

# 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  $1 \text{ м}^2$  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  $1 \text{ м}^2$  равна единице.

**t<sub>в</sub>** - 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  $22^\circ\text{C}$ .

**t<sub>н</sub>** - 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  $8^\circ\text{C}$ .

**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
<b>Москва</b>	<b>212</b>	<b>-3,40</b>	<b>76,20</b>	<b>387 705,60</b>
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
<b>В СРЕДНЕМ</b>	<b>214</b>	<b>-4,58</b>	<b>79,74</b>	<b>412 786,99</b>

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 м<sup>2</sup>.

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
<b>Москва</b>	<b>212</b>	<b>-3,40</b>	<b>49,80</b>	<b>253 402,35</b>
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
<b>В СРЕДНЕМ</b>	<b>214</b>	<b>-4,58</b>	<b>52,12</b>	<b>269 795,42</b>

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  $3 \text{ м}^3/\text{ч}\cdot\text{м}^2$ , для класса Б –  $9 \text{ м}^3/\text{ч}\cdot\text{м}^2$

(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 м<sup>3</sup>). 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
<b>Москва</b>	<b>212</b>	<b>-3,40</b>	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
<b>В СРЕДНЕМ</b>	<b>214</b>	<b>-4,58</b>	<b>2,50</b>	<b>96 316,96</b>

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 м<sup>2</sup>.

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 <sup>2</sup> 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
<b>Москва</b>	<b>212</b>	<b>-3,4</b>	<b>0,17</b>	<b>18</b>	<b>93 372</b>
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
<b>В СРЕДНЕМ</b>	<b>214</b>	<b>-4,58</b>	<b>0,17</b>	<b>19,20</b>	<b>99 412,87</b>

Для расчета теплопотерь монтажного шва из монтажной пены следует использовать коэффициент теплопроводности монтажной пены. В среднем для пистолетных 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/(м<sup>2</sup>\*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 пистолетной 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 <sup>2</sup> 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
<b>Москва</b>	<b>212</b>	<b>-3,4</b>	<b>0,17</b>	<b>1,85</b>	<b>9 416</b>
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
<b>В СРЕДНЕМ</b>	<b>214</b>	<b>-4,58</b>	<b>0,17</b>	<b>1,94</b>	<b>10 024,83</b>

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 м<sup>3</sup>/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.

$\Delta p_i$  - 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 ( $1 \text{ м}^3$ ) 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  $1 \text{ м}^2$ .**

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
<b>Москва</b>	<b>212</b>	<b>-3,4</b>	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
<b>В СРЕДНЕМ</b>	<b>214</b>	<b>-4,58</b>	<b>3,14</b>	<b>120 974</b>

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 м<sup>2</sup>** 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 м<sup>2</sup>** ( $0,93/0,17$ ).

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.