

## ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ ТА ДЕФОРМАТИВНОСТІ СКЛЯНИХ БАЛОК З ВЕРТИКАЛЬНИМ РОЗМІЩЕННЯМ ШАРІВ

© Демчина Б. Г., Черевко М. В., 2015

Розглянуто експериментальне дослідження скляних балок з вертикальним розташуванням шарів. Для покращення функціональних властивостей будівельних конструкцій доцільно урізноманітнювати використання будівельних матеріалів. Тому варто дослідити можливість використання у несучих будівельних конструкціях матеріалів, яких раніше не застосовували з такою метою. Одним з таких матеріалів є скло. Для виготовлення конструкції зі скла використовують технологію триплексування – безпечного скла, яка дає змогу зберегти фізико-механічні характеристики скла та забезпечує надійний зв'язок між частинами конструкції. Триплексоване скло створює безліч можливостей для архітектурних рішень. Завдяки йому є можливим будівництво абсолютно прозорих конструкцій, які за міцністю та довговічністю не поступаються класичним цегляним чи бетонним. Проте в Україні технологія скляного будівництва вивчена та досліджена недостатньо, будівельних норм для скла немає, а тому триплексоване скло практично не використовують. Тому ця тема є актуальною сьогодні. Метою дослідження було оцінити експериментальним способом міцність та деформативність скляних балок з вертикальним розташуванням шарів скла, порівняти міцність і деформативність балок для різних способів їх виготовлення. Результати дослідження наведені у статті.

**Ключові слова:** скло, триплекс, балка.

The paper deals with an experimental study of glass beams with vertical layers. It is advisable to diversify the use of building materials to improve the functional properties of building structures. Therefore it is necessary to investigate the use of load-bearing building structures made of materials not previously used for that purpose. One of such materials is glass. For the manufacture of glass design using triplex technology – safety glass, which allows you to maintain the physical and mechanical properties of glass and provides reliable connection between parts of the structure. Triplex creates many opportunities for various architectural solutions. Its possible to build a completely transparent structures thanks to triplex and their strength and durability are not inferior to the constructions made of bricks or concrete. However, glass constructions technology in Ukraine is not studied and researched enough, there are no building codes for glass, so triplex glass is almost never used. Solving this problems should start with a study of the history of the use of glass. One should also research the possibility of making glass constructions. Therefore, this problem is relevant today. The aim of the study was to evaluate experimentally the strength and deformability of glass beams with vertical layers of glass, compare the strength and deformability of beams made in different methods. Results of the study are presented in the paper.

**Key words:** glass, triplex, beam.

### Вступ

Дедалі більшого поширення сьогодні як будівельний матеріал набуває скло. Крім звичних для застосування скла в огорожувальних конструкціях, його можна часто помітити як матеріал для підлог, сходів, перекриттів. Використання цього матеріалу дає змогу забезпечити прозорість

конструкції. Забезпечення прозорості разом із забезпеченням необхідної міцності можуть гарантувати скляним конструкціям визнання серед архітекторів, дизайнерів та будівельників.

Однією з вимог до скляних конструкцій є безпека їх застосування. Для цього використовують триплексоване скло. Триплексоване скло – це два або більше органічних чи силікатних скла, склеєних між собою спеціальною полімерною плівкою. Навіть за втрати скляною конструкцією своїх функціональних властивостей ця технологія не допускає повного її руйнування, утримуючи осколки на плівці. Сьогодні тема використання триплексованого скла в будівельних конструкціях є малодослідженою, зокрема в Україні, що зумовлює необхідність їх досліджень.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

В Україні триплексоване скло не є дуже поширеним. Переважно його застосовують під час виготовлення самонесучих або ненесучих конструкцій, як-от перегородок, вікон, або дизайнерських елементів інтер'єру (столиків, підставок, колон тощо). Останнім часом таке скло почали активно використовувати у виробництві скляних прозорих підлог. Проте немає державних норм і стандартів для розрахунку конструкцій із триплексованого скла, що зумовлює високу собівартість таких конструкцій, оскільки вони вимагають індивідуальних проектів і проведення експериментальних досліджень у кожному випадку.

### Постановка цілей

Завдання дослідження – визначити експериментально несучу здатність та деформативність багатошарової скляної балки з вертикальним розміщенням шарів; порівняти міцність і деформативність балок для різних способів їх виготовлення.

Для проведення експерименту була виготовлена серія з двох скляних балок марки БСВ-1.1 та БСВ-1.2 з габаритними розмірами 1000×100×60 мм (рис. 1). Кожна балка була виготовлена з трьох шарів скла. Як головний матеріал використовували негартоване листове скло згідно з ДСТУ Б В.2.7-122:2009 (міцність на стиск – 700 МПа, питома вага – 2500 кг/м<sup>3</sup>, товщина – 19 мм [1]). Відповідно до технології триплексування між шарами скла була вклеєна полімерна плівка, після чого балки були запечені у спеціальній камері за температури 130 °С. Для балки марки БСВ-1.1 використовували один шар полімерної плівки між кожним шаром скла, а для балки марки БСВ-1.2 – два шари.



Рис. 1. Зразок скляної багатошарової балки, де Ш-1,2,3 – нумерація шарів скла

### Виклад основного матеріалу

Балки досліджували як балки, оперті на двох опорах із прикладанням зосереджених сил у третинах прольоту (рис. 2), [2]. За допомогою гідравлічного домкрату (1) створювали зовнішнє навантаження, яке передавалося на балку через траверсу 2. Між опорами траверси та скляною балкою, а також у місцях обпирання балки на опори влаштовувалися “подушки” з цементного розчину товщиною не більше ніж 5 мм для уникнення місцевого сколювання та руйнування скла в місцях обпирання. Зусилля вимірювали за допомогою індикатора годинникового типу, встановленого у динамометричне кільце 3, яке розміщували з одного боку між балкою та опорою. Для

фіксування осадок опор використовувалися мікроіндикатори годинникового типу 4; прогини балки вимірювали за допомогою прогиноміра Аістова 5, встановленого посередині прольоту під балкою.

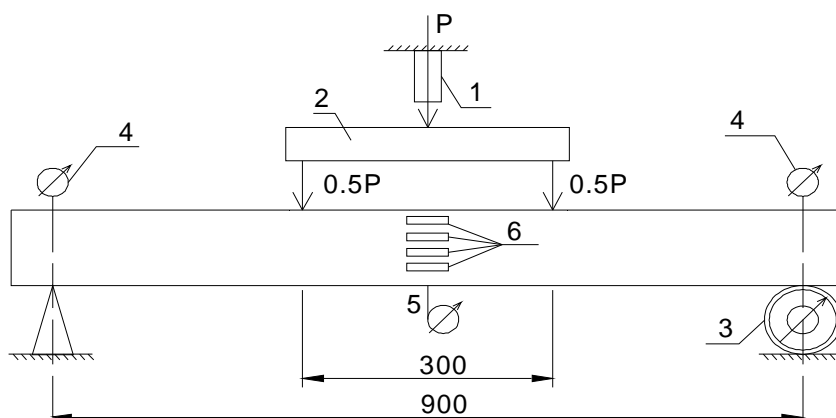
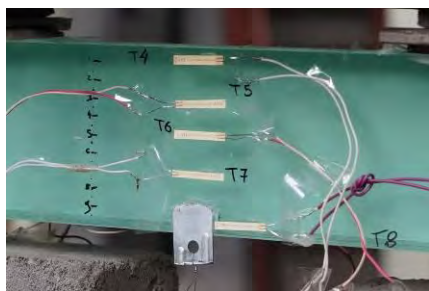


Рис. 2. Схема випробувань скляної багатшарової балки: 1 – гідравлічний домкрат; 2 – траверса для передавання і завантаження у третинах прольоту балки; 3 – динамометричне кільце з індикатором годинникового типу; 4 – мікроіндикатор; 5 – прогиномір Аістова; 6 – тензорезистори

Для вимірювання деформацій було наклеєно п'ять тензорезисторів з базою 20 мм на одній із бічних поверхонь (рис. 3, а). Інша сторона балки була спеціально підготовлена для використання методу цифрової кореляції зображення. А саме, її пофарбували білою фарбою, на поверхню якої були нанесені чорні цятки (рис. 3, б) для створення контрастного зображення [3].



а



б

Рис. 3. Експериментальна балка: а – сторона з прикріпленими тензорезисторами; б – сторона, підготовлена для використання методу ЦКЗ

Навантажували зразки ступенями з кроком 1,5 кН до руйнування. Витримка між ступенями навантаження становила 5 хв.

### Опрацювання результатів експерименту

Після сімнадцятого ступеня навантаження за значення  $P=0,96 P_{crit}=26\text{кН}$  спостерігали розкриття тріщини на всю висоту крайнього шару № 1 балки БСВ-1.1 біля точки прикладання навантаження (рис. 4).

У двох балках після прикладання вісімнадцятого ступеня навантаження утворилися тюльпаноподібні руйнування (рис. б) під лінією прикладання вертикального навантаження з боку зони чистого згину. Балки зруйнувалися під час навантаження для марки БСВ-1.1 і дорівнює 27 кН, а для марки БСВ-1.2 – 27,2 кН, що показало велику схожимість досліджень балок-близнюків. Спостерігали утворення незначної кількості осколків у місцях руйнування, проте балка частково зберігала цілісність завдяки наявності плівки між шарами, яка забезпечувала зв'язок між ними.

Графіки залежності прогинів балок марки БС-1 та БС-2 від зовнішнього навантаження були побудовані на основі аналізу показів прогиноміра Аістова та опорних індикаторів (рис. 5).

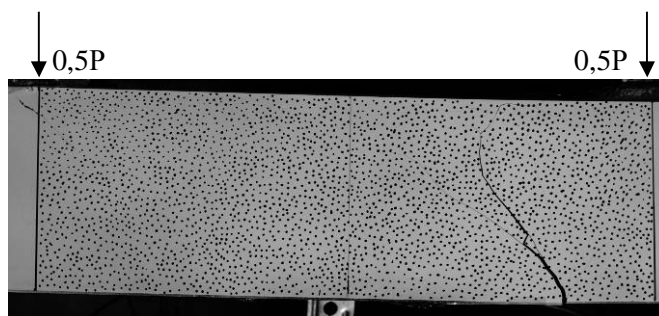


Рис. 4. Утворення тріщини у крайньому шарі балки БС-1 за значення  $P=0,96 P_{cr1}=26$  кН (вигляд збоку, третини прольоту балки виділені чорними вертикальними лініями)

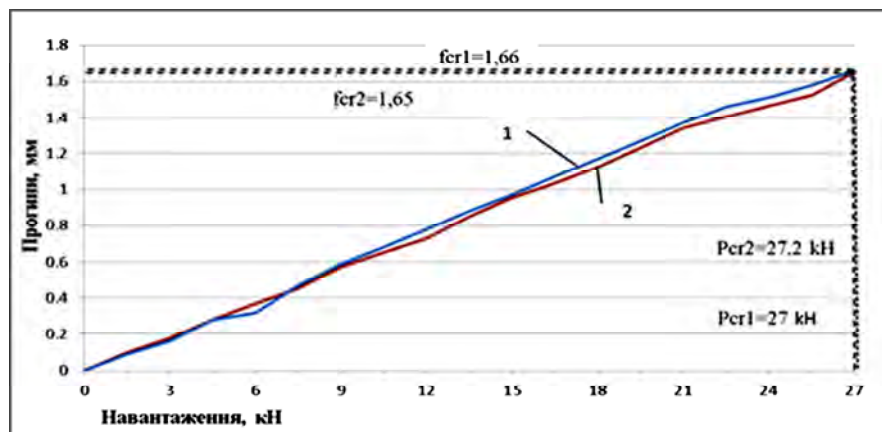


Рис. 5. Графіки залежності прогину скляної балки від навантаження: 1 – балка марки БСВ-1.1; 2 – балка марки БСВ-1.2

Характер руйнування дослідних зразків показано на рис. 6.

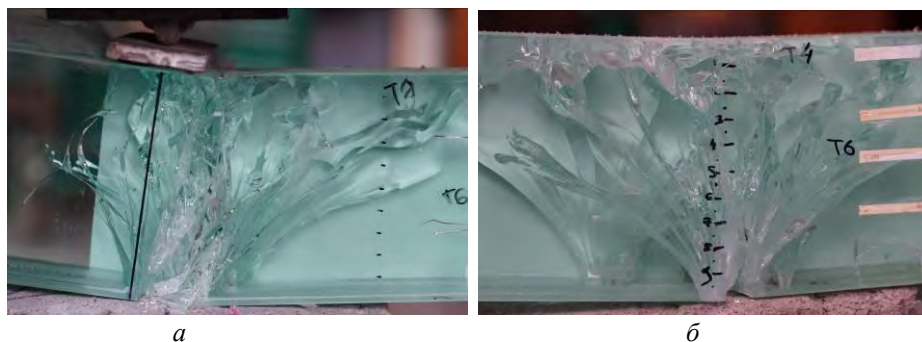


Рис. 6. Руйнування експериментальної балки в зоні чистого згину біля точки прикладання завантаження: а – балка марки БС-1; б – балка марки БС-2

### Висновки

1. Балка марки БСВ-1.2 з одним шаром плівки між шарами скла зруйнувалася при  $P_{cr1}=27$  кН, а балка марки БСВ-1.2 з подвійним шаром плівки між шарами скла, зруйнувалася при значенні  $P_{cr2}=27,2$  кН. Це може свідчити про те, що кількість шарів плівки у багатошаровій скляній балці з вертикальним розміщенням шарів скла неістотно впливає на несучу здатність балки.

2. Аналіз отриманих показів тензодатчиків дав змогу визначити напруження, що виникали в шарах скла.

1. ДСТУ Б.В.2.7-122:2009 *Скло листове. Технічні умови.* – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – С. 52. 2. ДСТУ 2825-94 *Розрахунки та випробування на міцність. Терміни та визначення основних понять.* – К., 1998. – С. 42. 3. Муравський Л. І. *Методи спекл-кореляції для дослідження механічних властивостей конструкційних матеріалів (2010).* – К.: НВП “Видавництво “Наукова думка” НАН України” 2010.