

ArmWin AS – Technická knihovna

- μ -faktor
- Armaflex s mezní vrstvou navíc
- Výpočtové metody
- Ochrana proti kondenzaci
- Kondukce
- Konvekce
- Rosný bod
- Energetická úspora u izolované trubky nebo plochého povrchu
- Konstrukční tloušťka stěny
- Součinitel vnějšího povrchu
- Pružná elastomerová pěna
- Tepelný tok
- Součinitel vnitřního povrchu
- Dlouhodobé chování
- Metrické / americké jednotky
- Teplota vnějšího povrchu
- Jednotky prostupnosti
- Jednotky tlaku
- Zabránění zamrznutí stojící vody v trubce
- Záření
- Relativní vlhkost
- Měrná tepelná kapacita
- Stacionární médium
- Součinitel povrchu
- Změna teploty proudícího média
- Jednotky teploty
- Tepelná vodivost
- Tepelná izolace
- Tepelný odpor
- Součinitel tepelného odporu
- Šíření tepla
- Parotěsná zábrana
- Propustnost vodní páry
- Permeance vodní páry
- Odpor vůči pronikání vodní páry

Veškeré výpočty jsou založeny na aplikaci ArmWin AS V1.0 – výpočtovém programu společnosti Armacell – a vycházejí z ISO EN 12241:1998. Výpočty pronikání vodních par byly provedeny Dr. Ernstem W. Behrensem: Bauphysik 25/1 (2003), str. 35-38, a 26/4 (2004), str. 204.

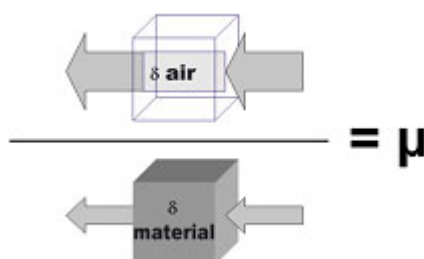
Faktor difúzního odporu μ

Faktor difúzního odporu μ získáme, když vydělíme součinitel difúze vodní páry ve vzduchu propustností vlhkosti pórovitého materiálu.

Hodnoty budou souviset s různými hnacími mechanismy, které se používají pro posouzení přenosu vodní páry přes pórovitý materiál, což může být buď objemová vlhkost nebo parciální tlak vodní páry. Naměřené hodnoty budou také záviset na teplotě.

Pro vzduch o teplotě 0°C je faktor difúzního odporu $658,07 \cdot 10^{-9} \text{ kg}/(\text{m} \cdot \text{h} \cdot \text{Pa})$.

Faktor difúzního odporu vodní páry μ



Součinitel difúzního odporu vodní páry, obvykle nazývaný μ -faktor, je proto bezrozměrným číslem popisujícím, kolikrát lepší je určitý materiál nebo výrobek v odporu proti průchodu vodních par ve srovnání s ekvivalentní tloušťkou vzduchu.

To znamená, že vysoký μ -faktor = vysoký odpor proti pronikání vodní páry.

Když porovnáváte různé výrobky, a omezení difúze je stejné, musí být ekvivalentní tloušťka vzduchové vrstvy vždy stejná.

Příklad:

- $\mu = 10.000$ $d = 0,014$ m $\rightarrow \mu \cdot d = 140$ m
- $\mu = 7000$ $d = 0,020$ m $\rightarrow \mu \cdot d = 140$ m
- $\mu = 5000$ $d = 0,028$ m $\rightarrow \mu \cdot d = 140$ m
- $\mu = 3000$ $d = 0,047$ m $\rightarrow \mu \cdot d = 140$ m

Zde vidíte, že čím nižší je μ -faktor, tím silnější vrstva izolace je nutná pro dosažení stejného omezení difúze.

Armaflex s mezní vrstvou navíc

Aby se předešlo kondenzaci ve výrobním procesu, v chladírenských a klimatizačních sektorech, je nutné zvolit takovou tloušťku izolace tak, aby teplota na povrchu izolace byla alespoň rovna teplotě rosného bodu okolního vzduchu. Protože rozdíl mezi teplotou studeného média (nebo povrchu) a teplého okolního vzduchu způsobuje také rozdíl parciálního tlaku, je nezbytné minimalizovat šíření vlhkosti do izolace.

Výrobky Armaflex mají strukturu uzavřených buněk, jež nabízí vysoký odpor vůči pronikání vodní páry a minimalizuje škodlivé účinky, jež může tento proces mít na účinnost izolace.

V praxi se na izolaci Armaflex často aplikuje ještě mezní vrstva. V takovém případě musí být při zvažování změny koeficientu přestupu tepla povrchu tloušťka izolace elastomerového materiálu navýšena o hloubku vrtání probíhajícího šroubu.

V minulosti – ve snaze snížit nevyhnutelně rostoucí náklady – volili specialisté namísto větší tloušťky elastomerové izolace mezní vrstvu vyrobenou z materiálu se strukturou otevřených buněk, aby vykompenzovali hloubku vrtání šroubu probíhajícího deskou. V důsledku toho se výrazně snížila povrchová teplota pružného izolačního materiálu a kritická teplota rosného bodu (průniková zóna) se přesune do materiálu s otevřenou strukturou. Proto ta vrstva navíc, protože ukládání vody bylo a stále zůstává příčinou koroze uvnitř mezní vrstvy.

Po aktualizaci v roce 1996 zrušila norma DIN 4140 Pracovní izolace na provozně technických zařízeních v průmyslu a v technických zařízeních budov – Provádění tepelné a chladicí izolace mezní vrstvu jakožto ochranu izolačního materiálu v oblasti chladicí izolace.

Jako alternativa se provádí vzduchová mezera navíc s otevřením mezní vrstvy. Tato vzduchová mezera musí být alespoň 15 mm široká. Kromě toho musí být provedeny odtokové a větrací otvory o tloušťce alespoň 10 mm s odstupem maximálně 300 mm.

Tato montáž, která platí i pro objekty instalované venku a mající provozní teplotu nižší než +120°C, vede k oddělení mezní vrstvy a izolačního materiálu, takže dochází k jakémusi odvětrávání izolačního materiálu a je možno zabránit vytváření vlhkosti předem. Kromě toho je umožněno, že kondenzát může odkapávat vzduchovou mezerou a nedostane se do izolačního materiálu. Toto musí být samozřejmě vzato příslušně v úvahu ve vztahu ke stavebnímu nastavení distančních prvků.

Výpočtové metody

Jsou k dispozici následující výpočtové metody

- » Ochrana proti kondenzaci
- » Teplota vnějšího povrchu
- » Šíření tepla
- » Tepelný tok
- » Změna teploty proudícího média
- » Změna teploty stacionárního média
 - výpočet doby
 - výpočet teplotní změny
- » Zabránění zamrznutí stojící vody v trubce
- » Dlouhodobé chování
- » Energetická úspora

Pravidla pro výpočty

- » EN ISO 12241:1998
- » Tepelná izolace staveb a průmyslových zařízení – Pravidla pro výpočty

Ochrana proti kondenzaci

Výskytu kondenzační vody lze zabránit, pokud zajistíme, aby byla izolace dimenzována tak, že její povrchová teplota je vyšší než teplota rosného bodu, a to i v kritických místech (= tzv. tepelné mosty).

Nutná minimální tloušťka izolace se určí na základě následujících ovlivňujících proměnných:

- minimum teplota vedení,
- maximální teplota okolního vzduchu,
- maximální relativní vlhkost,
- součinitel vnějšího povrchu,
- součinitel vnitřního povrchu (u plynů),
- tepelná vodivost izolačního materiálu za daných teplotních podmínek.

Důležitou roli pro stanovení rozměrů hraje konstrukční tloušťka stěny.

Když je na správně dimenzovanou izolaci AF/Armaflex namontován další systém, např. plechové opláštění na vzduchové vrstvě, vede to ke změně teplotního profilu v izolaci. Teplota povrchu izolace Armaflex výrazně klesne, tj. kritická teplota rosného bodu (zóna pronikání vlhkosti) se přesune do vzduchové vrstvy.

Kondukce

Teplo je přenos energie mezi spojenými systémy způsobený výhradně rozdílem v teplotě.

Pro přenos tepla jsou rozeznávány tři mechanismy a – v závislosti na okolnostech – mohou probíhat odděleně nebo souběžně.

- Kondukce
- Konvekce
- Záření

Kondukce je přenos tepla v pevné látce způsobený teplotním rozdílem. Energie je přenášena pohybem stavebních molekul a částí pevné látky.

Tepelná vodivost je měřítko rychlosti přenosu tepla látkou. Velmi dobrými vodiči tepla jsou obvykle kovy. Měď má tepelnou vodivost $401 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1} \text{ K}^{-1}$.

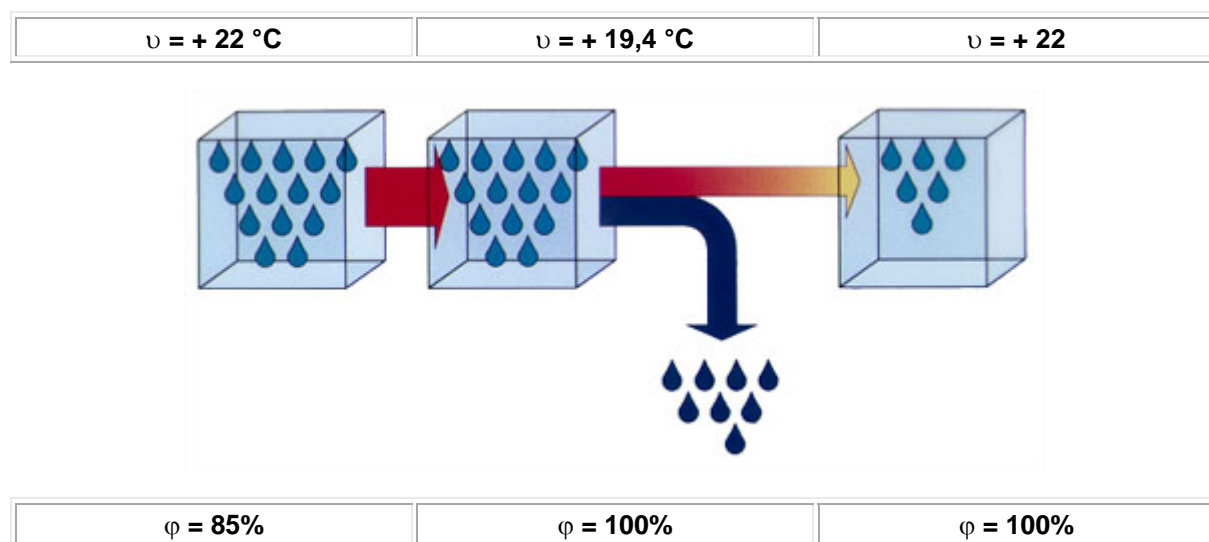
Teplota rosného bodu

Teplota rosného bodu – nazývaná také teplota nasycení – je taková teplota, při níž je vzduch nasycen vodní párou a voda kondenzuje, pokud teplota vzduchu dále klesne.

Obecně platí, že teplý vzduch je schopen vstřebat více vody než studený vzduch.

Atmosférický vzduch o určité teplotě a obsah vodní páry se ochladí, když se dostane do blízkosti trubky, teplota jejíhož média je nižší než teplota okolního vzduchu. Protože přítomné množství vodní páry se tak, jak se vzduch ochlazuje, nesníží, vzduch při určité teplotě dosáhne 100 % nasycení vodní párou.

Pokud v takové situaci vzduch na objektu pokračuje v ochlazování, část vody již nebude dále absorbována ve formě vodní páry a přemění se na kapalnou vodu. Tak vzniká kondenzace, známá také jako sražená voda.



U montáže v chladicích zařízeních to znamená, že tloušťka izolace musí být stanovena tak, aby teploty v kterémkoli místě na povrchu izolačního materiálu nebyly nižší než teplota rosného bodu.

Konvekce

Teplu přenášené pohybem kapalných částic je známé jako konvekce. Kapalina nebo plyn se zahřívají stykem s teplem povrchem, proud kapaliny nebo plynu se vzdaluje a přenáší v částicích, které se vzdalují, s sebou teplo.

Přenos tepla konvekcí může být nucený nebo přirozený. Nucená konvekce vyžaduje vnější činitel jako je čerpadlo, míchadlo, větrák. Příkladem nucené konvekce je také chladicí účinek větru.

Přirozená konvekce je přenos tepla mezi pevnou látkou a kapalinou způsobený pouze rozdílem teplot těchto dvou látek. Pohyb kapaliny je způsoben výhradně přirozenými vztlačovými silami vyvolanými měnící se hustotou kapaliny v blízkosti povrchu.

Tok uvnitř kapalného média může být laminární nebo turbulentní, což má vliv na rychlost přenosu tepla. Druh toku je kromě toho ovlivňován tvarem a orientací pevné látky.

Energetická úspora u izolované trubky nebo plochého povrchu

Investoři často požadují, aby byla odhadnuta budoucí spotřeba energie otopného zařízení. Spotřeba energie závisí – kromě jiných faktorů – na tloušťce použité izolace. Za předpokladu, že známe kilometrické hodnoty paliva (plynu nebo oleje) a vstupní údaje do výpočtového listu společně s cenou za jednotku oleje, plynu a elektřiny, program ArmWin AS vypočte energetické úspory za požadované časové období ve srovnání s neizolovanou trubkou nebo nádobou. Zvažované časové období zahrnuje provozní dobu otopné soustavy: počet let, pracovních dnů v roce (topné sezóně) a pracovních hodin za den (průměrný počet za celou topnou sezónu). Energetické úspory se vypočítávají jako množství paliva nebo elektrické energie v kWh, jež se ušetří za požadované časové období. Tyto úspory se také převádějí na přímou hodnotu úspory nákladů, a to na základě příslušné ceny paliva nebo elektrické energie.

Více informací o možnostech úspor při izolaci potrubí je k dispozici v technickém oddělení společnosti Armacell.

Konstrukční tloušťka stěny

Předtvarovaná trubice AF/Armaflex, která byla speciálně vyvinuta pro studená potrubí za účelem ochrany proti kondenzaci, je vyrobena tak, aby u konkrétní nominální tloušťky stěny se skutečná tloušťka stěny zvětšila o tolik, o kolik se zvětší délka vrtu. Pro konkrétní soubor konstrukčních podmínek je tudíž skutečná tloušťka stěny zvýšena tak, aby byla zachována požadovaná teplota vnějšího povrchu izolace.

Pro následující soubor podmínek:

- teplota okolního vzduchu: 22°C
- teplota potrubí: 6°C
- relativní vlhkost: 85 %

je rosný bod 19,4°C.

Minimální tloušťka izolace nutné pro zvýšení teploty vnějšího povrchu na výše uvedený rosný bod je: (součinitel vnějšího povrchu 9 W/(m².K))

Vnější průměr trubky mm	Tloušťka izolace mm
15	12,3
22	13,3
42	14,9
60	15,7
89	16,5
114	17,0

Tloušťka stěny hadic AF-3 byla konstruována tak, aby požadovaná tloušťka splňovala výše uvedené podmínky. Konstrukční tloušťka stěny odstraňuje nutnost vypočítávat správnou tloušťku izolace pro každý jednotlivý průměr trubky.

Součinitel vnějšího povrchu

Pro účely výpočtu je obecně akceptováno, že následující hodnoty nebo součinitele vnějšího povrchu mohou být použity pro výpočty zhotovované pro standardní podmínky zařízení (vnitřních nebo vnějších) izolovaných těmito materiály:

SH/Armaflex buď nenatřený šedý a/nebo ošetřený nátěrem Armafinish 99	10 W/(m ² ·K)
AF/Armaflex, NH/Armaflex, HT/Armaflex buď nenatřený černý a/nebo ošetřený nátěrem Armafinish 99	9 W/(m ² ·K)
Kovové opláštění, např. pozinkované	7 W/(m ² ·K)
Lesklý kovový povrch, např. hliník nebo nerezová ocel	5 W/(m ² ·K)
Neizolovaný	18 W/(m ² ·K)

Poznámka k výpočtu "Ochrana proti kondenzaci":

Jako základ výpočtů nelze vzít vyšší hodnoty součinitele vnějšího povrchu způsobené přítomností pohybu vzduchu (nucená konvekce), protože tloušťky izolačních vrstev vypočtené tímto způsobem by měly nepřiměřený odpor vůči difúzi vodní páry (hodnotu μ d). Omezená konvekce způsobená „neprůchodnými zónami“ (příliš málo místa, špatně větrané dutiny) má za výsledek nižší součinitele vnějšího povrchu. V takových případech je nezbytný výpočet podle normy ISO 12241:1998.

Pružná elastomerová pěna

Pružná pěna se strukturou uzavřených buněk vyrobená ze syntetického kaučuku a obsahující další polymery a jiné chemické látky, jež může být upravována organickými nebo neorganickými přísadami.

Tepelný tok

Aby se ušetřila energie, je v praxi často vyžadováno, aby nebyla překročena určitá hodnota tepelného toku.

Jedna nutná hodnota je:

- součinitel vnějšího povrchu
- součinitel vnitřního povrchu

Hustota tepelného toku q je tepelný tok daný do vztahu k jednotkové ploše. Jednotkou je W/m².

V izolační technologii je hustota tepelného toku dáována do vztahu k ploše izolačního systému.

Lineární hustota tepelného toku je tepelný tok vydělený délkou; jednotkou je W/m.

Součinitel vnitřního povrchu

Podle normy EN ISO 12241 je součinitel vnitřního povrchu proudícího média (kapaliny) velmi vysoký a může být v případě proudícího média v potrubí ignorován.

Přibližná hodnota: 1000 W/(m²·K)

Avšak mělo by k němu být přihlédnuto u větracích vedení a potrubí. V takových případech je nutný výpočet v souladu s EN ISO 12241.

Přibližná hodnota: 30 W/(m²·K) (plynné)

Dlouhodobé chování nízkoteplotních izolací

Nejdůležitějším úkolem nízkoteplotní izolace je předejít kondenzaci a minimalizovat energetické ztráty po celou životnost zařízení. Když vybíráme a určujeme tloušťku nízkoteplotní izolace, je nutné pamatovat, že energetické ztráty mohou během životnosti výrazně vzrůst, a to v důsledku pronikání vlhkosti.

Spolehlivý izolační systém musí proto poskytovat ochranu proti nepřipustnému pronikání vlhkosti. S každým procentem objemu vlhkosti se zvyšuje tepelná vodivost a zhoršuje se účinnost izolace. Výsledkem jsou nejenom vyšší energetické ztráty, ale zároveň pokles teploty povrchu. Pokud klesne pod teplotu rosného bodu, dojde ke kondenzaci. Pouze pokud se tepelná vodivost izolačního materiálu výrazně nezvýší v důsledku pronikání vlhkosti, je možno zaručit, že teplota povrchu zůstane dokonce i po mnoha letech provozu nad rosným bodem.

Množství vlhkosti, které dokáže proniknout izolací v důsledku difúze vodní páry, závisí na faktoru difúzního odporu (μ -faktoru), který vykazuje izolace. Čím nižší je μ -faktor izolačního materiálu, tím vyšší je obsah vlhkosti – a tak i energetické ztráty – během ubíhajících let. Toto je nutné brát v potaz, když vybíráme izolační materiál.

Za normálních okolností je pravděpodobnost, že vodní pára v izolačním materiálu z kondenzuje, a přispěje tak ke zvýšení tepelné vodivosti, nižší, než se obvykle předpokládá. Jedním z důvodů je skutečnost, že výpočet tloušťky izolace potřebné pro ochranu před kondenzací vychází z maximálních okolních podmínek. Není ovšem moc pravděpodobné, že by zároveň bylo dosaženo maximální teploty okolního vzduchu a maximální vlhkosti předpokládané pro účely výpočtu. V hraničních případech je také obvyklé, že se u nízkoteplotních izolací – také kvůli úspoře energie – použije o něco silnější vrstva izolace než je nutné pro pouhé zabránění kondenzaci.

Po provedení revizí byly výpočtové rovnice začleněny do normy VDI 2055, části 1.

Metrické / americké jednotky

1 coul (in)	=	25,4 mm
1 stopa (ft)	=	0,3048 m
1 yard (yd)	=	0,9144 m
1 míle (nm)	=	1,609 km
1 námořní míle (USA) (stm)	=	1,852 km

Teplota vnějšího povrchu

Z provozních důvodů je často v praxi stanoveno, že má být udržována určitá teplota povrchu nebo teplota povrchu vyšší než teplota okolí.

Teplota povrchu není měřítkem kvality tepelné izolace.

Ta závisí nejen na prostupu tepla, ale také na provozních podmínkách, jež nemohou být snadno určeny nebo garantovány výrobcem. K těmto podmínkám patří mimo jiné: teplota okolního vzduchu, pohyb vzduchu, stav povrchu izolace, působení blízkých vyzařujících těles, meteorologické podmínky atp. Dále bude nutné provést odhady provozních parametrů. Na základě všech těchto parametrů je možné vypočítat potřebnou tloušťku izolace.

Jednotky propustnosti

Obvyklá jednotka je: $\text{kg}/(\text{m} \cdot \text{h} \cdot \text{Pa})$

Další jednotky jsou:

1 $\text{kg}/(\text{m} \times \text{s} \times \text{Pa})$	=	$\text{kg}/(\text{m} \times \text{h} \times \text{Pa}) \times 3600$
1 $\text{kg}/(\text{m} \times \text{s} \times \text{Pa})$	=	$\mu\text{gm}/(\text{Nh}) \times 2,778 \times 10^{13}$
1 $\text{kg}/(\text{m} \times \text{s} \times \text{Pa})$	=	$\text{gm}/(\text{s} \times \text{MN}) \times 10^{-9}$
1 $\text{kg}/(\text{m} \times \text{s} \times \text{Pa})$	=	$\text{g}/(\text{m} \times \text{h} \times \text{mmHg}) \times 479,17 \times 10^{-6}$
1 $\text{kg}/(\text{m} \times \text{s} \times \text{Pa})$	=	$\text{g}/(\text{m} \times \text{s} \times \text{bar}) \times 10^{-8}$
$2,97 \times 10^{-10} \text{ kg}/(\text{m} \times \text{h} \times \text{Pa})$	=	$\text{g}/(\text{m}^2 \times 24\text{h})$
$3,6 \times 10^{-8} \text{ kg}/(\text{m} \times \text{h} \times \text{Pa})$	=	$\text{g}/(\text{MN} \times \text{s})$
$0,52 \times 10^{-8} \text{ kg}/(\text{m} \times \text{h} \times \text{Pa})$	=	$\text{gr} \times \text{in}/(\text{h} \times \text{ft}^2 \times \text{inHg})$ "perm-in"

Jednotky tlaku

Obvyklou jednotkou je Pa.

Další jednotky:

1 bar	=	10 ⁵ Pa
1 N/m ²	=	1 Pa
1 kp/m ²	=	9,81 Pa
1 Torr	=	133 Pa

Zabránění zamrznutí stojící vody v trubce

Je nemožné zabránit zamrznutí kapaliny v trubce po libovolně dlouhou dobu, i když je trubka izolována. Jakmile se kapaliny (obvykle voda) v trubce zastaví, začíná proces chladnutí. Doba zamrznutí závisí na toku tepla a průměru trubky. Tepelný tok stacionární kapaliny je určován počáteční energií uloženou v kapalině, izolačním materiálem a materiálem potrubí i skupenským teplem vody měnící se na led.

V zásadě platí, že by nemělo dojít k zamrznutí průřezu potrubí, protože průřezy potrubí jsou dimenzovány dle potřeby. Avšak v jednotlivých případech může dojít k ústupkům a na požádání může být zvoleno vytváření ledu.

Záření

Přenos tepla zářením se liší od ostatních dvou mechanismů (kondukce a konvekce). Záření je přenos energie, k němuž nejnádhněji dochází ve vakuu a probíhá mezi všemi skupenstvími látek. Všechny látky, které mají teplotu vyšší než absolutní nula (-273°C) uvolňují záření v důsledku vibrací elektronů uvnitř molekul látky.

Množství vyzařené energie závisí na absolutní teplotě tělesa podle Stefan-Boltzmannovy rovnice.

Tato rovnice se dá striktně použít pouze na „černé těleso“, které je ideálním zářičem. Skutečná látka vyzařuje méně energie a její poměr k energii vyzařované z „černého tělesa“ je definován jako sálavost látky.

Relativní vlhkost

Dané množství vzduchu je schopno zadržet malé množství vodní páry a toto (maximální) množství vodní páry závisí na teplotě vzduchu.

Vzduch vždy nezadrží maximální možné množství vodní páry, takže obvykle se množství obsažené vodní páry vyjadřuje jako procento tohoto maxima:-

$$\text{Relativní vlhkost} = \frac{\text{skutečně obsažené množství vodní páry}}{\text{maximální množství vodní páry, jež může být zadrženo při konkrétní teplotě}}$$

neboli

$$\text{Relativní vlhkost} = \frac{\text{skutečný parciální tlak vodní páry}}{\text{tlak nasycené páry}}$$

Při teplotě 22°C je maximální množství vodní páry, jež je vzduch schopen zadržet, tj. stane se nasyceným, 16,6 g / kg při normálním tlaku. Při relativní vlhkosti 85% bude tedy skutečné množství vodní páry 14,1 g/kg. Pokud se teplota vzduchu nyní sníží na 19,4°C, skutečné množství vodní páry se nezmění, ale relativní vlhkost se zvýší na 100%, tj. při 19,4°C je maximální množství vodní páry, jež může vzduch zadržet, 14,1 g/kg. Teplý vzduch je schopen zadržet více vodní páry než studenější vzduch, proto když se teplý vzduch dostane do styku se studeným povrchem, vzduch v blízkosti povrchu se ochladí a může překročit svou hranici nasycení a tak může dojít ke kondenzaci.

Měrná tepelná kapacita

Tepelná kapacita materiálu je množství energie nutné pro zvýšení teploty o jeden kelvin.

Měrná tepelná kapacita se tudíž vztahuje k objemové hmotnosti materiálu a měří se J/(Kg·K), tj. kilojoules na kilogram na Kelvin.

Izolační materiál s vysokou měrnou tepelnou kapacitou má tendenci předávat tepelnou stálost izolovanému systému, protože za měnících se tepelných podmínek bude teplo absorbováno materiálem a nepovede to k rychlému zahřátí nebo ochlazení média.

Několik typických hodnot měrné tepelné kapacity:

Médium	Střední teplota °C	Hustota kg/m ³	Měrná tepelná kapacita KJ/(kg·K)
Čpavek	-50	695	4,450
	+50	561	5,080
Topný olej	-	920	1,670
	0	1273	2,260
Glycerin	+100	1209	2,810
	-180	730	2,150
Voda	±0	1000	4,220
	+50	998	4,180
Vzduch	-50	1563	1,005
	±0	1275	1,005
Ocel	+10	7850	0,502
Měď	+20	8900	0,398
Litá ocel	+10	7250	0,628
Zinek	±0	7100	0,398

Stacionární médium

Tato možnost výpočtu umožňuje vypočítat chladicí (nebo výhřevný) účinek stacionárního (nehybného) média. Existují dvě možnosti výpočtu pro danou, známou tloušťku izolace:

- » výpočet doby
- » výpočet teplotní změny.

Pokud má být vypočtena tloušťka izolace, musí být známy obě výše uvedené hodnoty.

Z provozních důvodů je často vyžadováno, aby v praxi nebyla překročena určitá konečná (provozní) teplota média nebo určitá doba, po kterou je médium ve stacionárním stavu.

Hodnoty nutné pro výpočet (mimo jiné):

- » Součinitel vnějšího povrchu
- » Součinitel vnitřního povrchu (pro plynná média)
- » Měrná tepelná kapacita

Pro plynná média se bere v úvahu tepelná kapacita nádoby (nádrže, trubky, potrubí), a proto jsou nutné vstupní údaje o nádobě (měrná tepelná kapacita, hustota).

Součinitel povrchu (Součinitel povrchu tepelného prostupu)

Součinitel povrchu tepelného prostupu je hustota tepelného toku vydělená rozdílem mezi teplotou povrchu a jeho okolí.

$$h = \frac{q}{T_s - T_a} \quad [W/(m^2 \cdot K)]$$

Pro lepší porozumění součinitelů povrchu je nezbytné zvážit:

Rozdíl mezi teplotou povrchu a okolí. Vnější průměr izolace. Orientaci potrubí. Charakter povrchu. Pohyb vzduchu potrubím, tj. laminární nebo turbulentní. Jakýkoli zářivý prostup tepla.

Tepelný součinitel povrchu je součet **konvekčního** a **zářivého vkladu**.

$$h = h_{cn} + h_r$$

přičemž konvekční vklad závisí na pohybu vzduchu, relativní orientaci a druhu materiálu. Zářivý vklad závisí na charakteru povrchu a jeho sálavosti.

Je k dispozici řada rovnic pro výpočet hodnot pro součinitele povrchu z různých provozních podmínek.

Změna teploty proudícího média

Tato možnost výpočtu umožňuje vypočítat chladicí (nebo výhřevný) účinek média proudícího v nádobě (obvykle trubce nebo potrubí, ale může to být i nádrž). Je možno vypočítat změnu teploty (konečnou teplotu média) pro danou, známou tloušťku izolace. Má-li být vypočtena tloušťka izolace, je nutno znát změnu teploty (konečnou teplotu média).

Z provozních důvodů je často vyžadováno, aby v praxi nebyla překročena určitá konečná (provozní) teplota média.

Hodnoty nutné pro výpočet (mimo jiné):

- » Součinitel vnějšího povrchu
- » Součinitel vnitřního povrchu (pro plynná média)
- » Měrná tepelná kapacita

Jednotky teploty

Kelvin:	Tk	= 273,15 + tc	= 5/9 TR	(K)
Rankine:	TR	= 459,67 + tF	= 1.8 TK	(Ra)
Celsius:	tC	= 5/9 (tF-32)	= TK - 273,15	(°C)
Fahrenheit:	tF	= 1.8 tC + 32	= TR - 459,67	(F)

Absolutní nula teploty je:

$$0K = -273,15^{\circ}C = 0Ra = -459,67F$$

Tepelná vodivost

Tepelná vodivost je měřítkem schopnosti materiálu dovolit teple, aby jím procházelo. Tato hodnota je vlastností materiálu a závisí na teplotě měření a obsahu vlhkosti izolace.

Při porovnávání tepelné vodivosti různých izolačních materiálů jsou příznivější nižší hodnoty.

Obvyklou jednotkou je: $W/(m \cdot K)$

Ostatní jednotky:

1 $W/(m \cdot K)$	=	$kcal/(m \cdot h \cdot K) \cdot 1,163$
1 $W/(m \cdot K)$	=	$Btu \text{ in} / h \cdot ft^2 \cdot deg F \cdot 0,1443$

Tepelná izolace (ISO 9229:1991)

Materiál nebo výrobek, jež má snižovat přestup tepla konstrukcí, na které nebo ve které je namontován.

Přestup tepla (ISO 9251:1987 čl. 2.5) je definován jako přenos energie tepelným vedením (kondukcí), tepelným prouděním (konvekcí) nebo tepelným zářením (radiací) nebo kombinací těchto mechanismů.

Vlastnosti reálného izolačního materiálu zahrnují více než pouhé snižování přestupu tepla, protože nejúčinnější je vakuum, co není vždy praktické.

U reálného izolačního materiálu je nutno zvážit následující vlastnosti:

- » nízká tepelná vodivost,
- » dobré požární charakteristiky,
- » vysoký odpor proti difúzi vodních par,
- » dlouhodobá konstrukční stabilita,
- » snadnost montáže,
- » ochrana zdraví a bezpečnost pracovníků,
- » ekologické faktory,
- » technická podpora

a materiály mají být vybírány tak, aby poskytovaly nejlepší kombinaci výše uvedených vlastností.

Tepelný odpor

Tepelný odpor je definován touto rovnicí:

$$R = \frac{T_1 - T_2}{q}$$

tj. teplotní rozdíl vydělený hustotou tepelného toku za ustálených podmínek.

Tepelný odpor může být vztažen buď k materiálu, konstrukci nebo povrchu.

$$R = \frac{d}{\lambda}$$

pro rovnou vrstvu materiálu,

Kde d = tloušťka vrstvy a lambda je tepelná vodivost materiálu.

Jednotkou tepelného odporu je (m²·K)/W.

Pro výpočet celkového tepelného odporu konstrukce je nezbytné přihlídnout také k příslušným povrchovým odporům. Pro izolaci potrubí se tudíž vypočítává lineární tepelný odpor, tj. tepelný odpor na metr délky potrubního vedení, kde RL se měří v (m·K)/W.

U trubek činí tepelný odpor materiálu:

$$R_L = \frac{\ln \frac{D_e}{D_i}}{2 \cdot \pi \cdot \lambda}$$

kde

De = vnější průměr izolace.

Di = vnitřní průměr izolace (vnější průměr trubky).

p = 3,1416

Chceme-li vypočítat celkový tepelný odpor konstrukce, musí být k tepelnému odporu materiálu přidán tepelný odpor vnitřního a vnějšího povrchu R_{si}, respektive R_{se}.

Pokud (u izolace potrubí):

$$R_{si} = \frac{1}{h_i \cdot \pi \cdot D_i} \quad \text{a} \quad R_{se} = \frac{1}{h_e \cdot \pi \cdot D_e}$$

a h_i a h_e jsou součinitele tepelného přestupu vnitřního (mezi médiem a potrubím) a vnějšího (mezi izolací a okolním vzduchem povrchu). U tohoto přístupu se zanedbává tepelný odpor materiálu potrubí (vzhledem k jeho obvykle vysoké tepelné vodivosti a malé tloušťce – ve srovnání s izolačním materiálem.).

Součinitel tepelného odporu (EN ISO 7345)

Jedná se o převrácenou hodnotu tepelné vodivosti.

Proto se udává v jednotkách (m·K)/W.

Šíření tepla (ISO 7345 2.12)

V praxi je často požadováno, aby nebyla překročena určená hodnota šíření tepla.

Pro výpočet šíření tepla je nezbytné znát mimo jiné hodnoty:

- » součinitele vnějšího povrchu
- » součinitele vnitřního povrchu

Šíření tepla, což je tepelný tok v ustáleném stavu vydělený plochou a teplotním rozdílem area, tj.

$$U = \frac{q}{(T_{se} - T_{si})} [W / (m^2K)]$$

kde q = množství přeneseného tepla vydělené časem, jednotkou jsou tedy Watty.
Srovnáním se součinitelem tepelného odporu vidíme, že

$$U = \frac{1}{R}$$

Tudíž u jednoduché konstrukce je hodnota U, neboli šíření tepla, daná jako

$$U = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}}$$

U-hodnoty jsou používány regulačními orgány (obvykle národními vládami) pro stanovení úrovně nutné izolace požadované v obytných budovách, kancelářích a jiných budovách. Typický předpis může stanovovat, že hodnota U nechráněné zdi nebo střechy nesmí v bytových jednotkách být vyšší než 0,3 (W/m²K). Pak bude nezbytné vypočítat celkovou hodnotu U na základě tepelného odporu jednotlivých součástí včetně řádné rezervy pro veškeré vzduchové mezery a povrchy.

U izolace potrubí je tloušťka izolace v typickém předpisu stanovena přímo. Avšak U-hodnoty v [W/m·K] pro izolovanou a neizolovanou potrubí se v příslušných normách EN udávají jako standardní hodnoty pro výpočet energetického chování budov.

Parotěsná zábrana

Definována v normě ISO 9229 jako vrstva, jejímž účelem je zabránit difúzi vodní páry. Parotěsná zábrana může být poměrně tenká vrstva nepropustného materiálu, který je aplikován na vnější povrch nebo teplou stranu izolace. Eventuálně může být parotěsná zábrana „zabudována“ do materiálu, jako v případě struktur s uzavřenou strukturou buněk.

Je ovšem důležité uvědomit si, že struktura uzavřených buněk sama o sobě nezaručuje parotěsnou zábranu, která je dostatečná, aby splnila požadavky na účinnost. Musíme také přihlídnout k charakteru izolačního materiálu a zajistit, aby použitá parotěsná zábrana byla spojena s velmi vysokým odporem proti přenosu vodní páry.

Parotěsné zábrany, jež se používají jako dodatečná ochrana, obvykle obsahují hliníkovou fólii, jež je laminovaná a zesílená skleněnou nebo polyesterovou síťovinou a pak natřená lepidlem. U takových povrchových parotěsných zábran je velmi důležité zajistit, aby byly správně namontovány tak, aby poskytovaly plnou ochranu. Dokonce i malé protržení nebo propíchnutí stačí, aby se parotěsná zábrana stala neúčinnou.

U izolace nízkoteplotních soustav je použití správné parotěsné zábrany technickým požadavkem zajišťujícím dlouhodobou výkonnost systému. Může být nezbytné dodat parotěsné zábraně dodatečnou ochranu prostřednictvím ochrany proti klimatickým vlivům nebo naopak: další zábrana proti klimatickým vlivům může výrazně posílit stávající parotěsnou zábranu struktury izolačního materiálu, jako např. v případě povrchového ochranného systému Arma-Chek T.

Propustnost vodní páry

Účinnost parotěsné zábrany se vyjadřuje jako rychlost, jakou jí prostupuje vodní pára za stanovených podmínek. Podobně u izolačního materiálu stanoví propustnost vodní páry jeho účinnost v případě nízkoteplotních zařízení.

Propustnost je vlastnost materiálu a je definována jako množství vodní páry, které projde jednotkou tloušťky (obvykle jeden metr) za jednotku času za daného tlaku. Typickými jednotkami proto jsou:

$\text{kg}/(\text{m}\cdot\text{s}\cdot\text{Pa})$ nebo $\text{g}\cdot\text{m}/(\text{s}\cdot\text{MN})$, kde jeden Pascal = jeden Newton na metr čtvereční ($\text{Pa} = \text{N}/\text{m}^2$).

Další jednotky propustnosti, viz. samostatné informace.

Materiály, jež mají velmi vysoký odpor proti pronikání vodní páry mají velmi nízké hodnoty propustnosti, tj. méně než $0,2\cdot 10^{-9} \text{ kg}/(\text{m}\cdot\text{h}\cdot\text{Pa})$. Při porovnávání hodnot propustnosti uváděných různými výrobci je nutné přihlídnout ke zkušební metodě.

Propustnost podle norem EN 12086 a EN 13469 (původně DIN 52615) se měří při 23°C s relativní vlhkostí 50% na jedné straně vzorku a 0% na druhé straně. Za těchto podmínek je rozdíl parciálního tlaku vodní páry 1400 Pa. V případě normy BS 4370 část 2 jsou zkušební podmínky 25°C a 75% relativní vlhkosti, což dává rozdíl parciálního tlaku vodní páry RH 2380 Pa.

Chceme-li stanovit parciální tlak vodní páry v případě systému fungujícího za nízké teploty, je nutné také přihlídnout k provozní teplotě (médiu) a relativní vlhkosti. Pro systém chlazené vody pracující při provozní teplotě 6°C s okolními podmínkami 22°C a relativní vlhkostí 85% RH tedy dostaneme:

Parciální tlak na povrchu potrubí = 935 Pa
Parciální tlak okolí = 2247 Pa

Parciální tlak vodní páry působící na vnějším povrchu izolace je proto 1312 Pa.

Hodnotu tlaku páry lze získat ze zveřejňovaných tabulek. V tomto případě jsou uváděny hodnoty z Příručky pro fyziku a chemii, přičemž převodní činitele jsou 1mm Hg = 133,316 Pa.

Permeance vodní páry

Jak je vysvětleno u hesla Propustnost vodní páry, propustnost je vlastností materiálu. Avšak pokud je nutné porovnat chování různých materiálu, jsou nutné hodnoty permeance. Permeance je tudíž prostup vodní páry známou tloušťkou daného materiálu za stanovených podmínek. Požadavky na parotěsnou zábranu budou uváděny jako minimální hodnota permeance.

Jednotky permeance vodní páry jsou podobné jako jednotky propustnosti, typicky $g/(s \cdot MN)$ nebo $kg/(m^2 \cdot h \cdot Pa)$.

Odpor vůči pronikání vodní páry

Jedná se o převrácenou hodnotu permeance vodní páry.