

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ РОБОЧОГО ОРГАНА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ МОНТАЖУ ТРОТУАРНИХ ПЛИТ

Вадим Богуславський

*Київський національний університет будівництва і архітектури
03680, Повітрофлотський пр. 31, Київ, Україна, e-mail v.bogus @ mail.ru*

FEATURES CALCULATION OF THE BODY EQUIPMENT INSTALLATION PAVING SLABS

Vadim Boguslavskiy

*Kyiv National Universitate of Constructure and Architecture
03680 Vozdukhoflotsky Ave , 31, Kyiv, Ukraine, e-mail v.bogus @ mail.ru*

АНОТАЦІЯ. Наведена послідовність будівництва тротуарів із плит. Обґрунтована доцільність застосування вакуум-захоплювачів для монтажу залізобетонних тротуарних плит. Описана схема маніпулятора і технологія його застосування. Запропонована методика визначення головного параметра робочого органу обладнання для монтажу (діаметра вакуум-камери).

Ключові слова: тротуарні плити, маніпулятор, робочий орган, вакуум-захоплювачі, діаметр вакуум-камери.

АННОТАЦИЯ. Приведена последовательность строительства тротуаров из плит. Обоснована целесообразность применения вакуум-захватов для монтажа железобетонных тротуарных плит. Описана схема манипулятора и технология его применения. Предложена методика определения главного параметра рабочего органа оборудования для монтажа (диаметра вакуум-камеры).

Ключевые слова: тротуарные плиты, манипулятор, рабочий орган, вакуум-захваты, диаметр вакуум-камеры.

ABSTRACT. Purpose. The aim of the study is to provide mechanization for construction of sidewalks prefabricates. Provided after-sequence construction of pavements slabs. Analyzed non-abundance of modern technology. Expediency application of vacuum grippers for installation of concrete paving slabs. **Methodology/approach.** Researches were conducted theoretical method. Described scheme manipulator and its application technology. **Findings.** Proposed of determining the main body of the working parameters of the equipment for the installation, namely the diameter of the vacuum chamber. **Originality/value.** The conclusion possibility of primenet proposed mechanization.

Keywords: paving slabs, manipulator actuator, vacuum gripper, the diameter of the vacuum chamber.

ВСТУП

Одним із найбільш розповсюджених способів улаштування тротуарів є їх будівництво із залізобетонних плит. Конструктивні елементи тротуарів містять піщаний підстильний шар, підґрунтя з піску, піщано-цементної суміші, щебеня і малоцементного бетону, покриття з бетонних, в т.ч. модифікованих, виробів.

Технологічна послідовність робіт з будівництва збірних покриттів містить наступні етапи: риття і ущільнення земляного кори-

та; облаштування підстильного шару; установка бортового каменю; облаштування основи і покриття з плит або дрібнорозмірних елементів мощення з подальшим заповненням швів.

Основні варіанти конструкцій зі збірних бетонних виробів представлені на рис.1.

Конфігурація і розміри тротуарних бетонних плит відповідають ГОСТ-17608-91 (табл.). За геометричною формою плити поділяють на: К – квадратна, П – прямокутна, Ф – фігурна.

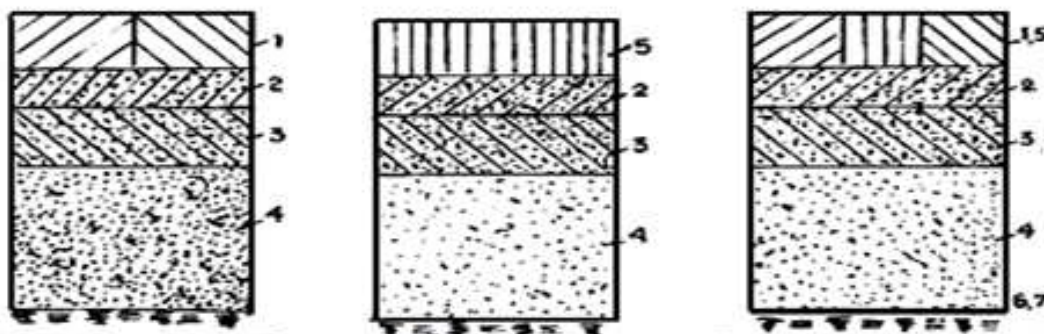


Рис.1. Конструкції з тротуарних плит і малорозмірних елементів

1 - flags; 2 - sand or sand-cement mixture; 3 - foundation of sand and cement mix, sand, rubble, bit-mineral mixture; 4 - sandy layer; 5 - small-paving elements; 6, 7 - polyethylene film

Fig.1. Constructions are from sidewalk flags and little size elements

1 - плити; 2 - пісок або піщано-цементна суміш; 3 - підґрунтя з піщано-цементної суміші, піску, щебню, бітумінеральної суміші; 4 - піщаний морозозахисний шар; 5 - дрібнорозмірні елементи мощення; 6, 7 - поліетиленова плівка

Таблиця. Основні параметри тротуарних бетонних плит

Table. Basic parameters of sidewalk concrete flags

Найменування	Розміри, мм.			Маса, т
	Довжина	Ширина	Висота	
8к10	1000	1000	100	0,240
8к8	1000	1000	80	0,200
6п8	1000	500	60	0,075
6П.8	1000	500	80	0,100
6П5	1000	500	50	0,060
7к8	750	750	70	0,098
5П7-И	500	750	80	0,070
К-6	500	500	70	0,044
8к5 (арм.)	500	500	50	0,030

АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ

Монтаж тротуарних плит, як правило, здійснюється за допомогою крана, при цьому плити піднімаються за спеціально передбачені на них монтажні петлі. Такий спосіб монтажу має істотні недоліки, пов'язані з тим, що після встановлення плит петлі необхідно зрізувати і відповідні місця замазувати цементним розчином. Виконання вказаних операцій призводить до

зниження продуктивності і підвищенню собівартості робіт.

Практика показує, що найбільш доцільним є захоплення, транспортування і встановлення в проектне положення плит за допомогою вакуумних вантажопідйомних пристроїв [2...5]. У цьому випадку плити мають гладку поверхню і відпадає потреба у петлях. У результаті спрощується конструкція плит і технологія робіт, що приводить до зниження собівартості процесу [6...10].

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

На кафедрі основ професійного навчання КНУБА розроблено вантажопідйомний пристрій (маніпулятор) з вакуум-захоплювачем. Обладнання складається із робочого органа, що встановлюється замість ковша, і вакуум-приводу у вигляді вакуум - насоса, гідромотора і ресивера.

Виконані дослідження дозволили сформулювати основні вимоги до подібних пристроїв, які полягають в тому, що маніпулятор повинен здійснювати легке захоплення і надійне утримання плити у різних просторових положеннях і при різних погодних умовах, забезпечувати збереження вантажу в процесі транспортних операцій, бути простим і зручним в роботі.

Принцип дії вакуумних затискувачів полягає в тому, що в спеціальних камерах, які контактують з поверхнею вантажу, створюється вакуум і це викликає притиснення камери до поверхні вантажу за рахунок атмосферного тиску. Переважно такі пристрої використовуються для транспортування листових матеріалів з гладкою поверхнею (скло, метал, полімерні матеріали і т.д.).

Маніпулятор виконаний у вигляді змінного обладнання до екскаватора ЭО-2621 і складається із двох частин: робочого органа і вакуумного приводу. Робочий орган встановлений замість ковша екскаватора і містить траверсу з вакуум-захоплювачем. Привід складається з ресивера з вакуум-насосом і гідромотором, що монтується на відвалі бульдозера і з'єднуються з траверсою маніпулятора гнучкими шлангами. Для управління гідромотором у кабіні машиніста передбачена спеціальна секція розподільника. Траверса робочого органа встановлена на кульовому шарнірі.

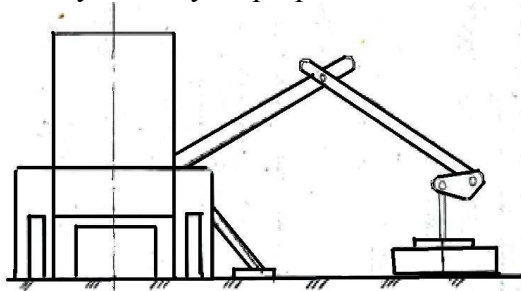


Рис.2. Схема маніпулятора для монтажу тротуарних плит

Fig.2. A chart of manipulator is for editing of sidewalk flags

Маніпулятор працює наступним чином (рис. 2). Екскаватор підводить стрілу до штабеля плит. В ресивері за рахунок роботи вакуум-насоса утворюється розрядження. Після утворення необхідного розрядження відкривають кран і утворюють розрядження в камері вакуумного захоплювача. Це викликає притиснення плити за рахунок різниці тиску в камері захоплювача і атмосферного тиску. Поворотом стріли і переміщенням машини плита подається до місця встановлення. Підводку маніпулятора зі плитою здійснює екскаваторник з кабіни

водія з допомогою робочого обладнання. Точну наводку плити перед встановленням здійснює підсобний робочий. Після встановлення плити закривається кран в ресивері і відкривається кран, що зв'язаний з атмосферою. Різниця тиску системи і атмосфери наближається до нуля і захоплювач припиняє утримування плити.

Головним параметром обладнання є діаметр вакуум-камери, визначення якого потребує спеціального дослідження.

При розрядженні повітря в камері вакуумного захвату виникає сила притиснення вантажу до захоплювача (рис. 3)

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

де S —ефективна площа вакуумно-захватної камери; p_a - атмосферний тиск; p_b максимально можливий тиск в середині вакуум-захватної камери.

Стан повітря в вакуумному захоплювачі характеризується в основному в'язкісним режимом протікання газу, при якому він описується звичайними законами газової динаміки.

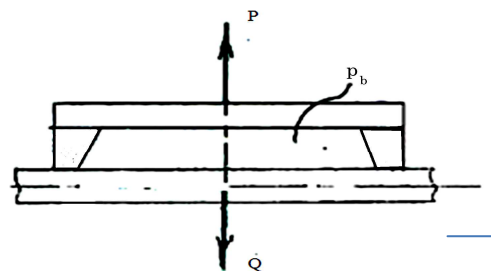


Рис.3. Схема утримання плити при ідеальному положенні захоплювача

Fig.3. A chart of maintenance of flag is at ideal position of capture

В реальних умовах експлуатації формула (1) потребує уточнення з допомогою декількох коефіцієнтів [1]:

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

де K_s - коефіцієнт зменшення площі вакуумно-захоплювальної камери за рахунок деформації її ущільнювача; K_a - коефіцієнт, який враховує зміни атмосферного тиску в порівнянні з нормальним; K_n - коефіцієнт, який враховує протікання повітря крізь ущільнювач.

Для середніх умов роботи вплив вказаних коефіцієнтів можливо врахувати одним

коефіцієнтом, що для практичних розрахунків приймається в межах $0,8 \dots 0,85$,

$$P = SK_1(p_a - p_b) \quad (3)$$

або

$$P = \pi R^2 K_1 \Delta p, \quad (4)$$

де R – внутрішній радіус вакуум-камери; Δp – різниця тисків атмосферного і у вакуум-камері.

Для надійного захоплення, підйому і транспортування плит необхідна наступна умова:

$$P = 2\pi R a q_{\min} + QK_3 \quad (5)$$

де a – ширина ущільнювача; q_{\min} – мінімально-необхідний тиск на ущільнювач для забезпечення належної герметичності вакуум-камери; Q – маса плити; K_3 – коефіцієнт запасу.

З урахуванням (5) і після перетворень вираз (4) може бути записаний у вигляді квадратного рівняння, з якого можна визначити радіус вакуум-камери:

$$\pi R^2 K_1 \Delta p - 2\pi R a q_{\min} - QK_3 = 0 \quad (6)$$

Рівняння (6) відповідає такому розміщенню захоплювача відносно вантажу, при якому центр тяжіння плити співпадає з його віссю. Але на практиці завжди буде мати місце деяке зміщення плити відносно її ідеального положення. Це може істотно вплинути на параметри утримання плити і повинно ураховуватися при розрахунках.

У цьому випадку плита займе похиле положення, а навантаження на захоплювач не буде однаковим за діаметром, що може призвести до зниження тиску на ущільнювач на певних його ділянках і, як наслідок, втрати герметичності вакуум-камери (рис. 4).

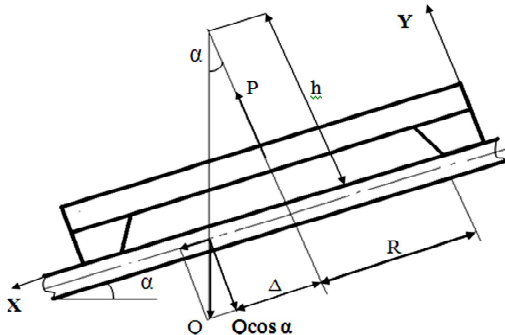


Рис.4. Схема утримання плити при її зміщенні відносно захоплювача

Fig.4. A chart of maintenance of flag is at her displacement in relation to a delight

З метою визначення необхідних розмірів вакуум-камери для створення достатньої сили для підйому плити і притиснення ущільнювача в умовах позacentрового розташування захоплювача доцільно скласти рівняння моментів усіх сил відносно початку координат.

Опускаючи загальний вигляд цього рівняння, напишемо вирази для тиску на ущільнювач у крайніх точках $x=0$ і $x=2R$ відповідно:

$$q_0 = \frac{PR - QK_3 \cos \alpha (R + \Delta)}{2\pi R^2 a}; \quad (7)$$

$$q_{2R} = \frac{PR - QK_3 \cos \alpha (R - \Delta)}{2\pi R^2 a}. \quad (8)$$

У виразах (7) і (8)

$$\cos \alpha = \frac{h}{\sqrt{h^2 + \Delta^2}}, \quad (9)$$

де h – висота шарніра захоплювача; Δ – зміщення плити відносно ідеального положення.

Із виразів (7) і (8) можна зробити висновок, що завжди $q_0 < q_{2R}$. Це означає, що втрата герметичності камери найбільш ймовірна саме в цій точці. Експериментально встановлений мінімально необхідний рівень тиску на ущільнювач q_{\min} , що залежить від ряду факторів (матеріалу ущільнювача, якості поверхні вантажу, діаметра камери) і гарантує герметичність вакуум-камери.

З урахуванням (4), (7), (8), (9) потрібний радіус вакуум-камери може бути визначений із кубічного рівняння:

$$\pi R^3 K_1 \Delta p - 2\pi R^2 a q_{\min} - QK_3 R \frac{h}{\sqrt{h^2 + \Delta^2}} - QK_3 \frac{h\Delta}{\sqrt{h^2 + \Delta^2}} = 0. \quad (10)$$

Легко помітити, що при нульовому зміщенні плити, тобто при $\Delta=0$, рівняння (10) перетворюється в (6).

Розглянемо застосування рівняння (10) для розрахунку радіуса вакуум-камери, призначеної для монтажу тротуарних плит. При цьому припускаємо [1], що $K_1=0,85$,

$\Delta p = 0,08$ МПа, $a = 10$ мм, $q_{\min} = 0,6$ МПа, $h = 200$ мм.

Результати досліджень показані на графіках (рис. 5). Верхня крива відповідає залежності радіуса вакуум-камери від величини зміщення Δ для плит розміром 1×1 м і масою 240 кг. Аналіз цієї кривої показує незначний вплив величини зміщення Δ на радіус R . Округлюючи одержані значення R до найближчого стандартного, одержимо $R = 0,25$ м. Такий параметр підходить для плит розміром 1×1 м і не підходить для плит $1 \times 0,5$ м, з чого можна зробити висновок про необхідність змінного захоплювача. Для такого захоплювача була побудована нижня крива, що відповідає залежності радіуса вакуум-камери від величини зміщення Δ для плит розміром $1 \times 0,5$ м і масою 100 кг. Після округлювання до найближчого стандартного значення, одержимо $R = 0,5$ м

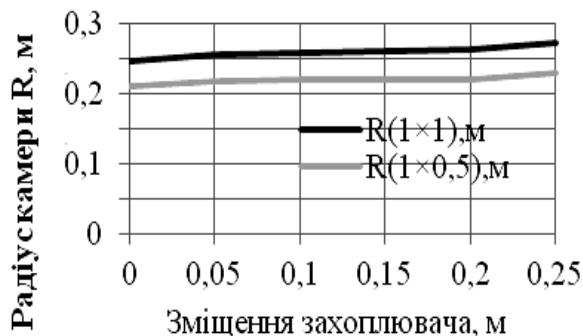


Рис.5. Графік залежності необхідного радіуса камери від зміщення захоплювача

Fig.5. A chart of dependence of radius of chamber is from displacement of capture

ВИСНОВКИ

Результати досліджень дають можливість зробити висновок про доцільність застосування вакуум-захоплювачів для монтажу широкої номенклатури тротуарних плит при наявності, як мінімум, двох змінних захоплювачів.

Використання маніпулятора буде сприяти суттєвому підвищенню продуктивності процесу монтажу плит, зменшенню відсот-

ку важкої ручної праці, зниженню собівартості робіт.

ЛІТЕРАТУРА

1. Андреев А.Ф. Грузозахватные установки с автоматическим и дистанционным управлением. М., Стройиздат, 1979, - 138 с.
2. Горчаков Г.И. Строительные материалы. М., Высшая школа, 1981. – 412 с.
3. Верижченко Е. П.. Статика сооружений. М.; Высшая школа, 1962 – 307 с.
4. ЕНиР Сб. Е8. Отделочные покрытия строительных конструкций. М. 1987.- 160 с.
5. Накано Э. Введение в робототехнику. М. «Мир», 1988.-336 с.
6. 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.
7. Богуславський В.Є., Шаленко О.О. Дослідження особливостей розрахунку маніпуляторів для монтажу великогабаритного скла вітрин // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. – Київ, 2008. – №71. – С. 30-32.
8. ГОСТ 17608-91. Группа Ж18. Межгосударственный стандарт. Плиты бетонные тротуарные. Технические условия.
9. Ловейкін В.С. Визначення оптимальних режимів руху маніпулятора за процес пуску (гальмування) під час роботи за однією з узагальнених координат / В.С. Ловейкін, Д.О. Міщук // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. – Київ, 2009. – №73. – С. 35-42.
10. Міщук Д. Підвищення ефективності маніпулятора за рахунок оптимального керування / Д.О. Міщук // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. – Київ, 2015. – №85, – С. 43-50.

REFERENCES

1. Andreev A.F., 1979. Gruzozahvatnye ustanovki s avtomaticheskim i dstancionnym upravleniem. [Clamp options with automatic and controlled from distance control]. Moscow, Stroizdat Publ., 138. – (in Russian).
2. Gorchakov G.I., 1981. Stroitel'nye materialy. [Building materials]. Moscow, Vysshaja shkola Publ., 412. – (in Russian).

3. *Verizhenko E.P., 1962. Statika sooruzhenij. [Statics of structures].* Moskow, Vysshaja shkola, 307. – (in Russian).
4. *ENiR Sb. E8. 1987. Otdelochnye pokrytija stroitel'nyh konstrukcij. [Finishing coating of building structures].* Moskow, 160. – (in Russian).
5. *Nakano J.E., 1988. Vvedenie v robototekniku. [Introduction to robotics].* Moscow. Mir Publ., 336. – (in Russian).
6. *Litvinova O.O., Beljakova Ju.I., 1985. Tehnologija stroitel'nogo proizvodstva. Uchebnik dlja inzhenerno-stroitel'nyh vuzov i stroitel'nyh fakul'tetov [The technology of building production. Textbook for engineering and construction of universities and Engineering Faculties].* Kiev, Vischa shkola Publ., 476. – (in Russian).
7. *Boguslavskiy V.Ye, Shalenko O.O., 2008. Doslidzhennja osoblivostej rozrahunku manipulatoriv dlja montazhu velikogabaritnogo skla vitrin [Studies of calculating manipulators for assembly of large glass windows].* Girnichi, budivel'ni, dorozhni ta meliorativni mashini. [Mining, construction, road and melioration machines], No.71, 30-32. – (in Ukrainian).
8. *GOST 17608-91. Gruppya G18. Plity betonnye trotuarnye. Tehnicheskie uslovija. [Footway concrete slabs. Specifications].* Mezhhgosudarstvennyj standart. – (in Russian).
9. *Lovejkin V.S., Mishhuk D.O., 2009. Viznachennja optimalnih rezhimiv ruhu manipulatora za proces pysku (galmuvannja) pid chas roboti za odnoi z uzagalnenih koordinat [Determining the optimal modes of motion of the manipulator for process start (inhibition) while working for one of the generalized coordinates].* Girnichi, budivel'ni, dorozhni ta meliorativni mashini [Mining, construction, road and melioration machines], No.73, 35-42. – (in Ukrainian).
10. *Mishchuk D., 2015. Pidvishhennja efektyvnosti manipulatora za rahunok optimal'nogo keruvannja [Increasing efficiency manipulator by optimal control].* Girnichi, budivel'ni, dorozhni ta meliorativni mashini [Mining, construction, road and melioration machines], No.85, 43-50. – (in Ukrainian).