

БУДІВНИЦТВО ТА ЦИВІЛЬНА ІНЖЕНЕРІЯ

УДК 691.615.1

DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.7\(38\).1.45-55](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.7(38).1.45-55)

Г.Д. Портнов, доц., канд. техн. наук, В.В. Дарієнко, доц., канд. техн. наук,
В.В. Пукалов, доц., канд. техн. наук

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна
e-mail: budkom999@gmail.com

Вибір параметрів ущільнення макета конструкції з ЛИСТОВИМ СКЛОМ

В роботі представлена методика обґрунтування вибору параметрів світлопрозорої конструкції, що включає прямокутну скляну пластину, пружне ущільнення та жорсткі рамки на основі дослідження моделі в середовищі ПК SOLIDWORKS. Показано, що параметри закріплення листового скла, включаючи характеристики ущільнення суттєво впливають на механічні властивості конструкції. Розроблена модель дозволяє оцінити напружено-деформований стан листового скла та динамічні властивості конструкції залежно від параметрів пружного ущільнення.

листова скло, пружне ущільнення, 3D моделювання, критерії руйнування, напруження Мора – Кулона, модальний аналіз

Постановка проблеми. Конструкції з листового скла включають пристрої закріплення з елементами ущільнення. Розрахунки таких конструкцій пов'язані зі значними труднощами математичного характеру, зумовленими як особливостями матеріалів, так і відсутністю математичних моделей закріплення скляних пластин в реальних умовах.

Випробування макетів конструкцій з підбором параметрів є витратними у зв'язку зі статистичною неоднорідністю механічних характеристик скла.

Для попереднього вибору основних параметрів знов розробленої конструкції доцільно використання розрахункових програмних комплексів [1].

Необхідна розробка методики використання розрахункових програмних комплексів для попереднього обрання конструкції закріплення листа скла з врахуванням основних параметрів ущільнення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розрахунки листового скла проводяться виходячи з уявлення скляного елемента як гнучкої пластинки, що працює на поперечний згин з великим прогином [3, 5, 6].

Деформація скляної пластини під впливом механічного навантаження носить нелінійний характер [10, 12, 15].

Спосіб закріплення пластини істотно впливає на характер і величину зусиль і деформацій, що виникають у ній [8, 9].

Теоретично розрізняють такі основні види закріплення пластини.

1. Шарнірне спирання пластини. Виключаються лінійні зміщення опорної кромки в серединній площині та в перпендикулярному до неї напрямку. Допускається поворот опертої зони пластини навколо осі, що збігається з лінією опорного контуру.

2. Вільне спирання. Виключається переміщення кромки пластини в напрямку перпендикулярному до серединній площини. Допускаються усунення в серединній площині і поворот опертої зони пластини навколо осей, що збігаються з опорною лінією.

3. Жорстке закріплення. Виключаються кутові та лінійні переміщення закріплених кромки.

Зазвичай листове скло кріплять до конструктивних елементів по чотирьох сторонах металевими опорними планками через гумові ущільнювальні прокладки. При теоретичних дослідженнях таке кріплення можна розглядати як спірання пластинки по чотирьох сторонах з частковим затисканням, що є комбінацією основних видів закріплення.

Питанням розрахунку пружно-защемлених опор тонкостінних елементів конструкцій та їх застосуванням присвячені роботи [4, 6, 8, 9].

Характер напруженого стану пластини залежить в основному від виду навантаження та характеру його розподілу, відношення довгої та короткої сторони до товщини листового скла, а також параметрів защемлення: характеру зв'язків, що утворюють опори та механічних властивостей матеріалів пластини та супорту [14, 15].

Оцінка напружено-деформованого стану конструкції ведеться за критеріями міцності, жорсткості та на підставі дослідження динамічних характеристик.

Розрахунки зводяться до обґрунтування вибору конструктивних параметрів листового скла, супорта та матеріалу гумового ущільнення.

Вибір параметрів конструкції ведеться з урахуванням напружено-деформованого стану конструкції, експлуатаційних, конструктивних (архітектурних) вимог та економічних показників.

У нормативній документації на листове скло відсутні чіткі вимоги щодо властивостей міцності, в ній наводяться тільки довідкові величини.

Основним методом визначення властивостей міцності листового скла є експериментальний, заснований на випробуванні дослідних зразків.

В даний час більшість дослідників вважають, що руйнування відбувається внаслідок досягнення в склі граничних значень напружень, що розтягують [14, 18].

Умови міцності:

$$\sigma_1 \leq \frac{[\sigma_1]}{k_1}, \quad (1)$$

де σ_1 – максимальне нормальне напруження,

$[\sigma_1]$ – значення руйнівного максимального нормального напруження, отриманого при натурних випробуваннях,

k_1 – коефіцієнт запасу міцності.

У той же час зазначається, що скляна пластина при випробуванні знаходиться в складному напруженому стані і руйнування відбувається при досягненні граничних значень еквівалентних напружень [12, 18]. Для крихких матеріалів з різними властивостями розтягування та стиску в таких випадках використовується критерій напруження Мора-Кулона [11, 12].

Умови міцності:

$$\sigma_{FOS} \leq \frac{[\sigma_{FOS}]}{k_{FOS}}, \quad (2)$$

де σ_{FOS} – напруження Мора - Кулона,

$[\sigma_{FOS}]$ – значення руйнівного напруження Мора - Кулона, отриманого при натурних випробуваннях,

k_{FOS} – коефіцієнт запасу міцності.

Важливим є питання локалізації максимальних напружень, пов'язаного з прогнозуванням характеру руйнації конструкції.

Експериментальні дослідження показують, що максимальне напруження може виникати як у кутових, так і середніх зонах пластинок з листового скла [8, 16, 18].

Допустима деформація конструкції регламентується галузевими стандартами.

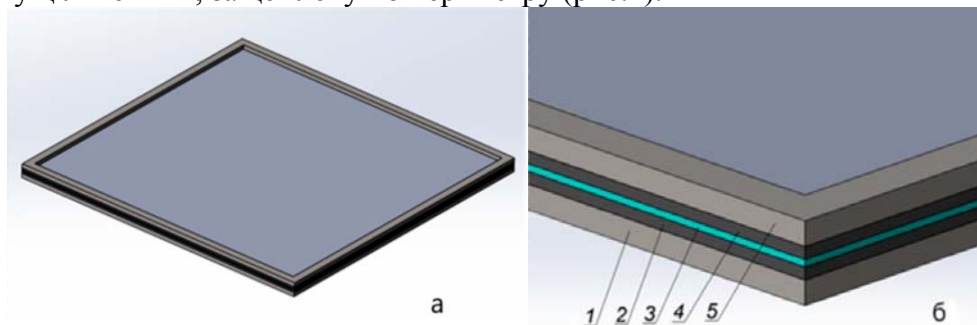
Необхідність розрахунку власних частот і відповідних їм форм коливань виникає під час аналізу динамічної поведінки конструкції під впливом змінних навантажень. Перевірка спектральних властивостей конструкції в робочому діапазоні частот зовнішніх впливів на стадії проектування дозволяє зменшити ймовірність появи резонансів у процесі експлуатації [2].

Теоретичне дослідження напружень та деформацій зводиться до розв'язання крайових задач для диференціальних рівнянь четвертого порядку вигнутої поверхні пластини. Рішення в аналітичній формі можливе лише в окремих випадках геометричного виду пластини та умов її закріплення на опорах [3, 5, 7].

Достовірні результати можуть бути отримані лише на підставі випробувань натурних варіантів конструкції. Для прямокутних пластин є виправданим використання розрахункових програмних комплексів для попереднього вибору параметрів натурального зразка за результатами дослідження моделі конструкції [13].

Постановка завдання. На прикладі конкретної конструкції розробити методику вибору основних параметрів гумового ущільнення конструкції з листового скла.

Виклад основного матеріалу. У цій роботі представлена методика дослідження в ПК SOLIDWORKS моделі конструкції, що включає прямокутну скляну пластину з гумовим ущільненням, защемлену по периметру (рис.1).



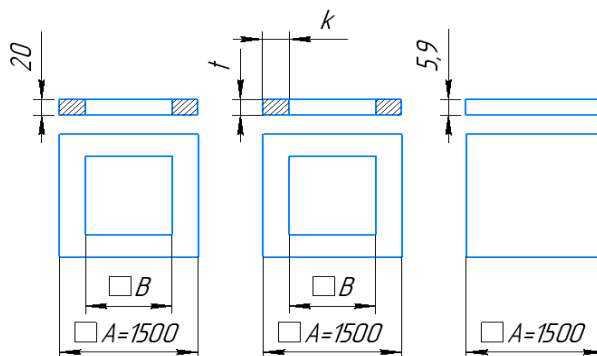
а – загальний вигляд; б – деталізація

1 – нижня рама; 2, 4 – гумова прокладка; 3 – лист скла; 5 – верхня рама

Рисунок 1 – Модель стенда для випробування листового скла рівномірно розподіленим навантаженням
Джерело: розроблено авторами.

Методика дослідження містить наступні етапи: побудова моделі конструкції з урахуванням граничних умов закріплення пластини засобами SOLIDWORKS; нелінійний статичний аналіз і частотний аналіз моделі (виконуються в модулі SOLIDWORKS Simulation); зіставлення отриманих показників з вимогами технічного завдання на проектування конструкції; вибір матеріалу і геометричних параметрів ущільнення.

Розміри деталей моделі показані на рис.2.



а – нижня (верхня) рама; б – ущільнення; с – скляна пластина

Рисунок 2 – Ескізи деталей моделі

Джерело: розроблено авторами

Змінні параметри: розміри прямокутного поперечного перерізу стрічки ущільнення: ширини k і товщини t , а також його механічні характеристики.

Визначалися: максимальне нормальне напруження, максимальне напруження Мора - Кулону, локалізація їх значень відносно поверхні скляної пластини, максимальне переміщення вузла пластини, частоти власних коливань конструкції із площини пластини.

Зовнішнє навантаження – статичний тиск на поверхню пластини $p = 25,6$ МПа.

Розміри скляної пластини та параметри зовнішнього навантаження обрані відповідно результатів натурних випробувань скляних пластин [18, 19].

Механічні характеристики матеріалу скляної пластини: модуль пружності

$$E_g = 70000 \text{ МПа}; \text{ коефіцієнт Пуассона } \mu_g = 0,2; \text{ масова щільність } \gamma_g = 2500 \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3} [12].$$

Вибір варіантів матеріалів гумового ущільнення, для дослідження, здійснювався з наступних міркувань.

1. Модуль пружності більшості марок гумових сумішей, що використовуються для ущільнення нерухомих з'єднань знаходиться в межах $E_p = 2 \dots 6$ МПа [10].

2. Відносне стиснення гумової суміші різних сортів від 40 до 50%, тобто допустиме напруження стиснення ущільнення $\sigma_{cp} \leq \frac{E_p}{2}$,

3. При стисканні обсяг гуми не змінюється: її коефіцієнт Пуассона становить $\mu_g = 0,49$.

$$4. \text{ Масова щільність } \gamma_r = 1280 \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}.$$

Дослідження моделі (нелінійний статичний, частотний аналізи) виконані в модулі SOLIDWORKS Simulation за наступними налаштуваннями:

1. Тип дослідження: нелінійне статичне.

1.1 Часовий інкремент: «автоматично».

Параметри нелінійності: «використовувати склад для великого зсуву»; «параметр великої деформації» включений.

Обрання програми, що вирішує: «автоматично».

1.2 Деталі: рама – жорстке тіло; скляна пластина і гумова прокладка – такі, що деформуються.

1.3 Взаємодія компонентів: «глобальна» (В конструкції передбачається застосування клейової суміші).

1.4 Кріплення: «зафіксована геометрія» рам (рис.3)

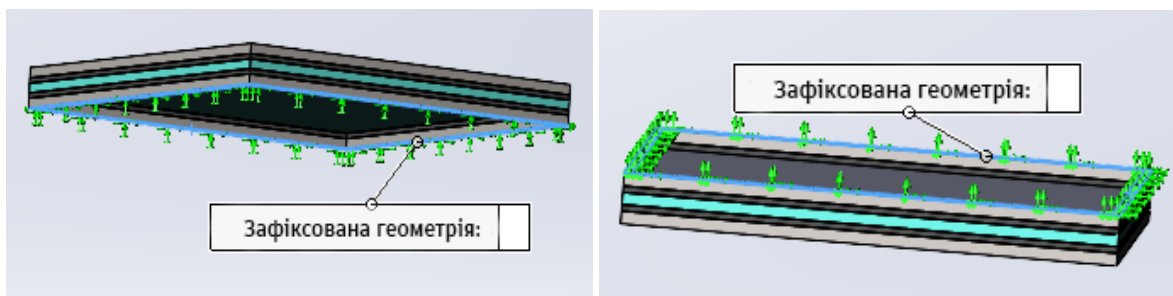


Рисунок 3 – Кріплення рам

Джерело: розроблено авторами

1.5 Зовнішнє навантаження: тиск на верхню поверхню скла за межами гумової прокладки (рис.4).

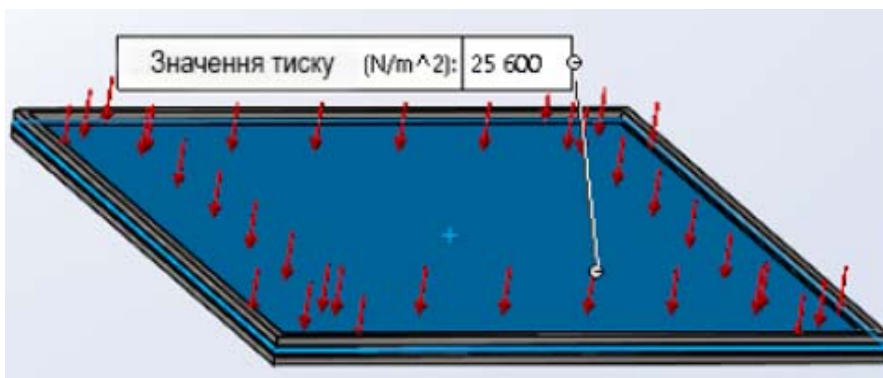


Рисунок 4 – Зовнішнє навантаження на скляну пластину

Джерело: розроблено авторами

1.6 Сітка: на основі змішаної кривизни.

2. Частотний аналіз.

2.1 Обрання програми, що вирішує: «автоматично».

2.2 Взаємодія компонентів: «глобальна».

2.3 Кріплення рам: «зафіксована геометрія» (рис. 3).

2.2 Обрання навантаження: не враховувалося (враховується за необхідністю).

Нижче наведено послідовність попереднього вибору параметрів конструкції на основі дослідження моделі.

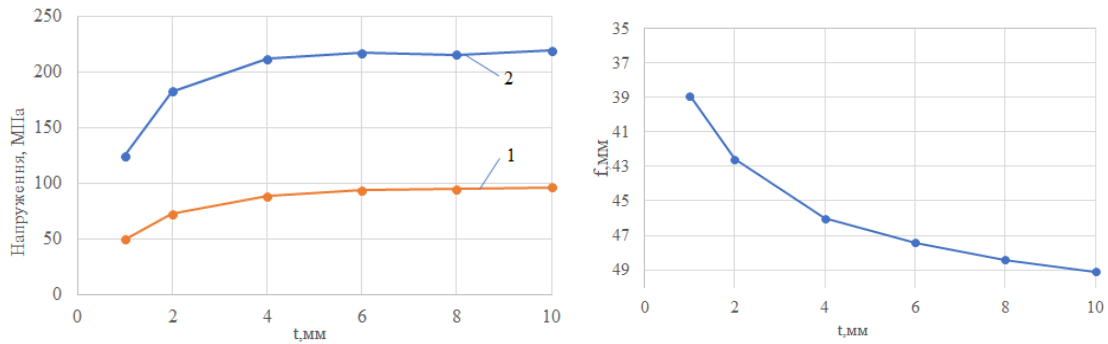
Графіки, що характеризують напружено – деформований стан (ПДВ) скляної пластини, побудовані для різних значень конструктивного параметра s , що характеризує ступінь використання світлопрозорої частини конструкції.

$$s = \frac{S_g - S_i}{S_g} \times 100[\%], \quad (3)$$

де $S_g = A^2$ – загальна площа скляної пластини (рис.2);

$S_i = B^2$ – площа світлопрозорої частини конструкції.

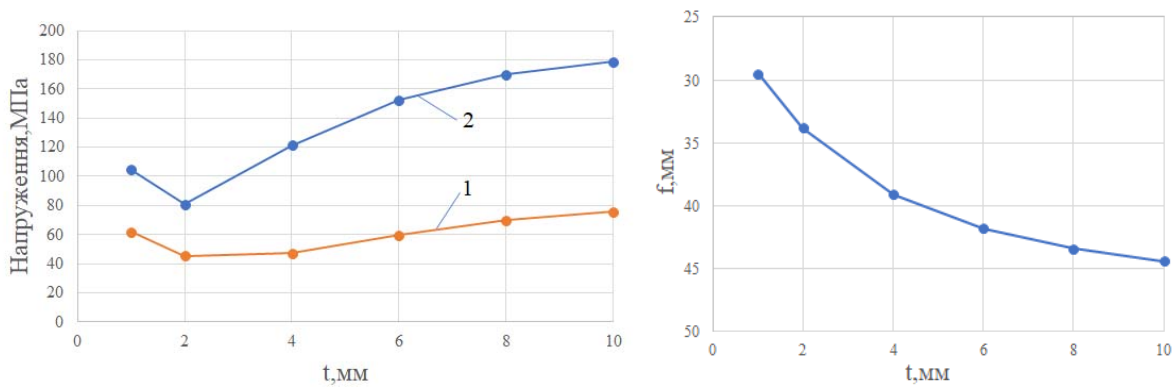
1. Залежність максимального нормального напруження σ_1 та напруження Мора – Кулона σ_{FOS} , а також максимального переміщення f у скляній пластині від товщини ущільнення t при різних значеннях параметра s для гумових сумішей з різними значеннями модуля пружності E_r представлена на рис. 5, 6 7.



1 – σ_1 , 2 – σ_{FOS} .

Рисунок 5 – НДС пластини при $s = 2\%$; $E_r = 6$ МПа

Джерело: розроблено авторами



1 – σ_1 , 2 – σ_{FOS} .

Рисунок 6 – НДС пластини при $s = 4\%$; $E_r = 6$ МПа

Джерело: розроблено авторами

На НДС скляної пластини істотно впливають геометричні та механічні параметри ущільнення.

Напруження σ_1 та σ_{FOS} корелюють за параметром t . Ступінь кореляції залежить від пружності ущільнення.

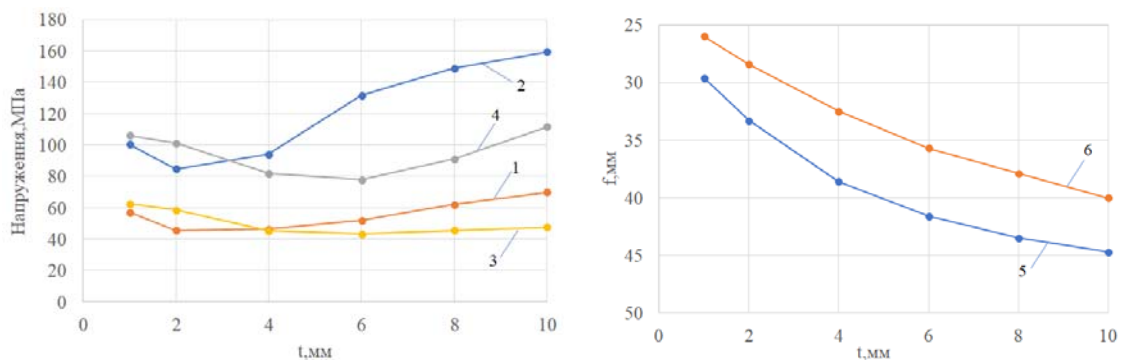


Рисунок 7 – НДС пластини при $s = 6\%$;

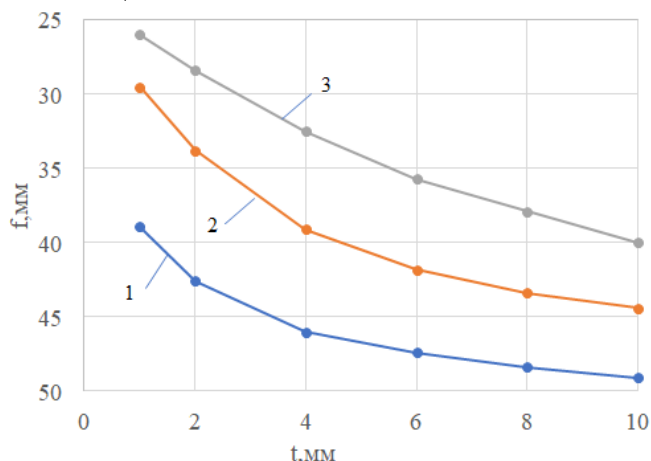
1 – σ_1 , $E_r = 2$ МПа; 2 – σ_{FOS} , $E_r = 2$ МПа; 3 – σ_1 , $E_r = 6$ МПа;

4 – σ_{FOS} , $E_r = 6$ МПа; 5 – $E_r = 2$ МПа; 6 – $E_r = 6$ МПа

Джерело: розроблено авторами

При малих значеннях товщини $t \sim 2$ мм відбувається неприпустиме зминання країв ущільнення (стрибокподібна зміна напружень). Зі збільшенням $t > 2$ мм напруження суттєво (до 40%) збільшуються (ламані криві 1, 2 рис.5, 6). Поведінка ламаних кривих 3, 4 (рис.7) ймовірно, обумовлена підвищеним впливом поперечної жорсткості перерізу ущільнення за умови глобального контакту поверхонь.

На рис.8 представлені залежності максимального переміщення f вузла пластини від товщини ущільнення t при $E_r = 6$ МПа.

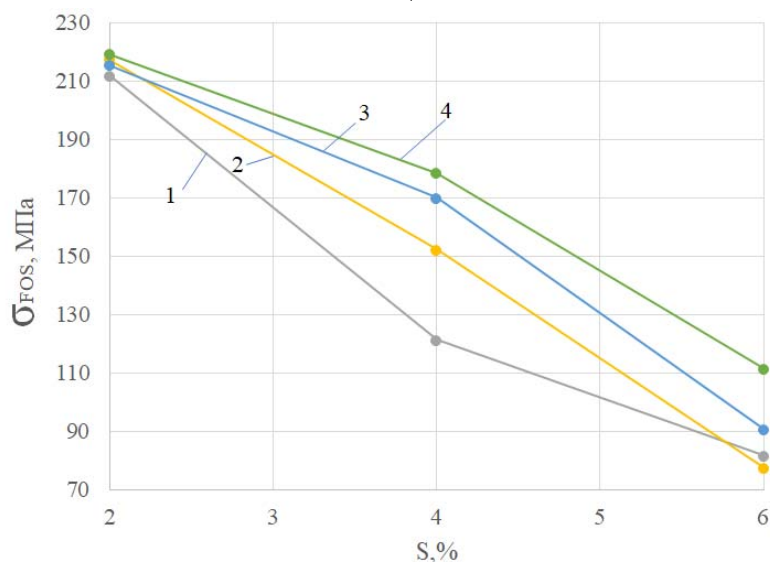


1 – s = 2%; 2 – s = 4%; 3 – s = 6%

Рисунок 8 – Залежність максимального переміщення f вузла пластини від товщини t ущільнення.
Джерело: розроблено авторами

Більша жорсткість ущільнення зумовлює менші переміщення.

На рис.9 представлені дані залежності максимального напруження σ_{FOS} , що виникає у скляній пластині при різних значеннях ширини та товщини перерізу ущільнення з модулем пружності матеріалу $E_r = 6$ МПа.



1 – t = 4 мм; 2 – t = 6 мм; 3 – t = 8 мм; 4 – t = 10 мм

Рисунок 9 – Максимальні значення напруження σ_{FOS} в пластині

Джерело: розроблено авторами

Найменші значення напруження виникають при більших значеннях s . Перспективним є розгляд ламаних кривих 1 і 2 для $s = 4 \dots 6\%$.

Локалізація максимальних значень напружень σ_1 та σ_{FOS} у цих випадках різна (рис.10).

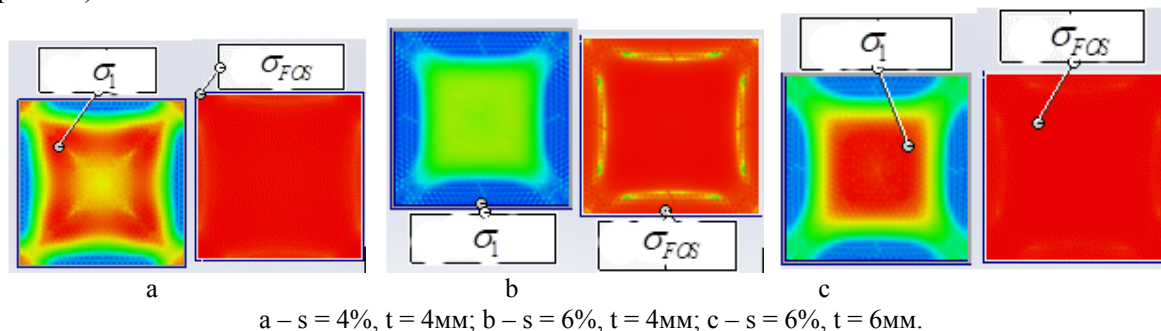


Рисунок 10 – Локалізація максимальних значень напружень σ_1 та σ_{FOS}

Джерело: розроблено авторами

2. Аналіз динамічної поведінки конструкції під впливом змінних навантажень показує частоти, у яких можливе виникнення резонансу.

На рис. 11 представлена гістограма масової участі нижніх десяти власних частот у коливальному процесі.



1 – $s = 4\%$, $t = 4\text{мм}$; 2 – $s = 4\%$, $t = 6\text{мм}$; 3 – $s = 6\%$, $t = 4\text{мм}$; 4 – $s = 6\%$, $t = 6\text{мм}$.

Рисунок 11 – Гістограма масової участі обчислених мод

Джерело: розроблено авторами

Власні частоти конструкції повинні лежати поза діапазону частот зовнішніх впливів [16]:

$$f_i \notin [k_l f_{\min}^v, k_h f_{\max}^v], \tag{4}$$

де f_i - i -я – власна частота конструкції;

f_{\min}^v, f_{\max}^v – нижня та верхня частота діапазону зовнішніх вібраційних впливів;

k_l, k_h – коефіцієнти, прийняті в галузевих стандартах.

Для ущільнення параметрами $s = 4\%$, $t = 4\text{мм}$; $E_r = 6\text{МПа}$ при $k_l = 0,7$, $k_h = 1,3$ для нижчих п'яти мод небезпечними є зовнішні вібраційні дії з частотою в діапазоні $f_{\min}^v \geq 12,6\text{Гц}$; $f_{\max}^v \leq 23,4\text{Гц}$.

Висновки:

1. Розроблена у середовищі SOLIDWORKS модель дозволяє оцінити напружено-деформований стан листового скла та динамічні властивості конструкції залежно від параметрів пружного ущільнення.

2. Параметри ущільнення суттєво впливають на механічні властивості конструкції.

3. Представлена методика дослідження дозволяє виробити рекомендації щодо вибору параметрів ущільнення макета конструкції з листовим склом з урахуванням оцінки граничних станів та конструктивних вимог.

Список літератури

1. Баженов В. А., Перельмутер А. В., Шишов О. В. Будівельна механіка. Комп'ютерні технології : Київ : Каравела, 2009. 696 с.
2. Геворгян Г. З. Об изгибных колебаниях ортотропных полос переменной толщины с учётом поперечных эффектов при условиях упругой заделки. *Актуальные проблемы механики сплошной среды: труды IV междунар. конф.*, 21-26 сентября 2015 г., Цахкадзор, Армения, 2015. С. 129-133.
3. Визначення фізико-механічних властивостей скла на згин за допомогою двопараметричного розподілу Вейбулла / Демчина Б., Сурмай С., Ткач Р., Гула В. *Будівельні конструкції. Теорія і практика.* : зб. наук. праць. 2020. № 6. С. 94-113.
4. Киракосян Р. М. Упруго-зашемленна опора для осесимметрично изгибаемых круглых пластин. *Проблемы динамики взаимодействия деформируемых сред: труды VIII международной конференции, 22-26 сентября 2014г.*, Горис- Степанакерт, 2014. С. 261-265.
5. Киракосян Р. М. Об одной неклассической задаче изгиба упруго-зашемленной круглой пластинки. *Докл. НАН Армении.* 2015. Т.115. №4. С. 284-289.
6. Киракосян Р. М., Степанян С. П. Неклассическая задача изгиба ортотропной балки переменной толщины с упруго-зашемленной опорой. *Докл. НАН Армении.* 2014. Т.114. № 3. С. 205-212.
7. Киракосян Р. М., Степанян С. П. Устойчивость стержня при наличии упруго-зашемленной опоры. *Докл. НАН Армении.* 2014. Т.114. № 4. С. 309-315.
8. Kirakosyan M. Non-Classical Problem of a Bend Orthotropic Beams with the Elastic Clamped Support. *NAS RA Reports*, 2014. Volume 114. № 2. P. 101-107.
9. И. Киракосян Р. М., Степанян С. П. Задача изгиба упруго-зашемленной ортотропной круглой пластинки, опирающейся на упругом основании. *Докл. НАН Армении.* 2016. Т.116. №2. С. 120-127.
10. Механические свойства конструкционных материалов при сложном напряженном состоянии: Справочник / А. А. Лебедев и др. Изд. 3-е изд., перераб. и доп.. К. : Издат. дом «Ин Юре», 2003. 539 с.
11. Писаренко Г. С. Избранные труды ; отв. ред. В. Т. Трощенко. Киев: Наук. думка, 2010. 727с.
12. Портнов Г. Д., Дарієнко В. В., Пукалов В. В. Модель стєнда для дослідження конструкцій з листового скла. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки.* 2022. Вип. 6(37). С.331-343.
13. Родичев Ю. М. Конструкционная прочность хрупких неметаллических материалов. *Прочность материалов и конструкций* ; под ред. В. Т. Трощенко. Киев : Академперіодика, 2005. С. 955-992.
14. Родичев Ю. Оценка локальной прочности и повреждаемости хрупких материалов по параметрам статистического распределения экспериментальных данных. *Вісник Тернопільського національного технічного університету.* 2013. № 4. С. 161-173
15. Степанян С. П. Неклассическая задача изгиба балки линейно-переменной толщины при наличии упруго-зашемленной опоры. *Проблемы динамики взаимодействия деформируемых сред: труды VIII международной конференции, 22-26 сентября 2014 г.*, Горис-Степанакерт, 2014. С. 408-412.
16. Чихладзе Е. Д. Будівельна механіка : підручник. Харків : УкрДАЗТ, 2011. 320 с.
17. Razmik M. Kirakosyan, Seyran P. Stepanyan. On a Model of Elastic Clamped Support of Plate-Strip. *International scientific Journal, Modeling of Artificial Intelligence.* 2015. Vol.6. Is. 2, P. 67-74.

18. Zubkov V. Kondratieva N. Characteristics of calculation of flat glass in translucent structures. *Glass performance days 2008. Conference Proceedings*. New Delhi (India), 2008, December. P. 27-29.
19. Zubkov V. Kondratieva N. Flat glass strength in façade systems coverings and floorings of buildings and structures. *Glass. Façade. Energy*. Dusseldorf (Germany), 2010. P. 63-70.

References

1. Bazhenov V.A., Perelmutter A.V & Shyshov O.V. (2009). *Budivelna mekhanika. Kompiuterni tekhnologii [Construction mechanics. Computer Technology]*. Kyiv : Karavela [in Ukrainian].
2. Gevorgyan, G. Z. (2015). Ob izgibnyh kolebaniyah ortotropnyh polos peremennoj tolshchiny s uchyotom poperechnykh effektov pri usloviyah uprugoj zadelki. [On bending vibrations of orthotropic strips of variable thickness with consideration of transverse effects under the conditions of elastic sealing]. *Actual problems of the mechanics of the continuous medium: IV Mezhdunarodna konferencia (21-26 sentjabrja 2015 g) – IV International Conference* (P. 129-133). Cahkadzor, Armeniya [in Russian].
3. Demchyna, B., Surmai, S., Tkach, R. & Hula, V (2020). Vyznachennia fizyko-mekhanichnykh vlastyivostei skla na zghyn za dopomohoiu dvoparametrychnoho rozpodilu Veibulla [Determination of the physical and mechanical properties of glass for bending using the two-parameter Weibull distribution]. *Book of Sciences, prats Budivelni konstruksii. Teoriia i praktyka- Collection of sciences, works Building constructions. Theory and practice, Vol. 6*, 94-113 [in Ukrainian].
4. Kirakosyan, P.M. (2014). Uprugo-zashchemlyonnaya opora dlya osesimmetrichno izgibaemyh kruglyh plastin [Elastic-clamped support for axisymmetrically bent round plates.]. *Problems of the dynamics of the interaction of deformable media: VIII Mezhdunarodna konferencia (22-26 sentjabrja 2014g.) - VIII International Conference* (P. 261-265). Goris- Stepanakert [in Russian].
5. Kirakosyan, P.M. (2015). Ob odnoj neklassicheskoy zadache izgiba uprugo-zashchemlyonnoy krugloj plastinki [On one non-classical problem of bending an elastically pinched circular plate] . *Dokl. NAN Armenii- NAS Armenia report, Vol.115, 4*, 284-289 [in Russian].
6. Kirakosyan, P.M. & Stepanyan, S.P. (2014). Neklassicheskaya zadacha izgiba ortotropnoj balki peremennoj tolshchiny s uprugo-zashchemlyonnoy oporoy [The non-classical problem of bending an orthotropic beam of variable thickness with an elastically clamped support]. *Dokl. NAN Armenii- NAS Armenia report, Vol. 114, №3*, 205-212 [in Russian].
7. Kirakosyan, P.M. & Stepanyan, S.P. (2014). Ustojchivost' sterzhnya pri nalichii uprugo-zashchemlyonnoy opory [Stability of the rod in the presence of an elastically pinched support]. *Dokl. NAN Armenii- NAS Armenia report, Vol. 114, № 4*, 309-315 [in Russian].
8. Kirakosyan, M. (2014). Non-Classical Problem of a Bend Orthotropic Beams with the Elastic Clamped Support. *NAS Armenia reports, Vol. 114, № 2*, P. 101-107 [in English].
9. I. Kirakosyan R. M. & Stepanyan S. P. (2016). Zadacha izgiba uprugo-zashchemlyonnoy ortotropnoj krugloj plastinki, opirayushcheysya na uprugom osnovanii [The problem of bending an elastically pinched orthotropic circular plate resting on an elastic base]. *Dokl. NAN Armenii- NAS Armenia report, Vol.116. № 2*, 120-127 [in Russian].
10. Lebedev, A.A., Koval'chuk, B.I., Giginyak, F.F. et al. (2003). *Mechanical properties of structural materials under complex stress*. (3d ed.) . Kiev: Izdat. dom «In Jure» [in Russian].
11. Pisarenko, G.S. (2010). *Izbrannye Trudy [Selected works]*. Kiev: Nauk. dumka [in Russian].
12. Portnov, H.D., Dariienko, V.V. & Pukalov, V.V. (2022). Model stenda dlia doslidzhennia konstruksii z lystovoho skla [A model of a stand for the study of structures made of sheet glass]. *Tsentrlnoukrainskyi naukovi visnyk. Tekhnichni nauky- Central Ukrainian scientific bulletin. Technical sciences, Vol. 6 (37)*, 331-343 [in Ukrainian].
13. Rodychev, Yu.M. (2005). *Konstruksyonnaia prochnost khrupkykh nemetallycheskykh materyalov. Prochnost materyalov y konstruksii [Structural strength of brittle non-metallic materials. Durability of materials and structures]*. Kyev : Akadempyodyka [in Russian].
14. Rodichev, Yu. (2013). Ocenka lokal'noj prochnosti i povrezhdaemosti hrupkih materialov po parametram statisticheskogo raspredeleniya eksperimental'nyh dannyh [Evaluation of the local strength and damage of brittle materials according to the parameters of the statistical distribution of experimental data]. *Visnik Ternopil'skogo nacional'nogo tekhnichnogo universitetu – Bulletin of the Ternopil National Technical University, Vol. 4*, 161-173 [in Russian].
15. Stepanyan, S.P. (2014). Neklassicheskaya zadacha izgiba balki linejno-peremennoj tolshchiny pri nalichii uprugo-zashchemlyonnoy opory [The non-classical problem of bending a beam of linear-variable thickness in the presence of an elastically pinched support.]. *Problems of the dynamics of the interaction of deformable media: VIII Mezhdunarodnoj Konferencii (22-26 sentjabrja 2014 g) – VIII International Conference* (P. 408-412). Goris-Stepanakert [in Russian].

16. Chykhladze, E.D. (2011). *Budivelna mekhanika [Construction mechanics]* : Kharkiv : UkrDAZT, [in Ukrainian].
17. Razmik, M. Kirakosyan, Seyran P. Stepanyan. (2015). On a Model of Elastic Clamped Support of Plate-Strip. *International scientific Journal, Modeling of Artificial Intelligence, Vol.6, Issue 2*, P. 67-74 [in English].
18. Zubkov, V. & Kondratieva, N. (2008). Characteristics of calculation of flat glass in translucent structures. *Glass performance days 2008. Conference Proceedings*. New Delhi (India). P. 27-29. [in English].
19. Zubkov, V. & Kondratieva, N. (2010) Flat glass strength in façade systems coverings and floorings of buildings and structures. *Glass. Façade. Energy*. Dusseldorf (Germany). P. 63-70. [in English].

Hennadii Portnov, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Viktor Dariienko**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Viktor Pukalov**, Assoc. Prof., PhD tech. sci.

Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

Selection of Sealing Parameters of the Structure Layout With Sheet Glass

Sheet glass is used in the creation of transparent constructions of building structures, for glazing of airplanes, helicopters, boats, as a structural material for instrument and aggregate construction, production of technical products in mechanical engineering. Structures made of sheet glass include fastening devices with sealing elements. Calculations of such structures cause difficulties, which are associated with the imperfection of their mathematical models.

For the preliminary selection of the main parameters of the newly developed structures, it is advisable to use calculation software complexes with the preliminary development of the method of choosing the structure of fixing the glass sheet, taking into account the main sealing parameters according to the results of the study of the structure model. The nature of the stress state of the plate depends mainly on the type of load and the nature of its distribution, the ratio of the long and short sides to the thickness of the sheet glass, as well as the clamping parameters. The assessment of the stress-strain state of the structure is carried out according to the criteria of strength, rigidity and based on the study of dynamic characteristics. The calculations are reduced to justifying the choice of structural parameters of sheet glass, caliper and rubber sealing material, taking into account the stress-deformed state of the structure, operational, structural requirements and economic indicators.

The paper presents a methodology for substantiating the selection of the parameters of a transparent structure, which includes a rectangular glass plate, elastic sealing and rigid frames based on model research in the SOLIDWORKS PC environment. It is shown that the parameters of fixing the sheet glass, including the sealing characteristics, significantly affect the mechanical properties of the structure. The developed model makes it possible to estimate the stress-deformed state of sheet glass and the dynamic properties of the structure depending on the parameters of the elastic seal.

sheet glass, elastic sealing, 3D modeling, failure criteria, Mohr-Coulomb stress criterion, modal analysis

Одержано (Received) 16.02.2023

Прорецензовано (Reviewed) 02.03.2023

Прийнято до друку (Approved) 03.04.2023