроприводів. Процес проектування нової конструкції підземного модуля має опиратися на сучасні зразки гідроапаратури, ефективні схеми гідроприводів та інженерний аналіз. Це дозволить розрахувати та раціонально вибрати необхідне обладнання перед безпосереднім виготовленням експериментального зразка, що зменшить затрати на розробку.

Методологія дослідження.

Основна ціль статті – це розробити підземний модуль для збирання і зберігання ТПВ шляхом проектування конструкції та проведення інженерного аналізу його елементів на міцність, визначити комплектуючі елементи гідроприводу.

Запропоновану конструкцію підземного модуля для збирання і зберігання ТПВ показано на рис. 1. Гідропривод повинен забезпечувати підйом платформи 1 на який

встановлюється чотири контейнери (позиції 2-5) для накопичення ТПВ. Платформа 1 з встановленими контейнерами опускається в залізобетонний бункер 6 і знаходиться там до заповнення контейнерів. Після заповнення контейнерів автоматично надсилається сигнал для прибуття спеціального сміттєвоза. Платформа 1 переміщують в крайнє верхнє положення, фіксують і контейнери розвантажуються в бункер спеціального сміттєвоза [25, 26]. Спорожнені контейнери встановлюються назад на нижній плиті 7 платформи 1 і гідропривод за допомогою двох гідроциліндрів забезпечує опускання платформи в крайнє нижнє положення залізобетонного бункера 6. Гідростанція та гальмівний клапан встановлюються на нижній плиті 7 платформи 1. Вони під'єднані один до одного металевими трубками, щоб підвищити надійність роботи гідроприводу та унеможливити розрив трубопроводу від перевантаження платформи. Штоки гідроциліндрів закріплюються шарнірно на кронштейні 8 залізобетонного бункера 6. Горизонтальне положення платформи при її опусканні забезпечується стабілізатором 9 (важільний механізм типу «ножиці»).

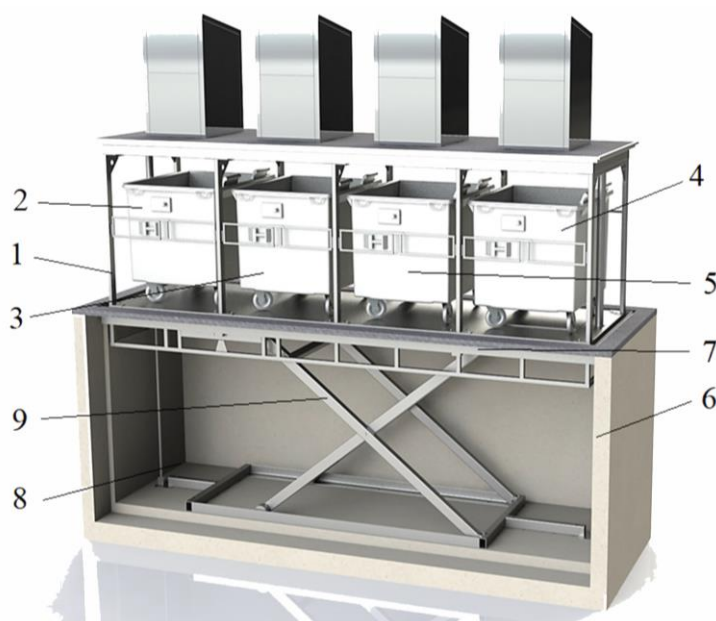


Рис. 1. Підземний модуль для збирання та зберігання ТПВ:

1 – платформа; 2, 3, 4, 5 – контейнери; 6 – залізобетонний бункер; 7 – нижня плита; 8 – кронштейн; 9 – стабілізатор

На рис. 2 представлено принципову схему гідроприводу підземного модуля. Принципова схема гідроприводу включає основні елементи: гідростанція 1, гідроциліндри 2, 3 з штоками 4, 5, відповідно, та гальмівний клапан 6.

Гідростанція 1 складається з гідронасоса 7, гідробаку 8, фільтра 9, електрогідравлічного розподільника 10, зворотного клапана 11, запобіжного клапана 12 та манометра 13.

Гальмівний клапан 6 має змішаний тип керування і складається з зворотного клапана 14, основного клапана 15 та демпфера 16. Гальмівний клапан 6 під'єднаний робочими гідролініями 17, 18, 19 до гідроциліндрів 2, 3 та електрогідравлічного розподільника 10.

Працює гідропривод підземного модуля наступним чином. Для фіксації платформи в потрібній позиції електрогідравлічний розподільник 10 знаходиться в позиції «нейтральна». Робоча рідина при цьому подається насосом 7 через зворотний клапан 11 та електрогідравлічний розподільник 10 в гідробак 8. В свою чергу робоча рідина до гідроциліндрів 2, 3 не подається.

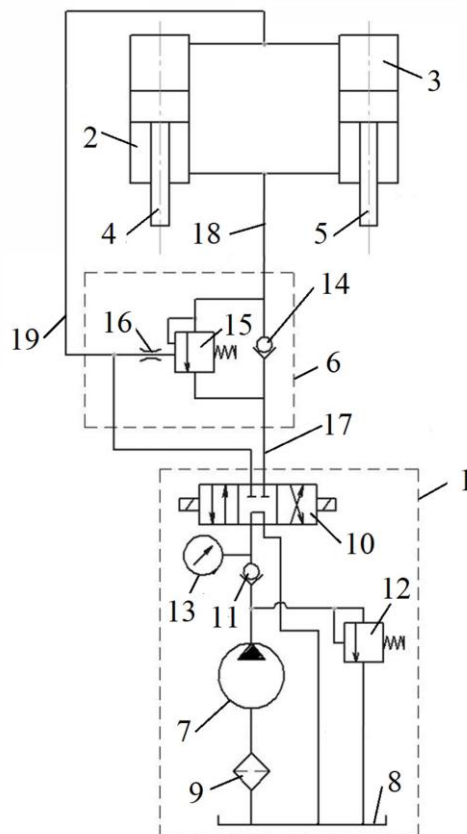


Рис. 2. Принципова схема гідроприводу підземного модуля:

1 – гідростанція; 2, 3 – гідроциліндри; 4, 5 – штоки; 6 – гальмівний клапан; 7 – насос; 8 – гідробак; 9 – фільтр; 10 – електрогідравлічний розподільник; 11 – зворотний клапан; 12 – запобіжний клапан; 13 – манометр; 14 – зворотний клапан; 15 – основний клапан; 16 – демпфер; 17, 18, 19 – робочі гідролінії

Піднімання платформи відбувається при переміщенні електрогідравлічного розподільника 10 в позицію «підйом». При цьому робоча рідина від насоса 7 через зворотний клапан 11, електрогідравлічний розподільник 10, робочу гідролінію 17, зворотний клапан 14 та робочу гідролінію 18 подається в штокові камери гідроциліндрів 2 та 3. Робоча рідина зі поршневої камери гідроциліндрів 2 та 3 поступає на злив через робочу гідролінію 19 та електрогідравлічний розподільник 10 в гідробак 8. В кінці ходу поршнів 4 та 5 гідроциліндрів 2 та 3 платформа зупиниться і робоча рідина від насоса 7 буде поступати в гідробак 8 через запобіжний клапан 12.

Опускання платформи відбувається при переключенні електрогідравлічного розподільника 10 в позицію «опускання». При цьому робоча рідина від насоса 7 буде поступати через зворотний клапан 11, електрогідравлічний розподільник 10 та робочу гідролінію 19 до поршневої камери гідроциліндрів 2 та 3. Обов'язковою умовою для опускання має бути наявність тиску робочої рідини в робочій гідролінії 19, який буде діяти через демпфер 16 на основний клапан 15 гальмівного клапана 6. Платформа при цьому буде рухатись з верхнього положення в крайнє нижнє. Робоча рідина з штокових камер гідроциліндрів 2, 3 буде поступати через робочу гідролінію 18, гальмівний клапан 6, робочу гідролінію 17 та електрогідравлічний розподільник 10 в гідробак 8. Гальмівний клапан 6 забезпечує плавний рух платформи при її переміщенні з верхнього положення в нижнє. Фільтр 9 забезпечує грубу очистку робочої рідини, щоб зменшити забруднення в гідроприводі, а манометр 13 необхідний для налаштування режимів роботи.

Згідно нормативних даних та проєктних розрахунків [27, 28] підібрано основні технічні характеристики для складових гідроприводу:

- гідробак об'ємом 18 л, горизонтальний, круглий;
- електрогідравлічний розподільник DN 6;
- насос шестеренний 10 см³ з номінальним тиском 10 МПа та частотою обертання 1500 об/хв;
- діаметри штоків $d = 32$ мм та поршнів $D = 63$ мм гідроциліндрів.

Таким чином, спроектовано конструкцію підземного модуля та підібрано основні гідроагрегати. Наступний етап включає інженерний аналіз елементів підземного модуля.

Найбільш навантажений елемент підземного модуля – це гідроциліндр, який піднімає всю вагу платформи з контейнерами та сміттям. Перевірено міцність елементів гідроприводу за допомогою сучасної комп'ютерної програми SOLIDWORKS на основі модуля Simulation. Це потужна CAD/CAE-система, яка має набір інструментів інженерного аналізу та використовує метод кінцевих елементів (FEA).

Результати дослідження.

Навантаження при підйомі платформи є найбільшим і розподіляється на двох гідроциліндрах рівномірно: при нормальній роботі на один гідроциліндр діє навантаження, яке не перевищує 12 кН, а при максимальному навантаженні – 25 кН. Критичне навантаження – це коли відбудеться порушення синхронізації роботи гідроциліндрів і на один гідроциліндр діятиме навантаження до 50 кН.

Досліджено величину деформації витягнутого навантаженого гідроциліндра. Загальна довжина витягнутого гідроциліндра складає 3,44 м, що суттєво може впливати на величину деформації. Результат дослідження деформації для штоків діаметром 25 мм, 32 мм та 40 мм показано на рис. 3 при максимальному навантаженні в 25 кН.

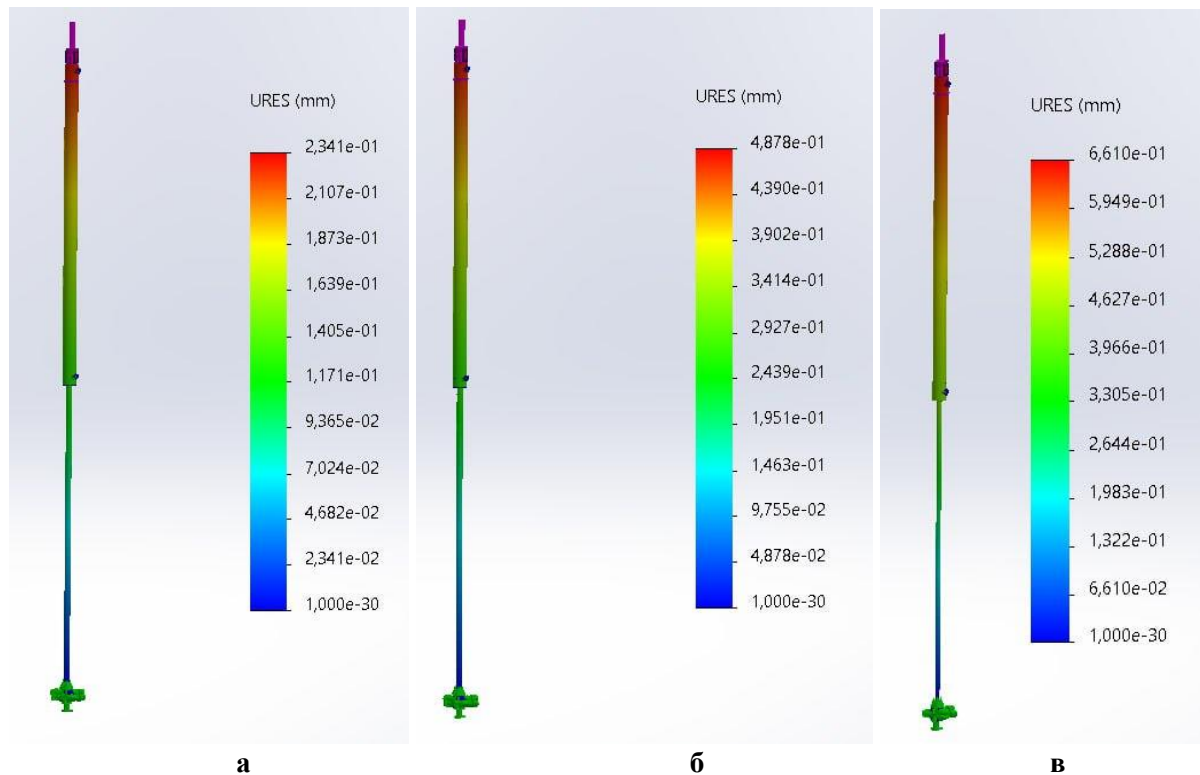


Рис. 3. Деформація гідроциліндра під навантаженням 25 кН:

а – діаметр штока 40 мм; б – діаметром штока 32 мм; в – діаметром штока 25 мм

Найбільша деформація гідроциліндра становить 1,322 мм при найменшому діаметру штока 25 мм та навантаження в 50 кН, що відповідає критичному

навантаженню на гідроциліндр. При максимальному навантаженні двох гідроциліндрів деформація не перевищує 0,661 мм з діаметром штока 25 мм, що є допустимим.

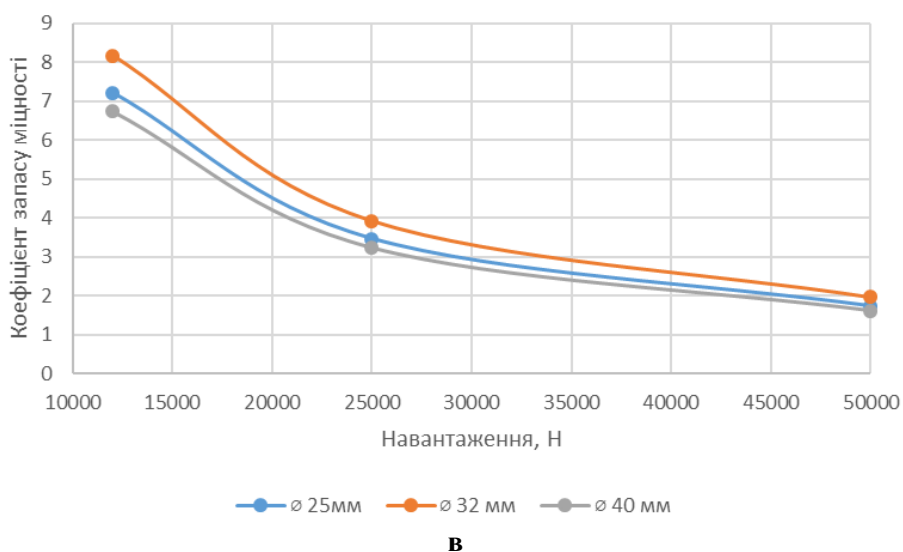
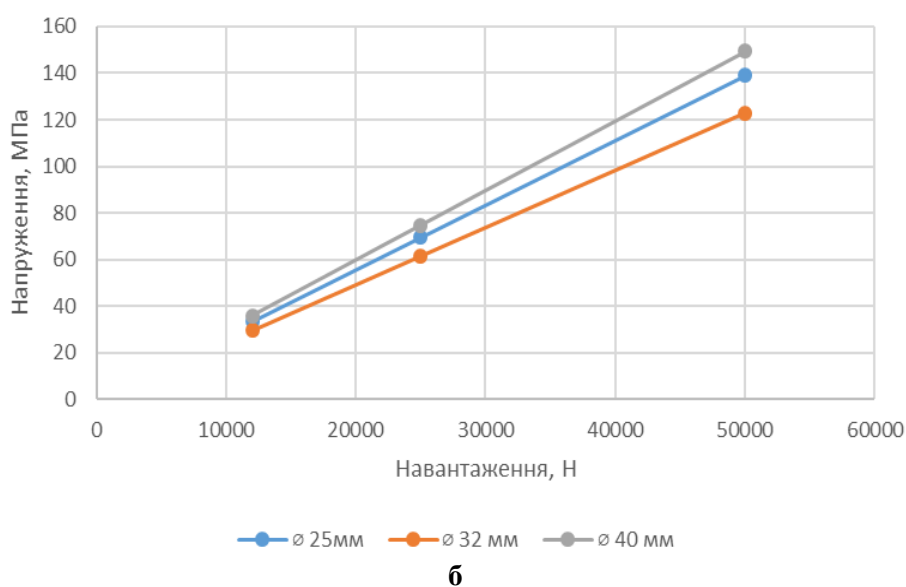
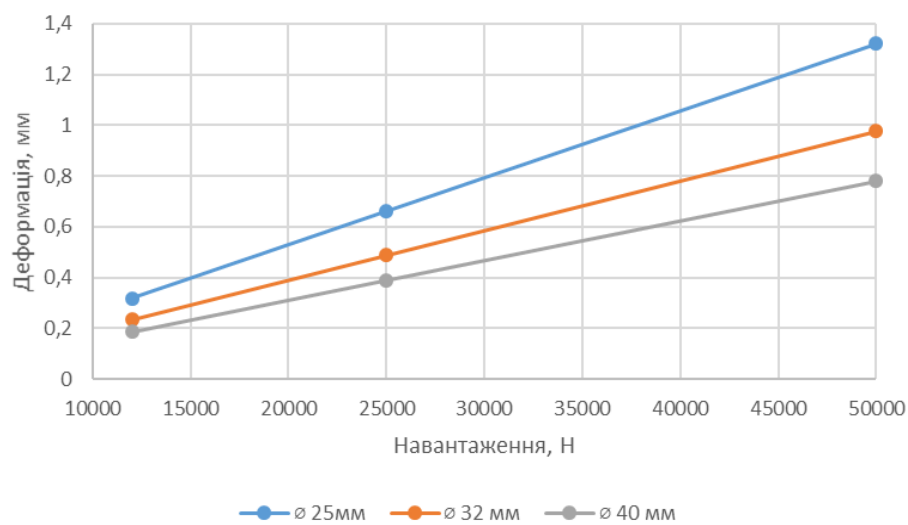


Рис. 4. Результати дослідження для гідроциліндра:
а – напруження; б – деформації; в – коефіцієнту запасу міцності

Досліджувані напруження, які виникають в елементах гідроциліндра, не перевищують границю текучості 241,3 МПа. Максимальне напруження становить 149,3 МПа при навантаженні в 50 кН з діаметром штока 40 мм. При цьому мінімальне напруження 122,9 МПа розраховано для діаметра штока 32 мм.

Досліджуваний коефіцієнт запасу міцності не опускається нижче 1,616 при критичному навантаженні 50 кН. Найкращий показник коефіцієнту міцності 1,963 відповідає гідроциліндру з діаметром штока 32 мм та при критичному навантаженні в 50 кН.

Результати дослідження напруження, деформації, а також коефіцієнту запасу міцності показано графічно на рис. 4.

В результаті інженерного аналізу рекомендуємо обрати гідроциліндр з штоком 32 мм, через менші напруження в місцях їх концентрації, та достатній коефіцієнт запасу міцності 3,925 при максимальному навантаженні 25 кН.

Висновки.

Проведено аналіз конструктивних рішень для проектування піднімального модуля з гідроприводом для збирання та зберігання твердих побутових відходів.

Запропоновано схему гідроприводу модуля на базі гальмівного клапана для забезпечення плавного опускання платформи з одночасною синхронізацією руху його виконавчих гідроциліндрів за рахунок стабілізатора.

На основі інженерного аналізу, виконаного в програмі SOLIDWORKS, обрано діаметри штоків $d = 32$ мм та поршнів $D = 63$ мм гідроциліндрів гідроприводу модуля для підземного зберігання твердих побутових відходів.

Таким чином, отримані дослідження дозволили перевірити конструкцію гідроциліндра на міцність для гідроприводу підземного модуля.

Список використаних джерел.

1. Писаренко П. В., Тараненко А. О., Чальцев Д. В., Кахикало О. О., Гришина К. Є., Корчагін О. П. Екологічні аспекти міжрегіональної взаємодії у сфері поводження з твердими відходами (на прикладі програми реабілітації забруднених земель). *Вісник Полтавської державної аграрної академії*, 2020. № 4. С. 120–127. <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.04.14>
2. Березюк О.В. Моделювання поширеності способів утилізації звалищного газу для розробки обладнання та стратегії поводження з твердими побутовими відходами. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, 2014. № 5. С. 65–68.
3. Березюк О.В., Лемешев М.С. Регресійна залежність динаміки зростання кількості біогазових установок в Україні. *Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання*, 2024. Вип. 49. С. 16–25. <https://doi.org/10.32347/2409-2606.2024.49>
4. Березюк О.В., Краєвський В.О. Світові тенденції збільшення кількості біогазових установок на полігонах твердих побутових відходів. *Наукові праці Вінницького національного технічного університету*, 2021. № 1. 5 с. <https://doi.org/10.31649/2307-5376-2021-1-7-11>
5. Андрієнко А. О. Smart-підходи до розвитку великих міст: перспективи впровадження в Україні. *Державне управління та місцеве самоврядування*, 2018. № 3 (38). С. 100–106.
6. Веб сайт фірми DIASON. URL: <https://diason.ua/produkcija/pidzemni-smittievi-baki/> (Дата звернення: 04.08.2025)
7. Веб сайт фірми SKLAD SERVICE. URL: <https://ssk.ua/ua/product/sistema-podzemnogo-sbora-i-hraneniya-musora-222> (Дата звернення: 04.08.2025)
8. Перепелиця В. І. Система гідравлічних приводів синхронізації робочих рухів автоматизованої установки для формування заготовок цегли. дис. д-ра. філософії: 131 прикладна механіка, Вінниця, ВНТУ, 2023, 202 с.
9. Люта А. В., Чекулаєв Є. Ф. Гідропневмоприводи та пристрої автоматики: Навчальний посібник. Краматорськ: ДДМА, 2020. 172 с.

10. Ji Y., Wang H., Chen H., Wang S., Guo M. Analysis and Simulation of Throttle Speed Regulation in hydraulic system. IOP Conference Series: *Earth and Environmental Science*. 330 (3). 032095. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/330/3/032095>
11. Kalev K. Stabilization of the Speed of the Hydraulic Motor Through Throttle Compensation for Volume Losses. *International conference KNOWLEDGE-BASED ORGANIZATION*, 2020. 26 (3). 126–130. <https://doi.org/10.2478/kbo-2020-0126>
12. Xu C., Xu X., Liu Z. Research on multi-cylinder synchronous control system of multi-directional forging hydraulic press. *Journal of Physics: Conference Series*, 2022. 2338 (1). 012081. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2338/1/012081>
13. Wang B., Liu H., Hao Y., Quan L., Li Y., Zhao B. Design and analysis of a flow-control valve with controllable pressure compensation capability for mobile machinery. *IEEE Access*, 2021. 9. 98361–98368. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3095402>
14. Ding H., Liu Y., Zhao Y. A new hydraulic synchronous scheme in open-loop control: Load-sensing synchronous control. *Measurement and Control*, 2020. 53 (1-2). 119–125. <https://doi.org/10.1177/0020294019896000>
15. Shang Y., Bai N., Jiao L., Yao N., Wu S., Jiao Z. Motion synchronous composite decoupling with fewer sensors on multichannel hydraulic force control for aircraft structural loading test system. *Sensors*, 2018. 18 (11). 4050. <https://doi.org/10.3390/s18114050>
16. Піонткевич О. В. Вплив параметрів системи керування гідроприводом мобільної робочої машини на динамічні характеристики. *Вісник машинобудування та транспорту*, 2016. 2. С. 68–76.
17. Перепелиця В. І. Порівняльна характеристика струнних різальних автоматів для формування цегли-сирцю із пластичного глиняного бруса. Матеріали науково-технічної конференції «Гідроаеромеханіка в інженерній практиці», 2021. С. 323–325.
18. Піонткевич О. В., Козлов Л. Г., Березюк О. В., Сердюк О. В. Розрахунок гідродинамічної сили на золотнику врівноважувального клапана на основі імітаційного моделювання течії робочої рідини в його каналах. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, 2024. Вип. 5. С. 77–83. <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2024-176-5-77-83>
19. Петров О. В., Піонткевич О. В., Буда А. Г., Коломієць В. С. Застосування CAD/CAE-системи Solidworks у задачах аналізу міцності деталей верстатних пристосувань. *Вісник машинобудування та транспорту*, 2024. Вип. 19. № 1. С. 95–102. <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2024-19-1-95-102>
20. Піонткевич О. В., Березюк О. В., Лозінський Д. О., Кавецький О. І. Застосування CAD/CAE-системи Autodesk Inventor для удосконалення фрезерно-гравірувального верстата з ЧПК. *Наукові праці Вінницького національного технічного університету*, 2025. Вип. 1. С. 1–9. <https://doi.org/10.31649/2307-5376-2025-1-178-186>
21. Sun H., Tao J., Qin C., Yu H., Liu C. Dynamics modeling and bifurcation analysis for valve-controlled hydraulic cylinder system containing counterbalance valves. *Journal of Vibration Engineering & Technologies*, 2021. 9(8). 1941–1957. <https://doi.org/10.1007/s42417-021-00342-6>
22. Rituraj R., Scheidl R. Towards digital twin development of counterbalance valves: Modelling and experimental investigation. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 2023. 188. 110049. <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2022.110049>
23. Лозінський Д. О., Піонткевич О. В., Сиротін О. А. Інноваційні підходи до підвищення енергоефективності електрогідравлічних систем. *Наукові праці Вінницького національного технічного університету*. 2025. Вип. 2. С. 1–8. <https://doi.org/10.31649/2307-5376-2025-2-214-221>
24. Ding R., Sun G., Zhang J., Peng L., Cheng M., Xu B., Yang H. A review of independent metering control system for mobile machinery. *International Journal of Hydromechatronics*, 2025. 8 (5). 1–39. <https://doi.org/10.1504/IJHM.2025.10069815>
25. Березюк О. В., Лемешев М. С. Динаміка поширеності переробки та утилізації твердих побутових відходів у Вінницькій області. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, 2022. № 3 С. 6–10. <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2022-162-3-6-10>
26. Lemeshev M., Bereziuk O., Cherepakha D., Kovalskiy V. Complex binder based on industrial man-made waste. *Technical and agricultural sciences in modern realities: problems, prospects and solutions*, 2023. 51–59.
27. Журавель Д. П., Паламарчук І. П., Уманський С. М., Паламарчук В. І. Гідравліка, гідро- та пневмоприводи: підручник для здобувачів вищої освіти. Київ: ЦП «Компринт», 2021. 449 с.

28. Гевко Б. М., Білик С. Г., Ліник А. Ю., Фльонц О. В. Гідропривод і гідроавтоматика сільськогосподарської техніки : посібник. Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2015. 384 с

Стаття надійшла до редакції 07.05.2025

Стаття прийнята 15.05.2025

Статтю опубліковано 20.06.2025



DESIGN OF THE HYDRAULIC DRIVE FOR AN UNDERGROUND SOLID HOUSEHOLD WASTE COLLECTION AND STORAGE MODULE

L. Kozlov¹, O. Piontkevych¹, Ye. Kostenko², V. Mazurin²

¹Vinnytsia National Technical University

²LLC "TD CONTACT",

Summary

The issue of closed collection and storage of solid household waste in public and commercial areas has been addressed through the design of a hydraulically driven underground module. The design features of underground modules from various manufacturers, which provide high-quality and competitive products for solid household waste collection and storage, are reviewed. An analysis of hydraulic drives regarding the synchronization of hydraulic cylinder movement was conducted. Current solutions for synchronizing hydraulic cylinders based on throttle control, pressure-compensated flow control valves, and flow dividers/combiners are highlighted. A design for an underground solid household waste collection and storage module based on a hydraulic drive with a mechanical stabilizer, which increases the rigidity of the synchronizing system, is proposed. A hydraulic drive circuit for the underground module has been developed based on a counterbalance valve to ensure a constant lowering speed of the platform. A counterbalance valve with mixed pilot control was selected, which prevents cavitation processes in the hydraulic drive, ensures energy savings during platform lowering, and hermetically holds the loaded hydraulic cylinders, preventing them from drifting. Design calculations were performed to select the main hydraulic components: hydraulic cylinders, a gear pump, and a hydraulic tank. A 4/3-way normally closed solenoid-operated directional control valve was chosen as the fluid flow regulator to ensure automated control of the underground module's operation. An engineering analysis of the hydraulic cylinders was conducted to ensure reliability. Engineering calculations were performed using the SOLIDWORKS Simulation module. The most stressed parts of the hydraulic cylinder under load were identified. The impact of the load on deformation and stress for different hydraulic cylinder designs was calculated. Additionally, a comparison of the load's impact on the safety factor was conducted to select the hydraulic cylinder configuration. The obtained results will be useful to engineers and manufacturers when designing hydraulic drives for underground solid household waste collection and storage modules.

Keywords: underground module, hydraulic drive components, counterbalance valve, engineering analysis.