

## КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЗБІРНИХ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ ПІДЙОМНИКІВ З ГІДРАВЛІЧНИМ ПРИВОДОМ

Сучасні тенденції розвитку підйомників обумовлені наступними науково-технічними завданнями:

- зменшення металоємкості, трудомісткості монтажних операцій та підвищення компактності конструкцій;
- он-лайн моніторинг стану вузлів;
- підвищення енергоефективності та безпечності за рахунок систем рекуперації енергії [1] та переходу на приводи постійного струму у гідравлічних системах [2].

Для прикладу, компанія POLTIME (Туреччина) для зменшення металоємкості конструкцій ліфтів і підйомників використала в процесі проектування основних елементів конструкції листові матеріали (рисунок 1). Основну частку підйомників реалізують за принципом кінематичного поліспаду у шахтному або ж відкритому виконанні. Застосування алюмінієвих або сталевих модульних шахт у вигляді збірних параметризованих секцій суттєво покращує технологічність, транспортування та монтаж підйомників. Проте, використання складених конструкцій вимагає більш ретельного підходу в їхньому розрахунку. На відміну від зварних конструкцій, які більшою мірою розраховуються як просторові рами, у складених конструкціях важливо враховувати тип та характеристики з'єднання конструктивних елементів (заклепове, різьбове). Допустимі значення коефіцієнтів запасу міцності (FOS) для основних елементів конструкції визначено у базових міжнародних стандартах.

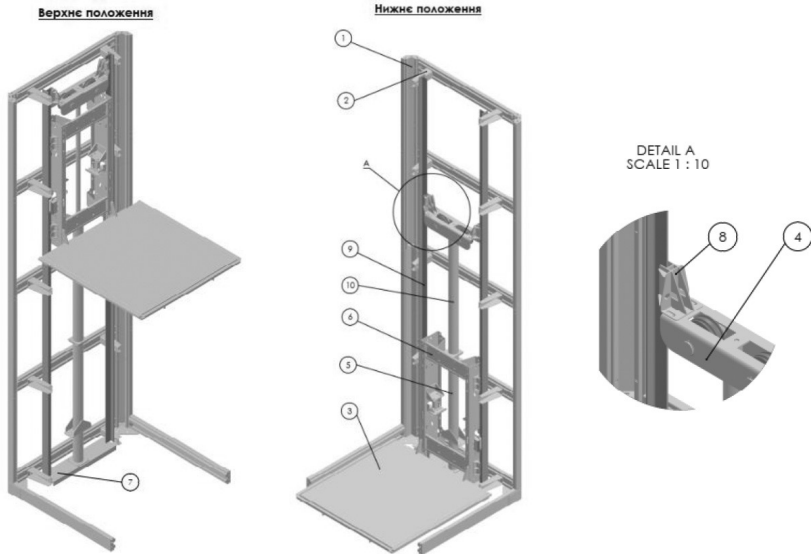


Рисунок 1 – Зовнішній вигляд підійомника з гідравлічним приводом

1. Аналіз розрахункової схеми. Методика проектного розрахунку включає побудову розрахункової схеми, визначення зусиль в канаті та вибір привода (рисунок 2).

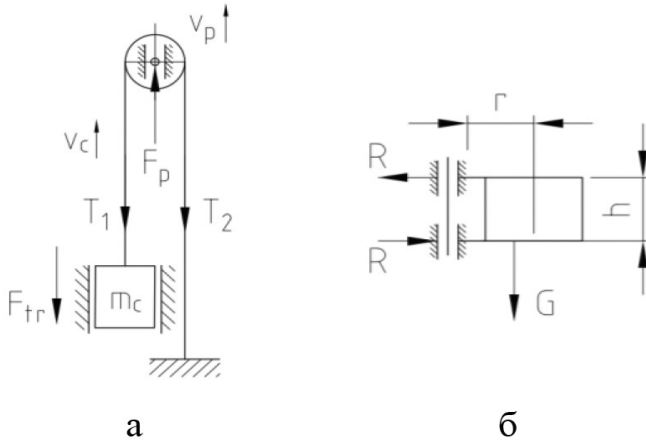


Рисунок 2 – Розрахункові схеми: а – підійомника з гідравлічним приводом; б – визначення реакцій в опорах каретки

Натяг ведучої вітки канату визначено за формулою:

$$T_1 = (m_c (g+a) + f_0 R) / ((1+e^{-f\alpha})),$$

де  $m_c$  – маса кабіни з вантажем,  $m_c = 515$  кг;  $a$  – пришвидшення кабіни,  $a = 0,5 - 1,2$  м/с<sup>2</sup>;  $f_0$  – коефіцієнт тертя, для контактних матеріалів поліамід-сталь,  $f_0 = 0,35$ ;  $R$  – реакція у напрямній, що визначається з умови рівності моментів  $R = (m_c gr)/h$ .

Використовуючи наступні значення, отримаємо:  $m_c = 515$  кг,  $a = 0,7$  м/с<sup>2</sup>,  $r = 800$  мм;  $h = 893$  мм, отримаємо:

$$T_1 = (515 \cdot (9,81 + 0,7) + 0,35(5150 \cdot 0,8) / 0,893) / ((1 + e^{(-0,45 \cdot 3,14)})) = 5,64 \text{ кН.}$$

Тоді зусилля на штоку гідроциліндра, виходячи з схеми навантаження рухомого шківів, набувають вигляду:

$$F_p = T_1 (1 + e^{-f\alpha}),$$

де  $f$  – приведений коефіцієнт тертя каната по канавці шківів, зокрема для шківів з напівкруглою канавкою  $f = (4f_0)/\pi = (4 \cdot 0,35)/\pi = 0,45$ ;  $\alpha$  – кут обхвату шківів канатом,  $\alpha = 3,14$ .

$$\text{Таким чином, } F_p = 5,64 (1 + e^{-0,45 \cdot 3,14}) = 7 \text{ кН.}$$

Після розроблення 3D-моделі підйомнику виконується перевірка міцності відповідальних елементів.

### **Моделювання напружено-деформованого стану каретки.**

Особливістю розрахунку є врахування конструктивних параметрів болтового з'єднання каретки з підлогою. Зокрема, використано 4 болти М12×1,75 мм з класом міцності 8.8. Момент закручування болтів встановлено як 60 Нм.

Внаслідок проведеного розрахунку (рисунок 3) коефіцієнт запасу міцності для конструкції становить 1,6, а для болтового з'єднання понад 2,8.

Особливу увагу в розрахунку потрібно приділити міцності силових елементів конструкції, зокрема траверсі та кронштейнам. Шахту потрібно розрахувати також з урахуванням болтових з'єднань окремих модулів. При цьому, потрібно прийняти до уваги наступні положення:

- перевірка стійкості окремих елементів конструкції за умовами навантаження;
- забезпечення жорсткості тонкостінних профілів за рахунок їх складного геометричного перерізу.

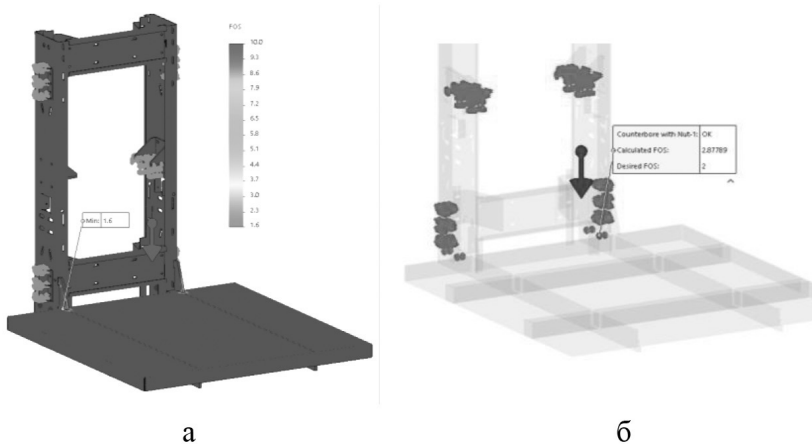


Рисунок 3 – Результати розрахунку FOS для:  
 а – конструкції, б – болтового з'єднання

### Список використаних джерел:

1. Kozlov, L., Bilichenko, V., Kashkanov, A., Tovkach, A., Kovalchuk, V. (2024). Parametric Synthesis of Electrohydraulic Control System for Variable Displacement Pump. In: Tonkonogyi, V., Ivanov, V., Trojanowska, J., Oborskyi, G., Pavlenko, I. (eds) *Advanced Manufacturing Processes V. InterPartner 2023. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-42778-7\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-031-42778-7_5).
2. Shi, Q., Wang, D., Zeng, X., Guo, Y., Wang, H., Xu, Z., Deng, Q., Zhong, H., Wang, B., & Li, C. (2024). Research on the Design of Multi-Rope Friction Hoisting System of Vertical Shaft Gravity Energy Storage System. *Applied Sciences*, 14(17), 7556. <https://doi.org/10.3390/app14177556>.