

УДК 621.86.061-52

В.Є.Богуславський к.т.н., доцент;  
О.О.Шаленко (КНУБА, Київ)

## ВИБІР ПАРАМЕТРІВ РОБОЧОГО ОРГАНА МАНІПУЛЯТОРА ДЛЯ МОНТАЖУ ВЕЛИКОГАБАРИТНОГО СКЛА ВІТРИН

*АНОТАЦІЯ. Запропанована методика визначення головних параметрів робочого органа маніпулятора для монтажу великогабаритного скла вітрин: відстані між вакуум – камерами і їх діаметра.*

*Ключові слова: монтаж скла вітрин, маніпулятор, робочий орган, відстань між вакуум – камерами, діаметр вакуум – камер.*

*АННОТАЦИЯ. Предложена методика определения основных параметров рабочего органа манипулятора для монтажа крупногабаритного стекла витрин: расстояния между вакуум-камерами и их диаметра.*

*Ключевые слова: монтаж стекла витрин, маніпулятор, робочий орган, расстояние между вакуум – камерами, діаметр вакуум-камер.*

*SUMMARY. Methodology of determination of basic parameter of working organ of manipulator is offered for editing large overall glass of windows is distance between vacuum - by captures.*

*Key words: editing of glass of windows, manipulator, working organ, distance between vacuum.*

---

### Вступ

Одною із найбільш трудомістких і небезпечних операцій в цивільному будівництві є монтаж крупногабаритного скла вітрин. Розміри такого скла досягають 2х3 м, а вага 240 кг.

Монтаж виконується переважно вручну ланкою робочих із 5-6 чоловік.

Спроби застосування стандартного таке-лажного обладнання або механічних захоплювачів виявлялось не ефективним у зв'язку зі специфікою властивостей скла.

Ця обставина призвела до того, що вітринне скло почали монтувати окремими секціями, для яких передбачені відповідні рами. Але такий варіант погіршує дизайн вітрини.

Практика показує, що найбільш доцільним є захоплення, транспортування і встановлення в проектне положення скла за допомогою вакуумних вантажопідійомних пристроїв.

Принцип дії вакуумних затискувачів полягає в тому що в спеціальних камерах, які контактують з поверхнею вантажу, створюється вакуум і це викликає притискування камери до поверхні вантажу за рахунок атмосферного тиску. Переважно застосування таких пристроїв є листові матеріали з гладкою поверхнею, (скло, метал, полімерні матеріали і т.д.).

На кафедрі основ професійного навчання КНУБА розроблено вантажопідійомний пристрій (маніпулятор) з вакуум-затискувачами у вигляді змінного робочого органа до екскаватора С0-2621.

Робоче обладнання складається із робочого органа, що встановлюється замість ковша і вакуум-привода у вигляді вакуум-насоса, гідромотора і ресивера.

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

**Метою** дослідження є розробка методики вибору параметрів робочого органа маніпулятора для монтажу крупногабаритного скла вітрин. До цих параметрів, насамперед, належить діаметр вакуум-камер і відстань між ними.

### Виклад основного матеріалу

При певному рівні вакуума вантажопідійомність робочого органа маніпулятора значною мірою визначається кількістю і площею вакуум-камер.

Дослідження і конструкційні розробки показали, що з точки зору сформованих вимог найбільш доцільним є чотири вакуум-камери. При цьому необхідно мати можливість регулювання відстані між ними?

Важливим питанням при конструюванні робочих органів маніпулятора є встановлення оптимальної відстані між вакуум-камерами. Цю відстань доцільно визначити із умов досягнення мінімальних напруг у склі в процесі монтажних операцій.

Розрахункове положення і еюра згинаючих моментів в листовому виробі (склі) показані на рис.1. При цьому лист скла розраховується, як балка на двох опорах.

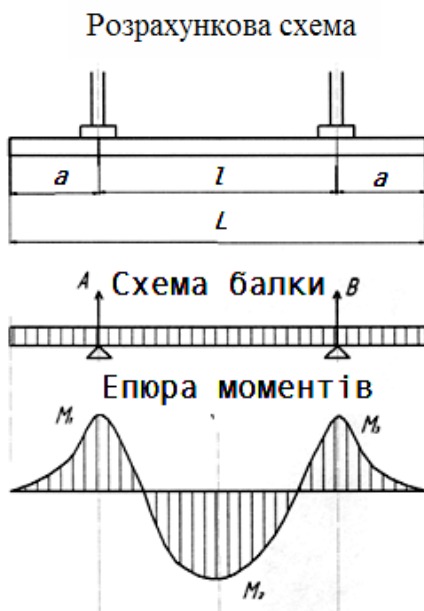


Рис.1. Розрахункова схема і еюра згинаючих моментів при ідеальному розміщенні вакуум – зачепів

Опорні реакції

$$A = B = \frac{q(l+2a)}{2} \quad (1)$$

де  $q$  - рівнорозподілене навантаження від маси скла;  $M_1$  і  $M_3$  - згинаючі моменти;  $l$  і  $a$  - геометричні розміри системи (рис.1).

$$M_1 = M_2 = \frac{qa^2}{2}. \quad (2)$$

Згинаючий момент в центральному перерізі

$$M_2 = B \frac{l}{2} - \frac{ql^2}{8} = \frac{ql}{4}(l+2a). \quad (3)$$

Відстань між вакуум – зачіпами визначаємо виходячи із рівності напруги в склі

$$M_1 = M_2 = M_3. \quad (4)$$

Звідкіля

$$\frac{qa^2}{2} = \frac{ql^2}{4}(l+2a). \quad (5)$$

З урахуванням того, що

$$a = \frac{L-l}{2}, \quad (6)$$

де  $L$  - довжина скла (рис.1)

визначаємо рівність

$$l = 0,3L. \quad (7)$$

Таке співвідношення відповідає випадку ідеального розміщення вакуум – зачепів відносно осі скла.

На практиці завжди буде мати місце ексцентричне розміщення вакуум-камер відносно осей симетрії скла.

Розглянемо випадок при максимальному зміщенні вакуум – зачепів відносно осі скла (рис.2).



Рис.2. Розрахункова схема і еюра згинаючих моментів при максимальному зміщенні вакуум – зачепів відносно осей симетрії скла

Опорні реакції А і В

$$A = \frac{q}{2l}(l^2 - 4a^2), \quad (8)$$

$$B = -\frac{q}{2l}(l^2 + 4a^2). \quad (9)$$

Згинаючий момент  $M_1$

$$M_1 = \frac{q}{8l^2}(l^2 - 4a^2)^2. \quad (10)$$

Згинаючий момент  $M_2$

$$M_2 = 2qa^2. \quad (11)$$

Визначимо відстань  $l$  виходячи із умови

$$M_1 = M_2. \quad (12)$$

Звідкіля

$$\frac{q}{8l^2}(l^2 - 4a^2)^2 = 2qa^2. \quad (13)$$

Після перетворень

$$l = 4,8a. \quad (14)$$

З урахуванням того, що  $a = \frac{L-l}{2}$ ,

Визначаємо

$$l = 0,7L. \quad (15)$$

Таким чином оптимальна відстань між вісями вакуум – зачіпів залежить від точності захоплення скла і знаходиться в діапазоні

$$l = (0,3 \dots 0,7)L. \quad (16)$$

Для практичних цілей доцільно прийняти середнє значення

$$l = 0,5L, \quad (17)$$

що забезпечить мінімальні напруги в склі в процесі монтажу.

Діаметр вакуум – камер і їх кількість визначається із умов утримання скла в самих не вигідних положеннях з урахуванням природних факторів - дощ, вітер і т. д.

В той же час для діаметра вакуум – камер існує обмеження, що викликається умовами збереження скла під дією атмосферного тиску при підйомі і транспортуванні скла. Чим більше діаметр вакуум –

камер, тим більша сила атмосферного тиску на скло і вище напруга в ньому, як наслідок, вища ймовірність його руйнування.

Найбільші напруги в склі виникають при вертикальному положенні скла, так як при горизонтальному положенні сили тяжіння діють проти сил атмосферного тиску і розвантажують скло.

Напруги в склі в межах вакуум – камери можуть бути визначені за формулою розрахунку циліндричних пластин з закріпленими краями, що знаходяться під дією рівнорозподіленого по площі навантаження (рис.3).

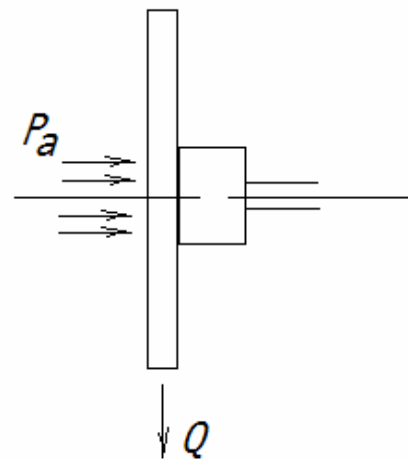


Рис.3 Розрахункове положення для визначення діаметра вакуум камер  $P_a$  - атмосферний тиск;  $Q$  – сила тяжіння скла

$$\zeta = \frac{3pr^3}{8t}(1+\mu), \quad (18)$$

де;  $r$  - радіус пластини, м;  $t$  – товщина пластини, м;  $\mu$  - коефіцієнт Пуассона.

З урахуванням формули (18) діаметр вакуум – камери

$$D = 4t \sqrt{\frac{2[\sigma]}{3P_a(1+\mu)}}. \text{ м}, \quad (19)$$

де  $[\sigma]$  - припустима напруга в склі, МПа;

$P_a$  – нормальний атмосферний тиск, МПа;

$\mu$  - коефіцієнт Пуассона для скла.

Коефіцієнт Пуассона для скла знаходиться в межах 0,1...0,33, для розрахунків приймається 0,25 [3].

Залежність діаметра вакуум – камери  $D$  від товщини скла  $t$  показана на графіку (рис.4).

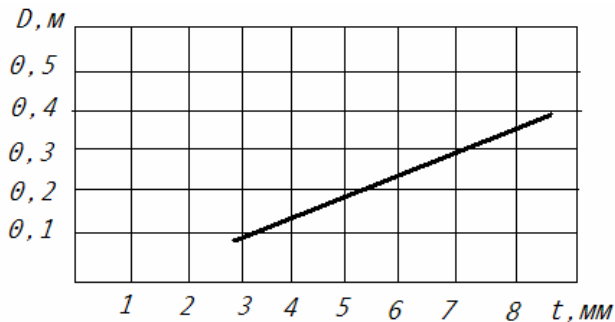


Рис.4. Графік залежності граничного діаметра вакуум – камери від товщини скла

Якщо прийняти припустиме напруження в склі на рівні 25 МПа, то граничний діаметр вакуум – камери може визначатись за спрощеною формулою

$$D = 46,2t. \quad (20)$$

де  $t$  – товщина скла, м;

### Висновки

Таким чином в результаті досліджень розроблені рекомендації по вибору діаметра вакуум – камер і відстані між ними. Ці рекомендації можуть бути підґрунтям для інженерної методики розрахунку робочого органа маніпулятора для монтажу скла вітрин.

### Література

1. *В.Є. Богуславський, О.О. Шаленко.* Дослідження особливостей розрахунку маніпуляторів для монтажу великогабаритного скла вітрин. ГБДММ, №71, 2008, С.30-32.
2. *Андреев А.Ф.* Грузозахватные установки с автоматическим и дистанционным управлением. М., Стройиздат, 1979, - 138 ст.
3. *Горчаков Г.И.* Строительные материалы М., Высшая школа, 1981. – 412с.
4. *Е. П. Вериженко, Я.Д. Лившиц,* Статика сооружений. М.; Высшая школа, 1962 – 307с.

Рецензент: Ю.Д. Абрашкевич, д. т. н., проф. (КНУБА, Київ)

Отримано: 6.12.2011 р.