

PROFFLEX

МОНТАЖНЫЕ ПЕНЫ

Расчет теплоизоляционных свойств

МОНТАЖНОГО ШВА ОКНА

(также верно для наружной двери)

ООО «ПРОФФЛЕКС»

г. Новомосковск,

2012 г.

Оглавление

Перечень нормативных документов	3
Предпосылки исследования.....	3
Определения.....	4
Расчет теплотерь окон	4
А. Расчет теплотерь для оконной конструкции	5
А.1. Расчет потерь за счет явления теплопроводности.....	5
А2. Расчет теплотерь на оконные конструкции, за счет воздухопроницаемости	7
Б. Расчет теплотерь, приходящихся на монтажный шов	9
Б.1. Расчет теплоизоляционных свойств монтажного шва.....	10
Б2. Расчет теплотерь через монтажный шов за счет воздухопроницаемости	12
Анализ энергоэффективности от замены изношенных окон	14
Расчет энергоэффективности 1 баллона монтажной пены PROFFLEX	15

Перечень нормативных документов

1. ГОСТ 11214-86 «Окна и балконные двери деревянные с двойным остеклением для жилых и общественных зданий». Взамен ГОСТ 11214-78.
2. ГОСТ 23166-99 «Блоки оконные. Общие технические условия»
3. ГОСТ 30674-99 «Блоки оконные из поливинилхлоридных профилей»
4. ГОСТ 26602-85 «Окна. Методы определения сопротивления теплопередаче»
5. ГОСТ 30971-2002 «Швы монтажные узлов примыканий оконных блоков к стеновым проемам»
6. ГОСТ 52749-2007 «Швы монтажные оконные с паропроницаемыми саморасширяющимися лентами»
7. ГОСТ 30494-96 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях»
8. СНиП 2.04.05-91 «Отопление, вентиляция и кондиционирование»
9. СНиП II-3-79 «Строительная теплотехника»
10. СНиП 23-01-99 «Строительная климатология»

Предпосылки исследования

Настоящее исследование проведено с целью установления энергоэффективности использования монтажной пены при установке окон.

70% монтажей окон в России в настоящее время представляет собой замену старых окон, устанавливавшихся в СССР на современные оконные системы. Современное окно как правило представляет собой одно-, двух- или трех- камерный стеклопакет в пластиковом или деревянном переплете, установленный в оконную нишу с монтажным швом, заполненным монтажной пеной.

В СССР в жилых и общественных зданиях повсеместно устанавливались деревянные окна с двойным остеклением в спаренных переплетах. В соответствии с принятыми нормами данные окна не отличались высокой энергоэффективностью. Значительные теплопотери – до 30% теплопотерь зданий происходили через окна. Во время эксплуатации в связи с износом конструкций, данная цифра увеличивается и может достигать 50%. Таким образом, с учетом холодного климата России, обусловленного ее географией и рельефом, большое значение для энергосбережения имеют технологии, применяющиеся в строительстве и в частности современные технологии производства и монтажа оконных конструкций.

Определения

Окно (ГОСТ 23166-99) - элемент стеновой или кровельной конструкции, предназначенный для сообщения внутренних помещений с окружающим пространством, естественного освещения помещений, их вентиляции, защиты от атмосферных, шумовых воздействий и состоящий из оконного проема с откосами, оконного блока, **системы уплотнения монтажных швов**, подоконной доски, деталей слива и облицовок.

Т.е. система уплотнения монтажного шва является частью окна.

Монтажный шов (ГОСТ 30971-2002) - элемент узла примыкания оконного блока к оконному проему, представляющий из себя комбинацию из различных изоляционных материалов, используемых для заполнения монтажного зазора и обладающих заданными характеристиками.

В общепринятой практике в РОССИИ заполнение монтажного шва осуществляется специальным материалом – монтажной пеной. Монтажная пена представляет собой пенополиуретановый материал, обладающий свойствами саморасширения при извлечении из баллона, полимеризующийся от контакта с влагой воздуха. Функции монтажной пены при монтаже окон и дверей следующие:

- Обеспечение физической прочности конструкции;
- Теплоизоляция оконного блока,
- Обеспечение герметичности примыкания оконного блока к стеновому проему (отсутствие воздухопроницаемости).

Расчет теплопотерь окон

Теплопотери через окно происходят двумя основными путями:

1. За счет явления теплопроводности.

Как и любое физическое тело, окно и его отдельные элементы обладает показателями теплопроводности. Теплопроводность – показатель, обратный показателю сопротивления теплопередаче. Чем сопротивление теплопередаче выше (теплопроводность соответственно ниже), тем теплопотери ниже, тем меньше тепла уходит через окно. Теплопроводность окна складывается из теплопроводности его отдельных элементов – стеклопакета, переплета, монтажного шва. Изменяя набор данных элементов и их свойства можно регулировать общую теплопроводность окна. Так например, теплопроводность березы или лиственницы ниже теплопроводности ПВХ, а значит окна изготовленные из данных материалов при прочих равных условиях должны быть теплее, чем окна из ПВХ. И наоборот, окна из дуба будут холоднее окон из ПВХ по тому же показателю теплопроводности.

2. За счет воздухопроницаемости (инfiltrации).

Так как окно состоит из отдельных элементов, то в местах стыков этих элементов возможно явление воздухопроницаемости, при этом через данные стыки теплый воздух из помещения выходит за его пределы и наоборот, холодный воздух проникает с улицы для замещения эквивалентного объема покинувшего помещение теплого воздуха. При этом теплопотери равны количеству энергии, необходимой для нагрева воздуха, поступающего извне. Чем герметичность конструкции выше, тем теплопотери ниже.

В общем виде для целей расчета теплопотери окна будем делить на теплопотери через оконную конструкцию (стеклопакет в переплете) и монтажный шов.

А. Расчет теплопотерь для оконной конструкции

А.1. Расчет потерь за счет явления теплопроводности

В соответствии со СНиП II-3-79 (Приложение 6) сопротивление теплопередаче для окон с двойным остеклением в спаренных переплетах составляет $0,4 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C} / \text{Вт}$. Данное остекление в СССР являлось стандартным для жилых и общественных зданий. В соответствии с ГОСТ 30674-99 приведенное сопротивление теплопередаче однокамерного стеклопакета должно быть не менее $0,35$.

Теплопотери на 1 м^2 подобной оконной конструкции (без учета монтажного шва) за время отопительного периода рассчитываются по формуле:

$$Q = K * A * (t_{в} - t_{н}) * (1 + \Sigma B) * \text{дн} * 24,$$

где

K- коэффициент теплопередачи ограждающей конструкции равный величине, обратной сопротивлению теплопередачи, т.е в нашем примере $K = 1/0,4 = 2,5$

A – площадь ограждения. Для расчета на 1 м^2 равна единице.

t_в - температура внутреннего воздуха, $^\circ\text{C}$. Оптимальными условиями для пребывания человека в жилом помещении в соответствии с ГОСТ 30494-96 является температура $20\text{-}25^\circ\text{C}$. Для целей расчета будем использовать среднюю величину для всех регионов страны, равную 22°C .

t_н - расчетная зимняя температура наружного воздуха, $^\circ\text{C}$, в отопительный период. Данная величина различна для разных регионов страны. Расчет данной температуры для различных регионов страны произведен СНиП 23-01-99. При этом отопительный сезон в России устанавливается на период, когда среднесуточные температуры находятся в диапазоне ниже либо равном плюс 8°C .

B - коэффициент, учитывающий добавочные теплопотери. Например, дополнительные теплопотери зависят от силы ветра, этажности и технического состояния оконной конструкции. Для старых изношенных окон

характерны дополнительные теплотери, которые могут достигать 20%, т.е. для нашего расчет примем данный коэффициент, равным 0,2.

Дн – количество дней отопительного периода. Данная величина различна для разных регионов страны и также определяется в соответствии со СНиП 23-01-99.

В упрощенном виде формула теплотерь для старых изношенных окон примет вид:

$$Q = 2,5 * (22 - t_n) * 1,2 * \text{дн} * 24.$$

Обобщенный расчет данной величины для различных регионов России приведен в **Таблице 1**:

Таблица 1. Расчет теплотерь через оконную конструкцию деревянных окон в спаренном стеклопакете на 1 м2. Износ оконной конструкции – 20%.

Город	Продолжительность отопительного периода. Суток	Средняя температура отопительного периода. °С	Теплотери на 1 кв.м. для деревянных окон в спаренных переплетах, Вт.	Тоже за сезон, Вт
Астрахань	167	-1,20	69,60	278 956,80
Архангельск	253	-4,40	79,20	480 902,40
Владивосток	196	-3,90	77,70	365 500,80
Волгоград	178	-2,20	72,60	310 147,20
Вологда	231	-4,10	78,30	434 095,20
Воронеж	196	-3,10	75,30	354 211,20
Екатеринбург	230	-6,00	84,00	463 680,00
Н.Новгород	215	-4,10	78,30	404 028,00
Иркутск	240	-8,50	91,50	527 040,00
Краснодар	149	2,00	60,00	214 560,00
Москва	212	-3,40	76,20	387 705,60
Мурманск	275	-3,20	75,60	498 960,00
Новосибирск	230	-8,70	92,10	508 392,00
Омск	221	-8,40	91,20	483 724,80
Самара	203	-5,20	81,60	397 555,20
С.Петербург	220	-1,80	71,40	376 992,00
Тюмень	220	-7,50	88,50	467 280,00
Хабаровск	211	-9,30	93,90	475 509,60
Ярославль	221	-4,00	78,00	413 712,00
В СРЕДНЕМ	214	-4,58	79,74	412 786,99

Приведенное сопротивление теплопередаче для стандартного двухкамерного стеклопакета без дополнительных теплоотражающих покрытий составляет 0,51 (по ГОСТ 30674-99). Аналогично можно выполнить расчет для подобного стеклопакета.

$$Q = 1/0,51 * (22 - t_n) * \text{дн} * 24.$$

При этом считается, что стеклопакет новый, и поэтому коэффициент на износ не вводится.

Таблица 2. Расчет теплопотерь через оконную конструкцию с двойным стеклопакетом в на 1 м².

Город	Продолжительность отопительного периода. Суток	Средняя температура отопительного периода. °С	Теплопотери для окна с двухкамерным стеклопакетом, Вт.	Тоже за сезон для пластиковых окон с двухкамерным стеклопакетом, Вт
Астрахань	167	-1,20	45,49	182 324,71
Архангельск	253	-4,40	51,76	314 315,29
Владивосток	196	-3,90	50,78	238 889,41
Волгоград	178	-2,20	47,45	202 710,59
Вологда	231	-4,10	51,18	283 722,35
Воронеж	196	-3,10	49,22	231 510,59
Екатеринбург	230	-6,00	54,90	303 058,82
Н.Новгород	215	-4,10	51,18	264 070,59
Иркутск	240	-8,50	59,80	344 470,59
Краснодар	149	2,00	39,22	140 235,29
Москва	212	-3,40	49,80	253 402,35
Мурманск	275	-3,20	49,41	326 117,65
Новосибирск	230	-8,70	60,20	332 282,35
Омск	221	-8,40	59,61	316 160,00
Самара	203	-5,20	53,33	259 840,00
С.Петербург	220	-1,80	46,67	246 400,00
Тюмень	220	-7,50	57,84	305 411,76
Хабаровск	211	-9,30	61,37	310 790,59
Ярославль	221	-4,00	50,98	270 400,00
В СРЕДНЕМ	214	-4,58	52,12	269 795,42

Т.е. в среднем по России экономия от замены старых окон на окна в пластиковом переплете на отопительный сезон составляет **143 кВт.ч.** энергии на 1 квадратный метр остекления за отопительный сезон. Данная цифра является усредненной, так как посчитана с определенными допусками. Конечно в домах могут устанавливаться и тройные стеклопакеты, и стеклопакеты с дополнительным теплоотражающим покрытием, и стеклопакеты, заполненные аргоном, но это скорее является исключением, чем правилом.

A2. Расчет теплопотерь на оконные конструкции, за счет воздухопроницаемости

Теплопотери от инфильтрации через окно происходят за счет неполной герметичности стыков оконной конструкции. Нормативная величина воздухопроницаемости для деревянных окон в соответствии со СНиП II-3-79 составляет не более 6 кг. В час на 1 кв. м. поверхности. ГОСТ 23166-99 определяет, что воздухопроницаемость современных окон определяется на конкретные виды изделий. При этом воздухопроницаемость для изделия класса «А» устанавливается на уровне 3 м³/ч·м², для класса Б – 9 м³/ч·м²

(Таблица 1 Гост 23166-99). Стандартным для современных окон считается показатель воздухопроницаемости не более 3-4 кг. на квадратный метр поверхности (2,5 – 3,2 м³). Т.е разница между старыми и новыми окнами по воздухопроницаемости составляет около 2,5 кг.

Расход теплоты для нагревания инфильтрующегося наружного воздуха в соответствии со СНиП 2.041.05-91 определяется по формуле:

$$Q = 0,28 * G * c * (t_v - t_n), \text{ где}$$

G – кол-во инфильтрующегося воздуха, кг/ч. В нашем расчете 2,5 кг./ч

c – удельная теплоемкость воздуха = 1,0056 Дж/К.

Т.е. для расчета дополнительного эффекта от снижения воздухопроницаемости при замене изношенных окон следует применить формулу:

$$Q = 0,28 * 2,5 * 1 * (22 - t_n) * \text{дн} * 24.$$

Средние обобщенные данные по России представлены в Таблице 3.

Таблица 3. Экономия энергии от замены окон за счет эффекта воздухопроницаемости оконных конструкций.

Город	Продолжительность отопительного периода. Суток	Температура отопительный периода. °С	Снижение воздухопроницаемости при замене (ремонте) окон, кг/ч*м.кв.	Снижение теплотерь от инфильтрации воздуха за отопительный период, Вт на 1 кв.м. конструкции
Астрахань	167	-1,20	2,50	65 089,92
Архангельск	253	-4,40	2,50	112 210,56
Владивосток	196	-3,90	2,50	85 283,52
Волгоград	178	-2,20	2,50	72 367,68
Вологда	231	-4,10	2,50	101 288,88
Воронеж	196	-3,10	2,50	82 649,28
Екатеринбург	230	-6,00	2,50	108 192,00
Н.Новгород	215	-4,10	2,50	94 273,20
Иркутск	240	-8,50	2,50	122 976,00
Краснодар	149	2,00	2,50	50 064,00
Москва	212	-3,40	2,50	90 464,64
Мурманск	275	-3,20	2,50	116 424,00
Новосибирск	230	-8,70	2,50	118 624,80
Омск	221	-8,40	2,50	112 869,12
Самара	203	-5,20	2,50	92 762,88
С.Петербург	220	-1,80	2,50	87 964,80
Тюмень	220	-7,50	2,50	109 032,00
Хабаровск	211	-9,30	2,50	110 952,24
Ярославль	221	-4,00	2,50	96 532,80
В СРЕДНЕМ	214	-4,58	2,50	96 316,96

Таким образом совокупную среднюю экономию энергии на 1 кв. метр оконной конструкции от замены старых деревянных окон в спаренных

переплетах на новые пластиковые в среднем по России можно оценить в **239 кВт.ч.** на 1 квадратный метр поверхности (=143+96).

Б. Расчет теплотерь, приходящихся на монтажный шов

Монтажный шов является важнейшим элементов окна. Качественный монтажный шов, подготовленный с применением качественной монтажной пены, обладает превосходными теплоизоляционными свойствами, во много раз превышающими теплоизоляционные свойства оконной конструкции. Кроме того у шва, заполненного качественной монтажной пеной, практически полностью отсутствуют микротрещины и его воздухопроницаемость стремится к нулю. Стандартный показатель по количеству закрытых ячеек для профессиональной (пистолетной) пены, применяемой в России составляет 70%. Такой процент закрытых ячеек обеспечивает практически полную герметичность слоя монтажной пены и отсутствие воздухопроницаемости. Монтажные пены с меньшим показателем закрытых ячеек применять в России категорически не рекомендуется, так как это может привести к существенному снижению теплоизоляционных свойств шва за счет явления воздухопроницаемости.

Для монтажных швов показатели сопротивления теплопередаче и воздухопроницаемости установлены ГОСТ 30971-02. Показатели качественного шва, изготовленного из монтажной пены, соответствуют показателям ГОСТ шва класса 1 или даже превышают этот показатель.

В Советском Союзе на существовало норм по утеплению монтажных швов, поэтому использовались любые подручные материалы, включая паклю, опилки, стружку, вату, бумагу, ветошь и проч. Теплоизоляционные свойства подобного шва минимальны, кроме того фактический срок службы большинства старых деревянных окон в России превышает 20 лет. За это время любой теплоизоляционный материал теряет свои свойства. Теплоизоляционные свойства утеплителя, применяемого в таком шве, практически отсутствуют

Для расчета теплоизоляционных свойств монтажного шва необходимо вычислить его площадь. Площадь шва зависит от его ширины (ширины зазора между оконной конструкцией и примыкающими поверхностями) и площади оконной конструкции.

В соответствии с ГОСТ 30971-2002 и ГОСТ 52749-2007 с учетом возможных отклонений на неровность конструкции, средняя ширина монтажного шва не должна превышать 60 мм. В расчетах будет использоваться эта цифра, хотя в России не редки случаи, когда ширина монтажного шва превышает 100 мм. – в этих случаях производитель монтажной пены как правило не дает гарантии на такой шов.

Стандартные размеры окон в России установлены ГОСТ 23166-99. Для расчета предлагается взять оконную конструкцию среднего размера 1,46*1,47 м. Площадь данной оконной конструкции составляет 2,15 м².

Совокупная длина монтажных швов для данного окна с учетом угловых вылетов составит:

$$1,46*2+1,47*2+0,06*4 = 6,1 \text{ метров.}$$

$$\text{Площадь такого шва составит } 6,1*0,06 = 0,366 \text{ м}^2.$$

Таким образом, можно вывести коэффициент пересчета площади монтажного шва на площадь окна. Он составит **0,17** (0,36/2,15).

Т.е. для целей расчета можно усреднено считать, что на 1 квадратный метр оконной конструкции приходится **0,17** квадратных метров монтажного шва.

Б.1. Расчет теплоизоляционных свойств монтажного шва

Для расчета теплопотерь монтажного шва за счет явления теплопроводности применяется та же формула, что и для оконной конструкции. Все расчеты выполняются в приведенной форме на 1 квадратный метр окна.

$$Q = K * A * (t_v - t_n) * (1 + \Sigma B) * дн * 24,$$

Или

$$Q = K * 0,17 * (22 - t_n) * (1 + B) * дн * 24,$$

Отдельно значения теплопередачи монтажного шва в СССР не нормировались, поэтому следует использовать данные значения сопротивления теплопередачи, установленные в целом для деревянных окон в спаренных стеклопакетах (так как монтажный шов представляет собой часть окна), что составляет **0,4** (СНиП II-3-79). С учетом высокой степени износа утеплителя необходимо использовать поправочный коэффициент **B**, равный **70%**, т.е. фактическое сопротивление теплопередаче подобного шва с учетом износа составит **4,25** ($=1/0,4*1,7$).

Данная величина также является средневзвешенным значением между цементной штукатуркой и древесиной, если принять во внимание, что монтажный шов заполнен только этими материалами в пропорции 20/80.

Формула теплопотерь через монтажный шов для старого окна в деревянном стеклопакете со спаренным переплетом примет вид:

$$Q = 4,25 * 0,17 * (22 - t_n) * дн * 24$$

Таблица 4 содержит приведенные данные по теплопотерям монтажного шва для изношенных деревянных окон в целом для России. Данные приведены на 1 кв.м. площади окна.

Табл. 4.

Город	Продолжительность отопительного периода. Суток	Средняя температура отопительного периода. °С	Площадь монтажного шва на 1 м ² площади окна	Теплопотери монтажного шва для деревянных окон в спаренных переплетах в расчете на 1 кв.м. окна, Вт.	Теплопотери монтажного шва для деревянных окон в спаренных переплетах в расчете на 1 кв.м. окна за сезон, Вт.
Астрахань	167	-1,2	0,17	17	67 182
Архангельск	253	-4,4	0,17	19	115 817
Владивосток	196	-3,9	0,17	19	88 025
Волгоград	178	-2,2	0,17	17	74 694
Вологда	231	-4,1	0,17	19	104 545
Воронеж	196	-3,1	0,17	18	85 306
Екатеринбург	230	-6,0	0,17	20	111 670
Н.Новгород	215	-4,1	0,17	19	97 303
Иркутск	240	-8,5	0,17	22	126 929
Краснодар	149	2,0	0,17	14	51 673
Москва	212	-3,4	0,17	18	93 372
Мурманск	275	-3,2	0,17	18	120 166
Новосибирск	230	-8,7	0,17	22	122 438
Омск	221	-8,4	0,17	22	116 497
Самара	203	-5,2	0,17	20	95 745
С.Петербург	220	-1,8	0,17	17	90 792
Тюмень	220	-7,5	0,17	21	112 537
Хабаровск	211	-9,3	0,17	23	114 519
Ярославль	221	-4,0	0,17	19	99 636
В СРЕДНЕМ	214	-4,58	0,17	19,20	99 412,87

Для расчета теплопотерь монтажного шва из монтажной пены следует использовать коэффициент теплопроводности монтажной пены. В среднем для pistolетных монтажных пен данный показатель в соответствии с паспортами качества равен 0,03-0,033 Вт/м*К. Данная величина рассчитывается на толщину слоя пены в 1м. Толщина монтажного шва равна толщине оконного профиля. Стандартным является профиль, толщиной **70 мм**. Таким образом, коэффициент теплопередачи монтажного шва из монтажной пены толщиной 70 мм равен **0,43 Вт/(м²*К)**.

Формула теплопотерь будет иметь вид:

$$Q_{61} = 0,43 * 0,17 * (22 - t_n) * \text{дн} * 24$$

Таблица 5 содержит приведенные данные по теплопотерям монтажного шва, изготовленного с применением pistolетной монтажной. Данные приведены на 1 кв.м. площади окна.

Таблица 5.

Город	Продолжительность отопительного периода. Суток	Средняя температура отопительного периода. °С	Площадь монтажного шва на 1 м ² площади окна	Теплопотери монтажного шва для новых окон с двойным стеклопакетом на 1 кв.м. окна, Вт.	То же за сезон, Вт.
Астрахань	167	-1,2	0,17	1,69	6 775
Архангельск	253	-4,4	0,17	1,92	11 679
Владивосток	196	-3,9	0,17	1,89	8 876
Волгоград	178	-2,2	0,17	1,76	7 532
Вологда	231	-4,1	0,17	1,90	10 542
Воронеж	196	-3,1	0,17	1,83	8 602
Екатеринбург	230	-6,0	0,17	2,04	11 261
Н.Новгород	215	-4,1	0,17	1,90	9 812
Иркутск	240	-8,5	0,17	2,22	12 800
Краснодар	149	2,0	0,17	1,46	5 211
Москва	212	-3,4	0,17	1,85	9 416
Мурманск	275	-3,2	0,17	1,84	12 118
Новосибирск	230	-8,7	0,17	2,24	12 347
Омск	221	-8,4	0,17	2,21	11 748
Самара	203	-5,2	0,17	1,98	9 655
С.Петербург	220	-1,8	0,17	1,73	9 156
Тюмень	220	-7,5	0,17	2,15	11 348
Хабаровск	211	-9,3	0,17	2,28	11 548
Ярославль	221	-4,0	0,17	1,89	10 047
В СРЕДНЕМ	214	-4,58	0,17	1,94	10 024,83

Таким образом в среднем по России экономия энергии от замены старых окон на окна с качественным монтажным швом составляет **89,4 кВт.ч.** энергии на 1 квадратный метр остекления за отопительный сезон.

Б2. Расчет теплопотерь через монтажный шов за счет воздухопроницаемости

Для расчета теплопотерь монтажного шва за счет инфильтрации применяется та же формула, что и для расчета теплопотерь за счет воздухопроницаемости оконной конструкции.

$$Q = 0,28 * G * c * (t_{в} - t_{н}), \text{ где}$$

G – кол-во инфильтрующегося воздуха, кг/ч.

c – удельная теплоемкость воздуха = 1,0056 Дж/К.

В соответствии с ГОСТ 30971-02 воздухопроницаемость монтажного шва класса 1 составляет менее **0,1 м³/ч*м**, что эквивалентно **0,123 кг/ч*м**. Данный показатель устанавливается на длину шва в 1 м. В целом данная величина соответствует высоким свойствам монтажной пены, препятствующим воздухопроницанию (см. выше). По ГОСТ 52749-2007

монтажный шов должен быть воздухонепроницаемым. Для консервативности расчетов будем использовать величину **0,123 кг/ч*м.**

Воздухопроницаемость монтажного шва третьего класса по ГОСТ равна $1 \text{ м}^3/\text{ч*м}$ или **1,23 кг/ч*м.** Для анализа правильности этой величины можно определить размер трещины, через который способен проникнуть такой объем воздуха.

В соответствии со СНиП 2.04.05-91, количество воздуха в кг/ч, инфильтрующегося через щели ограждающих конструкций рассчитывается по формуле:

$$G = 3456 \sum A * \Delta p_i^{0,5},$$

Где A – площадь щелей, неплотностей и проемов в ограждающей конструкции.

Δp_i - расчетная разность между давлениями на наружной и внутренней поверхностях ограждающих конструкций, соответственно на расчетном этаже при $\Delta p_1 = 10$ Па. Для упрощения вычислений будем использовать данные для первого этажа, т.е. $\Delta p_1 = 10$ Па, т.е. формула примет вид:

$$G = 3456 * A * 10^{0,5}.$$

При G , равном 1,23, площадь трещин (A) равна $0,00011 \text{ м}^2$, что составляет 0,18% от площади монтажного шва, длиной 1 м. Данная площадь эквивалентна площади трещины длиной 1 м и шириной 0,11 мм, т.е. такую трещину невозможно увидеть невооруженным глазом. Для проникновения заданного объема холодного воздуха (1 м^3) в помещение, воздух должен проходить через такую щель со скоростью 2,5 м/с или 9 км/ч.

В действительности площадь трещин старого изношенного шва может в разы превышать рассчитанную величину, и соответственно объем инфильтрации воздуха через такой монтажный шов будет значительно превышать $1 \text{ м}^3/\text{ч*м}$. Данный расчет выполнен в консервативной манере, поэтому в нем будет использована цифра по воздухопроницаемости старого монтажного шва в $1 \text{ м}^3/\text{ч*м}$ или **1,23 кг/ч*м.**

Таким образом, снижение воздухопроницаемости за счет ремонта монтажного шва с использованием монтажной пены составит **1,107 кг.** на монтажный шов длиной 1 м. Так как площадь монтажного шва длиной 1 м. составляет $0,06 \text{ м}^2$, то снижение воздухопроницаемости для шва общей площадью $0,17 \text{ м}^2$ составит **3,14 кг/ч, что в наших расчетах эквивалентно площади остекления в 1 м^2 .**

Обобщенные данные по экономии энергии от явления инфильтрации за счет использования монтажной пены в монтажном шве за отопительный период содержатся в Таблице 6.

Таблица 6.

Город	Продолжительность отопительного периода. Суток	Средняя температура отопительного периода. °С	Снижение воздухопроницаемости шва оконной конструкции за счет использования монтажной пены, кг/ч*м2. В расчете на м2 окна	Снижение теплопотерь от инфильтрации воздуха через монтажный шов за отопительный период, Вт на 1 кв.м. конструкции
Астрахань	167	-1,2	3,14	81 753
Архангельск	253	-4,4	3,14	140 936
Владивосток	196	-3,9	3,14	107 116
Волгоград	178	-2,2	3,14	90 894
Вологда	231	-4,1	3,14	127 219
Воронеж	196	-3,1	3,14	103 807
Екатеринбург	230	-6,0	3,14	135 889
Н.Новгород	215	-4,1	3,14	118 407
Иркутск	240	-8,5	3,14	154 458
Краснодар	149	2,0	3,14	62 880
Москва	212	-3,4	3,14	113 624
Мурманск	275	-3,2	3,14	146 229
Новосибирск	230	-8,7	3,14	148 993
Омск	221	-8,4	3,14	141 764
Самара	203	-5,2	3,14	116 510
С.Петербург	220	-1,8	3,14	110 484
Тюмень	220	-7,5	3,14	136 944
Хабаровск	211	-9,3	3,14	139 356
Ярославль	221	-4,0	3,140	121 245
В СРЕДНЕМ	214	-4,58	3,14	120 974

Таким образом совокупную среднюю экономию энергии за счет использования в монтажном шве монтажной пены в расчете на 1 кв. метр оконной конструкции в среднем по России можно оценить в **210 кВт.ч.** (=89+121).

Анализ энергоэффективности от замены изношенных окон

Совокупная экономия энергии от замены старых деревянных окон в спаренных стеклопакетах на новые окна в пластиковом или деревянном переплете с двойным стеклопакетом составляет **449 кВт*ч** энергии в год за отопительный сезон. Данная цифра представляет собой среднюю величину, рассчитанную усреднено по всей территории России с учетом различных климатических зон, рассчитанную на **1 м²** остекления.

При этом **53%** в размере данной экономии приходится на оконную конструкцию, а **47%** - на монтажный шов, заполненный монтажной пеной. Увеличивая толщину стеклопакета, используя дополнительные покрытия на стекла, можно и далее увеличивать данный показатель экономии за счет

роста удельного веса экономии, приходящейся на оконную конструкцию. Экономия от ремонта монтажного шва останется той же.

Расчет энергоэффективности 1 баллона монтажной пены PROFFLEX

Расчет произведен для баллона пены PROFFLEX 65 PLUS (вес брутто баллона 1,02 кг.).

Площадь монтажного шва, который можно запенить одним баллоном, найдем, решив уравнение:

$$0,065 \text{ м}^3 = S * 0,07, \text{ где } 0,07 \text{ – толщина шва в м.}$$

$S = 0,93 \text{ м}^2$, что эквивалентно длине монтажного шва 15,5 метров ($0,93/0,06$) или площади оконного остекления в **5,5 м²** ($0,93/0,17$).

Таким образом энергоэффективность одного баллона PROFFLEX 65 PLUS в среднем по России на отопительный сезон равна:

1155 кВт*ч ($=5,5*210$) или

1,15 МВт*ч или

1 Гкал. ($=1,15*0,86$)

Данная цифра учитывает только энергоэффективность монтажного шва.