

**КОНТРОЛЬ НАД ОБРАЗОВАНИЕМ
КОНДЕНСАТА - ГЛАВНАЯ ЗАДАЧА
ДЛЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ
ИЗОЛЯЦИИ**

КОНТРОЛЬ НАД ОБРАЗОВАНИЕМ КОНДЕНСАТА – ГЛАВНАЯ ЗАДАЧА ДЛЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ИЗОЛЯЦИИ

В то время как высокотемпературные системы (например, трубопроводы отопления и горячего водоснабжения) в основном изолируются для экономии энергии и сокращения теплопотерь, системы с холодными носителями (например, трубопроводы с охлажденной водой систем кондиционирования воздуха или трубопроводы с хладагентом кондиционеров или морозильных камер) также нуждаются в защите от образования конденсата. В холодных системах, то есть в условиях, когда температура трубопровода ниже, чем температура окружающей среды, водяной пар может конденсироваться на холодной поверхности. Конденсация на строительном оборудовании может привести к значительным затратам. Поскольку изоляционные свойства материала сильно ухудшаются, когда он становится влажным, потери энергии могут резко возрасти, а также значительно возрастает риск коррозии. Помимо расходов на покрытие ущерба от коррозии, также могут быть понесены издержки из-за влажных потолков, испорченных товаров или сбоев в производственных процессах. Поэтому контроль над образованием конденсата должен быть основной целью при эксплуатации любой низкотемпературной изоляции.

ПРИЧИНЫ ОБРАЗОВАНИЯ КОНДЕНСАТА

В воздухе находится вода в газообразном состоянии. При заданной температуре и заданной относительной влажности воздух может содержать определенное количество водяного пара. При охлаждении воздуха до некоторой определенной температуры, он станет на 100% насыщен водяным паром. Такая температура известна как точка росы. Если бы воздух продолжал охлаждаться дальше ниже точки росы, часть воды больше не могла бы удерживаться в виде невидимого водяного пара и превратилась бы в жидкие капли росы (конденсат). Таким образом, теплый воздух может поглощать больше водяного пара, чем холодный воздух (рис. 1).

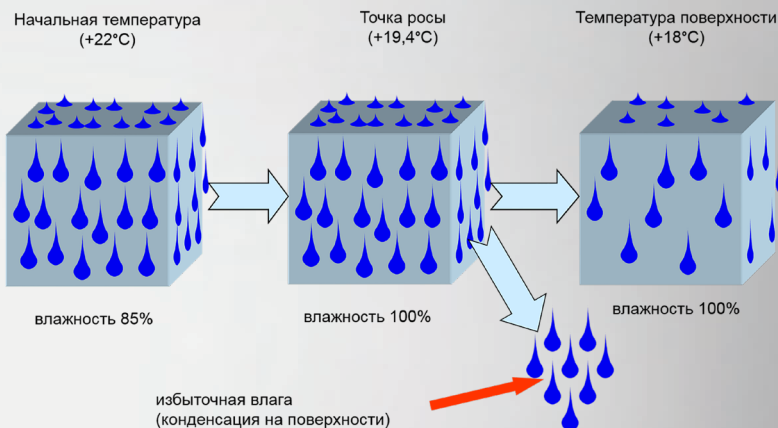


Рис. 1. Воздух не может поглощать неограниченное количество паров воды

Значения точки росы для каждого конкретного содержания водяного пара в воздухе при определенной температуре может быть просто взято из таблиц, представленных в специализированной литературе. Это показывает, насколько воздух с определенной относительной влажностью может охладиться без превышения относительной влажности до 100% и, следовательно, образования конденсата. Обычно воздух содержит только определенный процент влаги от максимально возможной влаги в воздухе при данной температуре. Это содержание выражается как относительная влажность воздуха и может быть определено двумя способами:

1. В отношении существующего содержания влаги в гр. на 1 м^3 воздуха к максимально возможному содержанию влаги в $\text{г}/\text{м}^3$ при данной температуре.
2. В отношении парциального давления водяного пара в воздухе к давлению насыщенного водяного пара.

Для выражения относительной влажности воздуха в процентах, каждая из полученных величин умножается на 100%.

ТЕМПЕРАТУРА НЕ ДОЛЖНА ОПУСКАТЬСЯ НИЖЕ ТОЧКИ РОСЫ

Применение этого физического закона при теплоизоляции холо-дильных установок означает, что толщина изоляции должна быть рассчитана таким образом, чтобы температура никогда не опускалась ниже точки росы в любом месте на поверхности изоляционного материала. В примере на рис. 2 толщина изоляции по расчету должна составлять не менее 17,2 мм, чтобы предотвратить образование конденсата (условия расчета: труба расположена в помещении, температура окружающей среды 25 °С, температура трубопровода -20 °С, относительная влажность 60%, внешний диаметр трубы 33,7мм, материал изоляции Armaflex ACE, покровный слой из оцинкованной стали). На практике редко можно выбрать теплоизоляцию, толщина которой одинакова с расчетной толщиной изоляции. Поэтому обычно из ассортимента изоляции выбирается следующая бóльшая толщина изоляции, ближайшая к расчетной. Для примера, приведенного на рис.2, ближайшая по ассортименту толщина изоляции равна 19 мм.



Для предотвращения образования конденсата необходимо сделать так, чтобы температура поверхности на изоляции всегда как минимум равнялась, а лучше превышала температуру точки росы в определенных условиях окружающей среды.

ТОЛЬКО ПРИ УСЛОВИИ ПРАВИЛЬНО РАССЧИТАННОЙ ТОЛЩИНЫ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ ОБЕСПЕЧИВАЕТСЯ ОПТИМАЛЬНАЯ ЗАЩИТА ОТ ОБРАЗОВАНИЯ КОНДЕНСАТА

Чтобы рассчитать температуру поверхности или толщину изоляции, необходимую для обеспечения температуры поверхности выше точки росы, должны быть известны или определены температура трубопровода и условия окружающей среды. К условиям среды относятся температура окружающей среды и ее относительная влажность должны выбираться их максимальные известные или предполагаемые значения, которые могут быть достигнуты в процессе эксплуатации системы. Кроме этого, необходимо знать теплопроводность изоляционного материала, вид объекта (труба/воздуховод и т. п.), который подлежит изоляции, и, наконец, коэффициент теплоотдачи поверхности изоляции (покровного слоя). Формулы расчета толщины изоляции хорошо известны. Однако важно знать, как отдельные факторы влияют на расчет толщины теплоизоляции и на ее дальнейшие эксплуатационные свойства.

ВЛИЯЮЩИЕ ФАКТОРЫ

Условия окружающей среды

Чтобы определить минимальную толщину теплоизоляции для низкотемпературных систем, в случае, если реальные условия эксплуатации изоляции неизвестны, до расчета должны быть сделаны предположения о типичных условиях окружающей среды. Максимальные значения, указанные в табл. 1, были предоставлены изоляторами, проектировщиками и технологами. Они отражают типичные условия, обычно используемые при определении толщины низкотемпературной теплоизоляции.

Типичной ошибкой является недооценка влияния относительной влажности на толщину теплоизоляции, необходимую для предотвращения образования конденсата. Например, в определенных условиях увеличение влажности всего лишь на 10 процентов может означать, что при расчете изоляционный слой должен быть в два раза толще.

Таблица 1: Типичные условия окружающей среды для низкотемпературной изоляции

	Максимальная температура окружающей среды [°C]	Максимальная относительная влажность [%]
Технические помещения	32	75
Трубопроводные шахты/ трубопроводы		
- "сухие"	24	65
- "влажные"	22	85
Подвалы	22	85
Пространство над подвесными потолками)	24	65
Помещения в офисах, школах и больницах	28	70
Подземные парковки автомобилей		
- вентилируемые	22	85
- плохо вентилируемые	26	89
Объекты производства продуктов питания	20	90

Теплопроводность изоляционного материала

Значения теплопроводности материалов, используемых для технической изоляции, варьируются от 0,030 до 0,060 Вт/(мК).

Одним из параметров, влияющих на теплопроводность, является средняя температура слоя теплоизоляции. Для эластомерных изоляционных материалов, таких как Armaflex ACE, теплопроводность увеличивается с повышением температуры. Это оказывает решающее влияние на толщину изоляции, поскольку, чем выше теплопроводность, тем толще требуется изоляционный слой.

Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности

Коэффициент теплоотдачи поверхности зависит от типа среды, скорости ее потока, характера поверхности (грубая или гладкая, блестящая или темная) и ряда других параметров. Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности обычно включает в себя теплопередачу через конвекцию, теплообмен и излучение.

Конвекция вносит существенный вклад в улучшение коэффициента теплоотдачи. Чем быстрее поток окружающего воздуха, тем больше тепла передается. Поэтому на практике и при проектировании системы важно обеспечить, чтобы трубы и воздуховоды имели достаточное расстояние друг от друга, от стен и других установок. Если это не так, то из-за недостатка пространства не только трудно установить изоляционный материал профессионально, но и существует опасность создания зоны застоя. В таких зонах нет циркуляции воздуха (конвекции), необходимой для обеспечения достаточно высокой температуры поверхности, то есть в таких зонах застоя воздуха коэффициент теплоотдачи поверхности становится ниже (рис. 3). В результате значительно возрастает риск образования конденсата.

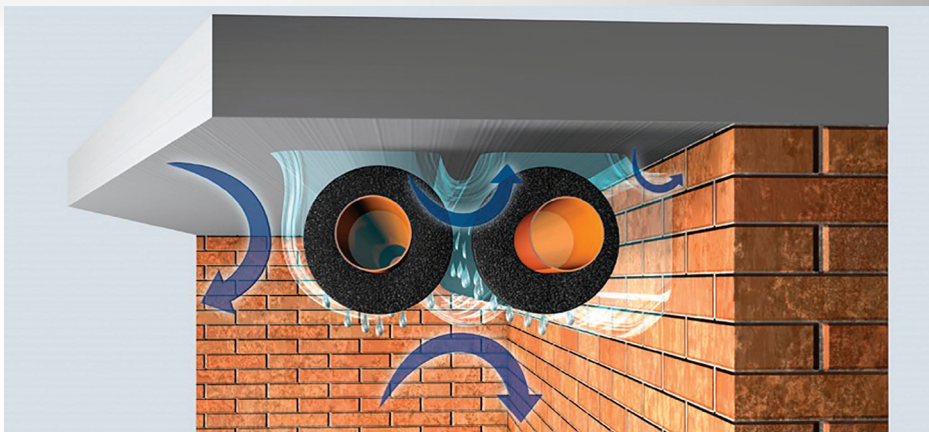


Рис. 3: Зоны застоя воздуха мешают конвективной теплопередаче

Именно поэтому требуется зазор не менее 100мм между трубами с установленной изоляцией, а также между такими трубами и стенами или потолком. Для резервуаров, оборудования и т.д. расстояние должно составлять не менее 1000мм. Более подробную информацию можно найти в соответствующей документации (рис.4)

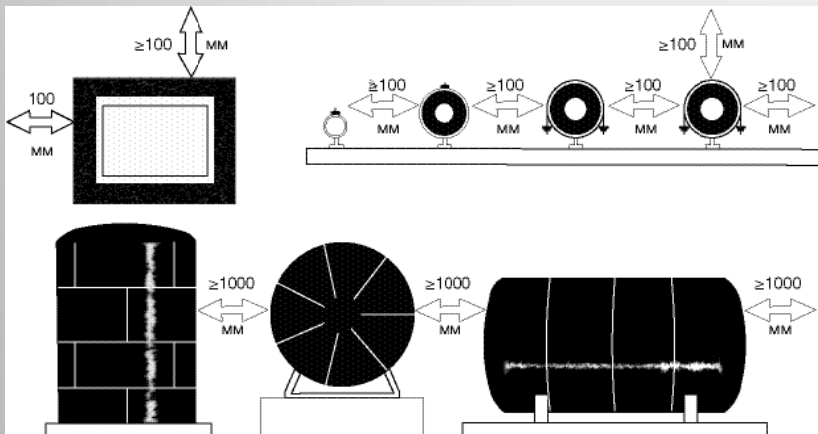


Рис. 4: Минимальные расстояния между изолированными трубами и объектами

Тепловое излучение является видом теплопередачи, где тепло передается через электромагнитные волны. Для передачи энергии через излучение не требуется передающая среда, в отличие от теплопроводности или конвекции (теплового потока), т.е. тепловое излучение может распространяться даже в вакууме. В случае теплового излучения механизм теплообмена состоит из двух подпроцессов:

- Излучение: на поверхности тела с высокой температурой тепло превращается в энергию излучения.
- Поглощение: излучение, попадая на поверхность тела с более низкой температурой, преобразуется в тепло.

Темные тела излучают больше энергии излучения, чем светлые; с другой стороны, темные тела поглощают больше тепловой энергии, чем светлые.

Величиной способности материала к излучению является коэффициент излучения ϵ . Мерой поглощающей способности материала является коэффициент



Рис. 5 Различный вид и цвет поверхности изоляции обуславливает различные коэффициенты теплоотдачи поверхности.

поглощения α . Способность тела определенного цвета к излучению столь же велика, как и его поглощающая способность. Например, емкость полностью черного цвета обладает наибольшей как поглощающей, так и излучающей способностью. В таблице 2 приведены коэффициенты излучения и поглощения некоторых типичных поверхностей систем изоляции. Как видно из таблицы, в основном цвет и характер поверхности изоляционного материала или его покровного слоя помимо влияния других излучающих тел определяет вклад коэффициента поглощения α в коэффициент теплоотдачи. Изоляционный материал на основе синтетического каучука поглощает гораздо больше тепловой энергии, чем, например, алюминиевая фольга. Это оказывает положительное влияние на толщину изоляции, необходимую для предотвращения образования конденсата, т.е. чем выше поглощающая способность, тем меньше толщина изоляции.

Таблица 2: Излучающая способность(ϵ)/поглощающая способность(α) различных поверхностей.

Материал и состояние поверхности	$\epsilon = \alpha$
Алюминиевая фольга, блестящая	0,05
Алюминий, окисленный	0,13
Сталь, оцинкованная, блестящая	0,26
Сталь, оцинкованная, запыленная	0,44
Нержавеющая аустенитная сталь	0,15
Алюминий - цинк, гладко отполированный	0,16
Arma-Chek Silver	0,83
Лист металла, покрытый краской	0,90
Пластиковое покрытие	0,90
Гибкий вспененный эластомер	0,93
Arma-Chek R	0,93
Arma-Chek D	0,94

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЛЩИНЫ ИЗОЛЯЦИИ

Важным фактором при расчете толщины изоляционного слоя, необходимого для предотвращения образования конденсата, является тот факт, изолируется ли плоская поверхность или

цилиндрический объект (труба). Для цилиндрических объектов в расчет должны быть включены не только условия окружающей среды и вид покровного слоя, но и логарифмическое отношение диаметра трубы с изоляцией к диаметру трубы без нее. Следствием этого является то, что для труб более тонкой изоляции достаточно для достижения такого же эффекта, т. е. для получения такой же температуры поверхности, что и на плоских поверхностях. То же самое относится к толщине изоляции труб разных диаметров – для труб меньшего диаметра требуется меньшая толщина изоляции (рис.6). Решение может быть определено только итерационно.

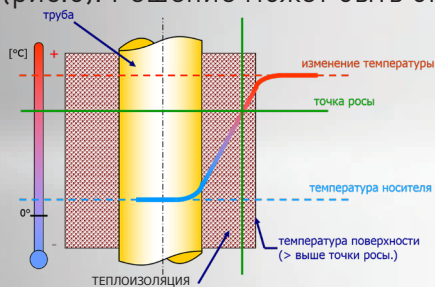


Рис. 6: Меньшие диаметры труб требуют меньшую толщину изоляции.

Чтобы избежать необходимости выполнять эту сложную процедуру расчета толщины изоляции по формулам вручную, можно использовать программу расчета, такую как новая программа ArmWin, предоставляемую Armacell.

Помимо расчета минимальной толщины изоляции, необходимой для контроля над формированием конденсата, эту программу можно использовать для выполнения всех типовых расчетов как в области охлаждения и в области кондиционирования воздуха, так и в отоплении, и водопроводных системах. Armacell полностью изменил свою программу расчета и теперь предлагает ArmWin в качестве удобной для пользователя помощи в режиме онлайн и офлайн, а также в качестве приложения. По сравнению с предыдущей версией, теперь технические расчеты выполнять проще и быстрее. Требуемые вводные данные сведены к минимуму. Новые параметры включают возможность ввода отдельных данных по рассматриваемому проекту и хранения вычислений в формате pdf. Кроме того, ArmWin предоставляет различные интерактивные функции: расчеты могут быть отправлены напрямую, программа

связана с информацией о продукте на веб-сайте Armacell, а ключевые термины объясняются в глоссарии.

Вывод

Предотвращение образования конденсата на поверхности является минимальным требованием, которому должна отвечать любая низкотемпературная изоляция на протяжении длительного периода, даже в критических условиях эксплуатации. Для этого необходимо использовать правильную толщину изоляционного слоя. Другим важным фактором является качество, как материала, так и монтажа изоляции. В частности, при применении в условиях низких температур лучше, чтобы работу по установке изоляции выполнял квалифицированный специалист. Проектировщики и монтажники часто рискуют, пренебрегая качеством для низкотемпературной изоляции, например, используя неподходящие материалы или закладывая в проекты и устанавливая неподходящую толщину изоляции.

Минимальная толщина изоляции, которая предотвращает образование конденсата, обычно не является оптимальной, т.к. рассчитывается без учета минимизации потерь энергии. Как показывают результаты исследования, проведенного Armacell, при увеличении толщины изоляции по сравнению с толщиной, требуемой по расчету на предотвращение конденсата, возможны гораздо более высокие уровни экономии энергии и сокращения выбросов CO₂. Толщина изоляции, превышающая толщину, необходимую для контроля над образованием конденсата, требует ненамного более высоких инвестиций, однако они окупаются в течение времени эксплуатации системы и позволяют достичь существенной экономии денежных средств уже через несколько лет.



Телефон (0251) 7603-0
Факс (02 51) 7603-51
info.de@armacell.com

АВТОР

Микаэла Штеркман

Технический менеджер Armacell EMEA

ООО «Термафлекс Изоляция +»
129626, Москва, Ул. 3-я Мытищинская, д.16, стр.3, корп.21-Б
Телефон +7 495 981 11 50
Электронная почта
russia@thermaflex.com