

Підйомно-транспортні машини

УДК 621.86.061-52

КРИТЕРІЙ МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ВАКУУМНИХ ВАНТАЖОПІДЙОМНИХ ПРИБОРІВ

В.Є. Богуславський

*Київський національний університет будівництва і архітектури,
03680, Повітрофлотський просп., 31, Київ, Україна*

Анотація. Переваги вакуумних вантажопідйомних пристроїв визначають їх широке розповсюдження у будівництві. У той же час галузь їх застосування обмежена. В статті розглянуті умови взаємодії вакуум-захватів з вантажами в процесі їх піднімання. Запропоновано критерій можливості застосування вакуумних вантажопідйомних пристроїв. Показані приклади використання цього критерія. Визначені шляхи подальших досліджень.

Ключові слова: вантажопідйомний пристрій, вакуум-захват, умови взаємодії, критерій можливості застосування.

КРИТЕРИЙ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВАКУУМНЫХ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ УСТРОЙСТВ

В.Е. Богуславский

*Киевский национальный университет строительства и архитектуры,
03680, Воздухофлотский просп., 31, Киев, Украина*

Аннотация. Преимущества вакуумных грузоподъемных устройств определяют их широкое распространение в строительстве. В то же время область их применения ограничена. В статье рассмотрены условия взаимодействия вакуум-захватов с грузами в процессе их подъема. Предложен критерий возможности применения вакуумных грузоподъемных устройств. Показаны примеры использования этого критерия. Определены пути дальнейших исследований.

Ключевые слова: грузоподъемное устройство, вакуум-захват, условия взаимодействия, критерий возможности применения

CRITERIA OF OPPORTUNITY OF VACUUM CARGO APPLIANCES APPLICATION

V.E. Boguslavsky

*Kyiv National University of Construction and Architecture
03680, Povitroflotsky av.31, Kyiv, Ukraine*

ABSTRACT. The advantages of vacuum lifting devices determine their widespread construction. At the same time the industry of their use is limited. the conditions of interaction vacuum grips with loads during their lifting are discussed in the article. A criterion for the possibility of vacuum lifting devices and examples of using this criterion are proposed. The ways of further research are shown.

Keywords: lifting device, vacuum-delight, terms of cooperation, criterion of possibility of application

Постановка проблеми. Вакуумні вантажопідйомні пристрої застосовують у будівництві для транспортування і монтажу будівельних конструкцій, а також листових матеріалів: скла, листової сталі, пластиків, тощо.

До основних позитивних особливостей вакуумних вантажопідйомних пристроїв відносяться [8]:

- зручність і швидкість захвату й звільнення виробів, що перевантажують, особливо великогабаритних, які не можуть бути обладнані елементами для взаємодії зі звичайними типами вантажозахватів;



- наявність жорсткого зв'язку вакуумного захвату з транспортувальним елементом, що дозволяє легко змінювати його положення у просторі;

- збереження поверхонь виробів і конструкцій, особливо шліфованих та полірованих.

При великих перевагах вакуумних вантажопідйомних пристроїв вони не є універсальними, що пов'язано з обмеженим значенням атмосферного тиску, а також з різноманітністю матеріалів, маси і форми елементів будівельних конструкцій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У теперішній час в Україні і за кордоном накопичений значний досвід у галузі проектування, вибору і застосування вакуумних вантажопідйомних пристроїв. Особливо доцільно відмітити роботи А.Ф. Андреева, що містять основи розрахунку і конструювання вакуумних захватів [1]. Ряд вітчизняних і закордонних фірм пропонують на ринку широку номенклатуру різноманітних вакуумних захватів [7]. Ці пристрої знаходять застосування при монтажі скла вітрин [3,4], тротуарних плит [5, 6].

Мета дослідження. Метою дослідження є визначення галузі застосування вакуумних вантажопідйомних пристроїв з розробкою відповідного простого і зручного критерія.

Виклад основного матеріалу. При висмоктуванні повітря у камері вакуумного захвату, що обмежена стінками герметизуючого ущільнювача, відбувається зниження тиску порівняно з- атмосферним, за рахунок чого утворюється сила притискування між вантажем і захватом. Сила притискування визначається формулою [1]:

$$P = S_b(p_a - p_b), \quad (1)$$

де S_b – загальна ефективна площа одної чи декількох вакуум-захватних камер; p_a – атмосферний тиск; p_b – тиск в середині камер.

Атмосферний тиск p_a не є величиною постійною і може змінюватися в залежності від знаходження обладнання над рівнем моря. Для практичних розрахунків можна прийняти $p_a = 90$ кПа.

У зв'язку з тим, що сила вакуумного притискування визначається, як добуток розрядження у вакуум-захватній камері на її площу, обмежену внутрішнім контуром ущільнювача, то через утікання повітря у стику ущільнювача з поверхнею вантажу, дійсне значення сили буде дещо менше розрахункової. Це зменшення можливо врахувати, увівши декілька коефіцієнтів у формулу (1) [1]:

$$P = K_s S_b (K_a p_a - p_b) K_n, \quad (2)$$

де K_n – коефіцієнт, що враховує зменшення сили вакуумного притискування через утікання повітря у місці стику ущільнювача з поверхнею вантажу; K_a – коефіцієнт, що враховує зміну атмосферного тиску порівнянню з нормативним; K_s – коефіцієнт зменшення площі вакуумної захватної камери внаслідок деформації її ущільнювача.

Якщо застосування вакуумного вантажопідйомного пристрою не пов'язано з конкретними умовами роботи, значення вказаних коефіцієнтів доцільно приймати, як для найгірших умов. У цьому випадку їх можна замінити загальним коефіцієнтом фактичної сили вакуумного притискування [1]:

$$K_p \approx 0,8 \dots 0,85.$$

Тоді, сила притискування

$$P = K_p S_b (p_a - p_b) \quad (3)$$

Загальна площа одної чи декількох захватних камер обмежена поверхнею вантажу і може бути визначена з допомогою коефіцієнта вакуумування K_B

$$K_B = S_b / S, \quad (4)$$

де S – площа поверхні вантажу.

Тоді формула (3) може бути записана у вигляді

$$P = K_B K_p S(p_a - p_b). \quad (5)$$

Значення коефіцієнта вакуумування K_B залежить від конфігурацій поверхні вантажу і захватних камер. При найбільш розповсюджених у будівництві прямокутних формах вантажу (листи, плити, панелі та ін.) і циліндричних формах камер цей коефіцієнт може визначатися по формулі

$$K_B = \frac{\pi R^2 m n}{l b}, \quad (6)$$

де R – радіус вакуум-камер; m і n – кількість вакуум-камер у повздовжньому і поперечному напрямках вантажу відповідно; l і b – довжина і ширина вантажу відповідно.

Кількість вакуум-камер m і n відповідно:

$$m = \frac{l}{2RK_R}, \quad (7)$$

$$n = \frac{b}{2RK_R}, \quad (8)$$

де K_R – коефіцієнт, що враховує відстань між вакуум-камерами.

Формула (6) з урахуванням (7) і (8) одержить вигляд

$$K_B = \frac{\pi}{4K_R^2}. \quad (9)$$

Практика показує, що для практичних розрахунків коефіцієнт K_R може прийматись приблизно 1,4-1,5, що відповідає відстані між камерами у межах R . Тоді K_B одержить значення 0,35-0,4.

Для надійного утримання вантажу в процесі його підйому необхідна умова (рис. 1)

$$P = K_y K_B K_p S(p_a - p_b) \geq QgK_d, \quad (10)$$

де K_y – коефіцієнт, що урахує необхідність стискування ущільнювача для досягнення герметичності з'єднання вакуум-камери з вантажем; Q – маса вантажу; g – прискорення сили тяжіння; K_d – коефіцієнт динамічності при підйомі вантажу.

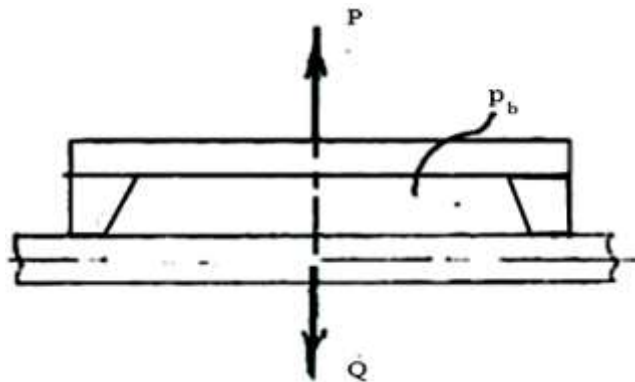


Рис. 1. Схема підйому плити з допомогою вакуум-захвату

Коефіцієнт K_y може визначатись за наступних міркувань

$$K_y = \frac{P - qS_y}{P} = 1 - \frac{qS_y}{S(p_a - p_b)}. \quad (11)$$

Після перетворень формула (11) приймає вигляд

$$K_y = 1 - 4\left(\frac{t}{d} + \frac{t^2}{d^2}\right) \frac{q}{(p_a - p_b)}, \quad (12)$$



де t – ширина ущільнювача; d – діаметр вакуум-камери; q – мінімально–необхідний тиск на ущільнювач.

Мінімально–необхідний тиск на ущільнювач залежить від матеріалу і конструкції останнього, стану поверхні вантажу, вимог по герметизації. Взагалі коефіцієнт K_y може змінюватись у широких межах, але згідно з даними [1] для великих значень d , характерних для будівництва, значення K_y наближається до 1 і для приблизних розрахунків може прийматись 0,8.

Для досягнення безпечних умов роботи введемо у формулу (10) коефіцієнт запасу K_3

$$K_y K_B K_p S (p_a - p_b) \geq Q g, \quad (13)$$

або після перетворень

$$\frac{Q}{S} \leq \frac{K_y K_B K_p (p_a - p_b)}{g K_d K_3}. \quad (14)$$

Права частина виразу (14), що складається із розрядження у вакуум-камері і ряду коефіцієнтів, для приблизних розрахунків може прийматись, як константа. Для звичайних умов роботи у будівництві можливо прийняти $K_y = 0,8$; $K_B = 0,4$; $K_p = 0,85$; $K_d = 1,5$; $K_3 = 2$; $(p_a - p_b) = 80$ кПа. Тоді вираз (14) одержить вигляд:

$$\frac{Q}{S} \leq 725. \quad (15)$$

Умова (15) означає, що 725 є граничним значенням відношення маси виробу у кг до площі його поверхні у m^2 , більше якого застосування вакуум-захватів не можливо. Ця умова показує галузь застосування вакуумних захватів і може використовуватись у ролі відповідного критерія.

Приклади використання запропонованої методики наведені у табл. 1

Табл. 1. Визначення можливості застосування вакуумних захватів для деяких будівельних конструкцій

Найменування виробу	Шифр	Довжина, м	Ширина, м	Товщина, м	Маса, кг	Q/S, кг/м ²	Висновок
Плита тротуарна	8к10	1,0	1,0	0,1	240	240	можливо
Плита тротуарна	6п8	1,0	0,5	0,08	100	200	можливо
Плита перекриття	ПК15-12-8	1,48	1,19	0,22	539	306	можливо
Плита перекриття	ПК90-15-8	8,98	1,49	0,22	400	329	можливо
Блок фундаментний	ФБС 24. 6.6-1	2,38	0,6	0,58	1950	1365	не можливо
Блок фундаментний	ФБС 24.3.6-1	2,38	0,3	0,58	975	1365	не можливо
Блок фундаментний	ФБС 9.6.3-1	0,88	0,6	0,28	350	663	можливо
Бордюр дорожній	БР300.60.20	1,0	0,2	0,08	40	200	можливо
Бордюр дорожній	БР100.20.8	3,0	0,6	0,2	83	46	можливо
Плита аеродромна	ПАГ-18	6,0	2,0	0,18	400	450	можливо

Аналіз табл.1 показує можливість застосування вакуум-захватів для більшості будівельних конструкцій, які мають значну площу поверхні і порівняно невелику товщину (плити, панелі та ін.). В той же час, для деяких конструкцій, що мають значну товщину, (фундаментні блоки), використання вакуум-захватів не можливо.

Висновки. Запропонована методика дає можливість просто і оперативно визначати галузь застосування вакуумних вантажопідйомних пристроїв при вирішенні практичних задач будівництва.

В той же час слід зазначити, що методика є приблизною, так як вона збудована на базі середніх значень коефіцієнтів. Тому у сумнівних випадках доцільно виконувати більш детальні розрахунки, виходячи із конкретних умов роботи.

Подальші дослідження доцільно проводити у напрямку уточнення методики.

Література

1. Андреев А.Ф. Грузозахватные установки с автоматическим и дистанционным управлением. - М.: Стройиздат, 1979. - 138с.
2. Горчаков Г.И. Строительные материалы. М.: Высшая школа, 1981. – 412с.
3. Богуславський В.Є. Дослідження особливостей розрахунку маніпуляторів для монтажу великогабаритного скла вітрин/ В.Є. Богуславський, О.О. Шаленко //ГБДММ, 2008. -№71. -С.30-32.
4. Богуславський В.Є. Вибір параметрів робочого органу маніпулятора для монтажу крупногабаритного скла вітрин./ В.Є. Богуславський, О.О. Шаленко // ГБДММ, 2011. - № 78. – С.48-51.
5. Богуславський В.Є. Особливості розрахунку робочого органа обладнання для монтажу тротуарних плит// ГБДММ, 2016. - №87 - С.28-31.
6. V. Boguslavsky. Some aspects of creation of manipulator for the installation of paving slabs/ V. Boguslavsky, R. Bytlyan// Conference program and proceeding. International Scientific - Practical Conference of Young Scientists. – К.: Build-Master-Class. – 2016. – p.180.
7. Накано Э. Введение в робототехнику. – М.: Мир, 1988. – 336 с.
8. Технология строительного производства. Учебник для инженерно-строительных вузов и строительных факультетов/ Под редакцией О.О. Литвинова и Ю.И.Белякова. // К.: Вища школа, 1985. - 476 с.

REFERENCES

1. Andreev, A.F. (1979). *Gruzozahvatnye ustanovki s avtomaticheskim i distancionnym upravleniem [Load-handling units with automatic and remote control]*. Moscow: Strojizdat. – (in Russian).
2. Gorchakov, G.I. (1981). *Stroitel'nye materialy [Construction materials]*. Moscow: Vysshaja shkola. – (in Russian).
3. Boguslavs'kij, V.E., Shalenko, O.O. (2008). Doslidzhennja osoblivostej rozrahunku manipulyatoriv dlja montazhu velikogabaritnogo skla vitrin [Investigation of the features of calculating the manipulators for the installation of a large glass showcase]. *Girnichy, budivelni, dorozhni ta meliorativni mashini [Mining, construction, road and reclamation machines]*, 71, 30-32. – (in Ukrainian).
4. Boguslavs'kij, V.E., Shalenko, O.O. (2011). Vibir parametriv robochogo organu manipulyatora dlja montazhu krupnogabaritnogo skla vitrin [Selection of the parameters of the working body of the manipulator for the installation of large-glazed windows of windows]. *Girnichy, budivelni, dorozhni ta meliorativni mashini [Mining, construction, road and reclamation machines]*, 78, 48-51. – (in Ukrainian).
4. Boguslavs'kij, V.E. (2016). Osoblivosti rozrahunku robochogo organa obladnannja dlja montazhu trotuarnih plit [Features of the calculation of the working body of equipment for the installation of paving slabs]. *Girnichy, budivelni, dorozhni ta meliorativni mashini [Mining, construction, road and reclamation machines]*, 87, 28-31. – (in Ukrainian).
6. Boguslavsky, V. (2016). *Some aspects of creation of manipulator for the installation of paving slabs*. International Scientific - Practical Conference of Young Scientists. Kyiv, Build-Master-Class, 180.
7. Nakano, Je. (1988). *Vvedenie v robototekniku [Introduction to Robotics]*. Moscow: Mir. (in Russian).
8. Litvinov, O.O., Beljakov, Ju.I. (1985). *Tehnologija stroitel'nogo proizvodstva. Uchebnik dlja inzhenerno-stroitel'nyh vuzov i stroitel'nyh fakul'tetov [Technology of building production. Textbook for Civil Engineering Universities and Building Faculties]*. Kyiv: Vishha shkola. – (in Russian).

Надійшло до редакції 19.04.2016 р.

Рецензент: к.т.н., проф. Гарнець В.М.