

Studie

Научное исследование

Расчет потенциала защищенности теплоизоляции деревянных конструкций

- кровли, стены, потолки - от разрушения.

(для строительных конструкций, используемых в России).

Пароизоляционные системы «pro clima INTELLO®» для различных уровней влажности.

Компьютерное моделирование и расчет совместного переноса тепла и влажности от конструкций кровель и стен с учетом природных климатических условий и распространения влаги в строительных материалах, используемых внутри зданий.



1. Уровень защищенности теплоизоляции от разрушения в деревянных строительных конструкциях зависит от наличия резервов для высыхания	4
1.1 Постановка вопроса и введение	4
1.2 Конденсация – точка росы – количество воды конденсации	4
1.3 Нагрузка конструкции по влажности	5
1.3.1 Нагрузка по влажности, возникающая вследствие диффузии	5
1.3.2 Нагрузка по влажности, возникающая вследствие конвекции	5
1.3.3 Влажность, обусловленная конструкционными особенностями – боковая диффузия	6
1.3.4 Высокое содержание влаги в строительных материалах	6
1.3.5 Основные выводы, касающиеся нагрузки по влажности	6
2. “Интеллектуальные” пароизоляционные системы	8
2.1 Высыхание конструкции вовнутрь	8
2.2 Воздействие сопротивления диффузии при переменной влажности	8
2.2.1 Высокое сопротивление диффузии в зимнее время	9
2.2.2 Низкое сопротивление диффузии в летнее время	9
2.2.3 Уравновешенный диффузионный профиль	9
2.2.3.1 Новостройка: «правило 60 / 2»	9
2.2.3.2 Этап строительства: «правило 70 / 1,5»	9
2.2.4 Максимальный потенциал надежности	9
3. Определение потенциала защищенности конструкции кровли от разрушения	10
3.1 Различные способы расчета потоков влажности	10
3.1.1 Расчеты в соответствии с «Glaser - DIN 4108-3»	10
3.1.2 Расчет совместного переноса тепла и влажности в нормальных климатических условиях	10
3.2 Расчет потенциала защищенности конструкций домов от разрушения	11
3.2.1 Определение потенциала защищенности от разрушения	11
3.2.2 Конструкции кровель	11
3.2.3 Факторы, оказывающие влияние на величину потенциала защищенности строительных конструкций от разрушения	11
3.2.4 Характеристики климата в России	12
3.2.4.1 Континентальный климат	12
3.2.4.2 Граница между зонами полярного и умеренного климата	12
3.2.4.3 Зона полярного климата	12
3.2.4.4 Зона умеренного климата	12
3.2.4.5 Прибрежные зоны	12
3.3 Расчет потенциала защищенности строительных конструкций от разрушения	13
3.3.1 Наклонные кровли, Санкт-Петербург и Архангельск	13
3.3.2 Наклонные кровли, Москва, Екатеринбург, Новосибирск и Бомнак	15
3.3.3 Наклонные кровли, Ростов и Туапсе	16
3.3.4 Наклонные кровли, Оймякон и Якутск	16
3.3.5 Наклонные кровли, горные районы	17
3.3.6 Наклонные кровли, российская тундра и восточное побережье России	17
3.3.7 Выводы, касающиеся наклонных кровель	17
3.3.8 Боковая диффузия	18
3.3.9 Результаты расчетов при использовании 2-х мерного моделирования	18
3.3.10 Стеновые конструкции	19
4. Рекомендации, касающиеся параметров конструкций	20
4.1 Конструкции	20
4.2 Внутренняя облицовка	20
4.3 Пространства постоянной влажности	20
4.4 Потоки и объемы влажности в жилых помещениях	20
4.5 Влажность в новостройках, определяемая жилищными условиями– «правило 60 / 2»	20
4.6 Повышенная влажность на этапе строительства - «правило 70 / 1,5»	20
4.7 Нижняя кровля	21
4.8 Конструкции с наклонными кровлями	21
4.9 Плоские кровли	21
4.10 Стены	21
5. Установка и эксплуатация систем INTELLO®, INTELLO®PLUS и DB+	22
5.1 Для плоских и матообразных изоляционных материалов	22
5.2 Направление укладки	22
5.3 Компоненты системы pro clima, рекомендуемые для склейки соединения	22
5.4 Волокнистые заполняемые изоляционные материалы	22
5.5 Использование пенопластовых изоляционных материалов	22
5.6 Устойчивость к деформации	22
5.7 Механическая прочность	22
5.8 Когда следует выполнять установку пароизоляционной системы	22
5.9 Полупрозрачная структура	23
5.10 Рециркуляция и экология	23
6. Выводы	23
Список литературы	24

1. Уровень защищенности от разрушения теплоизоляции в деревянных строительных конструкциях зависит от наличия резервов для высыхания

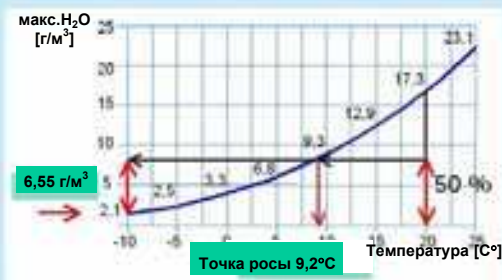
Физические характеристики воздуха

При охлаждении воздуха влажность воздуха увеличивается.

При прохождении точки росы происходит образование конденсата.

При более высокой влажности воздуха увеличивается значение точки росы → конденсация воды происходит раньше.

1. Физические характеристики воздуха при относительной влажности, равной 50%



В нормальных климатических условиях (20°С / относительная влажность воздуха 50%) точка росы достигается при температуре 9,2°С.

При температуре -10°С конденсация содержащейся в воздухе влаги составляет 6,55 г/м³.

2. Физические характеристики воздуха при относительной влажности, равной 65%



При более высокой относительной влажности воздуха, равной 65% точка росы достигается уже при температуре 13,2°С. При температуре -10°С конденсация содержащейся в воздухе влаги составляет 9,15 г/м³.

1.1 Постановка вопроса и введение

В настоящем исследовании приводится расчет потенциала защищенности строительной конструкции от разрушения, дается объяснение возникновению разрушений в теплоизоляционных конструкциях, а также объясняются методы защиты конструкций от разрушения.

Разрушение строительной конструкции возникает тогда, когда нагрузка по влажности на эту конструкцию превышает высушивающую способность конструкции. С целью предотвращения разрушения конструкции обычно стремятся к уменьшению нагрузки по влажности. Однако полностью защитить строительные конструкции от воздействия влажности невозможно. Принимаемая в расчет влажностная нагрузка, вызванная диффузией, никогда не является основной причиной разрушений, как правило, разрушения вызывают внешние, не принимаемые в расчет, нагрузки по влажности, которые, вследствие характера выполняемых строительных работ, полностью исключить невозможно.

Во избежание повреждения конструкций и образования плесени необходимо, наряду с нагрузкой по влажности, прежде всего сконцентрировать внимание на способности конструкции к высушиванию. Конструкции с высокой способностью к высушиванию при одновременном уменьшении нагрузки по влажности, которое обеспечивается с помощью пароизоляции с переменным коэффициентом s_d , обладают высокой устойчивостью к воздействию неучитываемой нагрузки по влажности.

1.2 Конденсация – точка росы – количество талой воды

Теплоизоляция деревянных конструкций отделяет теплый внутренний воздух высокой влажности от холодного наружного воздуха низкой абсолютной влажности. При проникновении теплого внутреннего воздуха в элемент конструкции, в холодное зимнее время он охлаждается. Может происходить конденсация влаги. Основными причинами конденсации влаги являются физические характеристики воздуха: теплый воздух может удерживать большее количество воды, чем холодный. При более высокой относительной влажности воздуха (например, в новостройках она составляет 65%) увеличивается температура точки росы, что непосредственно приводит к увеличению количества воды конденсата.

(см. рисунки 1 и 2).

Образование конденсата происходит тогда, когда температура непроницаемого для диффузии сечения конструкции опускается ниже точки росы. Это означает следующее: с точки зрения физических характеристик, нежелательными являются скорее

такие покрытия строительных конструкций, которые представляют собой диффузионные уплотнения теплоизоляции с наружной стороны, нежели покрытия, расположенные с внутренней стороны. Значительные проблемы возникают в том случае, когда теплый воздух проникает в конвекционные потоки вследствие наличие разгерметизации в системе воздушного уплотнения конструкции.

Открытыми для диффузии считаются такие конструкции, эквивалентная диффузионная толщина которых (показатель s_d) ниже 0,20 м. Показатель s_d определяется, как произведение коэффициента сопротивления диффузии пара (показатель μ), который является постоянным для данного материала, и толщины элемента конструкции в метрах:

$$s_d = \mu \times s \text{ [m]}$$

Снижения значения показателя s_d можно добиться путем уменьшения значения коэффициента μ при достаточно большом значении толщины элемента конструкции (например, изоляционная древесноволокнистая плита) или путем увеличения коэффициента μ при достаточно незначительной толщине слоя конструкции (например, пароизоляционные пленки). Воздействие водяных паров прежде всего связано с коэффициентом μ , а затем – с толщиной слоя строительного материала. Это означает, что при большом значении коэффициента μ конденсация воды происходит быстрее, чем при меньшем значении μ . В непосредственной близости к пароизоляционной пленке, вследствие отсутствия перепада значений температуры и влажности, величина давления паров довольно невелика. Это объясняет, почему даже и при наличии открытых для диффузии пленок могут возникать повреждения, когда в конструкции здания имеет место мощный поток влажности. Нижняя часть кровельного покрытия и нижняя часть монолитной беспористой мембраны, например, SOLITEX UD и SOLITEX PLUS имеют в данном случае значительные преимущества, поскольку не имеют места пассивная диффузия через поры, а наблюдается активная диффузия вдоль молекулярных цепочек.

Как только произошла конденсация водяных паров, в холодном зимнем климате немедленно образуется иней или лед на нижнем покрытии или на нижнем слое кровельного покрытия. Вода и лед, являясь непроницаемыми для водяных паров, могут превратить нижнее натянутое покрытие в пароизоляционное наружное покрытие.

Те конструкции, у которых имеется наружный слой, тормозящий диффузию, или противодиффузный слой, являются более уязвимыми с точки зрения физических характеристик, нежели те конструкции, которые имеют диффузионный слой, открытый с внешней стороны.

К конструкциям, устойчивым к воздействию диффузии, относятся, например, наклонные кровли с противодиффузным покрытием, например, с битумными покрытиями, кровли с жестяным покрытием, плоские кровли и кровли с озеленением. На противодиффузных слоях скапливается влага из конструкции и происходит выпадение конденсата.

1.3 Нагрузка конструкции по влажности

Нагрузка по влажности внутри теплоизоляционной конструкции деревянного здания, например, на кровлю, может вызываться различными причинами. Например, это может происходить вследствие проникновения воды через неплотную облицовку кровли. В результате этого возникает весьма высокая влажность, и вода проникает в жилые помещения. Незначительные протечки могут привести к медленному увлажнению конструкции. Этот процесс зачастую сопровождается образованием плесени, разрушающей материалы строительной конструкции. Нагрузка конструкции по влажности может также возникать изнутри:

Предусмотренная нагрузка по влажности:

- диффузионные процессы

Непредусмотренная нагрузка по влажности:

- конвекция, т. е. перенос воздуха (наличие негерметичностей в воздухопроницаемых поверхностях)
- перенос влажности, обусловленный конструктивными особенностями (например, боковая диффузия через смежную кирпичную кладку).
- высокое исходное влагосодержание в строительных материалах

1.3.1 Нагрузка по влажности, возникающая вследствие диффузии

Чем меньше степень проникновения влажности в строительную конструкцию, тем меньше опасность повреждения здания – таким было мнение, широко распространенное ранее. Это означает, что применение сверхплотных пароизоляционных систем могло бы предотвратить повреждение строительной конструкции. Чтобы изменить существующее положение дел, в течение уже более 10 лет проводится

маркетинг системы «pro clima DB+» с коэффициентом s_d , равным 2,30 м, характеристики которой подтверждены соответствующими расчетами, выполненными на строительных конструкциях.

Кроме того, исследования, проведенные в Северной Америке на наружных стенах в 1999 году [1], показывают, что в результате диффузии влажности через пароизоляционную конструкцию вследствие конвекции количество конденсата при профессиональной укладке покрытия составляет примерно 250 гр/м^2 . Это соответствует объему конденсата, который диффундирует через пароизоляционную конструкцию, коэффициент s_d которой равен 3,3 и, в течение зимы [2].

Выводы:

Даже в конструкциях с пароизоляционными системами, расчетное значение показателя s_d которых составляет 50 м, 100 м или более, переносится довольно значительное количество влаги. Однако пароизоляционные системы не допускают какого бы то ни было повторного высушивания. Вследствие этого происходит выпадение конденсата.

1.3.2 Нагрузка по влажности, возникающая вследствие конвекции

Посредством конвекции, иными словами воздушного потока, в конструкции переносится значительно большее количество влаги, нежели посредством диффузии. Количество влаги, переносимое в результате конвекции может в 1000 раз превышать аналогичное значение для диффузии.

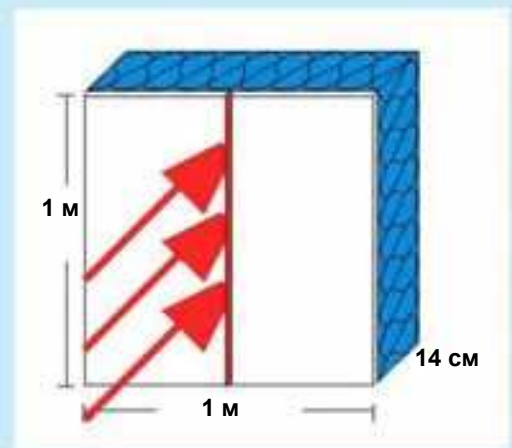
(см. рисунок 3)

Конструкции с наружными антидиффузионными элементами быстро разрушаются под действием влажности, передаваемой посредством конвекции.

Перенос влажности посредством конвекции, вследствие своей высокой влажностной нагрузки, может также представлять опасность для строительных конструкций, открытых к диффузионному воздействию с наружной стороны, когда конденсация воды уже произошла. Водяная пленка может обладать действием пароизоляции/ парогерметизации аналогично слою льда.

Проникновение влажности в конструкцию через негерметичные участки в пароизоляционной системе

3. 1 мм стыка = 800 гр / 24 часа на каждый метр длины стыка



Перенос влажности через пароизоляционную систему:
 $0,5 \text{ гр/м}^2 \times 24 \text{ часа}$
 через 1 мм стыка: $800 \text{ гр/м}^2 \times 24 \text{ часа}$
 Коэффициент увеличения: 1.600

Граничные условия:

Пароизоляционная система,	
коэффициент s_d	= 30 м
Внутренняя температура	= $+20^\circ\text{C}$
Наружная температура	= -10°C
Перепад давления	= 20 Па
	соответствующая сила ветра 2-3 балла

Измерения: Институт физики строительных конструкций, Штуттгарт [3]

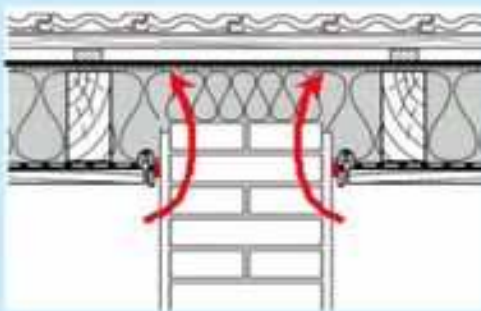
Боковая диффузия

4. Повреждение строительной конструкции: воздействие влажности, несмотря на использование воздухонепроницаемого соединения и системы пароизоляции



Воздухонепроницаемая конструкция из полиэтиленовой пленки и воздухонепроницаемого слоя штукатурки, снаружи – битумное покрытие

5. Причина воздействия влажности: перенос влаги через боковую поверхность, в данном примере – кирпичную кладку



Перенос влаги посредством боковой диффузии через смежную кирпичную кладку

1.3.3 Влажность, обусловленная конструктивными особенностями – боковая диффузия

На практике встречаются такие повреждения строительных конструкций, возникновение которых не может быть объяснено исключительно диффузией и конвекцией. Руэ [4] и Клопфер [5], [6], в 1995 и 1997 годах соответственно, указали на пример повреждения строительной конструкции в результате проблем с боковой диффузией.

Конструкция:

Кровля, наружная деревянная обрешетка и битумное покрытие кровли, внутренняя искусственная пленка из полиэтилена (PE), в промежутках минеральная вата. Несмотря на полную воздухонепроницаемость, летом вода капает из соединений на нижнюю оголенную часть конструкции. Сначала было сделано предположение о том, что причиной может быть повышенная влажность исходной конструкции. Однако поскольку от года к году интенсивность капания увеличивалась, эта причина была отклонена. По прошествии 5 лет кровля была открыта. Деревянная обрешетка уже большей частью сгнила. Было проведено обсуждение влияния влажности посредством боковой диффузии. Под этим явлением понимают проникновение влаги в кровлю через боковую сторону воздухонепроницаемого соединения, а именно, через пористую кирпичную кладку. Поток влажного воздуха обходит эту своеобразную пароизоляцию. (см. рисунки 4 и 5). Поначалу этот вопрос всесторонне обсуждался до тех пор, пока Кюнцель [7] в 1997 году не обосновал боковую диффузию посредством соответствующих расчетов двумерной системы переноса тепла и влажности с помощью WUFI 2D 2.1 [8]. Согласно этим расчетам, влажность деревянной конструкции над кирпичной кладкой уже по прошествии одного года увеличилась примерно на 20%, в результате чего была превышена граница, при которой начинает образовываться плесень, по прошествии 3 лет это значение увеличилось на 40%, а по прошествии 5 лет – на 50%.

1.3.4 Высокое содержание влаги в строительных материалах

Если при строительстве используются материалы с повышенным содержанием влаги, конструкция должна быть сооружена таким образом, чтобы эту влагу можно было бы высушить. Но даже в том случае, когда удается использовать сухие строительные материалы, увеличение

влагосодержания материалов может произойти в результате действия дождей.

Конкретные расчеты дают следующие результаты:

Кровля со стропилами 8/18 и межстропильным расстоянием $e = 0,70$ м, на каждый m^2 поверхности кровли приходится 1,5 погонных метров стропил. При 10% влажности в этой части строительной конструкции содержится примерно 1,1 литра воды.

Это означает, что:

Если вначале влажность древесины составляет 30%, для того, чтобы не превысить пороговое значение образования плесени, равное 20%, необходимо иметь возможность удалить 1,1 литра воды с $1 m^2$ поверхности кровли.

Данный пример подходит и для деревянной обрешетки толщиной 20 мм. Содержание влаги при 10% влажности древесины составляет примерно 1,2 литра воды на m^2 . При начальной относительной влажности равной 30% нередко по прошествии одного дождливого дня для высушивания с целью недопущения превышения границы образования плесени может потребоваться 1,2 литра воды на m^2 поверхности кровли. Для деревянной обрешетки и стропил, взятых вместе, это значение составляет примерно 2,3 литра на m^2 площади кровли.

Суммарное количество влаги зачастую недооценивается. В массивных многоблочных строительных конструкциях влажность материалов новых построек может увеличивать общую влажность. Если при этом на внутренней стороне установлена противодиффузная полиэтиленовая пленка, а на наружной стороне – фасадное битумное покрытие, то разрушения конструкции возникнут довольно быстро.

1.3.5 Основные выводы, касающиеся нагрузки по влажности

Наличие разнообразных способов проникновения влаги показывают, что в строительстве ни в коем случае нельзя исключать влияние нагрузки по влажности. Если основная цель состоит в том, чтобы строить здания, защищенные от повреждений и образования плесени, то повышение способности к высушиванию представляет собой важное эффективное и надежное средство для минимизации влажности строительной конструкции.

Формула надежности:

Способность к высыханию > Нагрузка по влажности => защищенность строительной конструкции от разрушений

Разрушения строительной конструкции могут иметь место только в том случае, если способность к высыханию ниже нагрузки по влажности.

«Чем выше резерв высыхания строительной конструкции, тем выше может быть незапланированная нагрузка по влажности, причем при такой нагрузке строительная конструкция остается неповрежденной.»

Строительные конструкции, которые являются открытыми для наружной диффузии, обладают большим резервом высыхания, чем конструкции, закрытые для наружной диффузии.

2. «Интеллектуальные» пароизоляционные системы

Характеристики влажности в строительной конструкции.

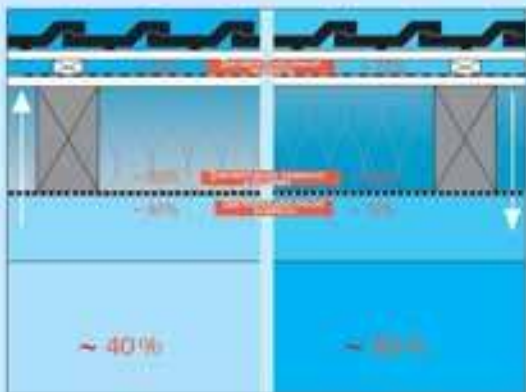
Диффузионный поток всегда направлен от теплой стороны к холодной.

Зимой :
повышенная влажность снаружи

Летом :
повышенная влажность внутри

6. Пароизоляционная система находится:

- зимой на участке низкой влажности воздуха. > зависящая от влажности пароизоляция является диффузионно-непроницаемой
- летом на участке высокой влажности воздуха > зависящая от влажности пароизоляция является открытой для диффузии



Представление относительной влажности пароизоляции в зависимости от времени года.

7. Диффузионные потоки пароизоляции «pro clima», изменяющейся в зависимости от влажности

Диффузионный поток	Значение показателя W_{DD} в $г/м^2$ в неделю	
	Зимой	Летом
Направление диффузии	наружу, в направлении кровли	внутри, в направлении пароизоляции
DB +	28	175
INTELLO®	7	560

2.1 Высыхание конструкции вовнутрь

Основной возможностью для высыхания конструкции является высыхание вовнутрь: всякий раз, когда значение температуры снаружи изоляции выше, чем внутри, направление диффузионного потока изменяется – влага из строительной конструкции устремляется вовнутрь. Это происходит уже в солнечные дни весной и осенью и значительно усиливается (с) в летнее время.

Если поверхность пароизоляции и воздухонепроницаемого уплотнения открыты для диффузии, можно осуществлять высыхание вовнутрь, влаги, которая образуется в строительной конструкции. Однако открытая для диффузии пароизоляция позволяла бы зимой слишком большую диффузию влажности в строительную конструкцию, что вызывало бы ее повреждение.

Применение пароизоляции делает, на первый взгляд, строительную конструкцию защищенной от влажности. Однако в случае передачи влажности путем конвекции, боковой диффузии или вследствие повышенной влажности строительных материалов, высыхание вовнутрь в летнее время становится невозможным. В этом случае пароизоляция быстро становится источником конденсации влаги.

Идеальная пароизоляция обеспечивается системой с высоким сопротивлением диффузии зимой и низким сопротивлением диффузии летом. Уже в течение нескольких лет оценка этой «интеллектуальной» системы пароизоляции осуществляется с помощью коэффициента s_d . Эта система изменяет сопротивление диффузии в зависимости от уровня окружающей относительной влажности. Таким образом, эта система в холодных климатических условиях является непроницаемой для диффузии и защищает конструкцию от действия влажности. В теплых климатических условиях эта система является открытой для диффузии и обеспечивает высыхание влажности, которая может присутствовать в строительной конструкции, наружу.

2.2 Воздействие сопротивления диффузии при переменной влажности

Направление диффузионного потока определяется градиентом парциального давления водяных паров, который, в свою очередь, зависит от температуры и влажности воздуха за пределами строительной конструкции. Если, в целях упрощения, рассматривать только влияние температуры, то перенос влажности будет происходить от теплой стороны к холодной. В зимнее время изнутри наружу, а в летнее время – снаружи вовнутрь.

Измерения, выполненные в рамках конструкции кровли, показали, что в холодном климате при переносе влажности наружу в области стропил пароизоляция действует при окружающем значении влажности, равном примерно 40%. В теплом климате влажность в области стропил приводит к более высоким значениям относительной влажности воздуха пароизоляции, отчасти, даже к летней конденсации.

(см. рисунок 6)

Пароизоляция с регулируемым (в зависимости от влажности) сопротивлением диффузии в сухой окружающей среде является непроницаемой для диффузии, а во влажной окружающей среде – открытой для диффузии.

В 2004 году компания «MOLL bauökologische Produkte GmbH» разработала высокоэффективную систему пароизоляции «pro clima INTELLO®». Система «INTELLO®» обладает самым большим в мире регулируемым (в зависимости от влажности) сопротивлением диффузии в любых климатических условиях, от 0,25 м до более чем 10 м. (см. рисунки с 8 по 10).

2.2.1 Высокое сопротивление диффузии в зимнее время

Сопротивление диффузии пароизоляционной системы «INTELLO®» регулируется таким образом, что значение коэффициента s_d в холодном климате может составлять более 10 м. Это способствует тому, что в зимнее время, когда воздействие влажности на строительную конструкцию является максимальным, пароизоляция практически не пропускает влагу в строительную конструкцию.

Это также справедливо для экстремальных климатических условий, имеющих место в высокогорье, в местах с холодной и длинной зимой. Система эффективно защищает от влажности конструкции с кровлями с противодиффузными экранами (например, битумными экранами) и кровлями с жестяным покрытием. Большое значение коэффициента s_d имеет также преимущество для кровель, открытых для наружной диффузии, когда имеет место образование инея и льда (= препятствия диффузии) на открытом для диффузии в нижних натянутых покрытиях.

(см. рисунок 10)

2.2.2 Низкое сопротивление диффузии в летнее время

Сопротивление диффузии в летнее время может давать значение коэффициента s_d , меньшее 0,25 м. Это обеспечивает быстрое высушивание влажности вовнутрь, которая может присутствовать в строительной конструкции. В зависимости от величины перепада давления паров, это соответствует высушивающей способности, равной 5 – 12 гр/м² H₂O в час, что соответствует примерно 80 гр/м² H₂O в день или 560 гр/м² H₂O в неделю.

(см. рисунок 7). Подобный высокий потенциал высушивания способствует тому, что часть строительной конструкции быстро сохнет уже в весеннее время.

2.2.3 Уравновешенный диффузионный профиль

В периоды повышенной воздухопроницаемости и связанной с ней более высокой влажностью воздуха в новостройках, включенных в крупные строительные массивы сопротивление диффузии при высокой относительной влажности воздуха приобретает важное значение.

2.2.3.1 Новостройки: «правило 60 / 2»

В новостройках, как правило, имеет место высокая влажность воздуха в помещениях. Сопротивление диффузии пароизоляции должно быть отрегулировано таким образом, чтобы даже при средней относительной влажности воздуха, равной 60%, значение коэффициента s_d составляло не менее 2,00 м, чтобы эффективно защитить строительную конструкцию от проникновения влажности из окружающего пространства, а следовательно, и от образования плесени. Система «INTELLO» при относительной влажности воздуха, равной 60%, обеспечивает значение коэффициента s_d , равное примерно 4 м.

2.2.3.2 Этап строительства: «правило 70 / 1,5»

На этапе строительства, когда выполняются штукатурные работы или укладываются бесшовные полы, в здании имеет место очень высокая влажность воздуха. Сопротивление диффузии пароизоляции, при средней относительной влажности воздуха, равной 70%, должно составлять 1,5 м, чтобы защитить строительную конструкцию от слишком высокого воздействия влажности на строительной площадке и от образования плесени. Особенно эффективная защита от влажности необходима при использовании древесных панелей. Система «INTELLO» в этом случае позволяет обеспечить значение коэффициента s_d , равное примерно 2 м, при относительной влажности 70%.

Если в зимнее время значение относительной влажности на этапе строительства в течение длительного периода времени превышает 80%, необходимо обеспечить соответствующую вентиляцию или установить сушильный аппарат.

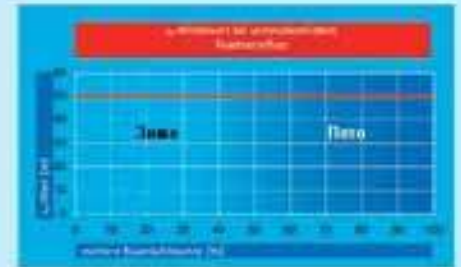
2.2.4 Максимальная надежность

«Интеллектуальные» характеристики регулируемой пароизоляции обеспечивают надежную защиту теплоизоляционных конструкций, даже в случае непредвиденно высокого уровня влажности в строительной конструкции, например, вызванного неблагоприятными климатическими условиями, разгерметизацией, боковой диффузией или повышенной влажностью строительной древесины или изоляционного материала. Система регулируемой пароизоляции «pro clima» действует как насос для транспортировки влажности, активная влажность, которая может непредвиденно возникнуть в строительной конструкции, «выкачивается» из нее.

Диффузионные характеристики пароизоляции

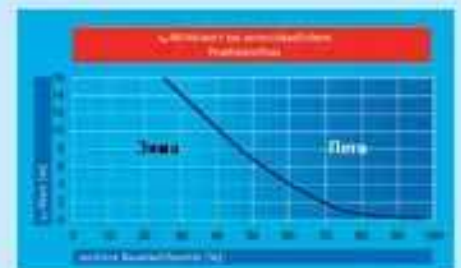
Чем больше изменяется сопротивление диффузии между зимним и летними периодами времени, тем большую степень надежности имеет система пароизоляции.

8. Диффузионные характеристики полиэтиленовой пленки, - никакой изменчивости в соответствии с изменением влажности



Постоянный коэффициент s_d полиэтиленовая пленка

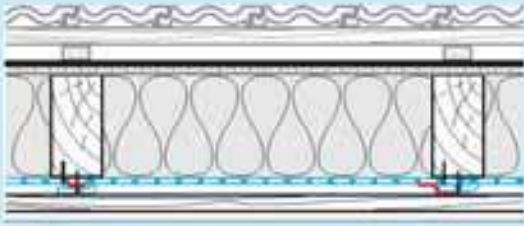
9. Диффузионные характеристики системы «INTELLO®», - высокая степень изменчивости в соответствии с изменением влажности



Коэффициент s_d , зависящий от уровня влажности, - система «proclima INTELLO®»

Оценка физических характеристик конструкций кровель

10. Стрoение конструкции кровли



Слои строительной конструкции:

- наружный слой, непроницаемый для диффузии (битумное покрытие, значение коэффициента $s_d = 300$ м)
- Полная деревянная обрешетка 24 мм
- Волокнистая изоляция
- Пароизоляция с переменным значением коэффициента s_d
- Обрешетка
- Гипсокартонные строительные плиты

Рассматриваемые варианты конструкции кровли:

- наклонная кровля с углом наклона 40° в северную сторону, покрытие из красной кровельной черепицы

3.1 Различные способы расчета потоков влажности

Резервы для высушивания формируются не только из диффузионных систем, но также и из абсорбиционно- и капиллярно - проводящих систем, расположенных внутри слоев строительной конструкции.

3.1.1 Расчеты в соответствии со стандартом «Glaser - DIN 4108-3»

В стандартах DIN 4108-3 [9] и EN ISO 13 788 приводится подробное описание данного вопроса согласно Глазеру. В этих стандартах определяются способы расчета количеств конденсата в строительных конструкциях с учетом всех характеристик холодного и теплого климата:

Граничные условия DIN 4108-3 [9]: «Glaserverfahren» (стационарные)

Зима (продолжительность 60 дней)
Внутри: $+20^\circ\text{C}$ / 50% относительной влажности воздуха
Снаружи: -10°C / 80% относительной влажности воздуха

Лето (продолжительность 90 дней)
Внутри: $+12^\circ\text{C}$ / 70% относительной влажности воздуха
Снаружи: $+12^\circ\text{C}$ / 70% относительной влажности воздуха

3.1.2 Расчет совместного переноса тепла и влажности в нормальных климатических условиях

Метод Глазера представляет собой приближение характеристик строительной конструкции, однако, он не отвечает реальному положению дел. С одной стороны блок данных о климате не соответствует реальным характеристикам климата, с другой стороны – не принимаются во внимание такие важные механизмы переноса, как абсорбция и капиллярный перенос. В связи с этим, в стандарте DIN 4108-3 [9] указывается на то обстоятельство, что этот способ не подходит в качестве основного для расчета обеспечения защищенности строительных конструкций от повреждений для покрытых травой и посыпанных гравием конструкций кровель, а должен применяться метод гибкого моделирования. Известным программным обеспечением, предназначенным для этой цели, является программа «Delphin 4», разработанная Институтом изучения климатических условий в строительстве, Дрезден, и «WUFI 4.0 pro» [10], разработанная Фраунгоферовским институтом физики строительных конструкций, Хольцкирхен.

Эти программы выполняют расчет совместного переноса тепла и влажности для многослойных строительных конструкций в нормальных климатических условиях, включая учет влияния температуры и влажности, поглощения солнечного излучения, воздействия ветра, охлаждения в результате испарения, а также влияния абсорбции и капиллярности. Эти программы были многократно проконтролированы, т. е. было выполнено сравнение результатов расчетов в реальных условиях. Для этого требуется соответствующая почасовая информация о погодных условиях в течение года. В нашем распоряжении имеются характеристики климатических условий по всему миру, в Европе, а также в Северной Америке и Азии, как из зон умеренного, так и экстремального климата. Для расчетов по программе моделирования характеристики строительной конструкции вместе со всеми слоями вводятся в программу и анализируются по нескольким годам. После чего становится очевидным, имеет ли место накопления влаги в строительной конструкции или нет, т. е. возрастает ли общее количество влаги в рассматриваемой части строительной конструкции или строительная конструкция остается сухой. Однако в этом способе остается неясным вопрос о том, насколько велики резервы высушивания строительной конструкции.

3.2 Расчет потенциала защищенности конструкций домов от разрушения

Для определения того, насколько безопасной является строительная конструкция с точки зрения непредвиденного проникновения влажности, например, вследствие конвекции, боковой диффузии или высокой исходной влажности конструкции, используется дополнительный метод: выполняется увлажнение теплоизоляции перед началом расчета и исследуется вопрос о том, насколько быстро влажность будет устранена. Объем устраненной влаги, который удастся высушить в конструкции в течение года при условии повышенной исходной влажности конструкции и называется потенциалом защищенности строительной конструкции от разрушения. Расчеты выполняются в неблагоприятных условиях (например, северная сторона наклонной кровли), в различных климатических зонах (например, высокогорная местность). Следовательно, строительные конструкции, обладающие более благоприятными физическими характеристиками, обеспечивают еще более высокую надежность и безопасность.

3.2.1 Определение потенциала защищенности конструкций домов от разрушения

Потенциалом защищенности строительной конструкции от разрушения называется объем непредвиденной влажности, которая может проникнуть в строительную конструкцию в течение года, при котором конструкция останется неповрежденной и свободной от плесени. Он должен составлять минимум 300 гр/м².

3.2.2 Конструкции кровель

Рассматривается несколько типов конструкции кровель с критическими характеристиками с точки зрения физики строительных конструкций, а также с различными видами пароизоляции.

Структура конструкции:
(см. рисунок 10 слева)

Расчеты

- С помощью программы «WUFI 4.0»
- Начальная влажность теплоизоляции составляет 4000 гр/м²

Пароизоляция:

- Полиэтиленовая пленка, коэффициент s_d - 50 м и является постоянным
- Система «pro clima INTELLO®», коэффициент s_d изменяется от 0,25 до 10 м, в зависимости от влажности

Конструкция наклонной кровли:

- Ориентирована на север
- Наклон кровли 40°
- Светло-серый гравий
- Под внешним кровельным покрытием расположена сплошная обрешетка

Для выполнения расчетов была выбрана конструкция кровли, под которой расположена сплошная обрешетка. Если использовать только защитное покрытие на обрешетке, то потенциал защищенности строительной конструкции от разрушения увеличивается примерно на 20%. Во многих климатических зонах, в частности, в заснеженных и ветреных, применение обрешетки с защитным покрытием для повышения водонепроницаемости является вполне разумным.

Подкровельное пространство иногда вентилируют с целью предотвращения образования конденсата. На практике подобная вентиляция оказывается непригодной, главным образом, в заснеженных местностях и при использовании кровель составной конструкции. Когда на кровле лежит снег, вентиляция у конька

кровли, как правило, затруднена. Если на поверхности кровли расположены различные конструкции (мансарды, слуховые окна или дымовые трубы) или желобок, либо острая кромка, то вентиляция невозможно чисто по конструкционным соображениям. Кроме того, вентиляция снижает эффективность применения теплоизоляционных материалов, способствует вредному воздействию насекомых и снижает потенциал защищенности строительной конструкции от разрушения в случае конструкций, предрасположенных к подобному снижению. Использование полнотропильной изоляции обладает всеми преимуществами четкой и рассчитываемой конструкции, а также характеризуется тем свойством, которое обеспечивает обратную диффузию в летнее время.

3.2.3 Факторы, оказывающие влияние на величину потенциала защищенности строительных конструкций от разрушения

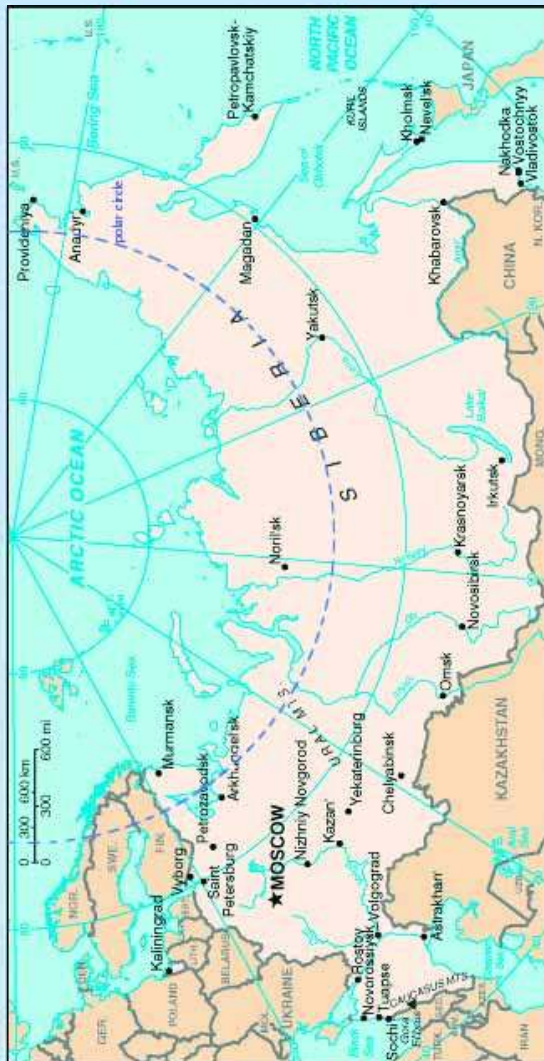
Существенную роль в деле повреждения строительных конструкций и образования плесени играет обратная диффузия в летнее время и связанное с ней высушивание строительной конструкции вовнутрь. Ее величина зависит от окружающей температуры, точнее говоря, от температуры на наружной поверхности теплоизоляции. Под воздействием солнечного излучения температура кровли /поверхности стены становится выше температуры воздуха. Решающее значение имеет время, которое необходимо наружному теплу для достижения теплоизоляции. Для наклонной кровли этот процесс протекает быстрее, нежели для посыпанной гравием или озелененной плоской кровли. Для наклонной кровли значение температуры поверхности кровли зависит от угла наклона кровли, ориентации кровли (север/юг) и цвета покрытия кровли (светлый / темный).

Неблагоприятные факторы:

Наклон кровли в северную сторону
Сильный наклон кровли (> 25°)
Покрытие кровли светлого цвета, не пропускающая диффузию нижняя кровля
Холодный климат, например, в горной местности

Благоприятные факторы:

Наклон кровли в южную сторону
Слабый наклон кровли (< 25°)
Покрытие кровли темного цвета, открытая для диффузии нижняя кровля, например, Solitex
Теплый климат, например, на равнине



3.2.4 Характеристики климата в России

3.2.4.1 Континентальный климат

На большей части территории России господствует континентальный климат с жарким летом и очень холодной зимой. Чем глубже внутрь территории страны, тем больше ощущается господство континентального климата, т. е. различие между холодными зимними месяцами и теплыми летними месяцами. Такими особенностями характеризуются климат Москвы, Екатеринбурга, Новосибирска и Бомнака, которые расположены на одной широте, равной примерно 55°. (см. страницу 15)

3.2.4.2 Граница между зонами полярного и умеренного климата

Зоны полярного и умеренного климата географически разделяются Северным полярным кругом, т. е. широтой 66,5°. Северный полярный круг расположен севернее таких городов, как Архангельск, Сосва, Тарко-Сале, Туруханск и Усть-Олой. Климатические и растительные зоны в России простираются до восточной прибрежной зоны, проходя параллельно широте.

3.2.4.3 Зона полярного климата

К северу от полярного круга расположены российская тундра и вечная мерзлота. В тундре температура воздуха летом не превышает 20°C, в зоне вечной мерзлоты она даже ниже 10°C. В заполярной климатической зоне солнечная активность весьма низкая, что приводит к незначительному нагреванию поверхностей зданий, а, следовательно, и к незначительному высушиванию строительных конструкций.

Российская тундра слабо заселена, а зона вечной мерзлоты практически безлюдна. В Сибири зона тундры распространяется дальше на север, и зона вечной мерзлоты начинается дальше.

3.2.4.4 Зона умеренного климата

В зоне умеренного климата значение температуры воздуха в летнее время поднимается выше 20°C. Имеет место достаточно интенсивная солнечная активность. Чем южнее расположена местность, тем интенсивнее солнечное излучение, а, следовательно, и сильнее нагревание наружных поверхностей домов.

Полюс холода, т. е. самое холодное место Северного полушария, расположен около деревни Оймякон в северо-восточной Сибири. Оймякон расположен на широте 63° в зоне умеренного климата (южнее полярного круга) на высоте 740 м над уровнем моря над нормальным нулем. Хотя зимой значение температуры воздуха в Оймяконе опускается ниже отметки -60°C, в летнее время температура воздуха превышает 20°C, а, иногда, даже и 25°C. Чем место расположено южнее и глубже в области континентального климата, тем выше значение температуры воздуха в летнее время.

Последующие научные расчеты показывают, что в зонах умеренного и континентального климата кровли любых конструкций обладают высоким потенциалом защищенности от повреждений, а это означает, что строительные конструкции даже при непредвиденной нагрузке по влажности характеризуются высокой степенью защиты от повреждений и образования плесени.

В полярной климатической зоне, в тундре, потенциал защищенности строительных конструкций от повреждений является достаточным только при соответствующем учете плановых особенностей.

3.2.4.5 Прибрежные зоны

На побережье значения температуры воздуха в летнее время ниже, чем на материке. Исключение из этого правила составляют внутренние моря, такие как Балтийское море. Так, например, в Санкт-Петербурге климат похож на климат в Москве. Зато полную противоположность этому составляет восточное побережье России. Холодное морское течение обеспечивает на побережье довольно холодный климат в летнее время, холоднее, чем на континентальном материке.

Только южнее Николаевска-на-Амуре, т. е. вблизи Японского моря температура воздуха в летнее время достигает значений температуры воздуха, характерных, например, для Санкт-Петербурга.

К северу, на Охотском море, на побережье Тихого океана и Берингово моря господствуют такие же климатические условия, что и в российской тундре, хотя этот регион расположен на широтах Санкт-Петербурга и Москвы.

3.3 Расчет потенциала защищенности строительных конструкций от разрушения

3.3.1 Кровли с крутыми скатами, Санкт-Петербург и Архангельск

Санкт-Петербург и Архангельск расположены на западе России. Санкт-Петербург расположен на Балтийском море, а Архангельск на Белом море, на расстоянии примерно 200 км к югу от Северного полярного круга. Значения температуры воздуха в зимнее время ниже -20°C , в летнее время значения температуры иногда превышают 25°C . Интенсивное солнечное излучение на территории, расположенной южнее Северного полярного круга, может способствовать настолько сильному нагреванию поверхностей кровли, ориентированных на север, которое приводит к обратной диффузии, что, в свою очередь, делает возможным удаление непредусмотренной влажности путем высушивания.

Относительно обоих этих городов следует отметить влияние угла наклона кровли и цвета покрытия кровли на потенциал защищенности строительных конструкций от повреждений:

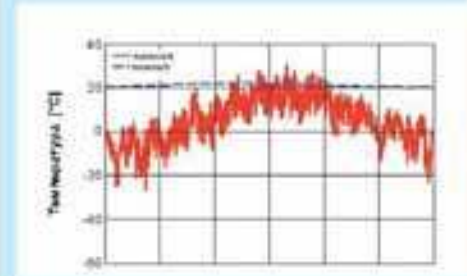
Вследствие воздействия солнечного излучения температура поверхности кровли выше температуры воздуха. Неблагоприятную ситуацию создают поверхности кровель с большим углом наклона, например, 40° , а также светлое покрытие кровли (светло-серая черепичная кровля).

Благоприятную ситуацию создает плоская кровля с незначительным углом наклона, например, 25° , а также темное покрытие кровли (черная черепичная кровля).

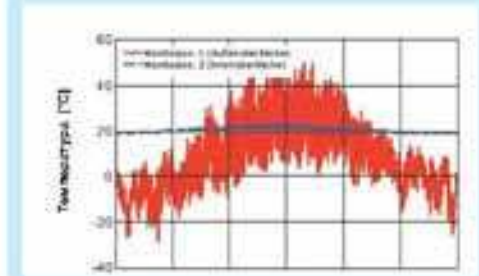
Ориентацию кровли выбрать свободно невозможно. Кровля здания может быть ориентирована на юг (благоприятная ситуация), а кровля другого здания может быть ориентирована на север (неблагоприятная ситуация). В связи с этим все расчеты выполняются для кровель, ориентированных на север. Полиэтиленовая пленка ни в одном из вариантов не обеспечивает обратной диффузии. Это означает, что влажность в строительной конструкции остается. Полиэтиленовая пленка является причиной сохранения влажности в строительной конструкции.

Даже при неблагоприятном наклоне кровли под углом 40° и при использовании серого черепичного покрытия потенциал защищенности строительных конструкций от повреждений достаточно высок:

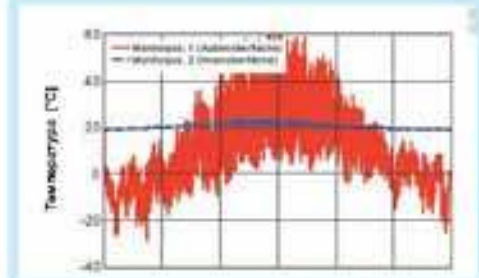
11. Температура воздуха, Санкт-Петербург



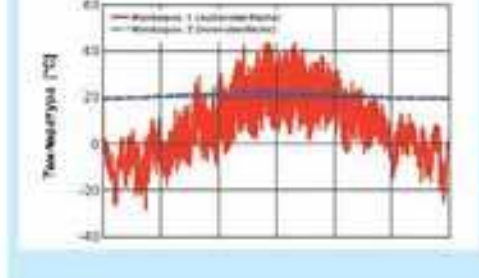
12. Температура на поверхности кровли, Санкт-Петербург, 25° север, серая кровельная черепица



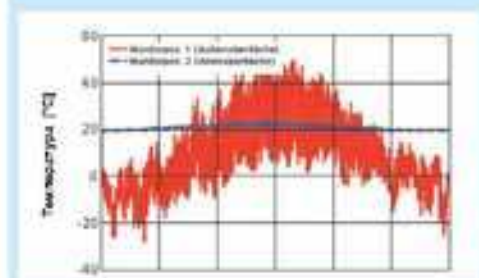
13. Температура на поверхности кровли, Санкт-Петербург, 25° север, черная кровельная черепица



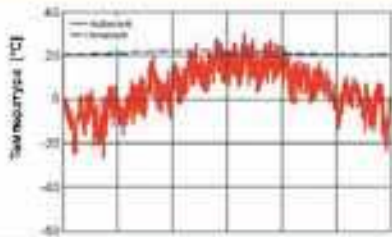
14. Температура на поверхности кровли, Санкт-Петербург, 40° север, серая кровельная черепица



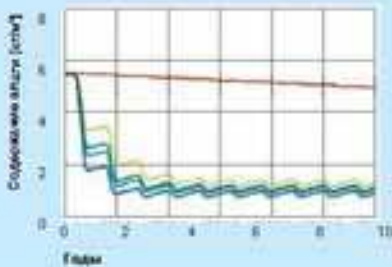
15. Температура на поверхности кровли, Санкт-Петербург, 40° север, черная кровельная черепица



16. Температура воздуха, Санкт-Петербург



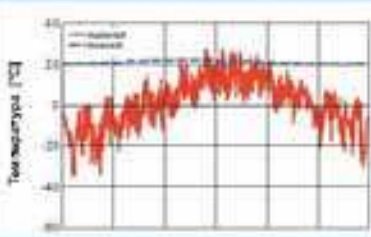
17. Потенциал защищенности строительных конструкций от разрушений, Санкт-Петербург



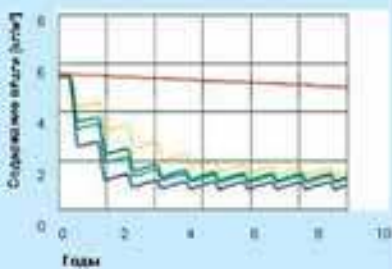
Потенциал защищенности строительных конструкций от разрушений

INTELLO® schwarze Dachbitume 25°	= 2800 g/m ³ Jahr
INTELLO® schwarze Dachbitume 40°	= 2600 g/m ³ Jahr
INTELLO® graue Dachbitume 20°	= 2700 g/m ³ Jahr
INTELLO® graue Dachbitume 40°	= 1500 g/m ³ Jahr
PE-Folie schwarze Dachbitume 40°	= 20 g/m ³ Jahr

18. Температура воздуха, Архангельск



19. Потенциал защищенности строительных конструкций от разрушений, Архангельск



Потенциал защищенности строительных конструкций от разрушений

INTELLO® schwarze Dachbitume 25°	= 1500 g/m ³ Jahr
INTELLO® schwarze Dachbitume 40°	= 1300 g/m ³ Jahr
INTELLO® graue Dachbitume 20°	= 1000 g/m ³ Jahr
INTELLO® graue Dachbitume 40°	= 800 g/m ³ Jahr
PE-Folie schwarze Dachbitume 40°	= 20 g/m ³ Jahr

В Санкт-Петербурге примерно 1.500 гр/м², а в Архангельске – примерно 800 гр/м². Это означает, что непредвиденная влажность может проникать в строительные конструкции в размерах 1.500 гр/м² и 800 гр/м² и что, тем не менее, разрушающего и плеснеобразующего воздействия на строительную конструкцию не будет. Выбор покрытия кровли черного цвета приводит к увеличению потенциала защищенности строительных конструкций от повреждений примерно на 40%. Аналогичное улучшение достигается при уменьшении угла наклона кровли на 25°.

Путем сочетания черного покрытия кровли с небольшим углом наклона можно обеспечить дополнительное двукратное повышение потенциала защищенности строительных конструкций от повреждений.

3.3.2 Наклонные кровли, Москва, Екатеринбург, Новосибирск и Бомнак

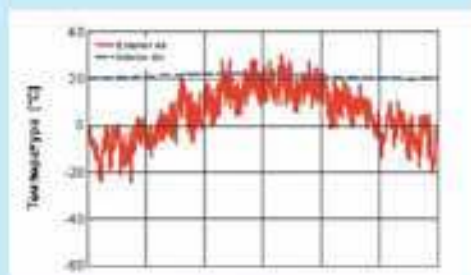
Четыре города – Москва, Екатеринбург, Новосибирск и Бомнак расположены на широте 55° дают представление о типично русском климате, в котором живет большинство населения. Разница между значениями температуры в зимнее и летнее время увеличивается с повышением степени «континентальности» климата. В Москве значения температуры в зимнее время опускаются ниже 20°C , в Екатеринбурге – ниже -30°C , в Новосибирске ниже -35°C , а в Бомнаке – ниже -40°C . Значения температуры в летнее время во всех четырех городах превышают 20°C , в Москве немного выше, чем в Бомнаке. Скорость высушивания при высокой исходной влажности характеризует потенциал защищенности строительных конструкций от повреждений в результате возникновения непредусмотренной влажности (конвекция, боковая диффузия и т. п.).

Для расчетов была выбрана наиболее неблагоприятная конструкция: кровля с ориентацией на север, угол наклона кровли – 40° и светло-серое черепичное покрытие.

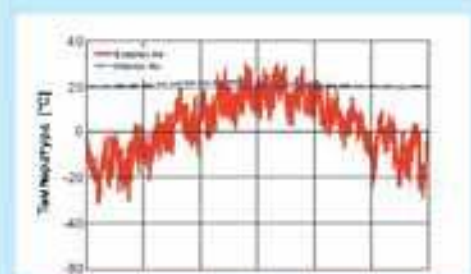
Легко понять, что полиэтиленовая пленка не может обеспечить высушивания. Влажность, попадающая или присутствующая в строительной конструкции, не может быть более удалена. Полиэтиленовая пленка удерживает влажность. Высокоэффективная система «pro clima INTELLO» обеспечивает быстрое высушивание в течение 2 лет. Потенциал защищенности строительных конструкций от повреждений составляет во всех четырех городах более 2.000 г/м^2 . Это означает, что в течение одного года в строительные конструкции во всех четырех городах может проникать примерно по 2.000 г/м^2 непредусмотренной влажности, а конструкции не будут подвергаться разрушениям и плеснеобразованию.

При использовании черного покрытия кровель и / или при незначительном угле наклона кровель потенциал защищенности строительных конструкций от повреждений увеличивается и составляет более 4.000 г/м^2 .

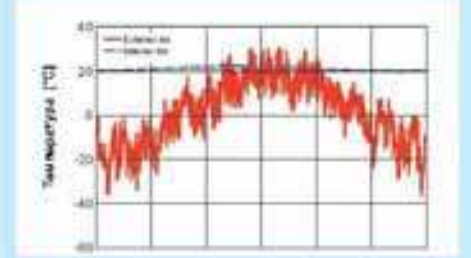
20. Температура воздуха, Москва



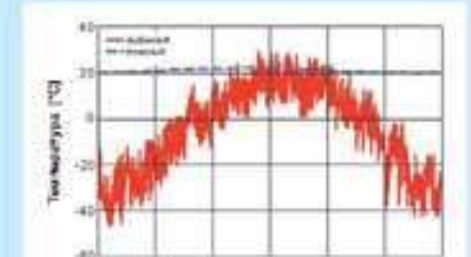
21. Температура воздуха, Екатеринбург



22. Температура воздуха, Новосибирск



23. Температура воздуха, Бомнак



24. Потенциал защищенности строительных конструкций от повреждений, Москва



Потенциал защищенности строительных конструкций от повреждений

pro clima INTELLO® = $2000 \text{ г/м}^2 \text{ Jahr}$
PE-Folie schwarze Dachbitum 40° = $20 \text{ г/м}^2 \text{ Jahr}$

25. Потенциал защищенности строительных конструкций от повреждений, Екатеринбург



Потенциал защищенности строительных конструкций от повреждений

pro clima INTELLO® = $2000 \text{ г/м}^2 \text{ Jahr}$
PE-Folie schwarze Dachbitum 40° = $20 \text{ г/м}^2 \text{ Jahr}$

26. Потенциал защищенности строительных конструкций от повреждений, Новосибирск



Потенциал защищенности строительных конструкций от повреждений

pro clima INTELLO® = $2000 \text{ г/м}^2 \text{ Jahr}$
PE-Folie schwarze Dachbitum 40° = $20 \text{ г/м}^2 \text{ Jahr}$

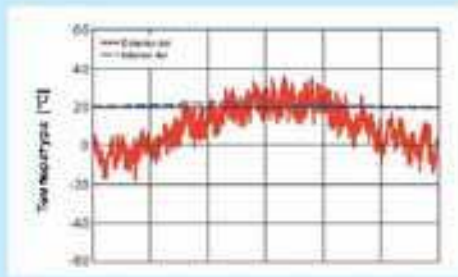
27. Потенциал защищенности строительных конструкций от повреждений, Бомнак



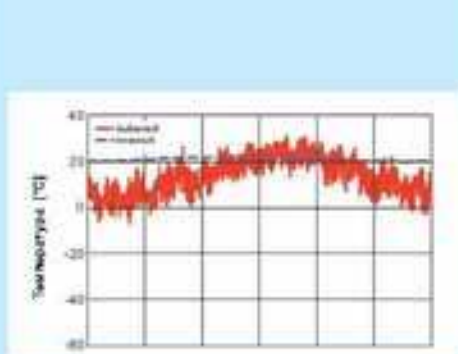
Потенциал защищенности строительных конструкций от повреждений

pro clima INTELLO® = $2000 \text{ г/м}^2 \text{ Jahr}$
PE-Folie schwarze Dachbitum 40° = $20 \text{ г/м}^2 \text{ Jahr}$

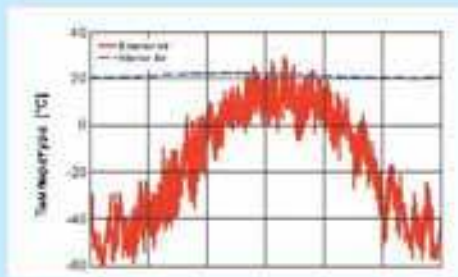
28. Температура воздуха, Ростов



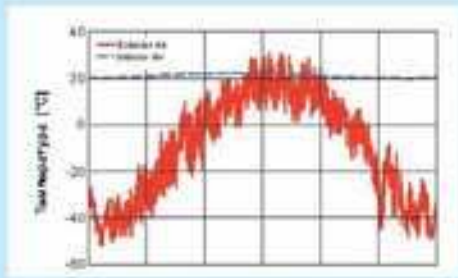
29. Температура воздуха, Туапсе



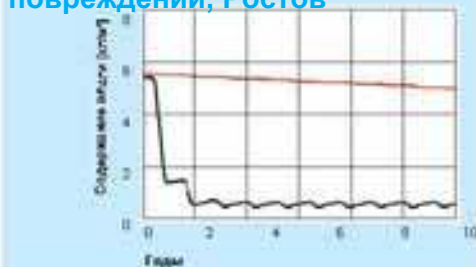
30. Температура воздуха, Оймякон



31. Температура воздуха, Якутск



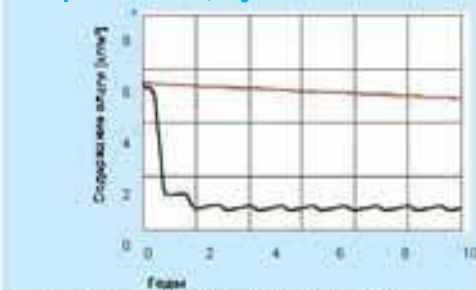
32. Потенциал защищенности строительных конструкций от повреждений, Ростов



Потенциал защищенности строительных конструкций от повреждений

pro clima INTELLO® = 4000 g/m² Jahr
PE-Folie schwarz Dichtigkeit 40° = 20 g/m² Jahr

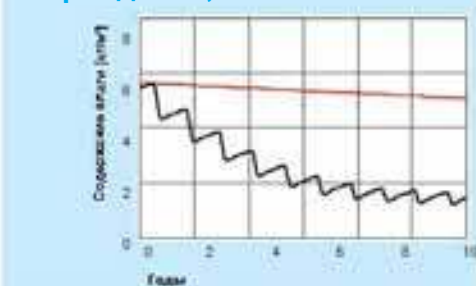
33. Потенциал защищенности строительных конструкций от повреждений, Туапсе



Потенциал защищенности строительных конструкций от повреждений

pro clima INTELLO® = 4000 g/m² Jahr
PE-Folie schwarz Dichtigkeit 40° = 20 g/m² Jahr

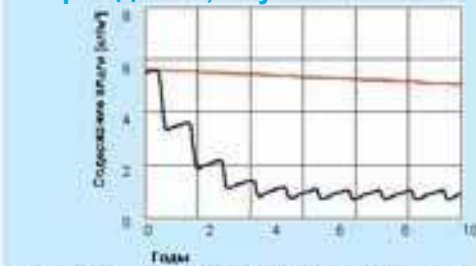
34. Потенциал защищенности строительных конструкций от повреждений, Оймякон



Потенциал защищенности строительных конструкций от повреждений

pro clima INTELLO® = 1000 g/m² Jahr
PE-Folie schwarz Dichtigkeit 40° = 20 g/m² Jahr

35. Потенциал защищенности строительных конструкций от повреждений, Якутск



Потенциал защищенности строительных конструкций от повреждений

pro clima INTELLO® = 1500 g/m² Jahr
PE-Folie schwarz Dichtigkeit 40° = 20 g/m² Jahr

3.3.3 Наклонные кровли, Ростов и Туапсе

Оба города представляют область теплого климата в России. Они расположены на Черном море. Высокая температура воздуха в летнее время обеспечивает значительную обратную диффузию для компенсации непредвиденного проникновения влажности. В этом случае полиэтиленовая пленка также не обеспечивает никакого высушивания вовнутрь и быстро становится причиной сохранения влажности. С помощью системы «INTELLO®» в данных климатических условиях, даже для неблагоприятных строительных конструкций, т. е. домов с кровлями, ориентированными на север, углом наклона кровель, равном 40°, и светло-серым черепичным покрытием достигается исключительно высокое значение потенциала защищенности строительных конструкций от повреждений, которое превышает 4.000 гр/м². Это означает, что в строительные конструкции может проникать более 4.000 гр/м² непредусмотренной влажности, а конструкции не будут подвергаться разрушениям и плеснеобразованию.

3.3.4 Наклонные кровли, Оймякон и Якутск

Якутск является одним из самых холодных городов на земле. Он расположен на высоте примерно 100 м; значение температуры воздуха в зимнее время может опускаться ниже -50 °С, а в летнее время подниматься выше 30 °С. Даже при неблагоприятных конструктивных условиях, ориентации кровли на север, угле наклона кровли 40° и использовании светло-серого черепичного покрытия, а также, несмотря на экстремальные климатические условия в зимнее время, с помощью системы «INTELLO» можно достичь значения потенциала защищенности строительных конструкций от повреждений больше 2.000 гр/м². Это означает, что в течение одного года в строительные конструкции может проникать примерно 2.000 гр/м² непредусмотренной влажности, а конструкции не будут подвергаться разрушениям и образованию плесени.

Оймякон считается самым холодным населенным пунктом земного шара. В зимнее время температура воздуха опускается ниже -60°С. В летнее время значения температуры воздуха превышают 25°С, что позволяет обеспечить значение потенциала защищенности строительных конструкций от повреждений, равное 1.000 гр/м².

При использовании черного кирпича и угле наклона кровли, ориентированной на север, равного 40°, значение потенциала защищенности строительных конструкций от повреждений удваивается.

3.3.5 Наклонные кровли, зоны горного климата

Имеется лишь незначительная информация, касающаяся климатических условий в российском высокогорье. Было выполнено два расчета для Кисловодска, который расположен на юге России на высоте примерно 1.500 м и для Улан-Удэ, который расположен на высоте примерно 800 м. В Кисловодске, а также и в Улан-Удэ для вышеуказанной конструкции было получено значение потенциала защищенности строительных конструкций от повреждений, равное примерно 2.000 гр/м².

3.3.6 Наклонные кровли, российская тундра и восточное побережье России

К северу от полярного круга, в российской тундре и на российском восточном побережье к северу от Николаевска-на-Амуре значение температуры воздуха в летнее время не превышает 20°C. В зависимости от местности, для достижения удовлетворительного значения потенциала защищенности строительных конструкций от разрушения для конструкции кровли, необходимо либо уменьшить угол наклона кровли до значения, меньшего 25°C, либо использовать черное черепичное покрытие кровли, либо, в оптимальном варианте, оба этих способа. Здесь невозможно встретить полноценных решений, подобно тем, которые имеют место в зонах умеренного климата.

В климатических зонах с низкими температурами в летнее время необходимо обеспечить достаточную вентиляцию нижней кровли, установить вентиляцию коньков кровли со стороны фронтонов и отказаться от достраивания кровли. Для кровли, ориентированной на север, с углом наклона 25°C и черным черепичным покрытием, возможно достижение значительного потенциала защищенности строительных конструкций от разрушения на многих участках с низкими значениями температуры воздуха в летний период времени. Для вечной мерзлоты необходимо использовать специальные конструкции. Для решения вопросов, связанных с конструкциями кровель с наружным диффузнопроницаемым покрытием, устанавливаемым на зданиях, расположенных к северу от полярного круга и на российском восточном побережье, просим вас использовать горячую линию технического отдела компании ПЛАСТЭКС в Санкт-Петербурге (www.plastex.ru).

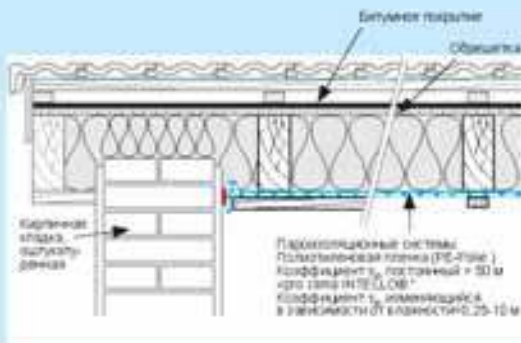
3.3.7 Выводы, касающиеся наклонных кровель

Конструкции кровель, оснащенные высокоэффективной системой пароизоляции «INTELLO», на зданиях, расположенных в умеренных климатических зонах к югу от Северного полярного круга и на побережье Японского моря, могут обладать высоким потенциалом защищенности строительных конструкций от разрушений даже в том случае, когда конструкции не пропускают диффузию наружу, их кровли ориентированы на север, а угол наклона довольно высок – 40°, и, кроме того, используется светлое (светло-серое) черепичное покрытие. Потенциал защищенности строительных конструкций от разрушений составляет, как правило, от 500 до 4.000 р/м², т. е. эти объемы влажности могут проникать в строительные конструкции, не вызывая разрушений и не приводя к образованию плесени.

В холодных климатических зонах рекомендуется использовать конструкции с высоким потенциалом защищенности, например, с меньшим углом наклона кровли, черепичным покрытием темного цвета и, насколько это возможно и разумно, с конструкционными элементами, открытыми для диффузии наружу. Использование дополнительной вентиляции рекомендуется только для этих регионов, но не для зон умеренного климата.

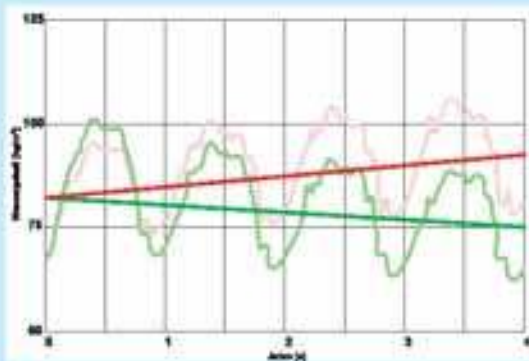
Двухмерная система расчета переноса тепла и влажности с помощью WUFI 2D

36. Структура конструкции: заделанная стена



37. Увеличение влажности с помощью полиэтиленовой пленки увеличение влажности = разрушение строительных конструкций

- Уменьшение влажности с помощью системы «INTELLO®»
- высушивание = защита строительных конструкций от разрушения



3.3.8 Боковая диффузия

Для определения влияния воздействия влажности на боковые части строительной конструкции рассматривается соединение заделанной стены с теплоизоляционной конструкцией. Эта конструкция присоединена с наружной стороны с области нижней кровли над диффузно-непроницаемым битумным покрытием.

(см. рисунок 36)

Кирпичная кладка обладает незначительно меньшим сопротивлением диффузии, нежели пароизоляция и воздухоизоляция смежной деревянной конструкции. Вследствие этого имеется возможность того, что будет иметь место диффузия влажности через эту боковую конструкцию в теплоизоляционную конструкцию.

Для этого примера была выбрана новостройка. Кирпичная кладка и слой штукатурки обладает довольно стандартным содержанием влажности, равным 30 кг/м^3 . Волокнистый материал теплоизоляции был установлен в сухом состоянии, относительная влажность древесины составляет примерно 15%. В одном варианте конструкции в качестве пароизоляции и воздушной изоляции используется диффузнонепроницаемая полиэтиленовая пленка (коэффициент s_d 50 м), а в другом варианте конструкции – регулируемая по влажности система «pro clima INTELLO®» (коэффициент s_d от 0,25 до 10 м).

3.3.9 Результаты расчетов при использовании 2-х мерного моделирования

Если подобную конструкцию рассчитать с помощью системы 2-х мерного моделирования методом расчета потоков тепла и влажности, которая реализована в программе «WUFI 2D 2.1» [8], получают представленные результаты.

(см. рисунок 379)

После периода сезонного увеличения влажности содержание влаги в обеих конструкциях находится примерно на одном, достаточно высоком, уровне.

В том варианте, в котором в качестве воздушной и пароизоляции используется полиэтиленовая пленка, за рассматриваемый период времени, равный 4 годам, в течение каждого года наблюдается явное увеличение общего влагосодержания (красный график). В этой конструкции в испытываемой строительной конструкции происходит накопление влажности в используемых строительных материалах, поскольку никакое высушивание вовнутрь при использовании полиэтиленовой пленки невозможно.

Последствия: образование плесени на деревянных элементах конструкции, т. е. начало процесса гниения.

В том варианте конструкции, в котором используется высокоэффективная система пароизоляции «INTELLO®» можно удалить имеющуюся влажность вовнутрь. Строительная конструкция защищена от накопления влажности – влажность равномерно удаляется во внутреннее пространство (зеленый график). Вследствие этого, содержание влажности постоянно снижается в течение рассматриваемого периода времени, равного 4 годам. Эта конструкция обладает высоким потенциалом защищенности строительных конструкций от разрушений.

3.3.10 Стеновые конструкции

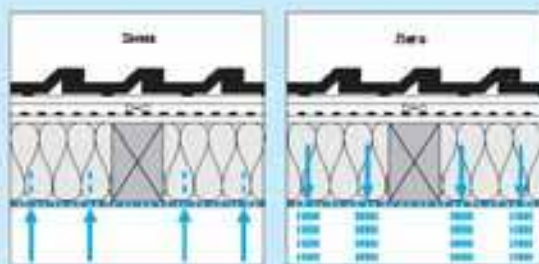
Вследствие своего вертикального положения стеновые конструкции значительно меньше поглощают солнечное излучение, чем конструкции кровель. В связи с этим потенциал обратной диффузии меньше. Во время дождя стены, в отличие от кровель, не пропускают наружную диффузию. Не используется никаких битумных покрытий. Для стеновых конструкций отсутствуют жесткие требования к гидроизоляции, какие имеют место, например, для плоских и озелененных кровель. Значение температуры наружной стены в значительной степени зависит от цвета фасада. Светлые фасады меньше нагреваются под действием солнечного излучения, чем темные. Представленная характеристика изменения температуры на наружной стене дана для обычного светлого оштукатуренного фасада.

Высокоэффективная система пароизоляции «pro clima INTELLLO» обеспечивает оптимальную защиту стеновых конструкций в зоне умеренного климата к югу от Северного полярного круга и в пределах 500 м над уровнем моря, если слои конструкции, расположенной снаружи изоляции, имеют сопротивление диффузии s_d максимум 3 м. Если установленная наружная конструкция не пропускает диффузию, необходимо выполнить отдельный расчет, в котором будут учтены точные характеристики (стенной) стеновой конструкции и материалов фасада. Просим вас обращаться в компанию ПЛАСТЭКС в Санкт-Петербурге (www.plastex.ru).

В полярной зоне, на российском восточном побережье и в горных районах, расположенных на высоте более 500 м над уровнем моря, необходимо, чтобы наружные элементы строительных конструкций были открыты для диффузии. Для этого подходит, например, дощатая обшивка стен (например, система ветроизоляции «pro clima WA»), которая может устанавливаться поверх деревянной обрешетки.

Условия функционирования пароизоляции, регулируемой в соответствии с изменением влажности

Внутри могут находиться только слои строительной конструкции, открытые для диффузии для того, чтобы высушивание влажности не было затруднено обратной диффузией во внутреннее пространство.



4.1 Конструкции

Исследования реальных климатических параметров показывают необычайно большой потенциал защищенности строительных конструкций от разрушений для тех конструкций, в которых применяется высокоэффективная система пароизоляции «pro clima INTELLO®» с самым эффективным в мире сопротивлением диффузии, регулируемым в зависимости от влажности, которая может использоваться в любых климатических зонах. С помощью системы «pro clima INTELLO®» можно обеспечить высокую безопасность конструкций от разрушений, даже при высокой нагрузке по влажности. Непременным условием этого является отсутствие тени, т. е. отсутствие деревьев или затеняющих соседних строительных конструкций.

4.2 Внутренняя облицовка

Непременным условием для обеспечения значительных резервов безопасности является возможность беспрепятственного высушивания во внутреннем пространстве. Наличие внутренней облицовки, тормозящей диффузию, на участке установки пароизоляции, регулируемой в соответствии с влажностью, такой как древесные строительные материалы (например, панели «OSB» или многослойные панели), уменьшающие объемы обратного высушивания влажности вовнутрь и, следовательно, сокращающие потенциал защищенности строительных конструкций от разрушений. Благоприятное воздействие оказывают материалы с открытой структурой, например, обшивка профильными досками, легкими строительными плитами из древесной стружки, с плитами из штукатурки и гипса.

4.3 Пространства постоянной влажности

Система пароизоляции, регулируемая в соответствии с влажностью, не может использоваться в климатических условиях с постоянно высокой влажностью, как, например, плавательные бассейны, парниковые хозяйства или кухни.

4.4 Потоки и объемы влажности в жилых помещениях

Мокрые и влажные пространства в жилых зданиях характеризуются лишь временно высоким уровнем относительной влажности. Эта временная нагрузка по влажности не снижает эффективности и надежности использования системы «pro clima INTELLO®» в строительной конструкции.

4.5 Влажность в новостройках, определяемая жилищными условиями – «правило 60/2»

В новостройках имеет место высокая влажность воздуха, обусловленная состоянием строительных материалов и условиями жилых помещений. Сопротивление пароизоляционной системы диффузии должно быть настолько высоким, чтобы даже при средней относительной влажности воздуха 60% коэффициент s_d имел значение минимум 2,00 м, с тем, чтобы конструкция была бы достаточно защищена от воздействия влажности, присутствующей в воздухе помещений, а, следовательно, и от образования плесени.

Система «pro clima INTELLO®» была отрегулирована таким образом, чтобы выполнялось «правило 60/2». Система «INTELLO» при влажности в 60% имеет коэффициент s_d 4 м.

Это позволяет системе успешно функционировать в новостройках, влажность воздуха в которых обусловлена состоянием строительных материалов и условиями жилых помещений, а также защищать строительную конструкцию от образования плесени.

4.6 Повышенная влажность на этапе строительства – «правило 70 / 1,5»

На этапе строительства, когда выполняется оштукатуривание или укладка бесшовного пола, в здании господствует чрезвычайно высокая влажность. Сопротивление диффузии со стороны пароизоляции должно составлять более 1,5 м при средней относительной влажности воздуха 70%, чтобы защитить строительную конструкцию от интенсивного проникновения влажности из строительных элементов, а также предотвратить образование плесени. Повышенная защита от влажности требуется, в частности, при применении деревянных панелей. Сопротивление диффузии со стороны пароизоляции системы «pro clima INTELLO®» была отрегулирована таким образом, чтобы выполнялось «правило 70/1,5». Система «INTELLO®» при 70% влажности обеспечивает значение коэффициента s_d , равное примерно 2 м.

В результате этого на этапе строительства конструкция защищается от значительного количества проникающей влажности из воздушного пространства, а также от образования плесени. Если в зимнее время года значение относительной влажности воздуха на этапе строительства в течение длительного времени превышает 80%, необходимо обеспечить вентиляцию или установить обогреватели.

4.7 Подкровельное покрытие

Оптимальным выбором строительного материала в качестве подкровельного покрытия является материал, открытый для диффузии (например, древесноволокнистые плиты или супердиффузные беспористые мембраны SOLITEX, которые обеспечивают высокую степень высушивания наружу. Строительные конструкции с диффузнопоницаемыми слоями, например, битумные плиты, а также кровли с жестяным покрытием, снижают уровень безопасности здания. Деревянные обрешетки обеспечивают более высокую безопасность, чем деревянные плиты (например, «OSB»), поскольку древесина обладает сопротивлением диффузии, зависящим от влажности, и имеет капиллярную систему. Система «INTELLO®», благодаря гибкой регулировке зависимости от влажности, обеспечивает чрезвычайно высокий потенциал безопасности также и при применении деревянных строительных материалов.

4.8 Конструкции наклонных кровель

Для строительных конструкций, открытых для наружной диффузии, не существует никаких ограничений, связанных с климатическими зонами, в особенности, при использовании в качестве открытого для диффузии подкровельного покрытия Solitex, которое обеспечивает транспортировку влажности наружу вдоль молекулярной структуры. Наружные диффузнопоницаемые конструкции, оснащенные высокоэффективной системой пароизоляции «INTELLO®», в зонах умеренного климата к югу от Северного полярного круга и на восточном российском побережье в районе Японского моря, обеспечивают высокий потенциал защищенности строительных конструкций от разрушения, даже в неблагоприятных условиях, когда кровля ориентирована на север, угол наклона кровли составляет 40° и используется светлое (светло-серое) покрытие кровли. Потенциал защищенности строительных конструкций от разрушения, как правило, составляет от 500 до 4.000 гр/м², т. е. такое количество влажности может проникать в строительную конструкцию, не повреждая ее и не приводя к образованию плесени. В холодных климатических зонах рекомендуется использовать строительные конструкции

с более высоким потенциалом защищенности строительных конструкций от разрушения, например, с меньшим углом наклона кровли, с покрытием кровли темного цвета и, насколько это возможно и разумно, с наружными элементами, открытыми для диффузии. Дополнительная фоновая вентиляция рекомендуется к использованию только в таких регионах, но не в регионах с умеренным климатом.

4.9 Плоские кровли

Плоские кровли можно оценивать также, как и наклонные кровли, если на уплотняющей панели нет больше никаких слоев, которые бы препятствовали получению тепла от солнечного излучения. Плоские кровли, покрытые гравием или озелененные, нуждаются в особом рассмотрении. Просим вас воспользоваться технической горячей линией компании ПЛАСТЭК в Санкт-Петербурге (www.plastex.ru).

4.10 Стены

При незначительной интенсивности солнечного излучения стеновые конструкции обладают небольшим потенциалом обратной диффузии, вследствие чего резервы безопасности не достаточно высоки. Высокоэффективная пароизоляционная система «pro clima INTELLO», в зонах умеренного климата к югу от Северного полярного круга и в регионах до высоты 500 м выше нормального нуля (исходная высота над уровнем моря), обеспечивает оптимальную защиту стеновых конструкций, если слои строительной конструкции, расположенные снаружи изоляции обладают сопротивлением диффузии s_d максимум 3 м. Если установлены наружные конструктивные элементы, противодействующие диффузии, необходимо провести специальные расчеты, в которых следует учитывать информацию о конструкции стены и материалов, из которых изготовлен фасад. Просим вас обращаться в компанию ПЛАСТЭК в Санкт-Петербурге (www.plastex.ru).

В зоне полярного климата, на российском восточном побережье и в горной местности выше 500 м над уровнем моря наружные элементы конструкции должны быть открыты для диффузии. Удачным выбором может оказаться использование ветроизоляционных мембран (например, система «pro clima WA»), которая может устанавливаться на полную деревянную обрешетку.

Этапы установки (укладки)

1. Установка (укладка)/крепление



2. Взаимное приклеивание



3. Крепление к фронтому



4. Крепление к окну



5. Крепление с прохождением перекрытия



5.1 Для плоских и матообразных изоляционных материалов

Система «INTELLO®» укладывается пленочной стороной (надпись) в направлении конструкции. Если система «INTELLO®» уложена в направлении конструкции тканной стороной, это не повлияет на физические характеристики системы «INTELLO®». Клеящую ленту необходимо плотно прижать. Следует отдавать предпочтение приклеиванию со стороны пленки.

5.2 Направление укладки

Систему «pro clima INTELLO®-Bahnen» можно укладывать продольно или поперечно по отношению к несущей конструкции. При продольном укладывании необходимо найти стык панелей несущей конструкции. При поперечном укладывании расстояние до несущей конструкции не должно превышать 100 см.

5.3 Компоненты системы «pro clima», рекомендуемые для склейки

Для приклеивания полос с соединением внахлест можно использовать любые клеящие ленты «pro clima». В отдельных случаях для приклеивания «pro clima INTELLO®» рекомендуется использовать быстросклеивающую ленту «pro clima RAPID CELL» и универсальную клеящую ленту «pro clima UNI TAPE». Для крепления к окну, дверям и выступам следует использовать клеящую ленту «TESCON PROFIL» с высокой устойчивостью к пробою.

С помощью соединительной приклеивающей системы «ORCON F» (для системы «INTELLO®» или «ECO COLL») выполняются надежные соединения со смежными элементами строительных конструкций (например, оштукатуренные стены). Соединительная лента «CONTEGA PV», имеющая слой для последующего оштукатуривания используется для выполнения определенных видов крепления на неоштукатуренной кирпичной кладке.

5.4 Объемно заполняемые теплоизоляционные материалы

Высокоэффективная система пароизоляции «INTELLO®», вследствие своей высокой эластичности, не подходит для внутреннего ограничения вдуваемого теплоизоляционного материала. Для этого используется система «INTELLO® PLUS», армированная прочной полипропиленовой сеткой.

Эти системы обеспечивают одинаковый потенциал защищенности строительных конструкций от разрушения. (С внутренней стороны необходимо удалить поперечно расположенную обрешетку на расстоянии максимум 50 см по весу материала изоляции.)

Дальнейшая информация по укладке: см. внутреннее уплотнение системы «pro clima System»

5.5 Использование пенопластовых изоляционных материалов

При использовании пенопластовых изоляционных материалов переменное сопротивление диффузии вряд ли удастся использовать, поскольку обратная диффузия значительно затруднена. В связи с этим пенопластовые изоляционные материалы не следует применять в качественных и сложных строительных конструкциях.

5.6 Устойчивость к деформации

Высокоэффективная система пароизоляции «INTELLO®» не дает усадки. Она может быть уложена плотно натянутой и без провисаний. Система «INTELLO®» обладает высокой эластичностью и прочностью на разрыв.

5.7 Механическая прочность

Системы «INTELLO®» и «INTELLO®PLUS» обладают повышенной сопротивляемостью к разрыву при креплении гвоздями. Это означает, что полотна материала в местах крепления надежно защищены от разрывов и разрастания трещин.

5.8 Когда следует выполнять установку пароизоляционной системы

При укладке теплоизоляции и пароизоляции необходимо учитывать тот факт, что теплоизоляционный материал, в особенности в зимнее время года, не должен долго оставаться без пароизоляции. Без пароизоляции влажный воздух беспрепятственно проникает в строительную конструкцию, охлаждается, в особенности в ночное время, в теплоизоляции, и является причиной выпадения конденсата.

Важно, чтобы материалы теплоизоляции и пароизоляции укладывались друг за другом. Пароизоляция должна, после укладки, также быть присоединена к смежным элементам конструкции, чтобы предотвратить выпадение конденсата на смежном участке.

5.9 Полупрозрачная структура

Высокоэффективная система пароизоляции «INTELLO®» является полупрозрачной, т. е. находящиеся за панелью материалы можно распознать. Система «INTELLO®» не является полностью прозрачной, т. е. такой, что края полосы видны бы были достаточно хорошо. Это имеет свое преимущество при соединении со смежными элементами конструкции, такими, как например, коньковые прогоны и срединные прогоны, слуховые окна и дымовые трубы, а также при приклеивании перекрывающихся полотен.

5.10 Рециркуляция и экология

Высокоэффективные системы пароизоляции «INTELLO®» и «INTELLO® PLUS» на 100% состоит из полиолефинов – специальная мембрана из полиэтиленполимера, нетканого материала и сетки из полипропилена. Это упрощает рециркуляцию.

Производительность системы «INTELLO®» проявляет себя также и в экстремальных климатических условиях, например, в высокогорье. С помощью систем пароизоляции и воздушной изоляции «INTELLO®» и «INTELLO®PLUS» в очередной раз подтверждается основное правило безопасности системы «pro clima»:

«Чем выше резервы высушивания строительной конструкции, тем больше может быть незапланированная нагрузка по влажности, под действием которой разрушения конструкции происходят не будет.»

Для получения дальнейшей информации, касающейся эксплуатации и конструктивных деталей обращайтесь в компанию ПЛАСТЭКС, Санкт-Петербург (www.plastex.ru)

6. Выводы

Строительные конструкции, оснащенные системой «pro clima INTELLO®», обладают исключительно большими резервами надежности, что позволяет предотвращать разрушения конструкций и образование плесени. Даже в условиях непредусмотренной или неизбежной в строительной практике нагрузки по влажности строительные конструкции, благодаря значительным резервам высушивания высокоэффективной системы пароизоляции, регулируемой в зависимости от влажности, обладают очень высоким потенциалом защищенности от разрушения.

Высокоэффективная система пароизоляции «INTELLO®» обладает самой большой в мире эффективной гибкостью сопротивления диффузии в любой климатической зоне и, тем самым, обеспечивает ранее недостижимую безопасность теплоизоляционных конструкций, независимо от того, идет ли речь о конструкциях, открытых для внешней диффузии, или о конструкциях, сложных с точки зрения физических характеристик, таких как кровли с диффузнонепроницаемыми покрытиями, а также с металлическими покрытиями.

Производительность системы «INTELLO®» проявляет себя также и в экстремальных климатических условиях, например, в высокогорье. С помощью систем пароизоляции и воздушной изоляции «INTELLO®» и «INTELLO®PLUS» в очередной раз подтверждается основное правило безопасности системы «pro clima»:

«Чем выше резервы высушивания строительной конструкции, тем больше может быть незапланированная нагрузка по влажности, под действием которой разрушения конструкции происходят не будет.»

Для получения дальнейшей информации, касающейся эксплуатации и конструктивных деталей обращайтесь в компанию «Пластэкс», Санкт-Петербург, www.plastex.ru.

Всеобъемлющая уникальная система безопасности

для детей и взрослых

Система «INTELLO®» защищает от образования плесени – интеллект + экологичность !



Система пароизоляции и воздухоизоляции INTELLO®

INTELLO®

«Интеллектуальная» одежда для вашего дома.



MOLL
bauökologische Produkte GmbH
Rheintalstr. 35-43
68723 Schwetzingen
www.proclima.de

- [1] TenWolde, A. et al.: "Air pressures in wood frame walls, proceedings thermal VII." Ashrae Publication Atlanta, 1999
- [2] IBP Mitteilungen 355: „Dampfdiffusionsberechnung nach Gläser - quo vadis?"
- [3] Deutsche Bauzeitung, Heft 12/89
Seite 1635ff
- [4] DAB 1995; Seite 1479; Heft 8
- [5] Klopfer, Heinz; Bauschäden-Sammlung, Band 11, Günter Zimmermann (Hrsg.), Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 1997
- [6] Klopfer, Heinz; ABCONIS: Wissen zum Planen und Bauen und zum Baupraktik:
Flankenübertragung bei der Wasserdampfdiffusion
Heft 1/1997, Seite 8-10
- [7] H.M. Künzel; Tauwasserschäden im Dach aufgrund von Diffusion durch angrenzendes Mauerwerk
wksb 41/1996; Heft 37; Seite 34-36
- [8] WUFI 2D 2.1 (Wärme- und Feuchte instationär);
PC-Programm zur Berechnung des gekoppelten 2-dimensionalen Wärme- und Feuchtetransports in Bauteilen
Fraunhofer Institut für Bauphysik
Infos unter www.wufi.de
- [9] DIN 4108-3: Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden
- Klimaabhängiger Feuchteschutz, Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung
Beuth-Verlag, Berlin 07/2001
- [10] WUFI 4.0 pro (Wärme- und Feuchte instationär);
PC-Programm zur Berechnung des gekoppelten Wärme- und Feuchtetransports in Bauteilen
Fraunhofer Institut für Bauphysik
Infos unter www.wufi.de

ИНФОРМАЦИЯ

www.plastex.ru

Компания «Пластэкс»,
Санкт-Петербург,
Россия

www.proclima.de

MOLL bauökologische Produkte GmbH

Rheintalstraße 35 – 43
68723 Schwetzingen
Germany

Fon: +49 (0) 62 02 – 27 82,0
Fax: +49 (0) 62 02 – 27 82,21
eMail: info@proclima.de
Internet: www.proclima.de