

(19)



Евразийское  
патентное  
ведомство

(21) 202092476 (13) A1

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки  
2021.03.31(51) Int. Cl. E06B 3/66 (2006.01)  
E06B 3/663 (2006.01)(22) Дата подачи заявки  
2019.05.13

## (54) АСИММЕТРИЧНЫЙ ВАКУУМНЫЙ ИЗОЛЯЦИОННЫЙ БЛОК ОСТЕКЛЕНИЯ

(31) 18172127.5

(72) Изобретатель:

(32) 2018.05.14

Бен Трад Абдерразак, Жанфилс

(33) EP

Жульен (BE), Шнайдер Пьер (FR)

(86) PCT/EP2019/062182

(74) Представитель:

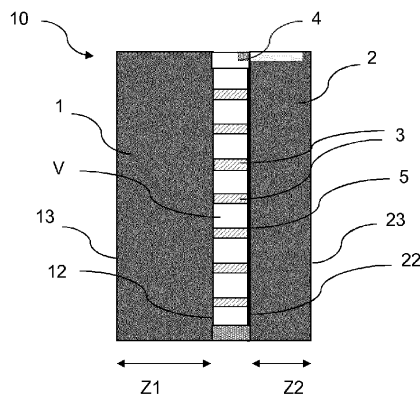
(87) WO 2019/219592 2019.11.21

Квашнин В.П. (RU)

(71) Заявитель:

АГК ГЛАСС ЮРОП (BE); АГК ИНК.  
(JP); АГК ФЛЭТ ГЛАСС НОРС  
АМЕРИКА, ИНК. (US); АГК ВИДРОС  
ДО БРАЗИЛ ЛТДА (BR)

- (57) Настоящее изобретение относится к вакуумному изоляционному блоку (10) остекления, проходящему вдоль плоскости P, определяемой продольной осью X и вертикальной осью Z, и имеющему ширину W, измеренную вдоль продольной оси X, и длину L, измеренную вдоль вертикальной оси Z. Длина L вакуумного изоляционного блока остекления равна или больше 800 мм ( $L \geq 800$  мм) и ширина W вакуумного изоляционного блока остекления равна или больше 500 мм ( $W \geq 500$  мм). Блок содержит а) первую стеклянную панель (1), имеющую толщину Z1, и вторую стеклянную панель (2), имеющую толщину Z2, при этом толщины измерены в направлении, перпендикулярном плоскости P. Толщина Z2 второй стеклянной панели равна или больше 4 мм ( $Z2 \geq 4$  мм) и равна или больше  $(\lambda - 15 \text{ мм}) / 5$  ( $Z2 \geq (\lambda - 15 \text{ мм}) / 5$ ), при этом Z1 больше, чем Z2 ( $Z1 > Z2$ ). Отношение толщин Z1/Z2, то есть толщины Z1 первой стеклянной панели к толщине Z2 второй стеклянной панели, равно или больше 1,10 ( $Z1/Z2 \geq 1,10$ ). Первая стеклянная панель и вторая стеклянная панель представляют собой отоженные стеклянные панели из флоат-стекла; б) набор отдельных распорок (3), расположенных между первой и второй стеклянными панелями, поддерживающих расстояние между первой и второй стеклянными панелями и образующих массив с шагом  $\lambda$ . Шаг  $\lambda$  находится в диапазоне от 10 до 40 мм ( $10 \text{ мм} \leq \lambda \leq 40 \text{ мм}$ ); в) герметично соединяющее уплотнение (4), уплотняющее промежуток между первой и второй стеклянными панелями по их периметру; д) внутренний объем V, образованный первой и второй стеклянными панелями и набором отдельных распорок и закрытый герметично соединяющим уплотнением, и при этом имеется вакуум с абсолютным давлением менее 0,1 мбар.



A1

202092476

202092476

A1

## **Асимметричный вакуумный изоляционный блок остекления**

### **1. ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ, К КОТОРОЙ ОТНОСИТСЯ ИЗОБРЕТЕНИЕ**

Настоящее изобретение относится к вакуумному изоляционному блоку остекления, где стеклянные панели имеют разную толщину.

### **2. ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ**

5 Вакуумные изоляционные блоки остекления рекомендуются из-за их теплоизоляции с высокими характеристиками. Вакуумный изоляционный блок остекления обычно состоит из по меньшей мере двух стеклянных панелей, разделенных внутренним пространством, в котором был создан вакуум. В целом, для достижения теплоизоляции с высокими характеристиками (коэффициент теплопередачи  $U$  составляет  $U < 1,2$  Вт/м<sup>2</sup>К) абсолютное давление внутри блока остекления обычно составляет 0,1 мбар или меньше, и обычно по меньшей мере одна из двух стеклянных панелей покрыта низкоэмиссионным слоем. Для получения такого давления внутри блока остекления герметично соединяющее уплотнение размещают на периферии двух стеклянных панелей, и внутри блока остекления с помощью насоса создают вакуум. Для предотвращения вдавливания внутрь блока остекления под действием атмосферного давления (за счет разницы давлений внутри и снаружи блока остекления) между двумя стеклянными панелями размещают отдельные распорки.

Вакуумные изоляционные блоки остекления должны тщательно подбираться по размерам, чтобы противодействовать различным внешним напряжениям. Большинство внешних напряжений, учитываемых при определении размеров, в частности вакуумных изоляционных блоков остекления, представляют собой тепловое напряжение, вызванное разницей температур между внешней и внутренней средами, и напряжение, вызванное атмосферным давлением.

25 Стеклопанель, обращенная к внутренней среде, приобретает температуру, примерно равную температуре внутренней среды, и стеклопанель, обращенная к внешней среде, приобретает температуру, примерно равную температуре внешней среды. При наиболее жестких погодных условиях разница между внутренней и наружной температурами может достигать 40 °С и более. Разница температур между внутренней и внешней средами может приводить к вызванному тепловому напряжению внутри 30 стеклянных панелей. В некоторых тяжелых случаях, например, когда разница температур составляет  $\geq 40$  °С, вызванное тепловое напряжение может привести к разрушению

вакуумного изоляционного блока остекления. Для обеспечения устойчивости к этому вызванному тепловому напряжению предусматривались разные решения в данной области техники, такие как увеличение толщины обеих стеклянных панелей. Другое решение предложено в JP2001316137, в котором изложено, как улучшить вакуумные изоляционные блоки остекления так, чтобы не происходила деформация или искривление, даже при воздействии на стеклянные панели сильного солнечного света. В JP2001316137 описано создание остекления, в котором внутренняя стеклянная панель, расположенная на внутренней стороне, толще, чем внешняя стеклянная панель. В отличие от этого, в JP2001316138 описана противоположная конструкция VIG, в которой внешняя стеклянная панель, расположенная на внешней стороне, толще, чем внутренняя стеклянная панель для улучшенных ударостойкости и акустики.

Однако ни одно из решений в данной области техники не решает техническую задачу улучшения устойчивости к вызванному тепловому напряжению в вакуумных изоляционных блоках остекления, при этом стеклянные панели подвергаются воздействию разницы температур между наружной и внутренней средами. Кроме того, в уровне техники нет решения технической проблемы напряжения, вызванного атмосферным давлением, в местах размещения стоек, и даже того, как создать вакуумный изоляционный блок остекления, проявляющий улучшенную устойчивость к этому комбинированному внешнему напряжению, поддерживая при этом теплоизоляцию с высокими характеристиками.

### 3. КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Настоящее изобретение относится к вакуумному изоляционному блоку остекления, проходящему вдоль плоскости P, определяемой продольной осью X и вертикальной осью Z, и имеющему ширину W, измеренную вдоль продольной оси X, и длину L, измеренную вдоль вертикальной оси Z. Длина L, вакуумного изоляционного блока остекления равна или больше 800 мм, ( $L \geq 800$  мм), и ширина W, вакуумного изоляционного блока остекления равна или больше 500 мм, ( $W \geq 500$  мм). Вакуумный изоляционный блок остекления содержит:

а) первую стеклянную панель, имеющую толщину Z1, и вторую стеклянную панель, имеющую толщину Z2, где Z1 больше, чем Z2 ( $Z1 > Z2$ ), и где отношение толщин Z1/Z2, толщины Z1 первой стеклянной панели к толщине Z2 второй стеклянной панели равно или больше 1,10 ( $Z1/Z2 \geq 1,10$ ). Толщины измерены в направлении,

перпендикулярном к плоскости Р. Первая стеклянная панель и вторая стеклянная панель представляют собой отоженные стеклянные панели из флоат-стекла.

5 б) набор отдельных распорок, расположенных между первой и второй стеклянными панелями, поддерживающих расстояние между первой и второй стеклянными панелями и образующих массив с шагом  $\lambda$ . Шаг  $\lambda$  находится в диапазоне от 10 мм до 40 мм ( $10 \text{ мм} \leq \lambda \leq 40 \text{ мм}$ ).

с) герметично соединяющее уплотнение (4), уплотняющее промежуток между первой и второй стеклянными панелями по их периметру;

10 d) внутренний объем V, образованный первой и второй стеклянными панелями и набором отдельных распорок и закрытый герметично соединяющим уплотнением, и при этом в нем создан вакуум с абсолютным давлением менее 0,1 мбар.

В вакуумном изоляционном блоке остекления согласно настоящему изобретению толщина Z2 второй стеклянной панели равна или больше 4 мм, ( $Z2 \geq 4 \text{ мм}$ ) и равна или больше  $(\lambda - 15 \text{ мм})/5$  ( $Z2 \geq (\lambda - 15 \text{ мм})/5$ ).

15 Настоящее изобретение дополнительно относится к перегородке, отделяющей первое пространство с первой температурой Temp1, от второго пространства со второй температурой Temp2, где Temp1 ниже, чем Temp2. Указанная перегородка содержит проем, закрываемый вакуумным изоляционным блоком остекления согласно настоящему изобретению, предпочтительно при этом первая стеклянная панель обращена к первому  
20 пространству. Настоящее изобретение дополнительно относится к применению вакуумного изоляционного блока остекления согласно настоящему изобретению для закрытия проема такой перегородки.

25 Другие аспекты и преимущества вариантов осуществления станут очевидными из следующего подробного описания, рассмотренного вместе с прилагаемыми графическими материалами, на которых в качестве примера проиллюстрированы принципы описанных вариантов осуществления.

#### 4. КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ГРАФИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

На **фиг. 1** показан вид в поперечном сечении вакуумного изоляционного остекления согласно одному варианту осуществления настоящего изобретения.

30 На **фиг. 2** показаны результаты моделирования по методу конечных элементов корреляции максимального теплового напряжения ( $\sigma_{\Delta T \text{ Max}}$ ), рассчитанного для стеклянных панелей при  $\Delta T = 40 \text{ }^\circ\text{C}$  в зависимости от отношения толщин Z1/Z2.

## 5. ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Целью настоящего изобретения является предоставление вакуумного изоляционного блока остекления (далее в настоящем документе называемого VIG), который демонстрирует теплоизоляцию с высокими характеристиками и улучшенную устойчивость к комбинации напряжений, вызванных разницей температур между внутренней и внешней средами и вызванных атмосферным давлением.

Неожиданно было обнаружено, что когда вакуумный изоляционный блок остекления согласно настоящему изобретению является асимметричным, т. е. когда первая стеклянная панель толще второй стеклянной панели ( $Z1 > Z2$ ) и, следовательно, характеризуется определенным отношением  $Z1/Z2$ , и габариты его тщательно определены конкретным размером, включающим минимальную длину ( $L$ ) и минимальную ширину ( $W$ ), конкретным интервалом между распорками ( $\lambda$ ) и конкретной толщиной второй стеклянной панели ( $Z2$ ), и при этом значение толщины второй стеклянной панели тщательно определено, чтобы соответствовать конкретному отношению между минимальной толщиной второй панели и шагом, обеспечивает лучшую устойчивость при комбинированных напряжениях, чем соответствующее симметричное вакуумное изоляционное остекление с одинаковой общей толщиной.

Вакуумный изоляционный блок остекления согласно настоящему изобретению далее в настоящем документе называется «асимметричным VIG».

Настоящее изобретение относится к VIG, обычно содержащему первую стеклянную панель и вторую стеклянную панель, связанные друг с другом посредством набора отдельных распорок, которые удерживают указанные панели на определенном расстоянии друг от друга, обычно в диапазоне от 50 мкм до 1000 мкм, предпочтительно от 50 мкм до 500 мкм, более предпочтительно от 50 мкм до 150 мкм, и внутреннее пространство, содержащее по меньшей мере одну первую полость, в которой имеется вакуум с абсолютным давлением менее 0,1 мбар, причем указанное пространство закрыто периферийным герметично соединяющим уплотнением, размещенным на периферии стеклянных панелей вокруг указанного внутреннего пространства.

Настоящее изобретение относится к VIG, проходящему вдоль плоскости  $P$ , определяемой продольной осью  $X$  и вертикальной осью  $Z$ , и имеющему ширину  $W$ , измеренную вдоль продольной оси  $X$ , и длину  $L$ , измеренную вдоль вертикальной оси  $Z$ . Длина  $L$  асимметричного VIG согласно настоящему изобретению равна или больше 800

мм ( $L \geq 800$  мм). В предпочтительном варианте осуществления длина  $L$  асимметричного VIG равна или больше 1000 мм ( $L \geq 1000$  мм), предпочтительно равна или больше 1200 мм ( $L \geq 1200$  мм). Ширина  $W$  асимметричного VIG согласно настоящему изобретению равна или больше 500 мм ( $W \geq 500$  мм), предпочтительно равна или больше 600 мм ( $W \geq 600$  мм), более предпочтительно равна или больше 800 мм ( $W \geq 800$  мм), еще более предпочтительно равна или больше 1000 мм ( $W \geq 1000$  мм), в идеальном варианте равна или больше 1200 мм ( $W \geq 1200$  мм).

Как показано на **фиг. 1**, асимметричный VIG (10) согласно настоящему изобретению содержит:

10 а) первую стеклянную панель (1), имеющую толщину  $Z1$ , и вторую стеклянную панель (2), имеющую толщину  $Z2$ , при этом толщины измерены в направлении, перпендикулярном плоскости  $P$ ;

б) набор отдельных распорок (3), расположенных между первой и второй стеклянными панелями, поддерживающих расстояние между первой и второй  
15 стеклянными панелями и образующих массив с шагом  $\lambda$ ;

с) герметично соединяющее уплотнение (4), уплотняющее промежуток между первой и второй стеклянными панелями по их периметру;

д) внутренний объем  $V$ , образованный первой и второй стеклянными панелями и набором отдельных распорок и закрытый герметично соединяющим уплотнением, и при  
20 этом абсолютное давление вакуума составляет менее 0,1 мбар.

В настоящем изобретении  $Z1$  больше  $Z2$  ( $Z1 > Z2$ ), таким образом отношение толщин  $Z1/Z2$  для толщины  $Z1$  первой стеклянной панели и толщины  $Z2$  второй стеклянной панели равно или больше 1,10 ( $Z1/Z2 \geq 1,10$ ). В предпочтительном варианте осуществления отношение толщин  $Z1/Z2$  равно или больше 1,30 ( $Z1/Z2 \geq 1,30$ ) и реализует уравнение:  $Z1/Z2 > Z1 / (Z1 - 2,10)$ . В дополнительном предпочтительном  
25 варианте осуществления отношение толщин  $Z1/Z2$ , равно или больше 1,55 ( $Z1/Z2 \geq 1,55$ ), предпочтительно находится в диапазоне от 1,60 до 6,00 ( $1,60 \leq Z1/Z2 \leq 6,00$ ), предпочтительно от 2,00 до 4,00 ( $2,00 \leq Z1/Z2 \leq 4,00$ ).

В настоящем изобретении толщина  $Z2$  второй стеклянной панели, асимметричного  
30 VIG, равна или больше 4 мм ( $Z2 \geq 4$  мм). Как правило, толщина  $Z2$  второй стеклянной панели, может быть равна или больше 5 мм ( $Z2 \geq 5$  мм), и даже равна или больше 6 мм ( $Z2 \geq 6$  мм), и составляет не более 10 мм, предпочтительно не более 8 мм. Тем не менее, с

целью улучшения устойчивости к вызванному тепловому напряжению, предпочтительно сохранять толщину Z2 второй панели минимальной.

В настоящем изобретении интервал между отдельными распорками, расположенными между первой и второй стеклянными панелями, и сохраняющими расстояние между первой и второй стеклянными панелями, также называемое шагом  $\lambda$ , находится в диапазоне от 10 мм до 40 мм ( $10 \text{ мм} \leq \lambda \leq 40 \text{ мм}$ ), предпочтительно шаг находится в диапазоне от 15 мм до 35 мм ( $15 \text{ мм} \leq \lambda \leq 35 \text{ мм}$ ), более предпочтительно между 20 мм и 30 мм ( $20 \text{ мм} \leq \lambda \leq 30 \text{ мм}$ ).

Неожиданно было обнаружено, что существует критическое отношение между минимальной толщиной второй стеклянной панели и шагом при создании асимметричных VIG. Действительно, было обнаружено, что толщина Z2 второй панели, должна выполнять уравнение  $Z2 \geq (\lambda - 15 \text{ мм}) / 5$ , чтобы обеспечивать превосходную устойчивость к комбинации вызванного теплового напряжения и напряжения, вызванного атмосферным давлением. Таким образом, настоящее изобретение основано на неожиданном обнаружении того, что оптимальная устойчивость к комбинированным вызванному тепловому напряжению и напряжениям, вызванным атмосферным давлением, может достигаться посредством конфигурации асимметричного VIG с тщательно определенными размерами.

В целях настоящего изобретения при создании асимметричных VIG учитываются только напряжение на растяжение на наружных поверхностях стеклянных панелей. Действительно, как известно специалистам в данной области, именно напряжение на растяжение может вызывать трещины в стеклянных панелях при достижении предела прочности. Более того, учитывается лишь напряжение на растяжение на наружной поверхности панелей. Наружные поверхности панелей представляют собой поверхности стеклянных панелей, которые обращены к наружной части VIG. Внутренний объем V VIG находится под вакуумом и, следовательно, по сути не содержит воды. Специалисту в данной области хорошо известно, что внутренние поверхности панелей, т. е. те, которые обращены к внутреннему объему V VIG, являются по существу более механически устойчивыми в отсутствие водяного пара.

### 30 **Вызванное тепловое напряжение**

Вызванное тепловое напряжение возникает при наличии разницы температур между первой стеклянной панелью (1, T1) и вторыми стеклянными панелями (2, T2) и

увеличивается с увеличением разницы между  $T_1$  и  $T_2$ . Разница температур ( $\Delta T$ ) является абсолютной разницей между средней температурой  $T_1$ , рассчитанной для первой стеклянной панели (1), и средней температурой  $T_2$ , рассчитанной для второй стеклянной панели (2). Среднюю температуру стеклянной панели рассчитывают, исходя из численных моделирований, известных специалисту в данной области техники. Вызванное тепловое напряжение становится даже более проблематичным – вплоть до разрушения VIG, когда такая разница абсолютных температур между стеклянными панелями достигает  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ , и даже более, когда абсолютная разница температур выше, чем  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  в тяжелых условиях. Температура внутренней среды составляет как правило от  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , тогда как температура внешней среды может варьироваться от  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  зимой до  $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$  летом. Следовательно, разница температур между внутренней средой и внешней средой может достигать более чем  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  в тяжелых условиях. Следовательно, разница температур ( $\Delta T$ ) между средней температурой  $T_1$ , рассчитанной для первой стеклянной панели (1), и средней температурой  $T_2$ , рассчитанной для второй стеклянной панели (2) также может достигать более чем  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Вызванное тепловое напряжение было рассчитано при  $\Delta T = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ , указывающей на тяжелые условия, и при этом средняя температура  $T_1$  первой панели ниже, чем средняя температура  $T_2$  второй панели ( $T_1 < T_2$ ).

Настоящее изобретение основано на неожиданном обнаружении, что уменьшенное вызванное тепловое напряжение может быть достигнуто посредством тщательного определения размеров конфигурации асимметричного VIG, где отношение  $Z_1/Z_2$  для более толстой стеклянной панели,  $Z_1$ , к таковому для более тонкой стеклянной панели,  $Z_2$ , должно быть равно или больше 1,1 и предпочтительно должно быть равно или больше 1,30 ( $Z_1/Z_2 \geq 1,30$ ). Дополнительно было обнаружено, что, чем выше будет отношение толщин, тем больше будет снижение вызванного теплового напряжения, как показано на **фиг. 2**, изображающей результаты моделирования по методу конечных элементов корреляции максимального теплового напряжения ( $\sigma_{\Delta T \text{ Max}}$ ), рассчитанного для стеклянных панелей при  $\Delta T = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $T_1 < T_2$  в зависимости от отношения толщин  $Z_1/Z_2$ .

На **фиг. 2** значение максимального вызванного теплового напряжения является наивысшим значением, полученным для первой и второй стеклянных панелей. Тепловое напряжение рассчитывают при следующих условиях:



- температура:  $\Delta T = 40 \text{ }^\circ\text{C}$ .  $\Delta T$  рассчитана как разница температур между средней температурой  $T_1$  первой стеклянной панели и средней температурой  $T_2$  второй стеклянной панели, где средняя температура первой панели ниже средней температуры второй панели ( $T_1 < T_2$ );

5 - стеклянные панели представляют собой отоженные стеклянные панели из флоат-стекла, выполненные из натриево-кальциево-силикатного стекла с коэффициентом теплового расширения  $СТЕ$ ,  $СТЕ = 8,5 \cdot 10^{-6}/^\circ\text{C}$ , модулем Юнга  $E$ ,  $E = 70 \text{ ГПа}$  и Пуассоновым отношением,  $\mu$ ,  $\mu = 0,21$ ;

- стойки размещены на равномерном квадратном массиве;

10 - экспериментальное  $VIG$  было испытано со свободными кромками, то есть не расположенными внутри дополнительной оконной рамы.

Вызванное тепловое напряжение ( $\sigma\Delta T$ ) является напряжением, вызванным на стеклянных панелях  $VIG$ , когда указанные стеклянные панели подвергаются воздействию разных температурных условий. Численное моделирование используют для расчета теплового напряжения на каждой стеклянной панели  $VIG$ . Конечноэлементная (FEA) модель доступного коммерчески программного обеспечения Abaqus2017 (ранее называемого ABAQUS) была разработана для моделирования поведения  $VIG$  при подвергании воздействию разных температурных условий. Расчеты были получены для стеклянных панелей, снабженных решеткой с помощью элементов C3D8R с 5 точками интеграции на толщину стекла. Используемый общий размер ячеек составил 1 см. Чтобы достичь  $\Delta T$  согласно настоящему изобретению, исходная и постоянная температура была применена к обеим стеклянным панелям, затем в отношении одной из стеклянных панелей была осуществлена вариация в постоянной температуре, тогда как другая стеклянная панель поддерживалась при исходной температуре. Механическое соединение помещено между двумя стеклянными панелями для оказания равномерного смещения двух касающихся стеклянных поверхностей. Другие граничные условия были заданы для предотвращения движения твердого тела сборки. Тепловое напряжение, вызванное разницей температур, было рассчитано на каждой стеклянной панели, и наибольшее значение из двух взято в качестве максимального и выражается в МПа.

### 30 Напряжение, вызванное атмосферным давлением

В дополнение к вызванному тепловому напряжению, также следует учитывать напряжение, вызванное атмосферным давлением, чтобы определить размер  $VIG$  с

теплоизоляцией с высокими характеристиками. Поскольку между двумя панелями VIG поддерживается вакуум, атмосферное давление вызывает постоянное напряжение на растяжение на наружных поверхностях стеклянной панели VIG на каждом месте расположения стойки. Специалисту в данной области известно, что для небольших стоек напряжение на растяжение, вызванное стойками на наружных поверхностях стеклянных панелей, не зависит от размера их внешней окружности. Под небольшими стойками, как правило, подразумеваются стойки, имеющие поверхность контакта со стеклянной панелью, образованную их внешней окружностью, равную или меньше 5 мм<sup>2</sup>, предпочтительно равную или меньше 3 мм<sup>2</sup>, более предпочтительно равную или меньше 1 мм<sup>2</sup>.

В таких случаях и для равномерных массивов, основанных на схеме с использованием равностороннего треугольника, квадрата или шестиугольника, такое напряжение, вызванное атмосферным давлением, также называемое напряжением на растяжение, может рассчитываться по следующей формуле:

$$\sigma_p \leq 0,11 \times \lambda^2 / t^2 \quad [\text{МПа}],$$

где  $[\lambda]$  и  $[t]$  являются соответственно шагом между распорками и толщиной стеклянных панелей. Под «шагом» следует понимать самое короткое расстояние, отделяющее данную распорку от любой соседней с ней распорки. В частности, для равномерных массивов на основе квадрата, напряжение на растяжение является максимальным и, следовательно, соблюдается следующая формула:  $\sigma_p = 0,11 \times \lambda^2 / t^2$  [МПа].

Было обнаружено, что внедрение асимметрии в VIG обеспечивает уменьшенное вызванное тепловое напряжение. Чем значительнее асимметрия, тем лучше термоизоляционные характеристики. Тем не менее, асимметрия может негативно воздействовать на характеристики асимметричного VIG с точки зрения устойчивости к напряжению, вызванному атмосферным давлением в местах расположения стоек. Это ухудшение вызвано в основном тем фактом, что вторая стеклянная панель асимметричного VIG тоньше, чем стеклянные панели в соответствующем симметричном VIG, который имеет такую же общую толщину.

### 30 **Комбинированное напряжение**

Асимметричное по сравнению с симметричным (отношение)

Конфигурация асимметричного VIG, где отношение  $Z1/Z2$  толщины  $Z1$  первой стеклянной панели, к толщине  $Z2$  второй стеклянной панели, должно быть равно или больше 1,1 ( $Z1/Z2 \geq 1,1$ ), является превосходной для значительного уменьшения вызванного теплого напряжения, и тем более с более высоким отношением толщин (фиг. 2), но может сильно ухудшить характеристики в отношении напряжения, вызванного атмосферным давлением, которое значительно увеличивается на поверхности второй панели. Тем не менее, неожиданно было обнаружено, что путем тщательного определения размеров асимметричного VIG путем определения минимальной толщины второй панели по отношению к значению шага, в асимметричных VIG определенного размера, согласно настоящему изобретению, можно найти благоприятный компромисс между устойчивостью к вызванному тепловому напряжению и напряжению, вызванному атмосферным давлением. Было обнаружено, что тщательно разработанный компромисс может быть найден между минимальной толщиной  $Z2$  второй панели, отношением толщин  $Z1/Z2$  и расстоянием между стойками, т. е. шагом  $\lambda$ . Было обнаружено, что такой компромисс может определяться следующим уравнением:  $Z2 \geq (\lambda - 15 \text{ мм}) / 5$ .

Следовательно, комбинированное напряжение, являющееся комбинацией вызванного теплого напряжения и напряжения, вызванного атмосферным давлением, это то, что необходимо учитывать при определении размеров VIG. Термин «комбинированное напряжение» или «комбинация напряжений» следует понимать как сумму вызванного теплого напряжения и напряжения, вызванного атмосферным давлением. Было обнаружено, что асимметричный VIG, разработанный согласно настоящему изобретению, демонстрирует уменьшенное комбинированное напряжение по сравнению с соответствующим симметричным VIG. Следовательно, может быть сконструирован VIG с еще большими размерами и/или устойчивостью к еще большей разнице температур, при этом обеспечивая прекрасную теплоизоляцию.

Действительно, надлежащее естественное освещение внутренних пространств, в частности зданий, является одним из ключевых параметров для создания приятной и здоровой среды для людей. Дневной свет является вызывающим наибольший интерес источником такого освещения, и важно, чтобы оболочки зданий имели некоторые прозрачные части, чтобы пропускать этот свет во внутреннее пространство здания. Следовательно, на рынке существует тенденция к увеличению размера окон и прозрачных дверей, при этом требуется теплоизоляция с высокими характеристиками. Следовательно,

существует необходимость в увеличении размера вакуумного изоляционного остекления. Чтобы выдержать большие размеры, предпочтительно увеличить минимальную толщину первой панели, чтобы выдержать весовую нагрузку, а также чтобы обеспечить большую гибкость при увеличении отношения толщин между первой и второй стеклянными панелями и, таким образом, обеспечить улучшенную устойчивость к тепловому напряжению.

Толщина  $Z1$  первой стеклянной панели, согласно настоящему изобретению, как правило, может варьировать в диапазоне от 4 мм до 25 мм, предпочтительно от 5 мм до 19 мм, более предпочтительно от 6 мм до 10 мм. Кроме того, в предпочтительном варианте осуществления настоящего изобретения толщина  $Z1$  первой панели асимметричного VIG равна или больше 4 мм, ( $Z1 \geq 4$  мм), предпочтительно равна или больше 5 мм, ( $Z1 \geq 5$  мм), более предпочтительно равна или больше 6 мм, ( $Z1 \geq 6$  мм).

Как показано в таблицах 1A, 1B и 1C ниже, комбинированное напряжение вакуумных изоляционных блоков остекления одинакового размера, содержащих одинаковые отдельные распорки, расположенные между стеклянными панелями с одинаковым шагом, и имеющих одинаковую общую толщину, было рассчитано, как описано выше для  $\Delta T = 40$  °C, и средняя температура  $T1$  первой панели, ниже, чем средняя температура  $T2$  второй панели, ( $T1 < T2$ ), для двух разных вариантов осуществления: одна конфигурация представляет собой симметричный VIG, где первая и вторая стеклянные панели имеют одинаковую толщину, и вторая конфигурация представляет собой асимметричный VIG, где толщина  $Z1$  первой стеклянной панели, больше, чем толщина  $Z2$  второй стеклянной панели.

Таблица 1A

	Симметричная конфигурация VIG (сравнительная)		Асимметричная конфигурация VIG (В рамках изобретения)	
	Толщина	$Z1 = 5$ мм	$Z2 = 5$ мм	$Z1 = 6$ мм
Размер	$L = 1000$ мм	$W = 1000$ мм	$L = 1000$ мм	$W = 1000$ мм
Шаг	$\lambda = 32$ мм	$\lambda = 32$ мм	$\lambda = 32$ мм	$\lambda = 32$ мм
Отношение $Z1/Z2$	1		1,50	
Значение	/		3,4 мм	

уравнен. ( $\lambda - 15 \text{ мм}$ )/5				
Тепловое напряжение	$\sigma_{\Delta T} = 0 \text{ МПа}$	$\sigma_{\Delta T} = 9,15 \text{ МПа}$	$\sigma_{\Delta T} = 0 \text{ МПа}$	$\sigma_{\Delta T} = 5,77 \text{ МПа}$
Напряжение от атмосферного давл.	$\sigma_p = 4,51 \text{ МПа}$	$\sigma_p = 4,51 \text{ МПа}$	$\sigma_p = 3,13 \text{ МПа}$	$\sigma_p = 7,04 \text{ МПа}$
Комбинированное напряжение	$\sigma_{\text{комб}} = 4,51 \text{ МПа}$	$\sigma_{\text{комб}} = 13,66 \text{ МПа}$	$\sigma_{\text{комб}} = 3,13 \text{ МПа}$	$\sigma_{\text{комб}} = 12,81 \text{ МПа}$

Как показано в таблице 1А выше, максимальное комбинированное напряжение, полученное для асимметричного VIG согласно настоящему изобретению, уменьшилось до 12,81 МПа, тогда как соответствующий симметричный VIG демонстрирует более высокое максимальное комбинированное напряжение в 13,66 МПа при условиях испытания.

5

Таблица 1В

	Симметричная конфигурация VIG (сравнительная)		Асимметричная конфигурация VIG (В рамках изобретения)	
Толщина	Z1 = 6 мм	Z2 = 6 мм	Z1 = 8 мм	Z2 = 4 мм
Размер	L = 1000 мм	W = 1000 мм	L = 1000 мм	W = 1000 мм
Шаг	$\lambda = 32 \text{ мм}$	$\lambda = 32 \text{ мм}$	$\lambda = 32 \text{ мм}$	$\lambda = 32 \text{ мм}$
Отношение Z1/Z2	1		2,0	
Значение уравнен. ( $\lambda - 15 \text{ мм}$ )/5	/		3,4 мм	
Тепловое напряжение	$\sigma_{\Delta T} = 0 \text{ МПа}$	$\sigma_{\Delta T} = 8,95 \text{ МПа}$	$\sigma_{\Delta T} = 0 \text{ МПа}$	$\sigma_{\Delta T} = 4,15 \text{ МПа}$
Напряжение от атмосферного давл.	$\sigma_p = 3,12 \text{ МПа}$	$\sigma_p = 3,13 \text{ МПа}$	$\sigma_p = 1,76 \text{ МПа}$	$\sigma_p = 7,04 \text{ МПа}$
Комбинированное напряжение	$\sigma_{\text{комб}} = 3,13 \text{ МПа}$	$\sigma_{\text{комб}} = 12,08 \text{ МПа}$	$\sigma_{\text{комб}} = 1,76 \text{ МПа}$	$\sigma_{\text{комб}} = 11,19 \text{ МПа}$

Как показано в таблице 1В, максимальное комбинированное напряжение, полученное для асимметричного VIG согласно настоящему изобретению, уменьшилось до 11,19 МПа, тогда как соответствующий симметричный VIG демонстрирует более высокое максимальное комбинированное напряжение в 12,08 МПа при условиях испытания.

5

Таблица 1С

	Симметричная конфигурация VIG (сравнительная)		Асимметричная конфигурация VIG (В рамках изобретения)	
	Z1 = 6 мм	Z2 = 6 мм	Z1 = 7 мм	Z2 = 5 мм
Толщина	Z1 = 6 мм	Z2 = 6 мм	Z1 = 7 мм	Z2 = 5 мм
Размер	L = 1000 мм	W = 1000 мм	L = 1000 мм	W = 1000 мм
Шаг	$\lambda = 38$ мм	$\lambda = 38$ мм	$\lambda = 38$ мм	$\lambda = 38$ мм
Отношение Z1/Z2	1		1,4	
Значение уравнен. ( $\lambda - 15$ мм)/5	/		4,6 мм	
Тепловое напряжение	$\sigma_{\Delta T} = 0$ МПа	$\sigma_{\Delta T} = 8,95$ МПа	$\sigma_{\Delta T} = 0$ МПа	$\sigma_{\Delta T} = 6,35$ МПа
Напряжение от атмосферного давл.	$\sigma_p = 4,41$ МПа	$\sigma_p = 4,41$ МПа	$\sigma_p = 3,24$ МПа	$\sigma_p = 7,04$ МПа
Комбинированное напряжение	$\sigma_{\text{комб}} = 4,41$ МПа	$\sigma_{\text{комб}} = 13,36$ МПа	$\sigma_{\text{комб}} = 3,24$ МПа	$\sigma_{\text{комб}} = 12,82$ МПа

Как показано в таблице 1С, максимальное комбинированное напряжение, полученное для асимметричного VIG согласно настоящему изобретению, уменьшилось до 12,82 МПа, тогда как соответствующий симметричный VIG демонстрирует более высокое максимальное комбинированное напряжение в 13,36 МПа при условиях испытания.

10

**Критичность отношения между толщиной второй стеклянной панели и шагом**

Пример ниже (таблица 2) показывает, что существует критичность отношения между толщиной второй стеклянной панели и шагом. Неожиданно было обнаружено, что минимальная толщина Z2 второй стеклянной панели, должна удовлетворять уравнению  $Z2 \geq (\lambda - 15 \text{ мм}) / 5$  для толщины Z2 второй стеклянной панели равной или больше 4 мм

15

( $Z2 \geq 4$  мм) и шага  $\lambda$ , находящегося в диапазоне от 10 мм до 40 мм, для получения преимущества уменьшенного комбинированного напряжения асимметричной конфигурации VIG согласно настоящему изобретению по сравнению с соответствующим симметричным VIG.

- 5 Комбинированное напряжение было рассчитано для симметричного и асимметричного VIG, имеющих толщину, выходящую за пределы значений, заявленных в настоящем изобретении. Вызванное тепловое напряжение и напряжение, вызванное атмосферным давлением, было рассчитано, как описано выше, при одинаковых условиях.

Таблица 2

	Симметричная конфигурация VIG (сравнительная)		Асимметричная конфигурация VIG (сравнительная)	
Толщина	Z1 = 6 мм	Z2 = 6 мм	Z1 = 8 мм	Z2 = 4 мм
Размер	L = 1000 мм	W = 1000 мм	L = 1000 мм	W = 1000 мм
Шаг	$\lambda = 38$ мм	$\lambda = 38$ мм	$\lambda = 38$ мм	$\lambda = 38$ мм
Отношение Z1/Z2	1		2,0	
Значение уравнен. ( $\lambda - 15$ мм)/5	/		4,6 мм	
Тепловое напряжение	$\sigma_{\Delta T} = 0$ МПа	$\sigma_{\Delta T} = 8,95$ МПа	$\sigma_{\Delta T} = 0$ МПа	$\sigma_{\Delta T} = 4,15$ МПа
Напряжение от атмосферного давл.	$\sigma_p = 4,41$ МПа	$\sigma_p = 4,41$ МПа	$\sigma_p = 2,48$ МПа	$\sigma_p = 9,92$ МПа
Комбинированное напряжение	$\sigma_{\text{комб}} = 4,41$ МПа	$\sigma_{\text{комб}} = 13,36$ МПа	$\sigma_{\text{комб}} = 2,48$ МПа	$\sigma_{\text{комб}} = 14,07$ МПа

- 10 Как показано в таблице 2, максимальное комбинированное напряжение, полученное для асимметричного VIG, достигает 14,07 МПа, тогда как соответствующий симметричный VIG показывает максимальное комбинированное напряжение в 13,36 МПа. Следовательно, этот пример показывает, что отношение между толщиной Z2 второй панели и шагом  $\lambda$ :  $Z2 \geq (\lambda - 15 \text{ мм}) / 5$ , является критическим для асимметричного VIG для

лучшего поведения по сравнению с соответствующим симметричным VIG с одинаковой общей толщиной.

### **Критичность размера VIG**

5 Пример ниже (таблица 3) показывает эту критичность размера, т. е. длины  $L$ , и ширины  $W$  VIG. Неожиданно было обнаружено, что длина  $L$  VIG, равная или больше 800 мм ( $L \geq 800$  мм), и ширина  $W$  VIG, равная или больше 500 мм ( $W \geq 500$  мм), являются критичными для получения преимущества уменьшенного комбинированного напряжения асимметричной конфигурации VIG согласно настоящему изобретению по сравнению с соответствующим симметричным VIG.

10 Комбинированное напряжение было рассчитано для симметричного и асимметричного VIG, при этом длина и ширина VIG выходят за пределы заявленного в настоящем изобретении диапазона. Вызванное тепловое напряжение и напряжение, вызванное атмосферным давлением, было рассчитано, как описано выше, при одинаковых условиях.

15 Таблица 3

	Симметричная конфигурация VIG (сравнительная)		Асимметричная конфигурация VIG (В рамках изобретения)	
	Толщина	$Z1 = 5$ мм	$Z2 = 5$ мм	$Z1 = 6$ мм
Размер	$L = 400$ мм	$W = 400$ мм	$L = 400$ мм	$W = 400$ мм
Шаг	$\lambda = 35$ мм	$\lambda = 35$ мм	$\lambda = 35$ мм	$\lambda = 35$ мм
Отношение $Z1/Z2$	1		1,50	
Значение уравнен. $(\lambda - 15 \text{ мм})/5$	/		4,0 мм	
Тепловое напряжение	$\sigma_{\Delta T} = 0$ МПа	$\sigma_{\Delta T} = 8,20$ МПа	$\sigma_{\Delta T} = 0$ МПа	$\sigma_{\Delta T} = 5,83$ МПа
Напряжение от атмосферного давл.	$\sigma_p = 5,39$ МПа	$\sigma_p = 5,39$ МПа	$\sigma_p = 3,74$ МПа	$\sigma_p = 8,42$ МПа
Комбинированное напряжение	$\sigma_{\text{комб}} = 5,39$ МПа	$\sigma_{\text{комб}} = 13,59$ МПа	$\sigma_{\text{комб}} = 3,74$ МПа	$\sigma_{\text{комб}} = 14,25$ МПа



Как показано в таблице 3, максимальное комбинированное напряжение, полученное для асимметричного VIG, выходящее за пределы объема настоящего изобретения, достигает 14,25 МПа, тогда как соответствующий симметричный VIG показывает максимальное комбинированное напряжение в 13,59 МПа. Следовательно, этот пример показывает, что минимальный размер VIG критичен для асимметричного VIG для лучшего поведения по сравнению с соответствующим симметричным VIG с одинаковой общей толщиной.

### **Перегородка**

Асимметричный VIG согласно настоящему изобретению обычно используется для закрытия проема в перегородке, как например в блоках остекления общего назначения, стене постройки, автомобильных блоках остекления или архитектурных блоках остекления, электроприборах и т. п. Как правило, перегородка отделяет внешнее пространство от внутреннего пространства здания. Предпочтительно, асимметричный VIG согласно настоящему изобретению закрывает проем перегородки, отделяющей внешнее пространство от внутреннего пространства, вследствие чего первая стеклянная панель асимметричного VIG обращена к внешнему пространству. Эта перегородка отделяет первое пространство, характеризующееся первой температурой  $Temp1$ , от второго пространства, характеризующегося второй температурой  $Temp2$ , при этом  $Temp1$  ниже, чем  $Temp2$ . Температура внутреннего пространства составляет как правило от 20 до 25 °С, тогда как температура внешнего пространства может варьироваться от -20 °С зимой до +35 °С летом. Следовательно, разница температур между внутренним пространством и внешним пространством, как правило, может достигать 40 °С в тяжелых условиях. Температура ( $T1$ ,  $T2$ ) каждой стеклянной панели асимметричного VIG согласно настоящему изобретению, будет отражать температуру ( $Temp1$ ,  $Temp2$ ) соответствующего пространства. Если асимметричный VIG согласно настоящему изобретению расположен так, что его первая стеклянная панель обращена к первому пространству, температура ( $T1$ ) указанной первой стеклянной панели отражает температуру ( $Temp1$ ) первого пространства, и температура ( $T2$ ) второй стеклянной панели отражает температуру ( $Temp2$ ) второго пространства и наоборот.

Вызванное тепловое напряжение возникает при наличии разницы температур между первой стеклянной панелью (1 и  $T1$ ) и вторыми стеклянными панелями (2 и  $T2$ ) и увеличивается с увеличением разницы между  $T1$  и  $T2$ . Разница температур ( $\Delta T$ ) является

абсолютной разницей между средней температурой  $T_1$ , рассчитанной для первой стеклянной панели (1), и средней температурой  $T_2$ , рассчитанной для второй стеклянной панели (2). Среднюю температуру стеклянной панели рассчитывают, исходя из численных моделирований, известных специалистам в данной области техники. Вызванное тепловое напряжение становится даже более проблематичным – вплоть до разрушения VIG, когда такая разница абсолютных температур между стеклянными панелями достигает  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  и становится критичным, когда такая абсолютная разница температур выше  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  и достигает  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  в тяжелых условиях.

В предпочтительном варианте осуществления асимметричное VIG согласно настоящему изобретению закрывает проем перегородки, отделяющей первое пространство с первой температурой  $\text{Temp}_1$  от второго пространства со второй температурой  $\text{Temp}_2$ , при этом  $\text{Temp}_1$  ниже, чем  $\text{Temp}_2$ . Первая стеклянная панель асимметричного VIG обращена к первому пространству так, что толщина  $Z_1$  первой панели (1) больше, чем толщина  $Z_2$  второй панели (2), которая обращена к первому пространству, имеющему более низкую температуру ( $\text{Temp}_1$ ), чем температура второго пространства ( $\text{Temp}_2$ ). Действительно, было обнаружено, что для максимального увеличения технических преимуществ асимметричного VIG согласно настоящему изобретению предпочтительно подвергать первую стеклянную панель (1) с толщиной  $Z_1$ , большей, чем толщина  $Z_2$  второй стеклянной панели, воздействию «холодной стороны», то есть пространства, имеющего самую низкую температуру ( $\text{Temp}_1$ ).

Настоящее изобретение также относится к применению асимметричного вакуумного изоляционного блока остекления, как определено выше, для закрытия проема перегородки, отделяющей первое пространство с первой температурой  $\text{Temp}_1$  от второго пространства со второй температурой  $\text{Temp}_2$ , при этом  $\text{Temp}_1$  ниже, чем  $\text{Temp}_2$ , и при этом первая стеклянная панель обращена к внешнему пространству.

### **СТЕКЛЯННЫЕ ПАНЕЛИ**

Первая и вторая панели вакуумного изоляционного блока остекления (VIG) согласно настоящему изобретению представляют собой отоженные стеклянные панели из флоат-стекла (1, 2). Под термином «стекло» в настоящем документе понимают любой тип стекла или эквивалентного прозрачного материала, такого как минеральное стекло или органическое стекло. Используемое минеральное стекло может представлять собой независимо один или несколько известных типов стекла, таких как натриево-кальциево-

силикатное, алюмосиликатное или боросиликатное, кристаллическое и поликристаллическое стекло. Применяемое органическое стекло может представлять собой полимер, или жесткий термопластичный или терморезистивный прозрачный полимер, или сополимер, например, прозрачную синтетическую поликарбонатную, полиэфирную или поливиниловую смолу. Под термином «стеклянная панель из флоат-стекла» следует понимать стеклянную панель, сформированную посредством флоат-процесса, который хорошо известен из уровня техники. Стеклянные панели из флоат-стекла предлагают более низкую стоимость производства.

В одном варианте осуществления настоящего изобретения первая стеклянная панель может иметь коэффициент СТЕ1 теплового расширения, и вторая стеклянная панель имеет коэффициент СТЕ2 теплового расширения, таким образом, абсолютная разница между СТЕ1 и СТЕ2 может составлять самое большее  $0,40 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  ( $|\text{СТЕ1} - \text{СТЕ2}| \leq 0,40 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ); предпочтительно составляет самое большее  $0,30 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  ( $|\text{СТЕ1} - \text{СТЕ2}| \leq 0,30 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ), более предпочтительно самое большее  $0,20 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  ( $|\text{СТЕ1} - \text{СТЕ2}| \leq 0,20 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ). В идеальном варианте, первая и вторая стеклянные панели имеют одинаковый коэффициент теплового расширения. Термин «коэффициент теплового расширения» (СТЕ) представляет собой меру того, как размер объекта меняется с изменением температуры. В частности, он является мерой относительного изменения объема стеклянной панели при изменении температуры на градус при постоянном давлении.

Как известно специалистам в данной области, стекло является упругим материалом, по существу характеризующимся своим модулем Юнга  $E$ , и Пуассоновым отношением  $\mu$ . Модуль Юнга является мерой упругости, таким образом, большие значения указывают на стекла, которые вряд ли деформируются под прилагаемым напряжением. Типичные значения модуля Юнга для составов натриево-кальциево-силикатного стекла, алюмосиликатного стекла или боросиликатного стекла, находятся в диапазоне от 60 до 120 ГПа ( $60 \text{ ГПа} \leq E \leq 120 \text{ ГПа}$ ). В частности, натриево-кальциевые составы стекла демонстрируют значение модуля Юнга, как правило, в диапазоне от 69 до 72 ГПа ( $60 \text{ ГПа} \leq E \leq 72 \text{ ГПа}$ ). Коэффициент Пуассона является мерой эффекта Пуассона, являющегося явлением, при котором стекло стремится к расширению в направлениях, перпендикулярных направлению сжатия. Типичные значения коэффициента Пуассона для составов натриево-кальциево-силикатного стекла, алюмосиликатного стекла или

боросиликатного стекла находится в диапазоне от 0,18 до 0,30 ( $0,18 \leq \mu \leq 0,30$ ). В частности, составы натриево-кальциевого стекла представляют значения коэффициента Пуассона, как правило, в диапазоне от 0,18 до 0,23 ( $0,18 \leq \mu \leq 0,23$ ).

5 Термин «отожженная стеклянная панель» следует понимать, как означающий стеклянную панель, выполненную путем медленного охлаждения горячих стеклянных панелей после их формирования, чтобы высвободить остаточные внутренние напряжения, полученные во время изготовления.

10 Стеклянные панели из флоат-стекла необязательно могут иметь шлифованные кромки. Шлифование кромок превращает острые кромки в гладкие кромки, которые намного безопаснее для людей, которые могут контактировать с вакуумным изоляционным остеклением, в частности, с кромкой остекления.

15 Предпочтительно, состав для первой и второй стеклянных панелей из флоат-стекла асимметричного VIG согласно настоящему изобретению содержит следующие компоненты в весовых процентах, выраженных относительно общего веса стекла (сравн. А). Более предпочтительно состав стекла (сравнение В) представляет собой натриево-кальциево-силикатный тип стекла с основной стеклянной матрицей состава, содержащего следующие компоненты в весовых процентах, выраженных относительно общего веса стекла.

	Сравн. А	Сравн. В
SiO <sub>2</sub>	40–78 %	60–78 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0–18 %	0–8 предпочтительно 0–6 вес.%, вес.%
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0–18 %	0–4 предпочтительно 0–1 вес.%, вес.%
Na <sub>2</sub> O	0–20 %	5–20 предпочтительно 10–20 вес.%, вес.%
CaO	0–15 %	0–15 предпочтительно 5–15 вес.%, вес.%

MgO	0–10 %	0–10 вес.%, предпочтительно 0–8 вес.%
K <sub>2</sub> O	0–10 %	0–10 вес.%
BaO	0–5 %	0–5 вес.%, предпочтительно 0–1 вес.%

Другие предпочтительные составы стекла для первой и второй стеклянных панелей из флоат-стекла асимметричного VIG согласно настоящему изобретению содержат следующие компоненты в весовых процентах, выраженных относительно общего веса стекла:

Сравн. С	Сравн. D	Сравн. E
$65 \leq \text{SiO}_2 \leq 78$ вес.%	$60 \leq \text{SiO}_2 \leq 78$ %	$65 \leq \text{SiO}_2 \leq 78$ вес.%
$5 \leq \text{Na}_2\text{O} \leq 20$ вес.%	$5 \leq \text{Na}_2\text{O} \leq 20$ %	$5 \leq \text{Na}_2\text{O} \leq 20$ вес.%
$0 \leq \text{K}_2\text{O} < 5$ вес.%	$0,9 < \text{K}_2\text{O} \leq 12$ %	$1 \leq \text{K}_2\text{O} < 8$ вес.%
$1 \leq \text{Al}_2\text{O}_3 < 6$ вес.%, предпочтительно $3 < \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 5$ %	$4,9 \leq \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 8$ %	$1 \leq \text{Al}_2\text{O}_3 < 6$ вес.%
$0 \leq \text{CaO} < 4,5$ вес.%	$0,4 < \text{CaO} < 2$ %	$2 \leq \text{CaO} < 10$ вес.%
$4 \leq \text{MgO} \leq 12$ вес.%	$4 < \text{MgO} \leq 12$ %	$0 \leq \text{MgO} \leq 8$ вес.%
$(\text{MgO}/(\text{MgO}+\text{CaO})) \geq 0,5$ , предпочтительно $0,88 \leq$ $[\text{MgO}/(\text{MgO}+\text{CaO})] < 1$ .		$\text{K}_2\text{O}/(\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})$ : 0,1–0,7.

5 В частности, примеры основных стеклянных матриц для состава согласно настоящему изобретению описаны в публикациях РСТ заявок на патент WO2015/150207 A1, WO2015/150403 A1, WO2016/091672 A1, WO2016/169823 A1 и WO2018/001965 A1.

10 Другой предпочтительный состав стекла для первой и второй стеклянных панелей из флоат-стекла асимметричного VIG по настоящему изобретению содержит следующее в весовых процентах, выраженных относительно общего веса стекла:

SiO<sub>2</sub> 60–78 %,  
Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0–8 %,

B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0–4 %,  
Na<sub>2</sub>O 5–20 %, предпочтительно 10–20 вес. %,  
CaO 0–15 %,  
MgO 0–12 %, 5  
K<sub>2</sub>O 0–10 %, 10  
BaO 0–5 %.

Стекланные панели могут иметь одинаковые размеры или разные размеры и образовывать тем самым ступенчатый VIG. В предпочтительном варианте осуществления настоящего изобретения первая и вторая стекланные панели из флоат-стекла содержат 10  
первые и вторые периферийные кромки соответственно, и при этом первые периферийные кромки углублены относительно вторых периферийных кромок, или при этом вторые периферийные кромки углублены относительно первых периферийных кромок. Эта конфигурация позволяет увеличить прочность герметично соединяющего уплотнения.

В VIG первая стеклнная панель имеет внутреннюю поверхность (12) панели и 15  
наружную поверхность (13) панели. Вторая стеклнная панель имеет внутреннюю поверхность (22) панели и наружную поверхность (23) панели. Первая и вторая внутренние поверхности панелей обращены к внутреннему объему V асимметричного VIG. Первая и вторая наружные поверхности панелей обращены к внешней части VIG.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения пленки, такие как 20  
низкоэмиссионные пленки, солнцезащитные пленки (пленки, отражающие тепловые лучи), противоотражающие пленки, противотуманные пленки, предпочтительно пленка, отражающая тепловые лучи, или низкоэмиссионная пленка, могут быть предусмотрены на по меньшей мере одной из внутренних поверхностей (12, 22) панели и/или наружных 25  
поверхностей (13, 23) панели первой и/или второй панелей (1, 2) из флоат-стекла вакуумного изоляционного блока (10) остекления. В предпочтительном варианте осуществления настоящего изобретения, как показано на фиг. 1, внутренние поверхности (22) вторых панелей (2) из флоат-стекла асимметричного VIG снабжены пленкой, отражающей тепловые лучи, или низкоэмиссионной пленкой (5).

### **МНОГОСЛОЙНАЯ СБОРКА**

В одном варианте осуществления настоящего изобретения наружная поверхность 30  
первой (13) и/или второй стеклнной панели (23) может быть дополнительно наслоена на по меньшей мере один лист стекла посредством по меньшей мере одного полимерного

промежуточного слоя, образуя многослойную сборку, для соответствия правилам безопасности. Многослойное стекло является типом ударопрочного стекла, которое не рассыпается при разбивании. В случае разрушения оно удерживается на месте термопластичным промежуточным слоем между его двумя или более слоями стекла.

5 Промежуточный слой сохраняет слои стекла соединенными даже при разрушении, и его высокая прочность предотвращает разрушение стекла на большие острые куски. В многослойной сборке по меньшей мере один лист стекла предпочтительно имеет толщину  $Z_s$ , равную или больше 0,5 мм ( $Z_s \geq 0,5$  мм). Толщина измерена в направлении, перпендикулярном плоскости P. По меньшей мере один полимерный промежуточный

10 слой представляет собой прозрачный или полупрозрачный промежуточный полимерный слой, содержащий материал, выбранный из группы, включающей этиленвинилацетат (EVA), полиизобутилен (PIB), поливинилбутираль (PVB), полиуретан (PU), поливинилхлориды (PVC), полиэфиры, сополиэфиры, полиацетали, циклоолефиновые полимеры (COP), иономер и/или активируемый ультрафиолетом клей и другие, известные

15 в области производства многослойных стекол. Также подходящими могут быть смешанные материалы, в которых используется любая совместимая комбинация этих материалов. В настоящем изобретении также может быть использована усиленная звукоизоляция с акустическим многослойным стеклом. В этом случае промежуточный полимерный слой содержит по меньшей мере один дополнительный акустический

20 материал, размещенный между двумя пленками из поливинилбутираля. Стеклопанели с электрохромными, термохромными, фотохромными или фотогальваническими элементами также совместимы с настоящим изобретением.

### **МНОГОСЛОЙНОЕ ИЗОЛЯЦИОННОЕ ОСТЕКЛЕНИЕ**

В другом варианте осуществления настоящего изобретения настоящее изобретение

25 также применимо к любому типу блока остекления, содержащего стеклянные панели (две, три или более), связывающие изолирующие или неизолирующие внутренние пространства (также называемые блоками многослойного остекления), при условии, что частичный вакуум создают в по меньшей мере одном из этих внутренних пространств. Следовательно, в одном варианте осуществления для улучшения механических

30 характеристик асимметричного VIG согласно настоящему изобретению третья дополнительная стеклянная панель может быть соединена с по меньшей мере одной из наружных поверхностей (13 и/или 23) первой и второй стеклянных панелей по периферии

VIG посредством периферийной дистанционной рамки, также известной как разделительный оконный профиль, создавая изолирующую полость, запечатанную краевым уплотнителем. Указанная периферийная дистанционная рамка поддерживает конкретное расстояние между третьей стеклянной панелью и по меньшей мере одним из наружной поверхности панели одной из первой и второй стеклянных панелей. Обычно 5  
указанная дистанционная рамка содержит поглотитель влаги и обычно имеет толщину в диапазоне от 6 мм до 20 мм, предпочтительно от 9 мм до 15 мм. В целом, указанный второй внутренний объем заполнен заданным газом, выбранным из группы, включающей воздух, сухой воздух, аргон (Ar), криптон (Kr), ксенон (Xe), гексафторид серы (SF<sub>6</sub>),  
10 углекислый газ или их сочетание. Указанный заданный газ является эффективным для предотвращения теплообмена и/или может быть использован для уменьшения пропускания звука.

### **РАСПОРКИ**

Как изображено на фиг. 1, вакуумное изоляционное остекление согласно 15  
настоящему изобретению содержит несколько отдельных распорок (3), также называемых стойками, расположенных между первой и второй стеклянными панелями (1, 2) для сохранения внутреннего объема V. Согласно настоящему изобретению отдельные распорки расположены между первой и второй стеклянными панелями, сохраняя расстояние между первой и второй стеклянными панелями и образуя массив с шагом  $\lambda$ ,  
20 составляющим от 10 мм до 40 мм ( $10 \text{ мм} \leq \lambda \leq 40 \text{ мм}$ ). Массив в настоящем изобретении обычно представляет собой равномерный массив на основе схемы равностороннего треугольника, квадрата или шестиугольника, предпочтительно на основе схемы квадрата.

Отдельные распорки могут иметь разные формы, например, цилиндрическую, сферическую, нитеобразную форму, форму песочных часов, С-образную, крестообразную, 25  
призматическую форму и т. д. Предпочтительно использовать небольшие стойки, т. е. стойки, имеющие общую поверхность контакта со стеклянной секцией, образованную их внешней окружностью, равную или меньше 5 мм<sup>2</sup>, предпочтительно равную или меньше 3 мм<sup>2</sup>, более предпочтительно равную или меньше 1 мм<sup>2</sup>. Как указано выше, такие размеры могут предложить хорошую механическую устойчивость, при этом оставаясь эстетически  
30 неброскими.

Отдельные распорки обычно выполнены из материала, имеющего прочность, способную выдерживать давление, прилагаемое поверхностями стеклянных панелей,



способного выдерживать высокотемпературный процесс, такой как прокаливание и отверждение при нагревании, и незначительно выделяющего газ после изготовления стеклянной панели. Такой материал является предпочтительно твердым металлическим материалом, кварцевым стеклом или керамическим материалом, в частности  
5 металлическим материалом, например, железом, вольфрамом, никелем, хромом, титаном, молибденом, углеродистой сталью, хромовой сталью, никелевой сталью, нержавеющей сталью, никелево-хромистой сталью, марганцевой сталью, хромомарганцевой сталью, хромомолибденовой сталью, кремнистой сталью, нихромом, дюралем и т. п., или керамическим материалом, например, корундом, оксидом алюминия, муллитом,  
10 магнезией, иттрий оксидом, нитридом алюминия, нитридом кремния и т. п.

### **ГЕРМЕТИЧНО СОЕДИНЯЮЩЕЕ УПЛОТНЕНИЕ**

Как показано на фиг. 1, внутренний объем V между стеклянными панелями (1, 2) вакуумного изоляционного блока (10) остекления согласно настоящему изобретению закрыт герметично соединяющим уплотнением (4), размещенным на периферии  
15 стеклянных панелей вокруг указанного внутреннего пространства. Указанное герметично соединяющее уплотнение является непроницаемым и твердым. В настоящем описании, если не указано другое, под термином «непроницаемый» подразумевается непроницаемый для воздуха или любого другого газа, присутствующего в атмосфере.

Температурный градиент между внутренним и внешним пространствами  
20 действительно приводит к различной температурной деформации первой и второй стеклянных панелей согласно настоящему изобретению. Ограничения на каждой стеклянной панели даже более критичны, когда уплотнение, размещенное на периферии стеклянных панелей, является твердым. Наоборот, такие ограничения ниже в VIG, в которых периферийное уплотнение позволяет некоторую деформацию.

Существуют различные технологии выполнения герметично соединяющего  
25 уплотнения. Первый тип уплотнения (наиболее распространенный) является уплотнением на основе стеклянного припоя, для которого температура плавления ниже, чем температура плавления стекла стеклянных панелей блока остекления. Использование этого типа уплотнения ограничивает выбор низкоэмиссионных слоев теми, которые не  
30 разлагаются в ходе теплового цикла, необходимого для применения стеклянного припоя, то есть теми, которые способны выдерживать температуру, которая может достигать 250 °С. Дополнительно, поскольку этот тип уплотнения на основе стеклянного припоя может

деформироваться только в незначительной степени, он препятствует последствиям относительного расширения между стеклянной панелью с внутренней стороны блока остекления и стеклянной панелью с наружной стороны блока остекления, когда указанные панели подвергаются воздействию большой разницы поглощаемых температур. Следовательно, на периферии блока остекления возникают достаточно существенные напряжения, и это может приводить к разрушению стеклянных панелей блока остекления.

Второй тип уплотнения представляет собой металлическое уплотнение, например, металлическую полосу небольшой толщины (<500 мкм), припаянную по периферии блока остекления с помощью грунтовочного подслоя, покрытого по меньшей мере частично слоем пригодного к пайке материала, например, мягкого оловянного припоя. Одним существенным преимуществом этого второго типа уплотнения относительно первого типа уплотнения является то, что он способен частично деформироваться для частичного поглощения относительного расширения, создаваемого между двумя стеклянными панелями. Существуют различные типы грунтовочных подслоев на стеклянной панели.

В заявке на патент WO 2011/061208 A1 описан один примерный вариант осуществления периферийного непроницаемого уплотнения второго типа для вакуумного изоляционного блока остекления. В этом варианте осуществления уплотнением является металлическая полоска, например, выполненная из меди, которая припаяна посредством пригодного к пайке материала к клейкой ленте, предусмотренной на периферии стеклянных панелей.

### **ВНУТРЕННИЙ ОБЪЕМ**

Вакуум с абсолютным давлением менее 0,1 мбар, предпочтительно менее 0,01 мбар, создается во внутреннем объеме V, образуемом первой и второй стеклянными панелями и набором отдельных распорок, и закрывается герметично соединяющим уплотнением внутри асимметричного VIG настоящего изобретения.

Внутренний объем асимметричного VIG согласно настоящему изобретению может содержать газ, например, но не исключительно, воздух, сухой воздух, аргон (Ar), криптон (Kr), ксенон (Xe), гексафторид серы (SF<sub>6</sub>) или их сочетания. Перенос энергии через изолирующий блок, имеющий эту обычную структуру, уменьшается по причине присутствия газа во внутреннем объеме относительно стеклянной панели из одного стекла.

Из внутреннего объема может также быть откачан любой газ, создавая тем самым вакуумный блок остекления. Перенос энергии через изолирующий блок остекления с вакуумной изоляцией значительно уменьшается за счет вакуума. Для создания вакуума во внутреннем пространстве блока остекления на основной поверхности одной из  
5  
стеклянных панелей обычно предусмотрена полая стеклянная трубка, обеспечивающая сообщение между внутренним пространством и наружной частью. Таким образом, частичный вакуум образуется во внутреннем пространстве путем выкачивания газов, находящихся во внутреннем пространстве, с помощью насоса, соединенного с наружным концом стеклянной трубки.

10 Для поддержания в течение определенного времени заданного уровня вакуума в вакуумном изоляционном блоке остекления газопоглотитель может быть использован в блоке остекления. В частности, внутренние поверхности стеклянных панелей, составляющих блок остекления, могут высвобождать с течением времени газы, поглощенные до этого стеклом, тем самым увеличивая внутреннее давление в вакуумном  
15  
изоляционном блоке остекления и, таким образом, уменьшая показатели вакуума. В целом, такой газопоглотитель состоит из сплавов циркония, ванадия, железа, кобальта, алюминия и т. д. и нанесен в виде тонкого слоя (толщиной несколько микрон) или выполнен в виде бруска, размещенного между стеклянными панелями блока остекления так, что его не видно (например, скрыт наружной эмалью или частью периферийного непроницаемого уплотнения). Газопоглотитель на своей поверхности при комнатной  
20  
температуре образует пассивирующий слой, и, следовательно, он должен быть нагрет для устранения пассивирующего слоя и, таким образом, активации газопоглощающих свойств его сплава. Считается, что газопоглотитель является «активируемым нагревом».

Ссылочная позиция	Компонент
10	Вакуумное изоляционное остекление
1	Первая стеклянная панель
12	Внутренняя поверхность первой стеклянной панели
13	Наружная поверхность первой стеклянной панели
2	Вторая стеклянная панель
22	Внутренняя поверхность второй стеклянной панели

23	Наружная поверхность второй стеклянной панели
3	Отдельная распорка
4	Герметично соединяющее уплотнение
5	Пленка, отражающая тепловые лучи, или низкоэмиссионная пленка
V	Внутренний объем

**ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ**

1. Вакуумный изоляционный блок (10) остекления, проходящий вдоль плоскости P, определяемой продольной осью X и вертикальной осью Z; имеющий ширину W, измеренную вдоль продольной оси X, и длину L, измеренную вдоль вертикальной оси Z, и содержащий:

а. первую стеклянную панель (1), имеющую толщину Z1, и вторую стеклянную панель (2), имеющую толщину Z2, при этом толщины измерены в направлении, перпендикулярном к плоскости P, при этом Z1 больше, чем Z2 ( $Z1 > Z2$ ), и при этом первая стеклянная панель и вторая стеклянная панель представляют собой отожженные стеклянные панели из флоат-стекла;

б. набор отдельных распорок (3), расположенных между первой и второй стеклянными панелями, поддерживающих расстояние между первой и второй стеклянными панелями и образующих массив с шагом  $\lambda$ ;

в. герметично соединяющее уплотнение (4), уплотняющее промежуток между первой и второй стеклянными панелями по их периметру;

г. внутренний объем V, образованный первой и второй стеклянными панелями и набором отдельных распорок и закрытый герметично соединяющим уплотнением, и при этом в нем создан вакуум с абсолютным давлением менее 0,1 мбар,

**отличающийся тем, что** длина L вакуумного изоляционного блока остекления равна или больше 800 мм ( $L \geq 800$  мм), и ширина W вакуумного изоляционного блока остекления равна или больше 500 мм ( $W \geq 500$  мм);

**при этом** отношение толщин  $Z1/Z2$ , то есть толщины Z1 первой стеклянной панели к толщине Z2 второй стеклянной панели равно или больше 1,10 ( $Z1/Z2 \geq 1,10$ );

**при этом** шаг  $\lambda$  находится в диапазоне от 10 мм до 40 мм ( $10 \text{ мм} \leq \lambda \leq 40 \text{ мм}$ ); и

**при этом** толщина Z2 второй стеклянной панели равна или больше 4 мм ( $Z2 \geq 4$  мм) и равна или больше  $(\lambda - 15 \text{ мм}) / 5$  ( $Z2 \geq (\lambda - 15 \text{ мм}) / 5$ ).

2. Вакуумный изоляционный блок остекления по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что отношение толщин  $Z1/Z2$  равно или больше 1,20 ( $Z1/Z2 \geq 1,20$ ), предпочтительно равно или больше 1,30 ( $Z1/Z2 \geq 1,30$ ), более предпочтительно равно или больше 1,55 ( $Z1/Z2 \geq 1,55$ ), еще более предпочтительно находится в диапазоне от 1,60 до 6,00 ( $1,60 \leq Z1/Z2 \leq 6,00$ ), в идеальном случае от 2,00 до 4,00 ( $2,00 \leq Z1/Z2 \leq 4,00$ ).

3. Вакуумный изоляционный блок остекления по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что шаг  $\lambda$  находится в диапазоне от 15 мм до 35 мм ( $15 \text{ мм} \leq \lambda \leq 35 \text{ мм}$ ), предпочтительно от 20 мм до 30 мм ( $20 \text{ мм} \leq \lambda \leq 30 \text{ мм}$ ).

5 4. Вакуумный изоляционный блок остекления по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что длина  $L$  вакуумного изоляционного блока остекления равна или больше 1000 мм ( $L \geq 1000 \text{ мм}$ ), предпочтительно равна или больше 1200 мм ( $L \geq 1200 \text{ мм}$ ).

10 5. Вакуумный изоляционный блок остекления по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что ширина  $W$  вакуумного изоляционного блока остекления равна или больше 600 мм ( $W \geq 600 \text{ мм}$ ), предпочтительно равна или больше 800 мм ( $W \geq 800 \text{ мм}$ ), более предпочтительно равна или больше 1000 мм ( $W \geq 1000 \text{ мм}$ ), еще более предпочтительно равна или больше 1200 мм ( $W \geq 1200 \text{ мм}$ ).

15 6. Вакуумный изоляционный блок остекления по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что по меньшей мере одна из первой и второй стеклянных панелей, предпочтительно вторая стеклянная панель, выполнена из натриево-кальциево-силикатного стекла, алюмосиликатного стекла или боросиликатного стекла.

7. Вакуумный изоляционный блок остекления по п. 7, отличающийся тем, что состав второй стеклянной панели содержит следующее в весовых процентах, выраженных относительно общего веса стекла:

20 SiO<sub>2</sub> 60–78 %,  
 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0–8 вес. %,  
 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0–4 вес. %,
   
 Na<sub>2</sub>O 5–20 вес. %, предпочтительно 10–20 вес. %,
   
 CaO 0–15 вес. %,
   
 25 MgO 0–12 вес. %,
   
 K<sub>2</sub>O 0–10 %,
   
 BaO 0–5 %.

30 8. Вакуумный изоляционный блок остекления по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что первая стеклянная панель и вторая стеклянная панель имеют наружные поверхности (13) и (23) панели соответственно, при этом наружные поверхности (13, 23) панелей обращены к внешней части вакуумного изоляционного блока остекления, и при этом по меньшей мере одна из наружных поверхностей (13 и

23) панелей наложена на по меньшей мере один лист стекла посредством по меньшей мере одного промежуточного полимерного слоя, образуя многослойную сборку.

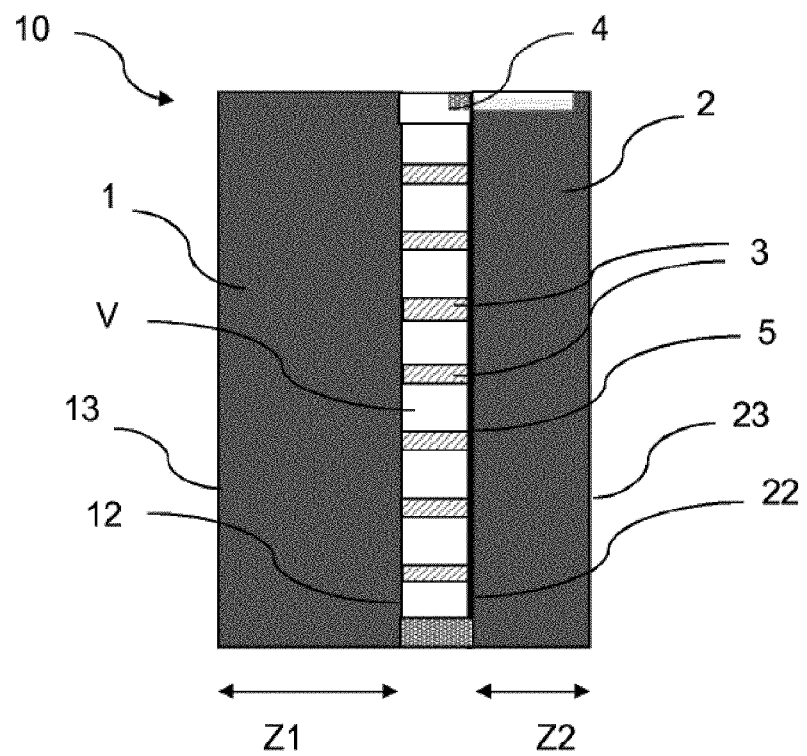
9. Вакуумный изоляционный блок остекления по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что первая и вторая стеклянные панели имеют внутреннюю поверхность (12, 22) панели соответственно и наружную поверхность (13, 23) панели соответственно, при этом внутренние поверхности панели обращены к внутреннему объему  $V$ , и при этом по меньшей мере одна из внутренних поверхностей (12, 22) и/или наружных поверхностей (13, 23) снабжена по меньшей мере пленкой, отражающей тепловые лучи, или низкоэмиссионной пленкой (5).

10. Вакуумный изоляционный блок остекления по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что по меньшей мере одна из наружных поверхностей (13 и/или 23) панелей первого и второго стекол присоединена к третьей стеклянной панели вдоль периферии вакуумного изоляционного блока остекления посредством периферийной распорной рамки, создавая изолирующую полость, уплотненную посредством периферийного краевого уплотнения.

11. Вакуумный изоляционный блок остекления по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что первая и вторая стеклянные панели содержат первые и вторые периферийные кромки соответственно, и при этом первые периферийные кромки углублены относительно вторых периферийных кромок, или при этом вторые периферийные кромки углублены относительно первых периферийных кромок.

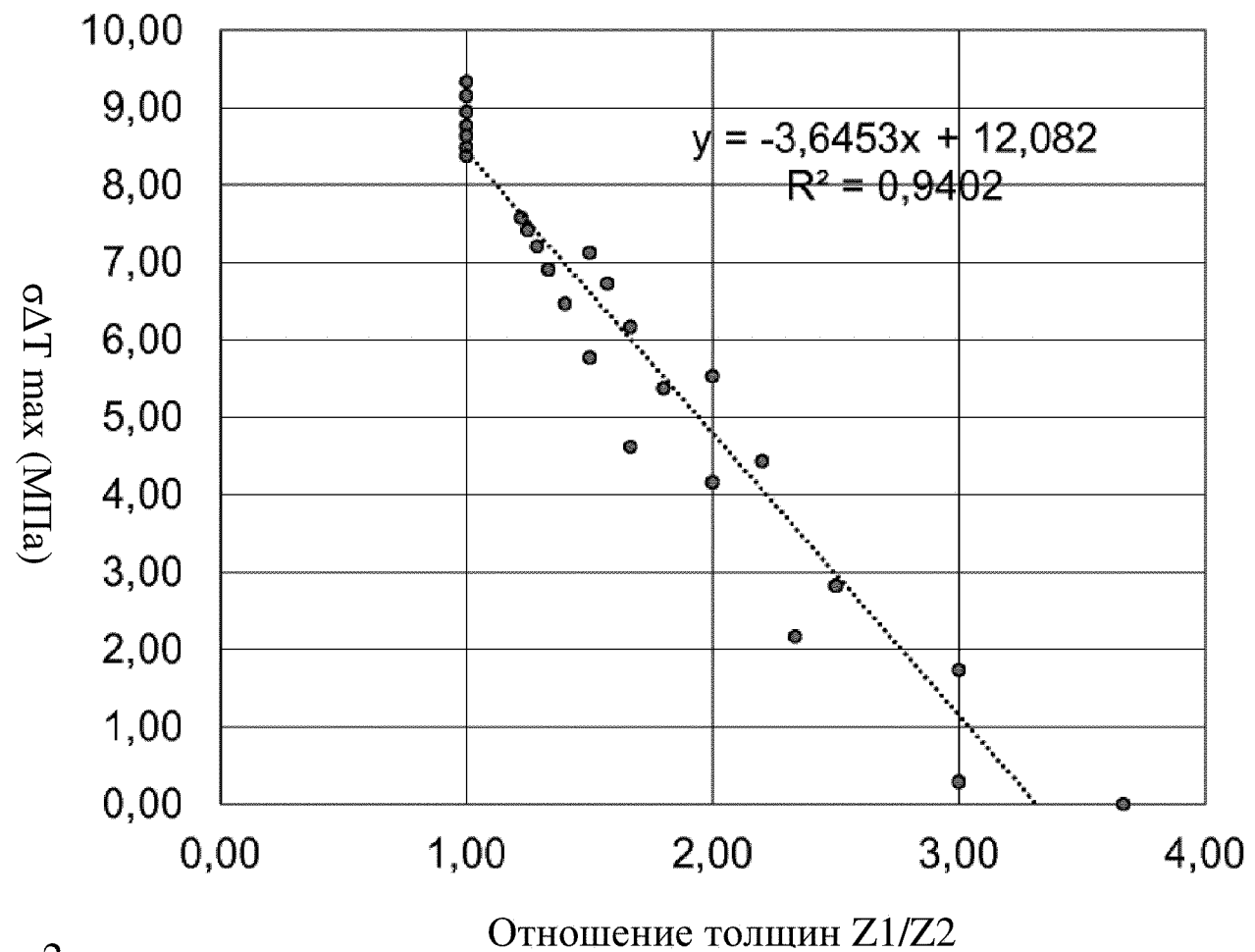
12. Перегородка, отделяющая первое пространство с первой температурой  $Temp1$  от второго пространства со второй температурой  $Temp2$ , при этом  $Temp1$  ниже, чем  $Temp2$ ; указанная перегородка содержит проем, закрытый вакуумным изоляционным блоком остекления по любому из предыдущих пунктов, при этом первая стеклянная панель обращена к первому пространству.

13. Применение вакуумного изоляционного блока остекления по любому из пп. 1–11 для закрытия проема перегородки, определяющей первое пространство с первой температурой  $Temp1$ , и второе пространство со второй температурой  $Temp2$ , при этом  $Temp1$  ниже, чем  $Temp2$ , и при этом первая стеклянная панель обращена к первому пространству.



Фиг. 1





Фиг. 2