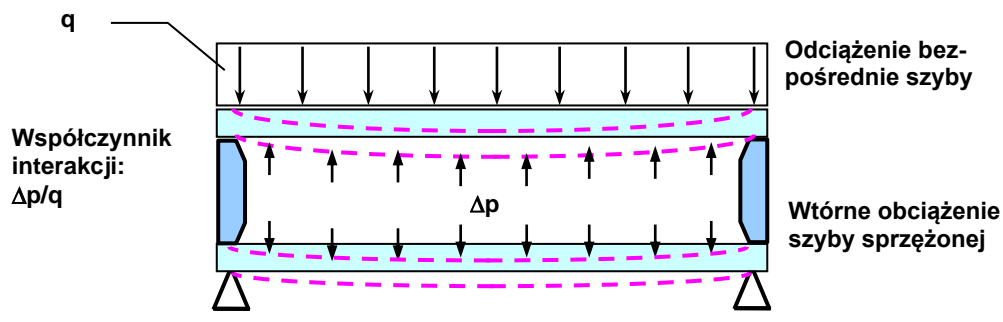


Zbigniew Respondek

INTERAKCJA OBCIĄŻEŃ W UKŁADZIE DWÓCH SZYB O RÓŻNYCH SZTYWNOŚCIACH POŁĄCZONYCH SZCZELNĄ WARSTWĄ GAZOWĄ

W elemencie złożonym z dwóch szklanych płyt połączonych szczelną warstwą gazu, tzn. w szybie zespolonej zachodzi sprężenie gazowe obciążeń (rys. 1). Model matematyczny tego zjawiska przedstawiono w artykułach [1-4], natomiast przykłady obliczeniowe oraz wyniki badań eksperymentalnych w [1, 5-7]. Sprężenie gazowe liczbowo wyraża się zmianą ciśnienia gazu Δp w komorze międzyszybowej zespolonej w odniesieniu do ciśnienia początkowego bez obciążenia układu. Zmiana ciśnienia gazu jest związana ze zmianami objętości w komorze międzyszybowej spowodowanymi objętością pola przemieszczenia płyt ograniczających komorę. Efektem sprężenia gazowego jest interakcja, tzn. przekazywanie obciążeń między szymbami zestawu. Wypadkowe obciążenie szyby obciążonej bezpośrednio zmniejsza się kosztem wtórnego obciążenia szyby sprężonej. Liczbowo interakcję pojedynczego obciążenia jednej z płyt można opisać współczynnikiem interakcji $\Delta p/q$, który wskazuje, jaka część obciążenia q przekazywana jest z szyby obciążonej bezpośrednio na szymbę gazowo sprężoną.



Rys. 1. Interakcja międzyszybowa obciążenia powierzchniowego

W układzie jak na rysunku 1 zmiana ciśnienia wewnątrzkomorowego wynosi

$$\Delta p = -\frac{p_0}{2} + \frac{q \cdot \alpha_{v1} - v_0}{2 \cdot (\alpha_{v1} + \alpha_{v2})} + \sqrt{\left(\frac{p_0}{2} + \frac{q \cdot \alpha_{v1} - v_0}{2 \cdot (\alpha_{v1} + \alpha_{v2})}\right)^2 + \frac{p_0 \cdot v_0}{(\alpha_{v1} + \alpha_{v2})}} \quad (1)$$

gdzie: p_0, v_0 - początkowe ciśnienie gazu i objętość komory [kPa, m³],
 α_v - objętość przemieszczenia pojedynczej szyby zestawu pod obciążeniem 1 kN/m², indeks 1 dla szyby obciążonej, indeks 2 dla szyby sprzężonej [m⁵/kN],
 q - wartość obciążenia, przy czym wartość dodatnia wskazuje na zwrot obciążenia do środka zestawu.

Przy założeniu swobodnego połączenia szyb z elementem dystansowym, współczynniki α_v można oszacować ze wzoru

$$\alpha_v = \alpha'_v \frac{a^6}{D} \quad (2)$$

gdzie: a - szerokość (krótszy wymiar) płyty [m],
 g - grubość płyty [m],

$$D - \text{szywność płytowa wyrażona wzorem } D = \frac{E \cdot g^3}{12 \cdot (1 - \nu^2)} \text{ [kN} \cdot \text{m]},$$

gdzie: E - moduł Younga [kPa]

ν - współczynnik Poissona szkła,

α'_v - bezwymiarowy współczynnik według tabeli 1.

TABELA 1

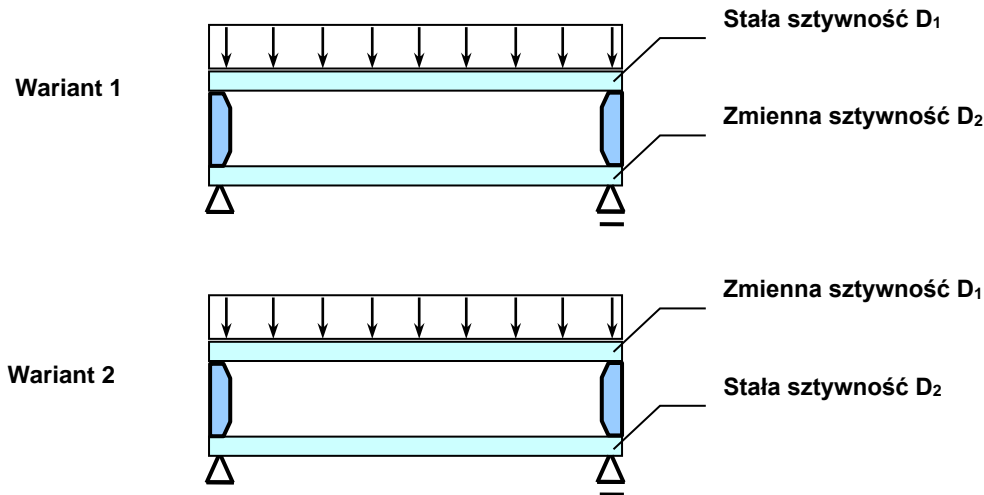
Współczynniki α'_v w zależności od stosunku wymiarów krawędzi szyby

s	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
α'_v	0,001703	0,002246	0,002848	0,003499	0,004189	0,004912
s	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	3,0
α'_v	0,005659	0,006427	0,00721	0,008004	0,008808	0,017055

Uwaga: s oznacza stosunek długości (dłuższego wymiaru) do szerokości szyby

W niniejszym artykule analizowano wpływ zmian sztywności szyb zestawu na interakcję pojedynczego obciążenia. Rozpatrzono dwa warianty (rys. 2):

- wariant 1 - szyba 1 (obciążona) ma stałą sztywność, analizuje się wpływ zmian sztywności szyby 2 (sprężonej) na interakcję jednostkowego obciążenia,
- wariant 2 - szyba 2 (sprężona) ma stałą sztywność, analizuje się wpływ zmian sztywności szyby 2 (obciążonej) na interakcję jednostkowego obciążenia,



Rys. 2. Schemat założonych sztywności szyb zestawu

Wariant 1

Analiza wzoru (1) wykazała, że w granicznych przypadkach:

- szyba 2 mało sztywna ($D_2 \rightarrow 0$) współczynnik interakcji $\Delta p/q \rightarrow 0$,
- szyba 2 doskonale sztywna ($D_2 \rightarrow \infty$) współczynnik interakcji

$$\Delta p/q \rightarrow -\frac{P_0}{2} + \frac{q}{2} - \frac{v_0}{2 \cdot \alpha_{v1}} + \sqrt{\left(\frac{P_0}{2} + \frac{q}{2} - \frac{v_0}{2 \cdot \alpha_{v1}}\right)^2 + \frac{P_0 \cdot v_0}{2 \cdot \alpha_{v1}}} \quad (3)$$

Przebieg zmienności funkcji współczynnika interakcji w zależności od sztywności szyby 2 zbadano dla przykładowych danych:

- sztywność szyby $D_1 = 0,39232$ kNm, jest to sztywność szklanej szyby o parametrach: $g = 0,004$ m, $E = 70$ GPa, $\nu = 0,22$,
- obciążenie jednostkowe $q = 1$ kN/m²,
- szerokość przestrzeni gazowej $h = 0,016$ m,
- szerokość szyby $a = 0,4$ m,
- zmienny stosunek długości (dłuższego wymiaru) do szerokości szyby s .

Wyniki analizy przedstawiono na rysunku 3.

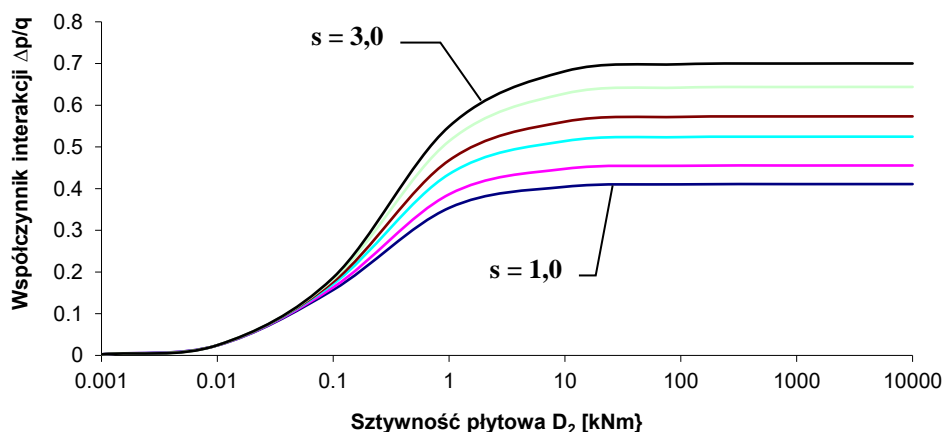
Wariant 2

Analiza wzoru (1) wykazała, że w granicznych przypadkach:

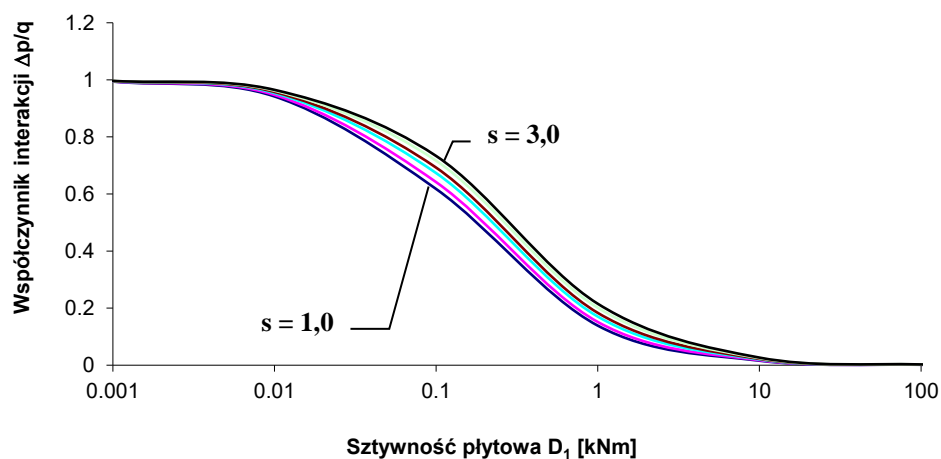
- szyba 1 mało sztywna ($D_1 \rightarrow 0$) do współczynnik interakcji $\Delta p/q \rightarrow 1$,
- szyba 1 doskonale sztywna ($D_1 \rightarrow \infty$) to współczynnik interakcji $\Delta p/q \rightarrow 0$.

Przebieg zmienności funkcji współczynnika interakcji, w zależności od sztywności szyby 1, zbadano dla analogicznych danych jak w wariantcie 1.

Wyniki analizy przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 3. Wpływ sztywności szyby sprężonej na współczynnik interakcji pojedynczego obciążenia



Rys. 4. Wpływ sztywności szyby obciążonej na współczynnik interakcji pojedynczego obciążenia

Wnioski

W elementach warstwowych ze szczelną komorą międzywarstwową występuje interakcja obciążeń - część obciążenia powierzchniowego działającego na jedną z szyb przekazywana jest na szybę gazowo sprężoną.

W programach obciążeń szyb warstwowych ze szczelną komorą należy uwzględniać gazowe sprężenia obciążeń, a następnie można obliczać siły wewnętrzne, naprężenie i przemieszczenie w obciążonych szybach, stosując klasyczne metody mechaniki konstrukcji.

Zależność współczynnika interakcji od sztywności szyb składowych zestawu ma tę własność, że im sztywniejsza jest szyba, tym większe obciążenie jest na nią przekazywane - jest to korzystne z punktu widzenia optymalnego rozkładu naprężeń w elementach konstrukcji.

Zwiększenie wymiarów szyby skutkuje zwiększeniem współczynnika interakcji, co również jest korzystne, ponieważ maksymalne naprężenie w elemencie jest mniejsze w porównaniu do układu szyb połączonych komorą nieszczelną, w którym interakcja nie występuje.

Literatura

- [1] Respondek Z., Sprzężone gazowo płyty szklane w budownictwie. Sposoby badań i obliczeń, Seria Monografie nr 151, Wyd. Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2008.
- [2] Respondek Z., Model obliczeniowy interakcji obciążeń w szybach zespolonych, [w:] Budownictwo o zoptymalizowanym potencjale energetycznym, Praca zbiorowa, Wyd. Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2008.
- [3] Respondek Z., Rajczyk M., Sposob opredelenia ekspluacionnogo dawlenija v steklopaketah. Doklady 60-oy nauchnoy konferenci professorov, prepodavateley, nauchnyh rabotnikov, inzhenerov i aspirantov universiteta, Sankt Peterburg 2003.
- [4] Respondek Z., Modelowanie obciążeń klimatycznych szyb zespolonych, Część I, Świat Szkła 2004, 12.
- [5] Respondek Z., Modelowanie obciążeń klimatycznych szyb zespolonych, Część II, Świat Szkła 2005, 1.
- [6] Respondek Z., Obciążenia szyb w zestawie zespolonym, Przykłady obliczania, Kwartalnik Okno 2004, 3.
- [7] Rajczyk J., Respondek Z., Rajczyk Z., The radiational cooling of building barriers and road surfaces. Sbornik nauczno-practiczekich trudov grupy predpriyatij Dorsierwis, Sankt Peterburg 2006.

Streszczenie

W artykule analizowano wpływ sztywności płyt szklanych tworzących szybę zespoloną na wielkość interakcji obciążeń pomiędzy szybami zestawu. Stwierdzono, że w każdym przypadku dochodzi do korzystnego rozkładu obciążenia, gdyż im szyba ma większą sztywność, tym przejmuje większą część obciążenia działającego na zestaw.

Abstract

The influence of rigidity of glass panes which comprise an insulated glass unit on interaction extent of loads between panes in a unit has been analyzed. It has been proved that in every case the load divides properly as the more rigid the glass, the bigger part of load influencing the unit it takes.