

Михазль Росса, Руководитель направления стекло и стройматериалы

Двухкамерный изоляционный стеклопакет – практика применения

Указания по эксплуатации двухкамерного энергосберегающего стеклопакета для безопасного остекления

Немецкие регламенты по энергосбережению (EnEV) 2009 в сочетании с законом о возобновляемых источниках энергии считаются всемирным образцом для сокращения потребления энергии и зависимости от видов сырья. При проведении реконструкции зданий требуется достижение значения U_w для окон в размере $1,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$ и для стекла значения U_g в размере $1,1 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$. Необходимые требования могут быть достигнуты благодаря энергооптимизированным профилям и применению двухкамерного энергосберегающего стекла со значением U_g в размере $0,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$. Но при применении должны быть учтены определённые аспекты по предотвращению повреждений и обеспечению безопасности.

Действующая в Европе директива по энергоэффективности зданий EPBD (Energy Performance of Buildings Directive) является основой Германских регламентов и директивных актов по энергосбережению. Постоянное сокращение потребления энергии для отопления и горячей воды ведёт к дальнейшему ужесточению требований EnEV к теплоизоляции и техническому оборудованию. Минимальные требования для значения U окон при реконструкции зданий составляют в настоящее время $1,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$ и для энергосберегающего стеклопакета $1,1 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$. Как указано ниже, на основании этого можно поставить задачи для оконной-, фасадной- и стекольной отрасли:

- Улучшение теплоизоляционных свойств,
- Минимизация потери тепла при вентиляции,
- Оптимизация защиты от жары и солнечной энергии в летнее время,
- Использование солнечной энергии,
- Сокращение применения искусственного света за счет оптимизации использования дневного освещения,
- Экономия энергии благодаря интеллектуальной интеграции технического оснащения в оболочку здания.

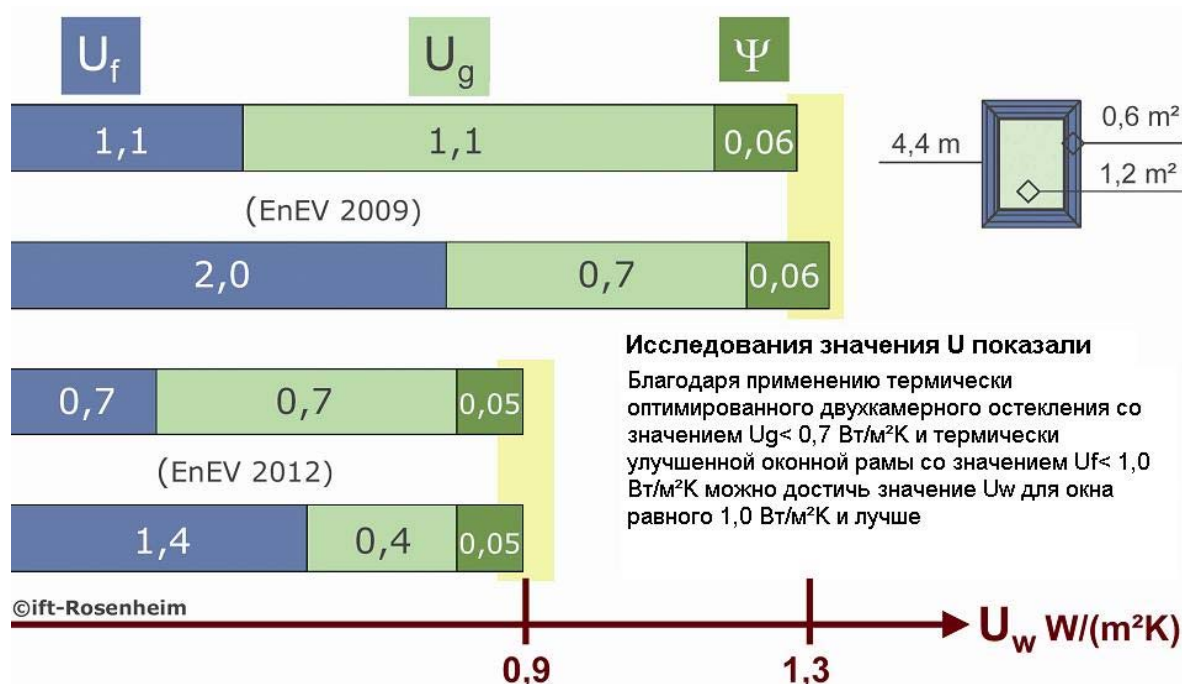


Рис.1 EnEV 2009 – Изменения для оконных конструкций

Оптимизация остекления

Разработки в области энергосбережения были часто следствием инноваций в стекольной промышленности, и таким образом двухкамерные энергосберегающие стеклопакеты стали стандартным остеклением в климатических зонах Европы с холодным климатом. На ряду с теплозащитой и обеспечением дневным светом, изоляционные стеклопакеты должны выполнять многие другие функции в здании, к примеру, функции безопасности, звукоизоляции и противопожарной защиты. На сегодняшний день высокоэффективные теплоизоляционные конструкции окон требуют значение коэффициента теплопередачи стеклопакета U_g размере $0,7 \text{ Вт/м}^2\text{К}$ и лучше (меньше). Хотя эти значения для двухкамерных стеклопакетов были достигнуты при небольших межстекольных пространствах шириной в 10-12 мм с заполнением газом криптон, но криптон на сегодняшний день доступен только в ограниченном количестве и цены на него невероятно высоки. В качестве альтернативы может служить заполнение аргоном и межстекольное пространство толщиной в 16 мм. Для многокамерных теплоизоляционных стеклопакетах с межстекольным пространством в 2x16 мм, в зависимости от конструкции и размеров, необходимо обращать внимание на интенсивные климатические нагрузки, которые могут оказать влияние на сокращение продолжительности жизненного цикла стеклопакета. Таким образом, необходимо избегать применения мало форматных стеклопакетов, в которых климатические воздействия (перепад температур, влажность с улицы и внутри помещения), особенно сильно нагружают соединительный профиль кромки (дистанционной рамки).

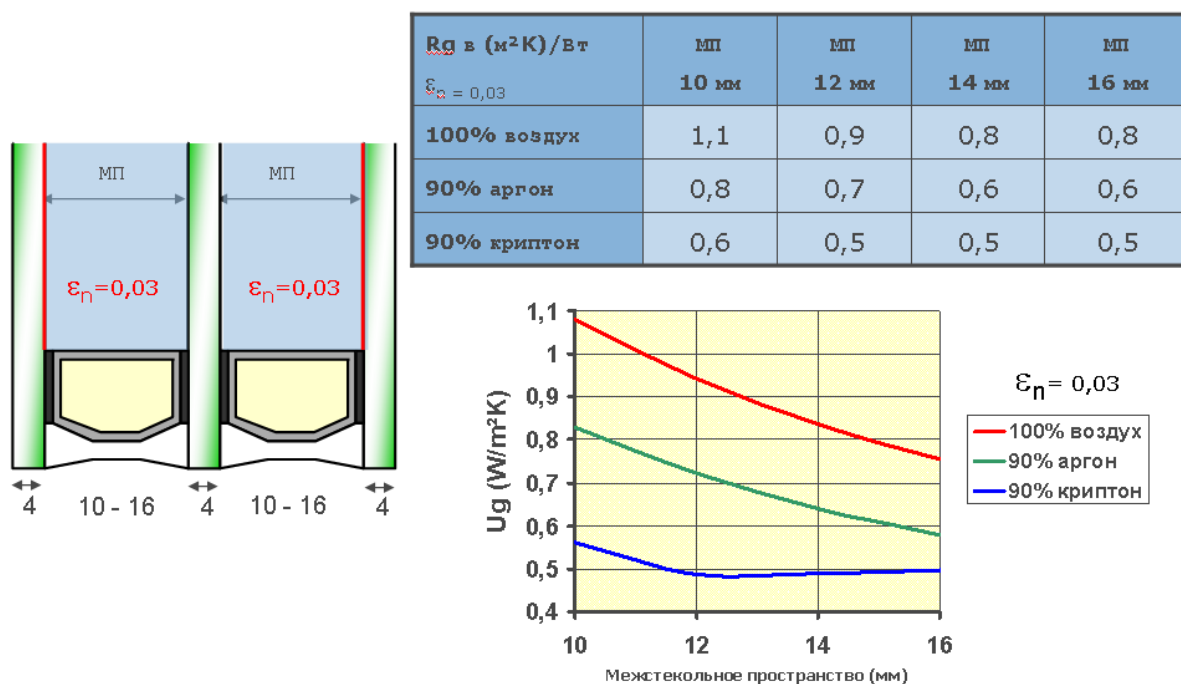


Рис.2 Значения U_g для двухкамерного энергосберегающего стеклопакета

Дальнейшее улучшение значения U_w для окон можно достичь благодаря применению теплотехнически оптимизированных дистанционных рамок или за счет более глубокого погружения стекла в профиль. Как правило значение Ψ улучшается на 0,002 Вт/(мК) с каждым мм, если стеклопакет больше заходит за край фальца в профиль. Таким образом значение U_w окна может быть улучшено при погружении стекла к примеру на 25 мм до ΔU_w -значения равного 0,05 Вт/(м²K). Линейный коэффициент теплопередачи Ψ_g является величиной характеризующей тепловой мостик в краевой зоне энергосберегающего стеклопакета. На основании Ψ_g -значений можно оценить функциональную способность системы „тёплого края“, если другие пограничные условия остаются неизменными. Правила по расчёту и использованию значений репрезентативных значений Ψ представлены в ift директиве WA-08/1 „термически улучшенные дистанционные рамки“, которые дают возможность единообразного оценивания. Фирма ift Розенхайм совместно с федеральным союзом производителей листового стекла, университетом города Розенхайм и промышленными партнёрами создала единообразные технические паспорта для различных систем соединения краёв энергосберегающих стеклопакетов. На ряду с описанием материала дистанционной рамки и их теплопроводности, они также содержат Ψ_g -значения для одно- и двухкамерных стеклопакетах для 4-х различных репрезентативных вариантов рам, деревянных, деревянно-алюминевых, пластиковых и алюминиевых.

April 2008 – ... – Änderungsindex 0

Datenblatt
Psi-Werte Fenster

Firmenlogo

Firmenname

Straße

PLZ/Ort



Arbeitskreis 'Warme Kante'

	Produktname	Abstandhalter Bauhöhe in mm	Material	Wärmeleitfähigkeit λ in W/mK	Dicke d in mm	
Standard		...	...	...	...	
Regelungsfreie Rahmungen		   	Metall mit thermischer Trennung	Kunststoff	Wolz	Wolz/Metall
Hitzescheibeneinschalung Zweischichten-Hitzescheiben $U_g = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$		...	...	...	...	
Hitzescheibeneinschalung Dreischichten-Hitzescheiben $U_g = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$		...	...	...	...	

Zusätzliche Angaben	Scheibeneinschalung (SE) in mm	$\lambda_{gl,20} \text{ W/mK}$	
		Box 1 - $R_1 = 3 \text{ mm}$	Box 2 - $R_2 = \dots \text{ mm}$
Zusätzliche Angaben	16	0,40	...
Zusätzliche Angaben	12	0,40	...

Erklärung: Die repräsentativen Wärmeeinschalungswerte (repräsentative Psi-Werte) geben für typische Rahmenprofile und Einbauten für die Ermittlung des Wärmeübergangskoeffizienten U_g von Fenstern. Sie werden unter den in der DIN EN ISO 10271-1 „Jalousie- und verstellbare Fenster“ – Teil 1: Ermittlung des repräsentativen Psi-Wertes für Fensterelemente“ festgelegten Rahmenbedingungen (Rahmenprofile, Verglasung, Glaseinsatz, Rahmenabdeckung, Profile und Sekundärdichtung) ermittelt. Dieser Rechner ergibt nach dem Gültigkeitsbereich und die Anwendung der repräsentativen Psi-Werte. Zur Veranschaulichung sind die Psi-Werte im Einheitsmaß auf 0,001 W/mK angegeben. Das Verfahren zur Berechnung der Psi-Werte hat eine Genauigkeit von $\pm 0,002 \text{ W/mK}$. Unterschiede von weniger als 0,005 W/mK sind nicht signifikant.

Erstellung der Kennwerte durch:

Hochschule Rosenheim
University of Applied Sciences



Рис.3 Технический паспорт рабочей группы „тёплый край“ в федеральном союзе производителей листового стекла для публикации установленных в ift директиве WA-08/1 характеристики термически улучшенных дистанционных рамок.

„Энергогенератор“ солнце

Энергия солнца имеющаяся на земле в 3.000 раз превышает всемирное потребление энергии. Поэтому экономически, экологически и политически важной задачей строительной промышленности является открытие этого энергетического источника – рациональное остекление окон и фасадов могут сделать этот „бесплатный“ энергетический потенциал полезным.



Рис.4 Сравнение естественных энергетических ресурсов с потреблением энергии

Для простой оценки энергетической эффективности окон и стекла, для будущих сводов правил необходима балансовая оценка, которая наряду с потерей тепла (U_w) также оценивает и накопление солнечной энергии (значение g).

Energy flux at the window

Equivalent U_w -value

$$U_{eg} = U_w - g \times S_f \leq 0,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

S_f ...Solar gain factor

in dependence of the window navigation with

U_{eq} equivalent U-value in $(\text{W}/\text{m}^2\text{K})$
 U_w U-value of the window in $(\text{W}/\text{m}^2\text{K})$
 F_f window area in m^2
 g total solar energy transmittance
 S_f Mean solar gain factor determined by the navigation with 1,6 $(\text{W}/\text{m}^2\text{K})$ or for the South = 2,40, West/East = 1,65, North = 0,95 $(\text{W}/\text{m}^2\text{K})$
 (Heat Insulation Ordinance of 1995)

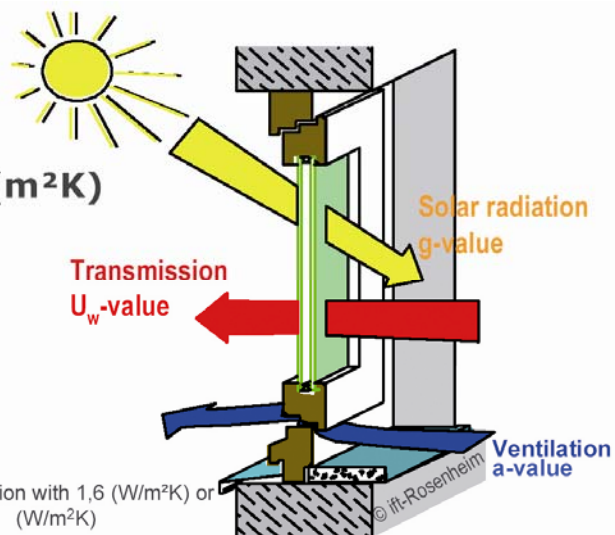


Рис.5 Использование и оценка солнечных тепловых накоплений окон и стекла

Значение U_g остекления и общий уровень пропускания энергии g являются определяющими факторами и поэтому в данной области следует ожидать дальнейших разработок. Фотогальваника и солнечная тепловая энергия могут покрыть остаточную потребность зданий и децентрализованно предоставить необходимую энергию для

будущих механизмов привода и управления окнами и устройствами по защите от солнца. Благодаря интеллектуальному, управляемому применению затемнения, использованию термических аккумуляторов, а также систем управления светом, солнечные накопления могут быть оптимально использованы в период отопительного сезона, без перегрева помещений.

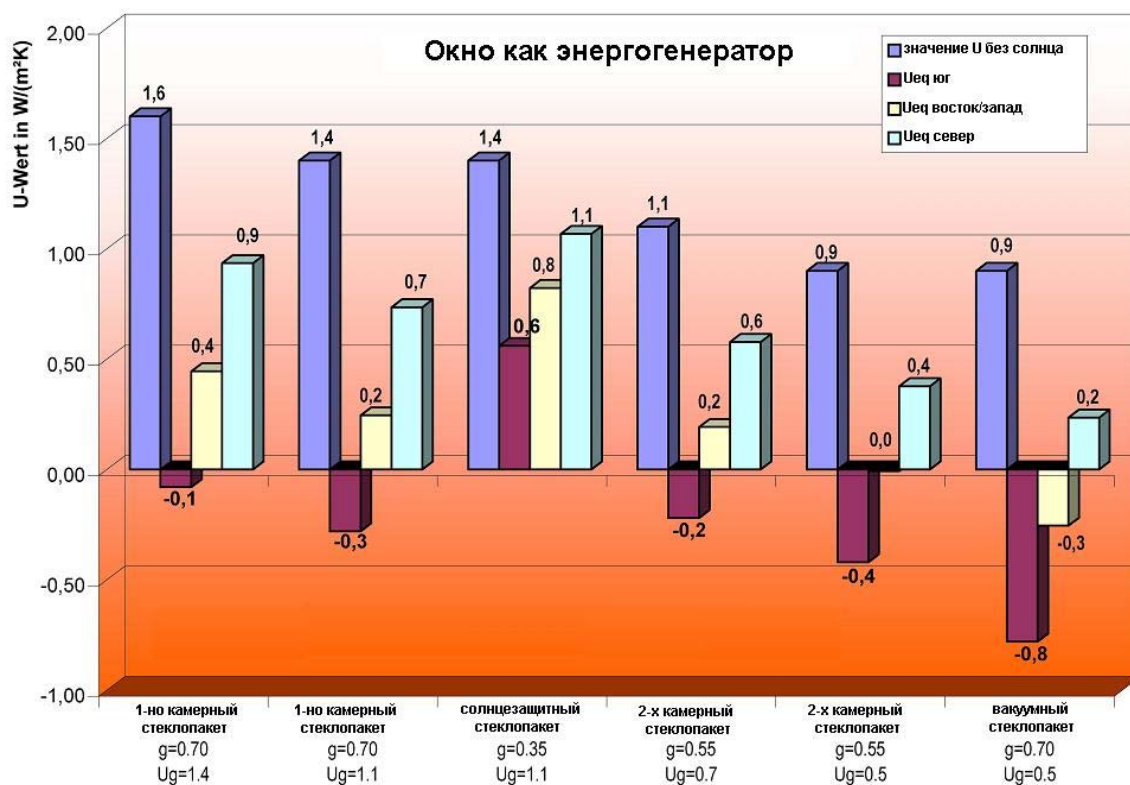


Рис.6 Динамика изменения значения U для окон в зависимости от солнечных накопителей в Германии и энергетического качества (энергоэффективности) остекления (размеры 1,23 x 1,48 м)

Таблица 1 Диапазон колебаний размеров стандартного остекления на сегодняшний день

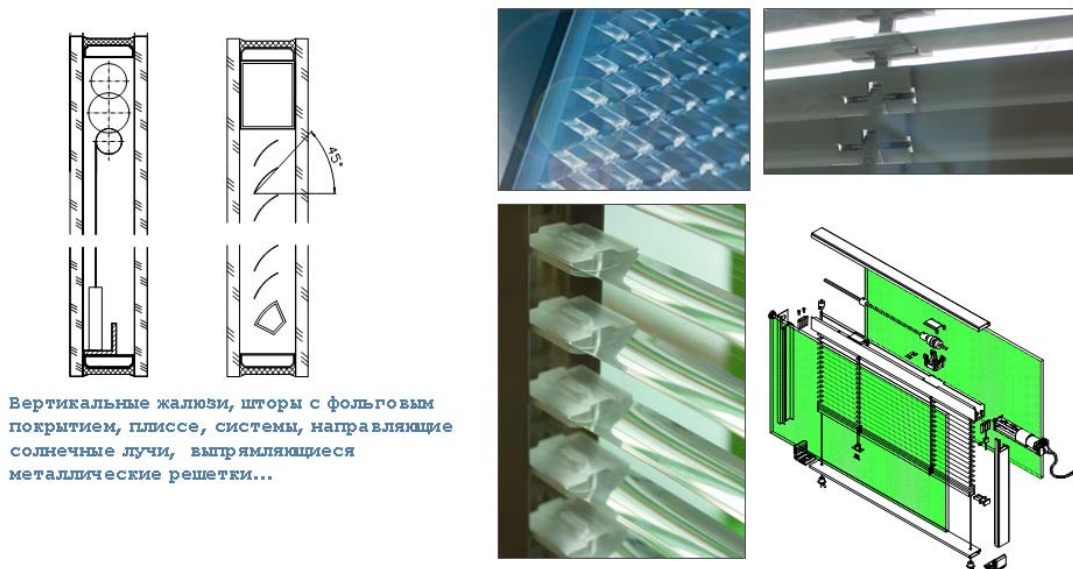
Стекло	Общий уровень пропускания энергии g	Уровень светопропускания τ	Коэффициент теплопередачи U_g
	[–]	[–]	[Вт/(м²K)]
однокамерный энергосберегающий стеклопакет*	са. 40 – 60 %	70 – 80 %	1,0 – 1,7
2-хкамерный энергосберегающий стеклопакет **	са. 40 – 60 %	60 – 70 %	0,5 – 0,8
Вакуумное остекление***		80 %	0,8 – 1,0

*Защитная оболочка на третьем уровне, **Защитная оболочка на втором и пятом уровне, ***двойное оконное стекло, тепло-защитная оболочка на третьем уровне

Экономия энергии с помощью защиты от солнца и управления светом

Наряду с потреблением энергии зимой нельзя недооценивать расход энергии для систем охлаждения летом, которые в зависимости от климатических условий, оборудования здания, его использования и технического кондиционирования воздуха во много раз превышают энергию потребляемую при отоплении. Важными факторами для сокращения климатической нагрузки являются летняя тепловая защита и вентиляция, как регулируемая, так и естественная ночная вентиляция.

Солнцезащитное остекление является эффективным, но оно не может полностью предотвратить проникновение тепла в помещение, таким образом дополнительное затемнение является необходимым (исследовательский отчёт ift "Летняя защита от тепла с помощью современных окон"). Слабым местом внешнего затемнения была восприимчивость к высоким ветровым нагрузкам – новые конструкции выдерживают порывы ветра до 8 Бофорта. Спаренный оконный переплёт и вторичная оболочка фасада делают возможным интеграцию средств затемнения и вентиляции в область защищённую от атмосферных условий, а с другой стороны могут стать причиной дополнительных конструктивных расходов. Альтернативой являются приспособления, защищающие от солнца, которые встроены в межкамерное пространство окна, и могут быть интегрированы в обычные конструкции окон.



Вертикальные жалюзи, шторы с фольговым покрытием, плиссе, системы, направляющие солнечные лучи, выпрямляющиеся металлические решетки...

Рис.7 Защита от солнца встроенная в межкамерное пространство окна

Эти системы обеспечивают хорошие показатели затемнения, не изменяют внешний вид фасадов и предлагают системные преимущества:

- Защита от солнца вне зоны выветривания.
- Энергетические характеристики сравнимые с внешней защитой от солнца.
- Адаптация к сезонному и суточному влиянию.
- Издержки по очистке сводятся к стеклянным поверхностям.
- Простая координация между производителями фасадов, стеклопакетов и солнцезащитных конструкций.

Решающим для длительного и безотказного использования является соблюдение следующих критериев:

- Обеспечение герметичности по отношению к утечке газа и прочность,
- Исключение мало форматного стекла,
- Предотвращение запотевания (выделение летучих органических веществ на внутренней поверхности стекла),
- Продолжительная работа конструкций,
- Предотвращение боя стекла с помощью математического вычисления толщины стекла (климатические нагрузки),
- Покрытие на втором и пятом уровне многокамерного стеклопакета. При покрытии среднего стекла оно должно состоять из однокамерного безосколочного стекла, чтобы избежать термического разрушения,
- Учёт климатических нагрузок при большом межкамерном пространстве, особенно для асимметричных стеклянных конструкций.

Использование затемнения не должно привести к тому, что дневного света будет не достаточно для освещения внутренних помещений и будет необходимо использовать энергию для его освещения. Для визуальных задач минимальным значением является показатель в 500 лк; оптимальное освещение должно лежать между 2000 и 4000 лк. Новые научные исследования показали, что треть световых рецепторов находится на сетчатке глаза, которая управляет биологическим воздействием света на организм человека и реагирует на силу освещения только начиная от 1000 лк. Поэтому ещё скупуще, чем раньше должны быть согласованы требования к интенсивности освещения и к защите от слепящего света. Это может быть достигнуто при помощи элементов солнцезащиты, умеющих селективировать угол падения света, которые используют законы физики, как например, преломление света (призмы) или отражение (зеркальный рефлектор). Таким образом, можно избежать эффекта ослепления и поверх непосредственного поля зрения солнечный свет может освещать помещение с помощью диффузного (рассеянного), не ослепляющего и естественного света.

Таблица 2 Оценка различных устройств солнцезащиты (полная версия доступна в режиме онлайн)

Солнечная защита	Общий уровень пропускания энергии g
солнцезащитное стекло	от 20 до 40% в зависимости от солнцезащитного покрытия
внешняя солнечная защита	от 5 до 40% в зависимости от структуры остекления, уровня отражения, избирательности угла отражения и возможности настройки установки для защиты от солнца
внутренняя солнечная защита	от 25 до 60% в зависимости от структуры остекления и уровня отражения системы по защите от солнца
солнечная защита, встроенная внутрь стеклопакета	от 12 до 40% в зависимости от структуры остекления, уровня отражения, избирательности угла отражения и возможности настройки установки для защиты от солнца

Вопросы безопасности при применении двухкамерных стеклопакетов

Хотя теплотехнические характеристики энергосберегающего стеклопакета ставят своей целью в первую очередь сохранение энергии, всё же стеклопакеты, а также окна и фасады должны выполнять и другие функции. К ним относятся введенные в рамках контроля за строительными работами "Технические правила по проектированию безопасного остекления" (TRAV), которые относятся и к двухкамерному стеклопакету. Перечисленные в этих правилах сооружения делают возможным простое подтверждение, но при этом они все без исключения относятся к однокамерному стеклопакету, что на практике приводит к вопросам по отношению к допуску стеклянных сооружений и проверке двухкамерного стеклопакета. В области применения двухкамерного стеклопакета рассматриваются категория А выше упомянутых правил – куда относится остекление по высоте всего проема помещения (от пола до потолка) без необходимых фиксаторов или категория С2 с воспринимающей нагрузкой фиксатором или категория С3 с воспринимающей нагрузкой перекладиной.

В принципе есть несколько вариантов стеклянных конструкций при двухкамерном остеклении, стеклянные изделия которые в любом случае должны соответствовать разделу 2 "Технических правил по проектированию ленточного остекления (TRLV)", в котором перечислены допустимые к применению стеклянные изделия. Следующие стеклянные конструкции описываются без комментария по вопросу экономичности.

Целостный взгляд, предотвращение ошибок

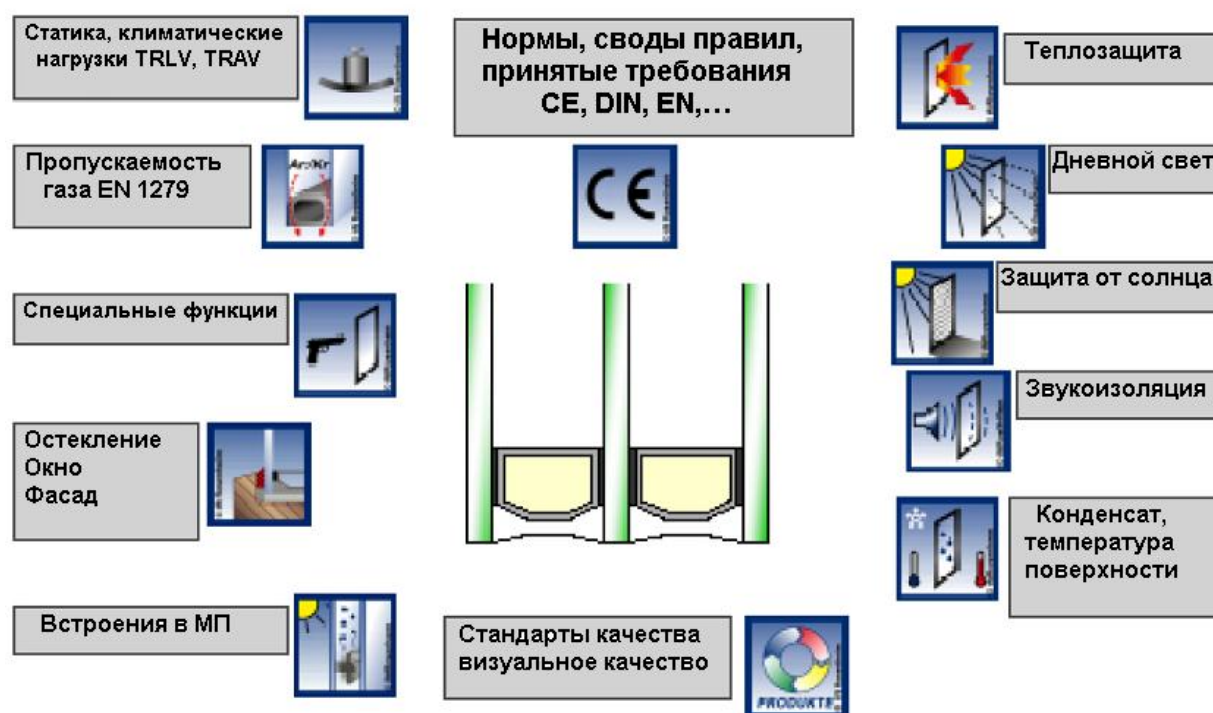


Рис.8 Целостный взгляд на энергосберегающий стеклопакет

Стекланные конструкции

Внутреннее стекло, так называемая "сторона атаки", состоит согласно немецкому перечню строительных регламентов из многослойного безопасного стекла с двойной поливинилбутиральной плёнкой. Для среднего и внешнего стекла могут быть применены все изделия из стекла согласно разделу 2.1 "Технических правил по проектированию ленточного остекления", к ним относятся:

- флоат стекло
- безосколочное стекло
- закалённое безосколочное стекло
- термоупрочённое стекло

Для стекла с большим коэффициентом поглощения (например, цветное стекло) необходимо избегать высокой климатической нагрузки из-за высокого поглощения им тепла. Также не рекомендуется использование армированного стекла, так как по причине низкой механической прочности существует повышенный риск боя стекла. Энергосберегающий слой покрытия и солнцезащитное покрытие должны находиться на второй и пятой позиции изоляционного стеклопакета.

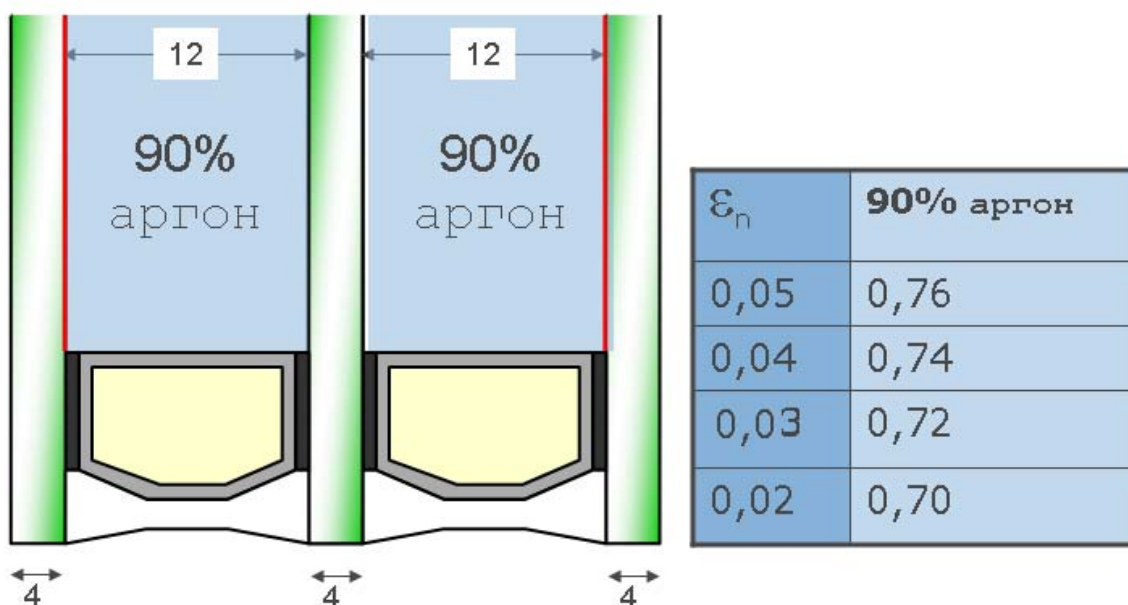


Рис.9 Стекланное сооружение 1 из двухкамерного стекла для применения согласно „Техническим правилам по проектированию“ безопасного остекления (пример)

Если среднее стекло будет с покрытием, то рекомендуется использовать безосколочное стекло (термически упрочненное стекло), которое может выдержать более высокие перепады температуры и таким образом снижает угрозу термического разрушения («термошока»). Далее необходимо соблюдать требования правил "Технических правил по проектированию ленточного остекления" для внешних стеклопакетов с высоким коэффициентом поглощения, т.е. применение закалённого безосколочного стекла в соответствии с немецким перечнем строительных норм и правил. Межкамерное пространство должно предпочтительно составлять 12 мм.

Рекомендуется вычислять возможные климатические нагрузки и вытекающие из этого нагрузки на пограничные соединения, так как слишком высокая нагрузка на пограничные соединения при неблагоприятных размерах стекол может сократить жизненный цикл энергосберегающих стеклопакетов и поэтому этого необходимо избегать.

Заключение

Дальнейшее значительное сокращение потребления энергии зданий возможно при помощи современной техники. Окна, фасады и остекление становятся всё более интеллектуальными конструктивными элементами и делают возможным автоматическое приспособление к внешним климатическим условиям, требованиям пользователей, а также домашней технике. Как кожа и одежда у человека, оболочка здания будущего позволит обеспечить комфортное проживание жильцов с минимальными затратами энергии. Для осуществления вышесказанного важный вклад могут внести современные функциональные стёкла, если они находятся в рациональной связи с оконными и фасадными конструкциями и системами солнцезащиты.

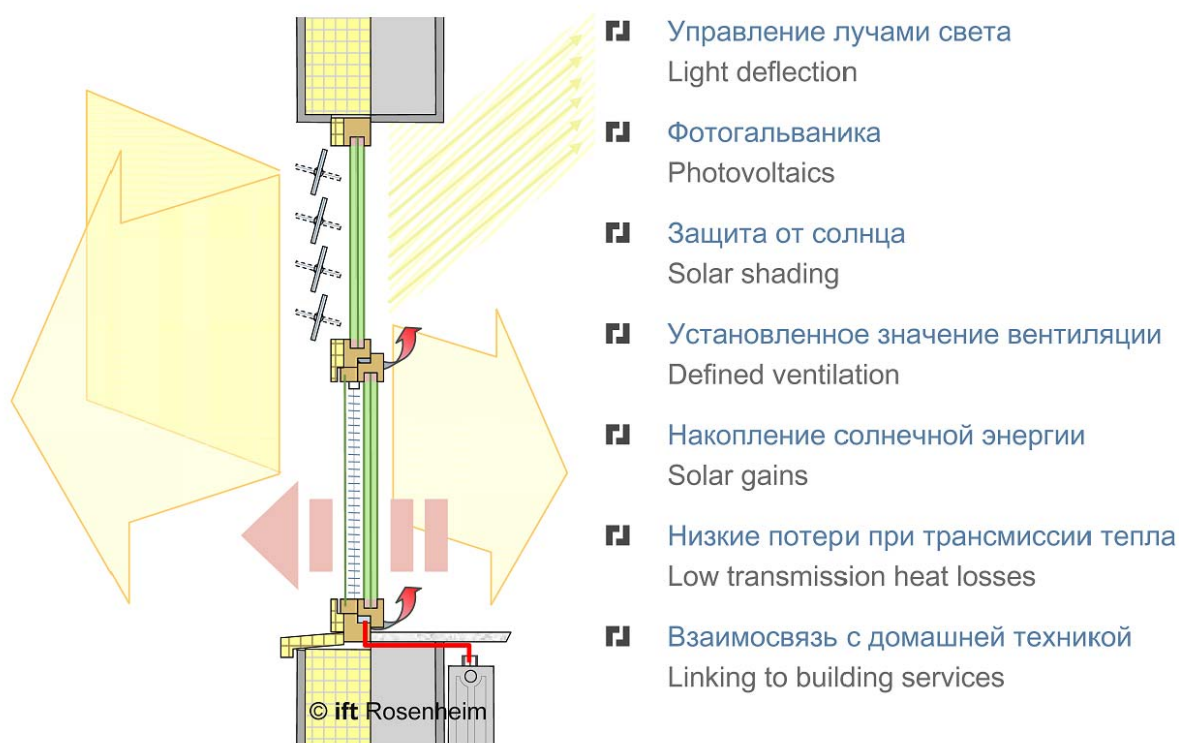


Рис.10 Окно как современный энерго-эффективный конструктивный элемент