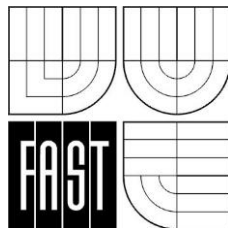


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ

BJ13

SPECIÁLNÍ IZOLACE

NÁVODY DO CVIČENÍ



2011

Návody vznikly za podpory FRVŠ č. 1315/2009/G1

OBSAH

1. LABORATORNÍ ÚLOHY.....	3
<i>ÚLOHA č. 1: Stanovení vybraných vlastností hydroizolačních asfaltových pásů.....</i>	<i>3</i>
<i>ÚLOHA č. 2: Stanovení vlastností akusticko izolačních materiálů</i>	<i>9</i>
2.1 Stanovení činitele zvukové pohltivosti α	9
2.2 Stanovení dynamické tuhosti izolačních materiálů s'	13
<i>ÚLOHA č. 3: Stanovení mechanických vlastností tepelně izolačních materiálů</i>	<i>17</i>
3.1 Stanovení pevnosti v tahu kolmo k rovině desky u tepelně izolačních výrobků používaných ve stavebnictví	17
3.2 Zkouška tlakem u tepelně izolačních výrobků používaných ve stavebnictví	19
<i>ÚLOHA č. 4: Stanovení krátkodobé nasákavosti při částečném ponoření u tepelně izolačních výrobků.....</i>	<i>23</i>
<i>ÚLOHA č. 5: Stanovení rozměrové stability za urč. teplotních a vlhkostních podmínek</i>	<i>26</i>
<i>ÚLOHA č. 6: Zkoumání závislosti tepelně izolačních vlastností materiálů - vliv relativní vlhkosti prostředí na součinitel tepelné vodivosti λ.....</i>	<i>28</i>
<i>ÚLOHA č. 7: Zjišťování tloušťky vláken mikroskopicky.....</i>	<i>33</i>
2. VÝPOČTOVÉ PŘÍKLADY	34
A) ŘEŠENÉ.....	34
B) NEŘEŠENÉ.....	40
3. SEZNAM NOREM.....	42

V Brně, únor 2011

Jiří Zach, Jitka Hroudová

1. LABORATORNÍ ÚLOHY

ÚLOHA č. 1: Stanovení vybraných vlastností hydroizolačních asfaltových pásů

U hydroizolačních pásů lze dle požadavků provádět řadu zkoušek (dle ČSN 50 3602), které budou stručně popsány dále v textové části. Tyto zkoušky slouží především pro ověření výstupní kvality ve výrobních závodech a dále pro ověření vlastností materiálů při použití na stavbě. Pro střešní pásy a fólie je možné provést dále řadu dalších speciálních zkoušek, které nebudou v textu popsány, ale v závěru publikace je možné najít seznam platných technických norem, dle kterých je možné tyto zkoušky provádět. V rámci cvičení budou provedeny následující zkoušky, jejichž postup je podrobně popsán níže:

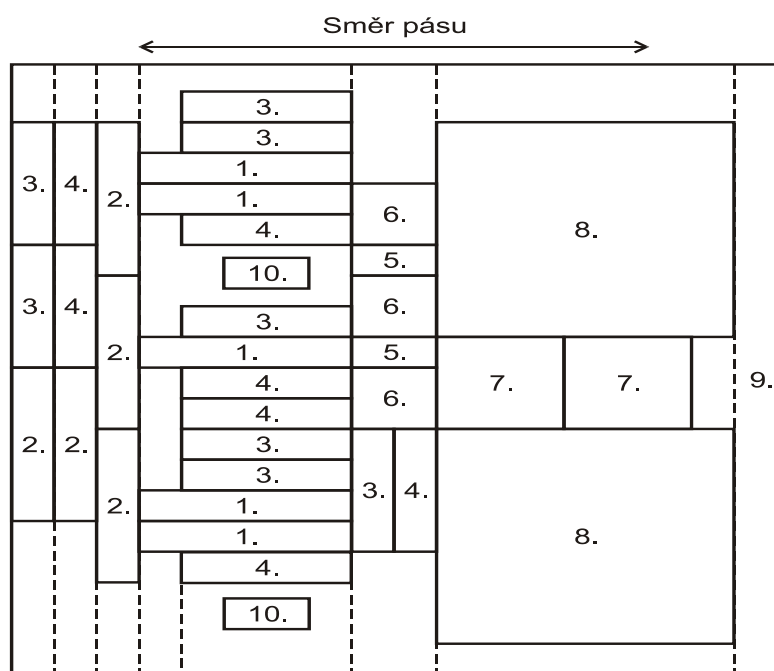
- stanovení plošné hmotnosti,
- stanovení jakosti impregnace,
- stanovení tloušťky,
- stanovení druhu živice,
- zkouška pevnosti tahem (tržné zatížení a tažnost),
- stanovení ohebnosti,
- stanovení nasákavosti vodou.

Podstata a popis zkoušky:

Plošná hmotnost

Plošná hmotnost m' [$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$] materiálu v roli se vypočte na základě naměřených hodnot dle vzorce:

$$m' = \frac{m}{l \cdot b} \quad (1)$$



Obr. 1: Rozvržení plánu pro odběr jednotlivých zkušebních vzorků z porovnávacího vzorku izolačního pásu

Výběr srovnávacího vzorku

Pro provedení zkoušek je nutné odebrat z role izolačního materiálu vzorek o délce minimálně 2,5 m (přes celou šířku), který se z role odřízne v minimální vzdálenosti 1 m od konce role. U zkušebního pásu je nutné stanovit hmotnost s přesností na 0,1 % celkové hmotnosti role a rozměry s přesností na 2 mm. Tento vzorek se v polovině své délky rozdělí na dvě části, přičemž jedna část se uschová pro kontrolní zkoušky a druhá část se rozdělí na zkušební vzorky pro jednotlivé zkoušky dle schématu (viz Obr. 1).

Tab. 1: Velikosti zkušebních vzorků pořízených z porovnávacího vzorku izolačního pásu

Č.	Zkouška	a [mm]	b [mm]	Přesnost [mm]
1	Tržné zatížení podélné	250	50	± 1
2	Tržné zatížení příčné	250	50	± 1
3	Ohebnost při 20 °C	200	50	± 2
4	Ohebnost při 4 °C	200	50	± 2
5	Stálost za tepla	100	50	± 2
6	Nasákavost vodou	100	100	± 1
7	Nepropustnost	150	150	-
8	Nepropustnost (krabice)	350	350	± 2
9	Jakost impregnace	50	přes celou šířku pásu	
10	Extrakce	100	50	± 1

Jakost impregnace

Jakost impregnace se posuzuje u asfaltových nebo dehtových lepenek tak, že se příčný pás (vzorek č. 9. z Obr. 1) lepenky roztrhne minimálně na 5 místech tak, aby se obnažila vnitřní vrstva lepenky.

Jakost impregnace je vyhovující, pokud je vnitřní vrstva stejnoměrně zbarvena impregnační a pokud neobsahuje neproimpregnovaná místa.

Tloušťka

Tloušťka lepenky se zjišťuje mikrometrickým měřením na porovnávacím vzorku před jeho úplným rozdělením. Tloušťka asfaltové lepenky je dána aritmetickým průměrem minimálně deseti měření, která jsou rovnoměrně rozdělená po ploše zkušební vzorku lepenky.

Druh živice

Druh živice použité k výrobě izolačního materiálu je možné stanovit dvěma způsoby:

- **Podle rozpustnosti v petroleji:** Vzorek lepenky o rozměrech 10 mm × 10 mm se při teplotě 20 ± 2 °C ponoří do petroleje nalitého do bílé porcelánové misky. Pokud se materiál v petroleji rozpouští a v misce vzniká hnědý roztok, jedná se o materiál vyrobený z asfaltové suroviny. V opačném případě se jedná o dehtový materiál.
- **Podle zápachu a barvy:** Druh živice lze často stanovit podle specifického zápachu buď přímo, nebo zahřátím nad plamenem. Materiálové asfalty jsou většinou bez specifického zápachu, ale dehtové materiály vykazují charakteristický zápach dehtových hmot. Druh živice je možné určit i podle zbarvení lepenky. Při natržení lepenky je vnitřní vrstva asfaltových lepenek většinou zbarvena dohněda, přičemž lepenky dehtové jsou téměř černé.

Zkouška pevnosti tahem (tržné zatížení a tažnost)

Tržné zatížení F_{\max} [kN] je maximální zatížení při zkoušce tahem, při kterém dochází k přetržení zkušebního vzorku (vzorek č. 1. a 2. Obr. 1).

Tažnost [%] je poměrné prodloužení zkušebního vzorku namáhaného tahem v okamžiku přetržení. Zkouška se provádí na dvou sadách 5 vzorků o rozměrech 250×50 mm odebraných v podélném a příčném (ve smyslu směru pásu lepenky) směru ze zkušebního materiálu při teplotě 20 ± 2 °C na trhacím stroji. Vzorek je upnut do zkušebního stroje s posunem čelistí $100 \text{ mm} \times \text{min}^{-1}$ při stanovených podmínkách, následně je spuštěn a postupně namáhán tahovým napětím. Sledované veličiny jsou odečteny ve chvíli přetržení vzorku. Nastane-li přetržení vzorku blíže než 20 mm od čelisti, je výsledek neplatný a je nutné použít další vzorek. Tažnost [%] se vypočítá v podélném a příčném směru dle vztahu:

$$\text{Tažnost} = \frac{l_{\max} - l_0}{l_0} \cdot 100 \quad (2)$$

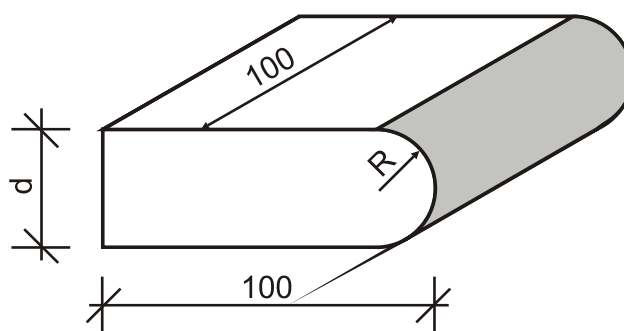
kde: l_0 – délka vzorku před zkouškou [mm],
 l_{\max} – délka vzorku v okamžiku přetržení [mm].

Při zkoušce je provedeno 5 měření pro vzorky odebrané v příčném směru a 5 měření pro vzorky odebrané ve směru podélném, přičemž výsledné hodnoty se stanoví jako průměr měření v jednom a druhém směru.

Ohebnost

Ohebností se rozumí odolnost materiálu při namáhání ohybem za daných podmínek zkoušky. Při zkoušce se zjišťuje vznik trhlin v povrchu materiálu při jeho namáhání ohybem za teploty 20 °C nebo 4 °C, v laboratorním cvičení se bude provádět zkouška při teplotě +20°C a - 20 °C.

Vzorek o rozměrech 200×50 mm (vzorky č. 3. a 4. Obr. 1) je temperován na danou teplotu s přesností ± 2 °C. Po vytemperování je vzorek dle Obr. 2 ohnut bez napínání přes zkušební hranol z tvrdého dřeva. Ohyb má trvat 3 s při teplotě 20 °C a 5 s pokud se zkouší při teplotě 4 °C.



Obr. 2: Vybrazení zkušebního hranolu pro zkoušku ohebnosti

Zkouška se provádí na dvou sériích 3 zkušebních vzorků odebraných v příčném a podélném směru. Jako vyhovující se označí série s nezměněným povrchem. Popraská-li jeden vzorek, připraví se 3 vzorky nové a zkouška se opakuje. Je-li nová série beze změn, je vzorek označen jako vyhovující, v opačném případě je vzorek nevyhovující.

Stálost za tepla a ztráta hmotnosti

Cílem zkoušky je stanovení odolnosti krycí hmoty proti stékání, což se provádí zahříváním vzorku za předepsaných podmínek. Současně s touto zkouškou se provádí stanovení ztráty hmotnosti při zahřívání.

Dva vzduchosuché vzorky o rozměrech 100 × 50 mm (vzorek č. 5. Obr. 1) se zváží s přesností na 0,01 g, zavěsí se předepsaným způsobem do přehřáté sušárny a po dobu 5 hod (1,5 h v případě cvičení) se zahřívají na stanovenou teplotu. Poté se vzorky vyjmou ze sušárny a nechají se vychladnout v exsikátoru. Vychladlé vzorky jsou esteticky posouzeny (vznik povrchových změn, mastných skvrn a bublin) a zváženy s přesností na 0,01 g. Změna vnějšího vzhledu se vyjadřuje slovně a ztráta hmotnosti Z [%] se stanoví dle následujícího vzorce:

$$Z = \frac{m_0 - m_t}{m_0} \cdot 100 \quad (3)$$

kde: m_0 – hmotnost vzorku před zkouškou [g],
 m_t – hmotnost vzorku po zkoušce [g].

Nasákavost vodou

Zkouška nasákavosti ponořením vzorku do vody na 24 hod. umožňuje posoudit jakost impregnace lepenky, která je závislá na objemu pórů nevyplněných živicí.

Tři vzorky o rozměrech 100 × 100 mm (vzorek č. 6. Obr. 1) se zváží s přesností na 0,01 g a ponoří na dobu 24 hod. do vodní lázně s teplotou 20 ± 2 °C. Vzorky musí být zcela ponořeny a z jejich povrchu musí být odstraněny případné vzduchové bublinky.

Po této době se vzorky vyjmou a osuší se filtračními papíry. Poté se vzorky znovu zváží s přesností na 0,01 g.

Nasákavost vodou N [%] se stanoví dle vztahu:

$$N = \frac{m_N - m_0}{m_0} \cdot 100 \quad (4)$$

kde: m_0 – hmotnost vzorku před zkouškou [g],
 m_N – hmotnost nasáklého vzorku [g].

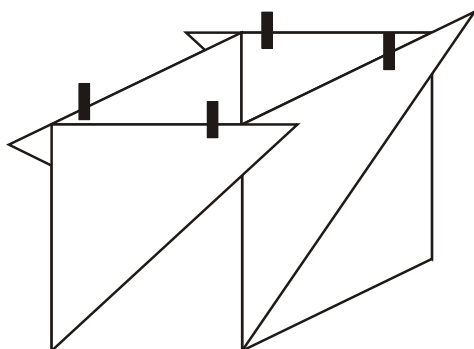
Výsledná hodnota nasákavosti N je určena jako aritmetický průměr ze 3 měření.

Nepropustnost pro vodu (krabicová zkouška)

Zkouška charakterizuje schopnost materiálu odolávat účinku pronikání vody v závislosti na tlaku vody a době jejího působení. Tato zkouška je vhodná pouze pro lehké materiály. Pro těžké materiály, kterými za podmínek zkoušky nemůže projít žádné množství vody, zkouška vhodná není.

Pro zkoušku se připraví 2 vzorky o rozměrech 350 × 350 mm (vzorek č. 8. Obr. 1), z nich se sestaví zkušební krabice dle Obr. 3 tak, aby plocha dna byla 100 × 100 mm a výška krabice 125 mm. Tvar krabice se zajistí sepnutím rohů např. kancelářskými svorkami. Krabice se umístí na rovnou podložku a naplní se vodou do předepsané výšky (dle požadavků na zkoušku). Během zkoušky se hladina vody ve zkušební krabici na tuto výšku doplňuje. Po uplynutí předepsané doby (většinou 72 hod.) se krabice nadzvedne a zhodnotí se, zda voda zkušebním vzorkem prosákla či nikoliv. Pro zjednodušení sledování průsaku vody na

podložku je možné vodu v krabici mírně okyselit a pod krabicí položit indikátor citlivý na kyselé prostředí.



Obr. 3: Náčrt zkušební krabice pro stanovení nepropustnosti pro vodu

Stanovení váhy podkladu živičné hmoty a minerálních látek extrakcí

Principem zkoušky je stanovení podílů jednotlivých složek izolačních lepenek, které se od sebe oddělí extrakcí. Tímto způsobem lze stanovit:

- celkové množství živičné hmoty,
- plošná hmotnost nosné vložky,
- celkové množství plniv a posypu,
- procento sycení lepenky živící.

Zkouška se provádí v extrakčním přístroji ve filtračních patronách za teploty 100 – 120 °C. Pro extrakci se použijí 2 vzorky velikosti 50 × 100 mm (vzorek č. 10. Obr. 1), u nich se jednotlivě stanoví hmotnost m_1 [g] (všechna stanovení hmotnosti se provádí s přesností na 0,01 g a rozměry vzorku se stanoví s přesností na 0,5 mm). Zkušební vzorky se vloží do filtračních patron, zakryjí se vatou a extrahují se při teplotě 120 °C trichlorethylenem nebo chloroformem. Po ukončení extrakce se nechá v digestoři rozpouštědlo vytékat. Na základě průběžně stanovovaných hmotností lze stanovit tyto veličiny:

Celkové množství živičné hmoty H (H_D) [$g \cdot m^{-2}$]:

- u asfaltových materiálů bez posypu: $H = (m_1 - m_4) \cdot F$ (5)

- u asfaltových materiálů s posypem: $H = (m_1 + m_2 - m_3 - m_4) \cdot F$ (6)

- u dehtových materiálů: $H_D = \frac{m_1 + m_2 - m_3}{0,85} \cdot F$ (7)

Plošná hmotnost nosné vložky naprosto suché M_N (M_{ND}) [$g \cdot m^{-2}$]:

- u asfaltových materiálů: $M_N = m_4 \cdot F$ (8)

- u dehtových materiálů: $M_{ND} = m_4 \cdot F - \frac{H_D \cdot 0,15}{2}$ (9)

Celkové množství plniv a posypu P (P_D) [$g \cdot m^{-2}$]:

- u asfaltových materiálů: $P = (m_3 - m_2 - m_4) \cdot F$ (10)

- u dehtových materiálů: $P_D = (m_3 - m_2 - m_4) \cdot F - \frac{H_D \cdot 0,15}{2}$ (11)

Procento nasycení surové lepenky živicí Z (Z_D) [%]:

• u asfaltových materiálů: $Z = \frac{H}{M_N} \cdot 100$ (12)

• u dehtových materiálů: $Z_D = \frac{H_D}{M_{ND}} \cdot 100$ (13)

kde: m_1 – hmotnost vzorku připraveného k extrakci [g],

m_2 – hmotnost vysušené patrony s vatou [g],

m_3 – hmotnost vysušené patrony se vzorkem po extrakci [g],

m_4 – hmotnost očištěného vzorku po extrakci [g],

$\frac{H_D \cdot 0,15}{2}$ - hmotnost volného uhlíku zachyceného v podkladu nebo posypu [$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$],

F – faktor přepočtu hmotnosti složky zjištěné extrakcí na 1 m^2 dle tab. č. 2.

Tab. 2: Přehled hodnot přepočtových koeficientů F

Plocha vzorku [cm^2]	Faktor F [m^{-2}]
48,5	206,2
49,0	204,1
49,5	202,0
50,0	200,0
50,5	198,0
51,0	196,1
51,5	194,2

Stanovení se provádí pro každý ze 2 zkušebních vzorků zvlášť, přičemž hodnoty měření by se neměly lišit o více než 5 %. Výsledné hodnoty jsou aritmetickým průměrem z těchto dvou měření. U vyextrahované vložky je možné dále stanovit její druh, tloušťku a plošnou hmotnost.

Pro cvičení budou vyučujícím dodány výsledné hodnoty po provedení extrakce (případně je možné použít následující hodnoty: $S = 51,0 \text{ cm}^2$, $m_1 = 28,17 \text{ g}$, $m_2 = 120 \text{ g}$, $m_3 = 129,31 \text{ g}$, $m_4 = 0,45 \text{ g}$). Posluchač v rámci zpracování protokolu dodané hodnoty pouze vyhodnotí.

Postup měření:

V rámci laboratorních cvičení budou provedeny pouze vybrané zkoušky vlastností hydroizolačních asfaltových pásů, jedná se o tyto stanovení: stanovení plošné hmotnosti, stanovení jakosti impregnace, stanovení tloušťky, stanovení druhu živice, zkouška pevnosti tahem (tržné zatížení a tažnost), stanovení ohebnosti, stanovení nasákavosti vodou, sestavení zkušební krabice pro zkoušku nepropustnosti pro vodu.

Na základě uvedených zkoušek budou z hydroizolačního pásu připraveny vzorky, viz. Obr. 1., jejich rozměry jsou uvedeny v Tab.1. Poté budou provedeny postupně v uvedeném pořadí jednotlivá stanovení vlastností dle výše uvedených popisů zkoušek.

Zápis o zkoušce:

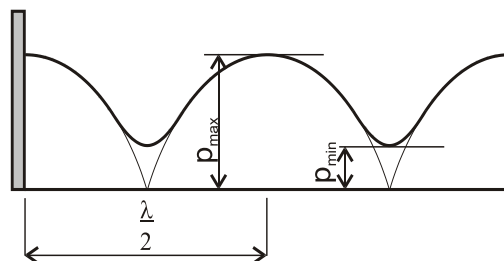
Všechny naměřené a vypočtené údaje z výše popsaných zkoušek se uvádí do souhrnného protokolu, který se zpracuje dle pokynů v ČSN 50 3602.

ÚLOHA č. 2: Stanovení vlastností akusticko izolačních materiálů

2.1 Stanovení činitele zvukové pohltivosti α

Metoda spočívá ve vytvoření stojatého vlnění v trubici, na jejímž konci je vzorek. Z naměřeného maxima a minima akustického tlaku stojaté vlny se vypočítá činitel zvukové pohltivosti.

Předností metody je její přesnost a malý rozměr vzorků, nevýhodou je stanovení veličin jen pro kolmý dopad rovinných zvukových vln, který se v praxi vyskytuje jen výjimečně. Proto se tato metoda používá především ve vývoji nebo kontrole materiálů a akustických obkladů. Při měření činitele zvukové pohltivosti dochází k interferenci vlnění přicházejícího z akustického zdroje s vlněním odraženým od zkoumaného vzorku.



Obr. 4: Interference přímé a odražené stojaté akustické vlny v interferometru

Pro vlnění v interferenční trubici platí:

$$\begin{aligned} p_{\max} &= p_1 + p_2 \\ p_{\min} &= p_1 - p_2 \end{aligned} \quad (14)$$

kde: p_1 akustický tlak přímé vlny [Pa],
 p_2 akustický tlak odražené vlny [Pa].

Pro stanovení hodnoty činitele odrazu zvukové vlny r [-] platí vztah:

$$r = \frac{p_2}{p_1} \quad (15)$$

Hodnota činitele zvukové pohltivosti α [-] se stanoví jako:

$$\alpha = 1 - r^2 = 1 - \frac{p_2^2}{p_1^2} \quad (16)$$

Pokud poměr maxima a minima akustického tlaku označíme s [-]:

$$s = \frac{p_{\max}}{p_{\min}} = \frac{p_1 + p_2}{p_1 - p_2} \quad (17)$$

odtud podle (16) vyplývá vztah:

$$\alpha = 1 - \left(\frac{s-1}{s+1} \right)^2 = \frac{4s}{(s+1)^2} \quad (18)$$

Dle ČSN ISO 10534 je možné při měření činitele zvukové pohltivosti vycházet z akustického tlaku v logaritmické závislosti, tedy z hladiny akustického tlaku. Měřením v akustickém interferometru se stanoví hodnota maximální hladiny akustického tlaku L_{\max} [dB] a minima L_{\min} [dB] a rozdíl hladin akustických tlaků ΔL [dB].

$$\Delta L = L_{\max} - L_{\min} \quad (19)$$

Poměr stojaté vlny s potom nabývá tvaru:

$$s = 10^{\frac{\Delta L}{20}} \quad (20)$$

Hodnota činitele zvukové pohltivosti se vyjádří dle vztahu:

$$\alpha = \frac{4 \cdot 10^{\frac{\Delta L}{20}}}{\left(10^{\frac{\Delta L}{20}} + 1\right)^2} \quad (21)$$

Odběr vzorků se provede dle noremních požadavků. Vzorky musí mít tvar válce o odpovídající tloušťce materiálu.

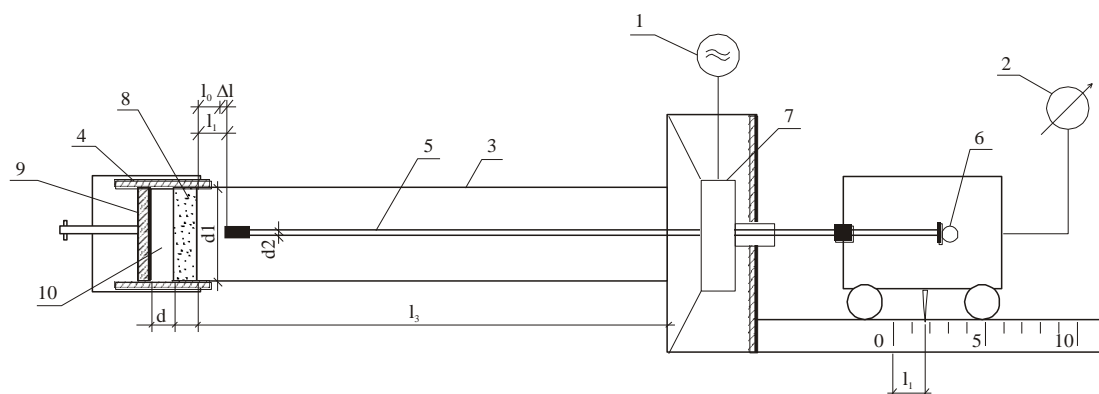
Při zkoušení akustických obkladů nebo heterogenních (složených) materiálů, musí mít vzorek skladbu odpovídající skladbě při skutečném zabudování do konstrukce. Pokud vzniknou na obvodu vzorku neodstranitelné mezery, musí být zality pryskyřicí, sádrou nebo utěsněny z obou stran plastickým tmelem. Průřez vzorku tím smí být zmenšen nejvýše o 5 %.

Vzorky tenkých tkanin nebo děrovaných desek mohou být sevřeny mezi čelo trubice a držák nebo vložku držáku.

Vzorky akustických obkladů typu kmitající deska nebo membrána, mající větší plošnou hmotnost než $100 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$, nelze v interferometrech měřit, protože poddajnost obvodu vzorku je podstatně menší než u skutečných obkladů.

Měřicí zařízení:

K měření činitele zvukové pohltivosti se nejčastěji používá měřící soustava s názvem Kuntova trubice.



Obr. 5: Kuntova trubice: 1 - generátor; 2 - analyzátor; 3 - trubice; 4 - držák vzorku; 5 - sonda; 6 - mikrofón; 7 - reproduktor; 8 - vzorek; 9 - píst (dno) držáku; 10 - vzduchový polštář.

Interferometr se sestává z reproduktoru, odnímatelné kovové trubice s držákem vzorku a akustické sondy.

Na kmitočety 250 – 1800 Hz se používají trubice o vnitřním průměru (d_1) od 85 do 115 mm a délce od 690 do 1000 mm (velká trubice) a na kmitočety od 1801 do 6300 Hz trubice o vnitřním průměru od 24 do 33 mm a délce 190 až 280 mm (malá trubice).

Má-li se měřit akustický tlak ve dvou uzlech, je nejnižší kmitočet f_1 [Hz] dán vztahem:

$$f_1 = \frac{255}{l_3} \quad (22)$$

kde: l_3 vzdálenost mezi vzorkem a reproduktorem [m].

Lze měřit od nejnižšího kmitočtu f_2 [Hz] pro polovinu vlnové délky:

$$f_2 = \frac{170}{l_3} \quad (23)$$

Příčný rozměr trubice musí být menší, než polovina vlnové délky, čímž je dán požadavek na nejvyšší kmitočet f_3 [Hz] trubice o kruhovém průřezu d_1 [m], při kterém v ní lze provádět měření, podle vztahu:

$$f_3 = \frac{200}{d_1} \quad (24)$$

Na jednom konci trubice je držák vzorku s pístem o tloušťce nejméně 10 mm. Reprodukter vytváří v interferenční trubici akustický tlak o 10 dB vyšší než úroveň šumů v pásmu 250 – 6300 Hz.

Akustická sonda se sestává z vozičku, mikrofonu a sondy. U velké trubice musí mít délku nejméně 1180 mm a vnější průměr nejvýše 8 mm. U malé trubice musí mít délku nejméně 450 mm a vnější průměr nejvýše 5 mm. Mikrofonní konec sondy je vzduchotěsně připojen ke komůrce před membránou mikrofonu.

Podstata a popis zkoušky (Metoda stanovení hodnot akustického tlaku):

Měření se provádí při teplotě 20 ± 2 °C a tlaku $101,3 \pm 2,7$ kPa. Vzorek materiálu se do držáku vloží bez deformací tak, aby rubová strana přiléhala na píst (dno) držáku a lícová strana souhlasila s rovinou konce trubice. Potom se zapnou přístroje. Na generátoru se nastaví žádaný kmitočet. Posune se akustickou sondou do vzorku. Stanoví se akustický tlak v nejbližší kmitně a uzlu stojaté vlny. Nejdříve se naleznou kmitna akustického tlaku a při odpovídajícím zesílení se na analyzátoru nastaví výstupní napětí U_{\max} na plnou (nejvyšší možnou) výchylku voltmetru. Tím se zjednoduší výpočty a umožní se okamžité porovnání výsledků měření na sousedních kmitočtech.

Pak se naleznou pohybem sondy směrem ke vzorku uzly akustického tlaku. Velikost posuvu měřicí sondy je možné odvodit z aktuální frekvence akustického zdroje, který určuje velikost vlnové délky akustické vlny (posun o $\lambda/4$). V uzlu odečteme napětí na voltmetru U_{\min} na tři platná místa (při malých hodnotách je nutné zvýšit citlivost měřidla). V případě, že je nejbližší ke vzorku kmitna, posunujeme sondou v opačném směru.

Protože se při výpočtu používá poměr akustických tlaků, není třeba stanovit jejich absolutní hodnoty a postačí přechíst jen jim úměrná elektrická napětí.

Měří se na kmitočtech třetinooktávové řady v rozsahu 250 – 6300 Hz. Pro laboratorní účely je možné provádět měření i pro frekvence jiné. Při rozdílu činitelů zvukové pohltivosti sousedních třetinooktávových kmitočtů větších než 0,3 se doporučuje volit kmitočty v odstupu 1/6 oktávy.

Postup měření:

V rámci laboratorních cvičení bude stanoven činitel zvukové pohltivosti u 2 vzorků, nejčastěji se jedná o vzorky z korku, molitanu, či o dřevoštěpkový vzorek, vzorek izolačního materiálu z technického konopí, lnu. Před samotným měřením je nutné stanovit tloušťku a průměr vzorku z důvodu stanovení objemové hustoty zkušební vzorku. Pro účely cvičení bude provedeno stanovení činitele zvukové pohltivosti na vybraných oktávových a třetinooktávových frekvencích **100, 125, 250, 500, 1000, 2000 a 4000 Hz**. Popis měření je uveden v textové části výše.

Vyhodnocení měření:

Činitel zvukové pohltivosti α_N na měřicím kmitočtu se stanoví podle vztahu:

$$\alpha_N = \frac{4}{n + \frac{1}{n} + 2} = \frac{4 \cdot n}{(n+1)^2} \quad (25)$$

kde: $n = U_{max}/U_{min}$,

U_{max} napětí na výstupu voltmetru analyzátoru v kmitně akustického tlaku [mV],

U_{min} napětí na výstupu voltmetru analyzátoru v uzlu akustického tlaku [mV].

Výsledky měření se uvádí v tabulce, jejíž příklad je v informační příloze ČSN ISO 10534. Činitel zvukové pohltivosti se uvádí jako aritmetický průměr tří měření na každém kmitočtu. Z výsledků se vynáší graf závislosti činitele zvukové pohltivosti na kmitočtu. Graf se konstruuje většinou s logaritmickým dělením kmitočtu f na ose x . Graf musí být doplněn výstižným popisem vzorku a uvedením tloušťek a plošných hmotností použitých materiálů, výšky vzduchového polštáře. U složitějších vzorků se doporučuje uvést kótovaný řez vzorkem.

Z výsledných hodnot činitelů zvukové pohltivosti, které byly stanoveny u jednoho zkušební vzorku pro vybrané kmitočty, bude proveden výpočet váženého činitele zvukové pohltivosti α_w [-] v souladu s ČSN EN ISO 11654. Výpočet se provede následujícím způsobem:

- K výpočtu se použijí hodnoty zvukových pohltivostí α_{pi} [-] ze směrné křivky (viz. tab. č. 3),
- Směrná křivka se posunuje po krocích po 0,05 směrem ke změřeným hodnotám, dokud není součet nepříznivých odchylek menší roven 0,10,
- Nepříznivá odchylka se na určitém kmitočtu objeví tehdy, je-li naměřená hodnota menší než hodnota směrné křivky (α_{pi}),
- Počítají se pouze odchylky v nepříznivém směru,
- Vážený činitel zvukové pohltivosti je definován jako hodnota posunuté směrné křivky na kmitočtu 500 Hz,
- Pro výpočet budou použity naměřené hodnoty pro jednotlivá oktávová pásma od 250 do 4000 Hz. (Pokud byl poslední měřený kmitočet roven 3150 Hz použijte pro kmitočet 4000 Hz hodnotu zvukové pohltivosti naměřenou při 3150 Hz).

Tab. 3: Přehled hodnot zvukových pohltivosti směrné křivky dle ČSN EN ISO 11654.

Kmitočet	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
α_{pi}	0,80	1,00	1,00	1,00	0,90

2.2 Stanovení dynamické tuhosti izolačních materiálů s'

Dynamická tuhost představuje schopnost materiálů utlumovat mechanické kmity. Tato veličina se uplatňuje především v oblasti kročejové neprůzvučnosti a je dána poměrem dynamické síly k dynamické výchylce. Používá se dynamická tuhost vztažena na jednotku plochy s' [MPa.m⁻¹]. Tato veličina je dána vztahem:

$$s' = \frac{F}{\Delta d \cdot S} \quad (26)$$

kde: S plocha vzorku [m²],
 F dynamická síla působící na zkušební vzorek kolmo [N],
 Δd výsledná dynamická změna tloušťky vzorku [m].

Vlastní kmitočet f_0 [Hz] je kmitočet volných kmitů soustavy. Vlastní kmitočet pružné plovoucí vrstvy lze vyjádřit následujícím vztahem:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{s'}{m'}} \quad (27)$$

kde: s' dynam. tuhost pružného materiálu zabudovaného pod pevnou deskou [Pa.m⁻¹],
 m' plošná hmotnost pevné plovoucí desky [kg.m⁻²].

Míru kročejové neprůzvučnosti udává akustický útlum ΔL [dB], který udává, jakou částí se přenáší působící síla F na konstrukci svojí částí F' .

$$\Delta L = 10 \cdot \log\left(\frac{F}{F'}\right)^2 = 20 \cdot \log\left(\frac{F}{F'}\right) = 40 \cdot \log\frac{f}{f_r} \quad (28)$$

kde: ΔL hodnota útlumu [dB],
 F, F' působící a přenášená síla [N],
 $f, (f_r)$ frekvence (rezonanční) [Hz].

Zdánlivou dynamickou tuhost zkušební vzorku lze stanovit v laboratorních podmínkách rezonanční metodou. Zjistí se základní rezonanční kmitočet mechanické soustavy tvořené plošným zkušebním vzorkem a zatěžovací deskou. Vibrace se při zkoušce budí ve vertikálním směru kolmo na plochu vzorku.

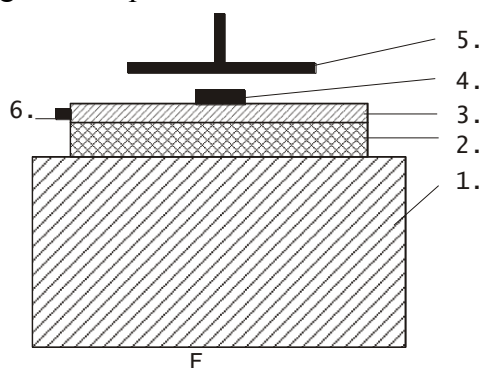


Obr. 6: Fotografie zkušební aparatury pro zkoušku dynamické tuhosti

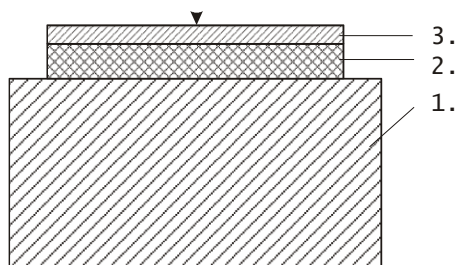
Zkušební zařízení:

Při laboratorní zkoušce je zkušební vzorek umístěn mezi dvě vodorovné plochy – základnu a zatěžovací těleso. Zatěžovací těleso tvoří ocelová deska o rozměrech 200 ± 3 mm \times 200 ± 3 mm. Základna i zatěžovací deska v rovině styku se vzorkem musí být rovné s tolerancí 0,5 mm a musí mít dostatečnou tuhost, aby se vyloučily ohybové kmity v pásmech měřených rezonančních kmitočtů.

Buzení se uskutečňuje pomocí elektromagnetu na zatěžovací desce a permanentního magnetu, který je prvně umístěn nad elektromagnetem. Vzdálenost permanentního magnetu a elektromagnetu se upraví stavěcím šroubem na hodnotu $0,5 \div 2$ mm.



Obr. 7: Schéma zkušební soustavy: 1.- betonová základna, 2.- zkušební vzorek, 3.- zatěžovací deska, 4.- elektromagnetický budič kmitů, 5.- závěs s permanentním magnetem a stavěcím šroubem, 6.- elektromagnetický snímač kmitů



Obr. 8: Budící síla působící na zatěžovací desku: 1.- betonová základna, 2.- zkušební vzorek, 3.- zatěžovací deska

Celková hmotnost zatěžovacího tělesa, včetně snímače a budiče, která působí na zkušební vzorek, musí být $8 \pm 0,5$ kg, což odpovídá dle ČSN 73 0532 zatížení zkušební vzorku 2 kPa.

Stanovení dynamické tuhosti se provádí nejméně na třech vzorcích čtvercového tvaru o straně 200 mm. Přípustná tolerance drsnosti povrchu je 3 mm.

Podstata a popis zkoušky:

Při zkoušce dynamické tuhosti zjišťujeme rezonanční kmitočet f_r soustavy měřený vzorek – zatěžovací těleso, která kmitá ve svislém směru. Rezonanční kmitočet se stanoví pomocí sinusového signálu o konstantní amplitudě, který generuje soustava frekvenční generátor – elektromagnet.

Nejprve umístíme za základnu vzorek, který vyhovuje daným rozměrům pro zkoušku dynamické tuhosti (viz níže). Poté na vzorek umístíme zatěžovací desku s elektromagnetem a pomocí stavěcího šroubu na závěsu umístíme permanentní magnet nad zatěžovací desku tak, aby mezera mezi magnety byla optimálně asi 1 mm.

Dále zapojíme měřicí soustavu a postupným zvyšováním frekvence na budícím generátoru hledáme rezonanční frekvenci, která se projeví maximální výchylkou na analyzátoru. Po zapsání hodnoty rezonanční frekvence z frekvenčního čítače zkoušku ještě dvakrát opakujeme a výsledná hodnota je aritmetickým průměrem těchto tří výsledků.

Postup měření:

Stanovení dynamické tuhosti bude provedeno na 3 vzorcích čtvercového tvaru o straně 200 mm. Před samotným stanovením dynamické tuhosti je nutné stanovit tloušťku vzorku. Postup provedení zkoušky je uveden výše.

Vyhodnocení:

Při vyhodnocení experimentu je nejprve nutné vypočítat hodnotu zdánlivé dynamické tuhosti na jednotku plochy s'_t , která je dána vztahem:

$$s'_t = 4 \cdot \pi^2 \cdot m'_t \cdot f_r^2 \quad (29)$$

kde: m'_t celková plošná hmotnost zatěžovacího tělesa při zkoušce [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$],
 f_r extrapolovaná hodnota rezonančního kmitočtu [Hz].

Dynamická tuhost pružného materiálu je závislá na hodnotě stejnosměrného odporu proti proudění v příčném směru dle ISO 9053.

Pro materiál s vysokým odporem proti proudění ($r_{ss} > 100 \text{ kPa} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-2}$) je dynamická tuhost zkoušeného materiálu rovna hodnotě dynamické tuhosti zdánlivé:

$$s' = s'_t \quad (30)$$

Pro materiál se středním odporem proti proudění je hodnota dynamické tuhosti s' dána vztahem:

$$s' = s'_t + s'_a \quad (31)$$

kde: s'_a dynamická tuhost vzduchu [$\text{MPa} \cdot \text{m}^{-1}$],
 s'_t dynamická tuhost vzorku zdánlivá [$\text{MPa} \cdot \text{m}^{-1}$].

Dynamická tuhost vzduchu ve struktuře vzorku na jednotku plochy s'_a se vypočítá ze vztahu:

$$s'_a = \frac{E_{air}}{d \cdot \varepsilon} \quad (32)$$

kde: d tloušťka vzorku [m],
 E_{air} dynamický modul pružnosti vzduchu [Pa],
 ε pórovitost vzorku [-].

Pro materiály s nízkým odporem proti proudění ($r_{ss} < 10 \text{ kPa} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-2}$) a je-li současně dynamická tuhost vzduchu ve struktuře materiálu, stanovená dle vztahu níže, zanedbatelná ve vztahu k dynamické tuhosti zkušební vzorku, platí:

$$s'_a = \frac{E_{air}}{d \cdot \varepsilon} \quad (33)$$

Vztah lze pro $E_{air} = 0,1 \text{ MPa}$ a $\varepsilon = 0,9$ zjednodušit:

$$s'_a = \frac{111000}{d} \quad (34)$$

kde: d tloušťka vzorku [m]

$$s' = s'_t \quad (35)$$

V závěru protokolu je nutné zařadit materiál do skupin akusticko izolačních materiálů dle následující tabulky 4:

Tab. 4: Přehled kategorií akusticko izolačních materiálů dle dynamické tuhosti dle ČSN 73 0532

Kategorie podložky	s' [MPa.m ⁻¹]
I. kategorie	$s' \leq 30$
II. kategorie	$30 < s' \leq 200$
III. kategorie	$s' > 200$

Tab. 5: Přehled skupin akusticko izolačních materiálů dle pružnosti při zatížení 2 kPa (ČSN 73 0532)

Typ podložky	ε [%]
Pružná	$\varepsilon \geq 90 \%$
Polopružná	$50 \% \leq \varepsilon < 90 \%$
Nepružná	$\varepsilon < 50 \%$

Pozn. **Pružnost** ε v % se určí ze vztahu:

$$\varepsilon = \frac{h'_0 - h_n}{h_0 - h_n} * 100$$

Kde: h'_0 ... tloušťka podložky v ustáleném stavu po odlehčení, h_n ... tloušťka podložky při zatížení 2 kPa, h_0 ... tloušťka podložky v nezatíženém stavu

Tab. 6: Přehled typů akusticko izolačních materiálů dle stlačitelnosti při zatížení 2 kPa (ČSN 73 0532)

Typ podložky	K [%]
Měkká	$K \geq 20 \%$
Polotuhá	$5 \% \leq K < 20 \%$
Tuhá	$K < 5 \%$

Pozn. **Stlačitelnost** K v % se určí ze vztahu:

$$K = \frac{h_0 - h_n}{h_0} * 100$$

Kde: h_n ... tloušťka podložky při zatížení 2 kPa, h_0 ... tloušťka podložky v nezatíženém stavu

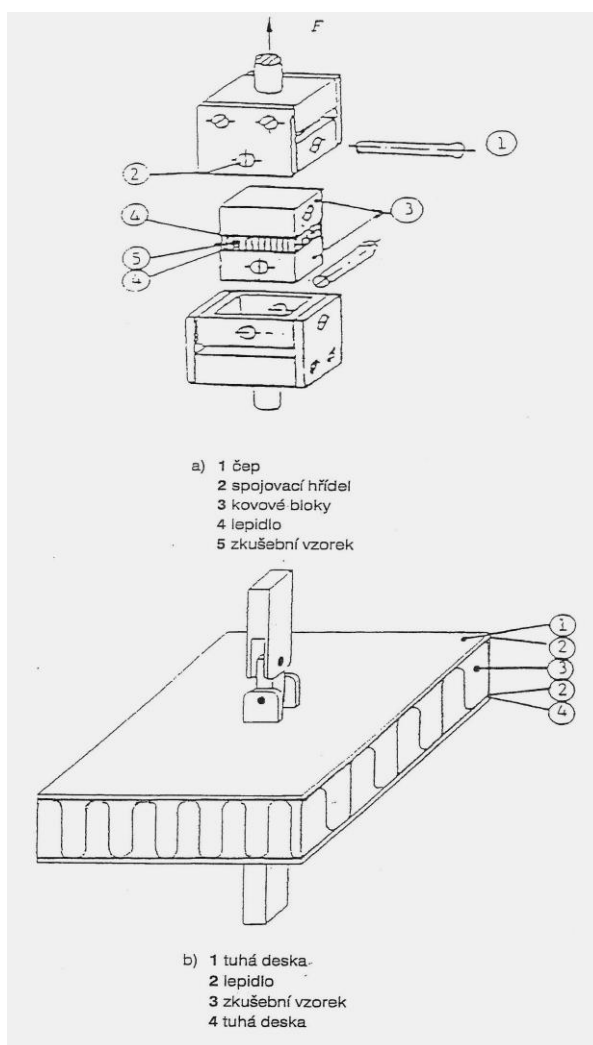
ÚLOHA č. 3: Stanovení mechanických vlastností tepelně izolačních materiálů

3.1 Stanovení pevnosti v tahu kolmo k rovině desky u tepelně izolačních výrobků používaných ve stavebnictví

Postup stanovení pevnosti v tahu kolmo k rovině desky u tepelně izolačních výrobků je definován v normě ČSN EN 1607. Tato norma definuje pevnost v tahu kolmo k povrchu σ_{mt} jako největší tahovou sílu zaznamenanou v průběhu tahového namáhání kolmo k povrchu výrobku, dělenou plochou průřezu zkušební vzorku.

Zkušební zařízení

- zkušební zařízení pro tahovou zkoušku – lis,
- tuhé desky nebo bloky pro samočinné vyrovnání,
- pryskyřičné lepidlo pro upevnění vzorku mezi tuhé desky či bloky,
- zkušební stroj pro vyvození tahové síly.



Obr. 9: Příklady vhodné úpravy upevnění zkušební vzorku

Podstata a popis zkoušky:

Zkušební vzorek je upevněn mezi dvě tuhé desky nebo bloky, které jsou upevněny do zkušebního zařízení pro zkoušku tahem a jsou taženy od sebe stanovenou rychlostí. Zaznamená se největší tahová síla a z ní se pak vypočte pevnost v tahu zkušebního vzorku.

Zkušební vzorky jsou hranoly čtvercového průřezu, jejichž strana má normově doporučené rozměry:

- 50 x 50 mm nebo
- 100 x 100 mm nebo
- 150 x 150 mm nebo
- 200 x 200 mm nebo
- 300 x 300 mm.

Lineární rozměry se musí stanovit dle normy ČSN EN 12085 s přesností $\pm 0,5 \%$.

Pokud není stanoveno výrobkovou normou jinak, provede se zkouška na 5 zkušebních vzorcích při teplotě vzduchu $23 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$.

Nejprve se stanoví průřezová plocha zkušebního vzorku ještě před připevněním k dvěma tuhým deskám či blokům. Takto připravený zkušební vzorek se upevní do zkušebního zařízení pro zkoušku tahem upevněním desek či bloků. Během zkoušky se zvyšuje tahová síla se stálou rychlostí posuvu až do porušení, stanoví se maximální síla v kN a způsob porušení materiálu nebo povrchové vrstvy. Pokud došlo k porušení zcela nebo částečně v přilepení zkušebního vzorku k tuhým deskám, blokům, tyto vzorky jsou vyloučeny.



Obr. 10: Vzorek upevněný v lisu před zkouškou pevnosti v tahu kolmo k rovině desky

Postup měření:

V rámci laboratorního cvičení budou vzorky různých izolačních materiálů (minerální vlna, vzorky z technického konopí, lnu, ...) o rozměrech 200 x 200 mm lepidlem upevněny mezi dvě tuhé desky v časovém předstihu, z důvodu potřebné doby k dostatečnému vytvrnutí lepidla a soudržnosti vzorku s deskami.

Úkolem bude teoretické seznámení studentů s přípravou vzorků (stanovení rozměrů vzorků, aplikace lepidla a připevnění vzorku mezi dvě tuhé desky), poté budou předem připravené zkušební vzorky podrobeny zkoušce tahem. Během zkoušky se stanoví maximální síla a způsob porušení. Popis stanovení pevnosti v tahu kolmo k rovině desky je popsán v již uvedené textové části, výpočet a vlastní vyhodnocení jsou popsány níže.

Výpočet a vyhodnocení výsledků:

Pevnost v tahu kolmo k povrchu, σ_{mt} v kPa se určí dle vztahu:

$$\sigma_{mt} = \frac{F_m}{A} = \frac{F_m}{l \cdot b} \quad (36)$$

kde: F_m je největší tahová síla [kN],
A průřezová plocha zkušební vzorku [m²],
l, b délka, šířka zkušební vzorku [m].

Výsledkem je střední hodnota jednotlivých měření zaokrouhlená na dvě platné číslice.

Zápis o zkoušce:

Všechny naměřené a vypočtené údaje z výše popsaných zkoušek se uvádí do souhrnného protokolu, který se zpracuje dle pokynů v ČSN EN 1607.

3.2 Zkouška tlakem u tepelně izolačních výrobků používaných ve stavebnictví

Zkoušku tlakem u tepelně izolačních výrobků používaných ve stavebnictví popisuje norma ČSN EN 826.

Podstata zkoušky tkví v tom, že tlaková síla působí danou rychlostí kolmo na větší rovnoběžné povrchy kvádrového zkušební vzorku. Stanoví se maximální tlaková síla přenesená zkušebním vzorkem.

Pokud hodnota maximální síly odpovídá deformaci menší jak 10 %, je označována jako pevnost v tlaku a udává se příslušná deformace. Není-li zjištěno žádné porušení před dosažením 10 % deformace, vypočítá se napětí v tlaku při 10 % deformaci a jeho hodnota se uvede jako napětí v tlaku při 10 % deformaci.

Zkušební zařízení:

- zatěžovací stroj,
- zařízení pro měření přetvoření a snímač k měření síly.

Podstata a popis zkoušky:

Zkušební vzorky musí mít tvar kvádrů s těmito rozměry, jejich výběr závisí na výrobkové normě:

- 50 x 50 mm nebo
- 100 x 100 mm nebo
- 150 x 150 mm nebo
- 200 x 200 mm nebo
- 300 x 300 mm.

Lineární rozměry se musí stanovit dle normy ČSN EN 12085 s přesností $\pm 0,5 \%$, pokud nejsou výrobky rovinné, je nutné je zbrousit či opatřit vhodnou povrchovou úpravou.

Pokud není stanoveno výrobkovou normou jinak, provede se zkouška na 5 zkušebních vzorcích při teplotě vzduchu $23 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$.

Tlačené plochy zkušební vzorku se umístí centricky mezi rovnoběžnými deskami zatěžovacího stroje. Zkušební vzorek se zatíží počátečním tlakem $250 \pm 10 \text{ Pa}$, pokud však nastane u vzorku při tomto počátečním tlaku výrazná deformace, může být použit počáteční tlak 50 Pa. Tloušťka d_0 by měla být stanovena při tomto počátečním tlaku.

Zkušební vzorek je stlačován pohyblivou deskou zatěžovacího stroje konstantní rychlostí 0,1 d za minutu s mezní odchylkou 25 %, kde d představuje tloušťku zkušební vzorku v milimetrech. Ve zkoušce se pokračuje až k dosažení meze tečení – tím se stanoví pevnost v tlaku, nebo až se docílí poměrné stlačení 10 % a tím může být určeno napětí v tlaku při 10 % deformaci. Při této zkoušce se provádí záznam pracovního diagramu.

Postup měření:

V rámci laboratorních cvičení budou připraveny vzorky o rozměrech 200 x 200 mm z různých tepelně izolačních materiálů o různých tloušťkách. Nejprve budou stanoveny lineární rozměry vzorku. Následně budou vzorky podrobeny tlakové zkoušce. Zkušební vzorky jsou podrobeny počátečnímu tlaku $250 \pm 10 \text{ Pa}$, při tomto tlaku se stanoví též tloušťka vzorku, d. Pokud dojde ke značné deformaci již při tomto počátečním tlaku, lze tento tlak snížit na 50 Pa. Zkušební vzorek je stlačován pohyblivou deskou zatěžovacího stroje konstantní rychlostí $v = 0,1 \text{ d}$ za minutu. Zkouška pokračuje až k dosažení meze tečení – stanovení pevnosti v tlaku, nebo k docílení poměrného stlačení 10 % – určení napětí v tlaku při 10 % deformaci. Při této zkoušce se provede záznam pracovního diagramu, ze kterého se stanoví poměrné stlačení ϵ_m , podrobný popis vyhodnocení je uveden níže.

Výpočet a vyhodnocení výsledků:

Pevnost v tlaku, σ_m [kPa] se určí dle vztahu:

$$\sigma_m = \frac{10^3 \cdot F_m}{A_0} \quad (37)$$

kde: F_m je největší síla [N],

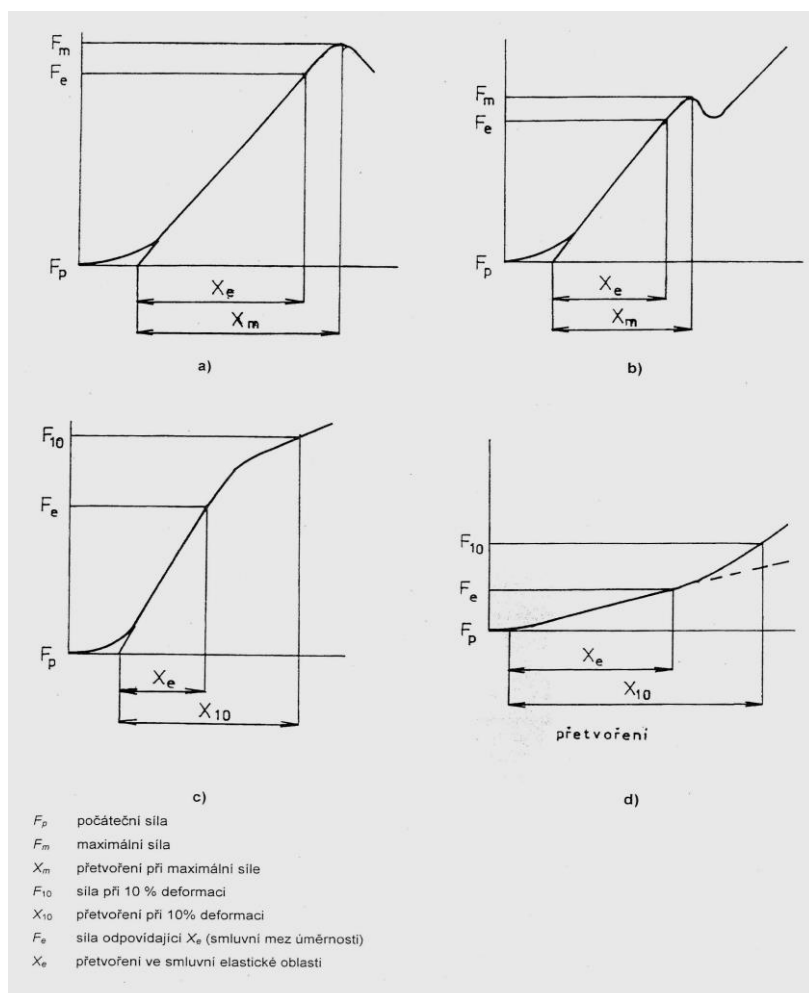
A_0 počáteční průřez zkušební vzorku [mm^2].

Stanovení poměrného stlačení ε_m

Určí se bod nulové deformace prodloužením lineární nejstrmější části křivky k ose procházející počátkem F_p .

Všechna přetvoření pro výpočet poměrného stlačení se měří od bodu nulové deformace odpovídající síle $F_p = 250 \pm 10$ Pa.

Na následujícím obrázku je znázorněn postup vyhodnocení u čtyř příkladů pracovních diagramů.



Obr. 11: Příklady pracovních diagramů

Poměrného stlačení, ε_m , v procentech se stanoví ze vztahu:

$$\varepsilon_m = \left(\frac{X_m}{d_0} \right) \cdot 100 \quad (38)$$

kde: X_m je přetvoření deformace při maximální síle [mm],
 d_0 počáteční tloušťka zkušební vzorku [mm].

Napětí při 10% deformaci, σ_{10} , v kPa se určí ze vztahu:

$$\sigma_{10} = \frac{10^3 \cdot F_{10}}{A_0} \quad (39)$$

kde: F_{10} je síla odpovídající 10% poměrnému stlačení [N],

A_0 počáteční průřez zkušební vzorku [mm^2].

Modul pružnosti v tlaku, E , v kPa se stanoví ze vztahu:

$$E = \frac{\sigma_e \cdot d_0}{X_e} \quad (40)$$

$$\text{pro } \sigma_e = \frac{10^3 \cdot F_e}{A_0} \quad (41)$$

kde: F_e je síla na konci smluvní elastické deformace (rovný úsek prac. diagramu) [N],
 X_e stlačení při síle F_e [mm].

Pokud není žádný úsek pracovního diagramu přesně rovný či je souřadnice nulového bodu deformace záporná, není výše uvedený postup použitelný. Nulový bod odpovídá napětí v tlaku $250 \pm 10 \text{ Pa}$.

Výsledkem je aritmetický průměr z naměřených výsledků vyjádřený s přesností na tři platné číslice.

Zápis o zkoušce

Všechny naměřené a vypočtené údaje z výše popsaných zkoušek se uvádí do souhrnného protokolu, který se zpracuje dle pokynů v ČSN EN 826.

ÚLOHA č. 4: Stanovení krátkodobé nasákavosti při částečném ponoření u tepelně izolačních výrobků

Při zkoušce stanovení krátkodobé nasákavosti při částečném ponoření u tepelně izolačních výrobků používaných ve stavebnictví se postupuje dle normy ČSN EN 1609.

Zkušební zařízení:

- váhy s přesností 0,1 g,
- velká plastová nádoba, kovová mřížka pro zajištění polohy vzorku, odkapávací zařízení.

Podstata a popis zkoušky:

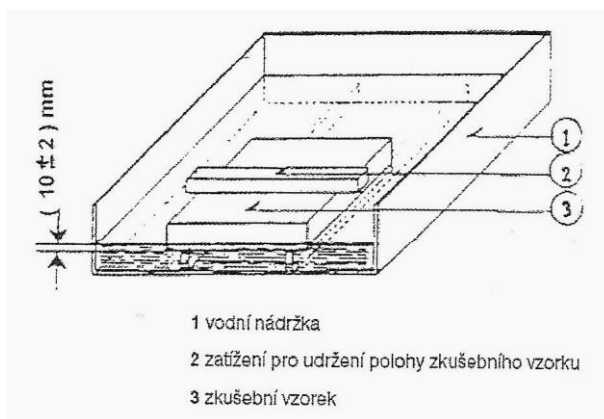
Podstatou zkoušky je stanovit změnu hmotnosti zkušební vzorku umístěného po dobu 24 hodin spodní stranou ve vodě.

Přebytečná neabsorbovaná voda, která ulpěla na povrchu vzorku se odstraní dle metody:

- a) odkapáním,
- b) odečtením počátečního navlhčení.

Zkušební vzorky jsou hranoly s čtvercovým příčným řezem o straně 200 ± 1 mm, jejich počet je závislý na výrobkové normě. Pokud není určeno jinak, min. počet jsou 4 vzorky. Zkušební vzorky musí být kondicionovány při teplotě vzduchu 23 ± 2 °C a relativní vlhkosti vzduchu 50 ± 5 %. Další provedení zkoušky vyplývá z příslušné výrobkové normy.

Rozměry zkušebních vzorků se určí podle ČSN EN 12085 s přesností 0,1 mm.



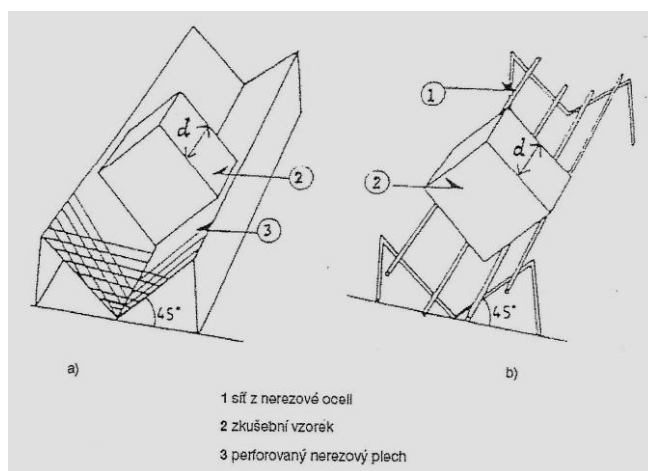
Obr. 12: Zařízení pro částečné ponoření

Další provedení zkoušky vyplývá z příslušné výrobkové normy, existují 2 metody zkoušení:

a) Metoda A – Odkapání přebytečné vody

Nejprve se určí zvážením počáteční hmotnost vzorku s přesností 0,1 g. Polovina zkušebních vzorků se umístí největší povrchovou plochou směrem nahoru, druhá polovina stejnou plochou směrem dolů. Zkušební vzorek se vloží do prázdné nádoby a zatíží se tak, aby po doplnění vodou zůstal částečně ponořen. Spodní část vzorku by měla být po celou dobu zkoušky ponořena 10 ± 2 mm pod hladinou vody. Po 24 h se zkušební vzorek vyjme, umístí

se vertikálně na síť se sklonem 45° a nechá se po dobu $10 \pm 0,5$ min okapat. Poté se vzorek zváží a stanoví se jeho hmotnost m_{24} .



Obr. 13 : Metoda A – Odkapání přebytečné vody

b) Metoda B – Odpočet počátečního navlhčení

Nejprve se určí zvážením počáteční hmotnost vzorku s přesností 0,1 g. Polovina zkušebních vzorků se umístí největší povrchovou plochou směrem nahoru, druhá polovina stejnou plochou směrem dolů. Zkušební vzorek se vloží do prázdné nádoby a zatíží se tak, aby po doplnění vodou zůstal částečně ponořen. Spodní část vzorku by měla být po celou dobu zkoušky ponořena 10 ± 2 mm pod hladinou vody. Po 10 s se vzorek vyjme, ve vodorovné poloze se umístí na misku o známé hmotnosti a zváží se, stanoví se hmotnost vzorku s počátečním navlhčením m_1 . Poté se zkušební vzorek přemístí zpět do nádoby, zatíží se tak, aby po doplnění vodou zůstal částečně ponořen. Spodní část vzorku by měla být po celou dobu zkoušky ponořena 10 ± 2 mm pod hladinou vody. Po 24 h se zkušební vzorek vyjme, umístí se ve vodorovné poloze na misku o známé hmotnosti. Poté se vzorek zváží a stanoví se jeho hmotnost m_{24} .

Tato metoda je vhodná pouze je-li počáteční navlhčení menší nebo rovné $0,5 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$, přičemž se stanoví z níže uvedeného vztahu:

$$\frac{m_1 - m_0}{A_p} \quad (42)$$

kde: m_1 je hmot. zkuš. vzorku včetně počátečního navlhčení vodou dle metody B [kg],
 m_0 počáteční hmotnost zkušebního vzorku určená metodou A [kg],
 A_p plocha spodního povrchu zkušebního vzorku [m^2].

Postup měření:

V rámci laboratorního cvičení bude provedena zkouška v obměněné podobě, vzhledem k časovým možnostem. Cílem úlohy bude zjistit, zda je metoda B „Odpočet počátečního navlhčení“ vhodná pro stanovení krátkodobé nasákavosti u dodaných zkušebních vzorků. Nejprve bude určena hmotnost vzorků dle metody B, viz. výše v textové části, m_0 – počáteční hmotnost zkušebních vzorků, m_1 - hmotnost zkušebních vzorků včetně počátečního navlhčení, dále pak A_p – plocha spodního povrchu zkušebního vzorku. Při pozitivním zjištění možnosti užití metody B pro stanovení krátkodobé nasákavosti, bude zkouška provedena dle postupu této metody B, pouze hmotnost m_{24} bude nahrazena hmotností m_{90} – hmotnost zkušebních vzorků po částečném ponoření po dobu 90 minut. Pokud bude některý zkušební vzorek vykazovat počáteční navlhčení vyšší jak $0,5 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$, měření tohoto vzorku bude ukončeno.

Výpočet a vyhodnocení výsledků:

Výsledkem zkoušky je střední hodnota z jednotlivých naměřených hodnot.
Krátkodobá nasákavost vody při částečném ponoření W_p [kg.m⁻²]

$$\text{metoda A: } W_p = \frac{m_{24} - m_0}{A_p} \quad (43)$$

$$\text{metoda B: } W_p = \frac{m_{24} - m_1}{A_p} \quad (44)$$

kde: m_0 je počáteční hmotnost zkušební vzorku určená dle metody A [kg],
 m_1 hmot. zkuš. vzorku včetně počátečního navlhčení vodou dle metody B [kg],
 m_{24} hmotnost zkušební vzorku po částečném ponoření po dobu 24 h [kg],
 A_p plocha spodního povrchu zkušební vzorku [m²].

W_p se zaokrouhlí na nejbližší 0,01 kg.m⁻².

ÚLOHA č. 5: Stanovení rozměrové stability za určených teplotních a vlhkostních podmínek

Stanovení rozměrové stability za určených teplotních a vlhkostních podmínek u tepelněizolačních výrobků se řídí normou ČSN EN 1604. Vzhledem k zabudování těchto tepelněizolačních výrobků do stavebních konstrukcí je tato charakteristika velice významná pro jejich optimální funkci a využití.

Zkušební zařízení:

- zkušební komora s regulovanou teplotou nebo regulovanou teplotou a vlhkostí, která umožňuje vystavit zkušební vzorky daným podmínkám,
- měřicí zařízení k určení lineárních rozměrů zkušebních vzorků podle ČSN EN 12085 s přesností 0,1 mm.

Podstata a popis zkoušky:

Podstatou zkoušky je stanovit změny lineárních rozměrů zkušebních vzorků, které byly nejprve kondicionovány a poté vystaveny po stanovenou dobu specifikovanému prostředí a poté opět kondicionovány.

Zkušební vzorky musí být nejprve kondicionovány při teplotě vzduchu 23 ± 2 °C a relativní vlhkosti vzduchu 50 ± 5 % pro dosažení rovnovážného stavu.

U každého kondicionovaného vzorku se na 3 místech, dle ČSN EN 1604, určí počáteční délka l_{01} , l_{02} , l_{03} a počáteční šířka b_{01} , b_{02} , b_{03} , počáteční tloušťka se určí na 5 místech d_{01} , d_{02} , d_{03} , d_{04} , d_{05} . Pro určení lineárních rozměrů zkušebních vzorků se postupuje podle ČSN EN 12085, dále pak dle ČSN EN 822 Tepelně izolační výrobky pro použití ve stavebnictví - Stanovení délky a šířky, ČSN EN 823 Tepelně izolační výrobky pro použití ve stavebnictví - Stanovení tloušťky, s přesností 0,1 mm.

Soubor vzorků je pak vystaven po dobu 24 ± 1 h zkušebním podmínkám.

Možné zkušební podmínky definované normou:

a) Pro stanovenou teplotu bez určení relativní vlhkosti

- -40 ± 2 °C
- -30 ± 2 °C
- $+40 \pm 2$ °C
- $+60 \pm 2$ °C

b) Pro stanovenou teplotu a relativní vlhkost určenou v rozmezí 30 % až 90 % s přesností ± 5 % relativní vlhkosti

- $+20 \pm 2$ °C
- $+23 \pm 2$ °C
- $+60 \pm 2$ °C
- $+70 \pm 2$ °C

Lze však použít i jiné podmínky. Z důvodu časového omezení laboratorního cvičení budou vzorky podrobeny podmínkám, které určí vedoucí cvičení.

Po vystavení zkušebních vzorků ve specifikovaných podmínkách se vzorky vyjmou a vystaví po danou dobu teplotě 23 ± 2 °C a relativní vlhkosti vzduchu 50 ± 5 %.

Poté je u vzorků určena konečná délka l_{t1} , l_{t2} , l_{t3} , šířka b_{t1} , b_{t2} , b_{t3} a tloušťka d_{t1} , d_{t2} , d_{t3} , d_{t4} , d_{t5} na stejných místech počátečního měření vzorků. Vzorky se posoudí i vizuálně.

Postup měření:

Pro tuto zkoušku budou sledovány 2 sady vzorků po 3 kusech. Každá sada bude mít odlišné zkušební podmínky. Vzhledem k časovému omezení budou studentům k dispozici již naměřené počáteční hodnoty měření l_0 , b_0 , d_0 . Zkušební vzorky z jednotlivých sad budou již 24 hodin před laboratorním cvičením umístěny do těchto zkušebních podmínek:

- teplota 50 ± 2 °C a relativní vlhkost vzduchu 80 ± 5 %,
- teplota 80 ± 2 °C.

Vzorky budou vyjmuty ze zkušebních podmínek a po dobu 30 minut vystaveny laboratorním podmínkám. Poté budou u zkušebních vzorků stanoveny konečné hodnoty l_t , b_t , d_t .

Výpočet a vyhodnocení výsledků:

Změny rozměrů $\Delta\varepsilon_l$, $\Delta\varepsilon_b$, $\Delta\varepsilon_d$ [%]

$$\Delta\varepsilon_l = \frac{l_t - l_0}{l_0} \quad (45)$$

$$\Delta\varepsilon_b = \frac{b_t - b_0}{b_0} \quad (46)$$

$$\Delta\varepsilon_d = \frac{d_t - d_0}{d_0} \quad (47)$$

kde: l_0 , b_0 , d_0 jsou počáteční rozměry po kondicionování v mm,
 l_t , b_t , d_t konečné rozměry po vystavení v mm.

Z jednotlivých výsledků zkoušek se vypočítá střední hodnota každé rozměrové změny $\Delta\varepsilon_l$, $\Delta\varepsilon_b$, $\Delta\varepsilon_d$. Změny rozměrů $\Delta\varepsilon_l$, $\Delta\varepsilon_b$, $\Delta\varepsilon_d$ zaokrouhlujeme na 0,1 %.



Obr. 14: Rozměrová stabilita izolačních materiálů je velmi důležitý faktor pro jejich použití do stavebních konstrukcí

Zápis o zkoušce:

Všechny naměřené a vypočtené údaje z výše popsaných zkoušek se uvádí do souhrnného protokolu, který se zpracuje dle pokynů v ČSN EN 1604.

ÚLOHA č. 6: Zkoumání závislosti tepelně izolačních vlastností materiálů - vliv relativní vlhkosti prostředí na součinitel tepelné vodivosti λ

Stavební materiály přijímají z okolního vzduchu molekuly vody prostřednictvím adsorpce, absorpce, stejně tak také kapilární kondenzací. Za obvyklých klimatických poměrů nejsou nikdy stavební látky zabudované v konstrukcích úplně suché, nýbrž obsahují jisté množství vody, závislé na okolních poměrech. To souvisí s tím, že stavební látky jsou trvale vystaveny okolnímu „vlhkému“ vzduchu, a tím v menší nebo větší míře přijímají vzdušnou vlhkost. U nově postavených objektů získávají stavební materiály vlhkost jednak při samotné výrobě nebo při stavebních pracích vlivem vlhkých stavebních procesů, nejčastěji se však jedná o kombinaci obou těchto procesů. Přírodním vysycháním se ustaluje během dlouhé doby v materiálu vlhkostní stav, který je označován jako praktický obsah vlhkosti staviv. Je definován jako hodnota, která odpovídá hodnotám naměřeným při praktickém stanovování vlhkosti na reálné konstrukci, v níž je dosažen rovnovážný vlhkostní stav.

V případě sanace a rekonstrukce historických staveb je často jedinou možností provedení vnitřního zateplení. V takovém případě dochází často v tepelně izolačním materiálu ke kondenzaci vzdušné vlhkosti. V takovém případě je důležité, aby byl materiál schopný zkondenzovanou vlhkost transportovat svým kapilárním systémem směrem k vnějšímu povrchu, kde dochází k jejímu následnému odparu. Dalším důležitým předpokladem je zajištění dostatečných tepelně izolačních schopností izolantu i při zvýšeném vlhkostním obsahu.

Závislost součinitele tepelné vodivosti na vlhkosti

Pórový systém materiálů tepelně izolačních materiálů na přírodní bázi umožňuje (je-li otevřený) transport vlhkosti i její akumulaci. Hodnota součinitele tepelné vodivosti u materiálů na přírodní bázi úzce souvisí s jeho vlhkostním obsahem. Při zvlhčení je vzduch v pórových systémech těchto materiálů nahrazován vodou s několikanásobně vyšší hodnotou součinitele tepelné vodivosti, čímž dochází k výraznému zvyšování součinitele tepelné vodivosti. Součinitel tepelné vodivosti λ [W·m⁻¹·K⁻¹] vlhkého materiálu je určen tepelnou vodivostí pevné matrice, tekutých fází, plynných fází a jejich množství, fázovými změnami a prostorovým uspořádáním fází. Součinitel tepelné vodivosti obecně roste se zvyšujícím se obsahem vlhkosti.

Pro výslednou hodnotu součinitele tepelné vodivosti pórovitého materiálu lze při zahrnutí vlivu vlhkosti zjednodušeně zapsat následující vztah:

$$\lambda_{(w)} = \lambda_{mat} \cdot (1 - P) + \lambda_{vody} \cdot w + \lambda_{vzd} \cdot (P - w) \quad (48)$$

kde: $\lambda_{(w)}$ výsledný součinitel tepelné vodivosti vlhkého materiálu [W·m⁻¹·K⁻¹],
 λ_{mat} součinitel tepelné vodivosti materiálu bez pórů [W·m⁻¹·K⁻¹],
 λ_{vzd} součinitel tepelné vodivosti vzduchu [W·m⁻¹·K⁻¹],
 λ_{vody} součinitel tepelné vodivosti vody [W·m⁻¹·K⁻¹],
 P objemová pórovitost [-],
 w objemová vlhkost [-].

V případě materiálu s obsahem vlhkosti, dochází k postupnému zaplňování vzduchových pórů vodou. Nárůst hodnoty součinitele tepelné vodivosti je v oblasti nízké

(hygroskopické) vlhkosti strmější, v oblasti vyšší vlhkosti se obvykle intenzita nárůstu hodnoty součinitele tepelné vodivosti v závislosti na přírůstku vlhkostního obsahu snižuje.

Stanovení součinitele tepelné vodivosti

Stanovení součinitele tepelné vodivosti lze provádět v praxi několika základními způsoby, které se od sebe liší jednak teplotním stavem zkušební vzorku během měření a dále způsobem stanovení a vyhodnocení součinitele tepelné vodivosti zkušební vzorku. Metody lze tedy obecně rozdělit na:

1. *Stacionární metody* (metoda desky, metoda chráněné teplé desky, metoda měřidla tepelného toku, metoda válce, metoda koule)
2. *Nestacionární metody* (metoda nestacionárního tepelného toku, metody tepelných impulsů - metoda horkého drátu nebo-li Hot Wire Method, záblesková metoda nebo-li Laser Flash Method a další jiné metody tepelných impulsů)

Nestacionární metody jsou založeny na sledování dynamického vývoje teplot. Nestacionární metody však nepožadují ustálený teplotní stav, nýbrž se sleduje průběh šíření teplotní vlny měřeným vzorkem. Na základě různého způsobu sledování nestacionárního vývoje během měření potom existuje řada variant pro stanovení hodnoty součinitele tepelné vodivosti λ .

Zkušební zařízení:

- měřicí přístroj Shotherm,
- klimatizační komora,
- plastové nádoby na uchování vzorků.

Podstata a popis zkoušky:

Stanovení tepelné vodivosti metodou topného drátu

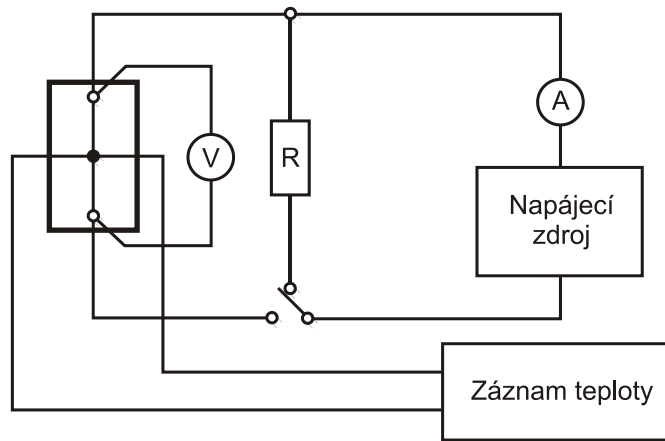
Měření se provádí v souladu s noremním postupem dle ČSN EN 993-14, ve které se definuje měřicí postup stanovení součinitele tepelné vodivosti žárovzdorných výrobků a materiálů metodou topného drátu. Metodou lze měřit jak materiály hutné, tak i zrnité nebo práškové.

Měření se provádí tak, že se nejprve připraví dva až tři vzorky, jejichž rozměry jsou minimálně $200 \times 100 \times 50$ mm. Tyto vzorky tvoří zkušební celek. Povrchové plochy dvou vzorků, které se ve zkušebním celku navzájem dotýkají musí být zabroušené tak, aby odchylka od rovinnosti dvou bodů nebyla větší než 0,2 mm. Do hutných materiálů je třeba vytvořit zářezy pro umístění měřicího obvodu. Měřicí obvod se v zárezích zatmelí tmelem z jemně mletého zkušební vzorku smíšeného s malým množstvím vhodného pojiva.

Před započítím měření je nutné vytemperovat měřicí soustavu do stacionárního stavu. Dále se připojí obvod topného drátu ke zdroji, který je nastaven tak, aby nárůst teploty topného drátu dosahoval max. 100 °C za 15 min. Od tohoto okamžiku dochází k záznamu teploty topného drátu. Měření se ukončí po 10 až 15 min.

Dále se vyčká do stavu ustálení teploty a měření se ještě dvakrát opakuje. Tímto postupem se naměří tři hodnoty rychlosti nárůstu teploty topného drátu za stejných podmínek.

Schématický nákras konstrukce měřicího zařízení je zachycen na Obr. 13.



Obr. 15: Uspořádání měřicího zařízení dle ČSN EN 993-14

Hodnota součinitele tepelné vodivosti λ se vypočítá ze vztahu:

$$\lambda = \frac{I^2 \cdot R_m}{4 \cdot \pi} \cdot \frac{\ln\left(\frac{\tau_2}{\tau_1}\right)}{\Delta t_2 - \Delta t_1} \quad (60)$$

resp.

$$\lambda = \frac{I \cdot U_m}{4 \cdot \pi} \cdot \frac{\ln\left(\frac{\tau_2}{\tau_1}\right)}{\Delta t_2 - \Delta t_1} \quad (61)$$

kde: I topný proud [A],

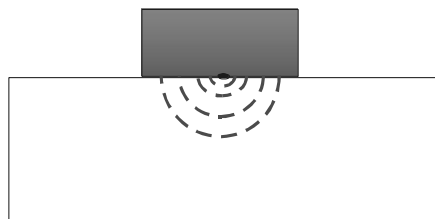
U_m úbytek napětí na délkovou jednotku topného drátu [$V \cdot m^{-1}$],

R_m elektrický odpor na délkovou jednotku topného drátu [$\Omega \cdot m^{-1}$],

τ_1, τ_2 časy od zapojení topného okruhu [min.],

$\Delta t_1, \Delta t_2$ zvýšení teploty topného drátu po zapojení okruhu v časech τ_1, τ_2 [$^{\circ}C$].

Tato metoda bývá často používána v průmyslových přístrojích, přičemž pro zjednodušení měření je tepelný zdroj integrován v tělese zkušební sondy daných vlastností (tento přístroj bude použit v případě cvičení). Tedy měřicí soustava se potom skládá ze dvou ohraničených poloprostorů - zkušební sondy a zkušebního vzorku. Tato metoda je obecně označována jako „Metoda horkého drátu“.



Obr.16: Stanovení součinitele tepelné vodivosti metodou horkého drátu

Protože vlastnosti zkušební sondy jsou při všech měřeních konstantní, lze tyto přístroje nakalibrovat dvěma referenčními materiály se známou hodnotou tepelné vodivosti λ_1 a λ_2 .

$$b = \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{x_2 - x_1} \quad (62)$$

$$a = \lambda_1 - b \cdot \lambda_2$$

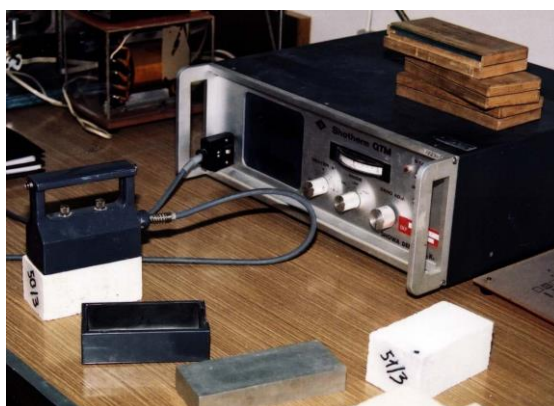
Přičemž veličina x představuje okamžitou rychlost regulárního ohřevu:

$$x = \frac{\ln\left(\frac{\tau_2}{\tau_1}\right)}{\Delta t_2 - \Delta t_1} \quad (63)$$

Hodnota součinitele tepelné vodivosti λ zkušebního materiálu je určena pomocí kalibračních konstant podle vztahu:

$$\lambda = a + b \cdot x \quad (64)$$

Při laboratorních cvičeních bude použit komerční přístroj Shotherm firmy Shova Denco, který pracuje zcela automaticky a výstupní veličinou přístroje je přímo hodnota součinitele tepelné vodivosti zkušební vzorku.



Obr. 17: Fotografie měřicího přístroje Shotherm pro stanovení hodnoty součinitele tepelné vodivosti

Postup měření:

Pro tuto úlohu budou laboratorní vzorky (2 sady po 3 vzorcích) připraveny vedoucím cvičení a uloženy do následujících zkušebních podmínek: teplota 23 ± 2 °C a relativní vlhkost vzduchu 50 ± 5 %, teplota 23 ± 2 °C a relativní vlhkost vzduchu 80 ± 5 %.

V rámci cvičení budou studentům sděleny informace o podmínkách uložení jednotlivých vzorků. Úkolem bude u jednotlivých zkušebních vzorků stanovit součinitel tepelné vodivosti. Před započítím měření je nutné upravit povrch zkušební vzorku tak, aby odchylka od rovinnosti dvou bodů nebyla větší než 0,2 mm. Dále se na povrch zkušební vzorku volně položí zkušební sonda. Rozměry zkušební vzorku musí být min. o 50 mm větší než rozměry zkušební sondy, přičemž minimální tloušťka zkušební vzorku je 100 mm.

Po přiložení zkušební sondy se nechá měřicí soustava min. 60 sekund vytemperovat a poté se na řídicím přístroji aktivuje měřicí proces (stisk tlačítka START). Po ukončení měření se na display zkušební přístroje objeví číselný údaj představující naměřenou hodnotu součinitele tepelné vodivosti zkušební vzorku. Během celého měřicího intervalu musí být

zkušební sonda v kontaktu s povrchem zkušební vzorku. Dojde-li k přerušení kontaktu zkušební vzorku a měřicí sondy je nutné měření opakovat.

Měření je nutné opakovat na jednom zkušebním vzorku 5 x, přičemž při každém měření je nutné opakovaně přiložit zkušební sondu na povrch zkušební vzorku. Interval mezi jednotlivými měřeními je 5 minut.

Výsledná ekvivalentní hodnota součinitele tepelné vodivosti se stanoví jako aritmetický průměr z naměřených hodnot (případné odlehlé hodnoty je nutné vyloučit).

Zápis o zkoušce:

Všechny naměřené a vypočtené údaje z výše popsaných zkoušek se uvádí do souhrnného protokolu. Součástí protokolu bude grafický výstup závislosti součinitele tepelné vodivosti na relativní vlhkosti, případně na dalších jiných fyzikálních vlastnostech zkušební vzorku.

ÚLOHA č. 7: Zjišťování tloušťky vláken mikroskopicky

K výrobě tepelných a zvukových izolací se používají anorganická vlákna ze skla, vysokopecní strusky nebo čediče. Vlákna se podle použitých surovin od sebe rozlišují vzhledem, barvou, tloušťkou vláken a stejnoměrností tloušťky. Například skleněná vlákna jsou bezbarvá (bílá), strusková mohou mít barvu od bílé přes žlutobílou až po světle hnědou. Čedičová vlákna jsou zpravidla tmavohnědá.

Stejnóměrnost tloušťky vláken závisí na způsobu výrobní technologie a na viskozitě taveniny, z níž se vyrábí. Tavenina skla je viskózní a proto poskytuje dlouhá vlákna poměrně stejné tloušťky. Opakem je málo viskózní tavenina vysokopecní strusky.

Zkušební zařízení:

- mikroskop, okulárový mikrometr,
- cejchovní podložní sklíčko,
- pinzeta.

Podstata a popis zkoušky:

Tloušťku vláken lze dobře pozorovat při silnějším zvětšení v mikroskopu. K odečtení rozměru pozorovaného objektu v mikroskopu se používá okulárový mikrometr (dělená stupnice s konstantní vzdáleností dílků vyrytá v optické soustavě okuláru). Okulárový mikrometr je součástí příslušenství mikroskopu. Vzdálenost dílků na pozorovaném objektu je však závislá na nastaveném zvětšení objektu mikroskopu. Aby bylo tedy možné odečítat skutečné rozměry pozorovaného objektu v zorném poli mikroskopu při daném zvětšení objektivu, je nezbytné provést kalibrační srovnání s objektem, u něhož jsou známy skutečné rozměry (např. v mikrometrech). K tomuto srovnání slouží cejchovní podložní sklíčko, které má ve svém středu vyrytu úsečku o přesné délce 1 mm, která je dělena na 100 dílků (vyžaduje velmi citlivou manipulaci a šetrné zacházení).

Postup měření:

Založením objektivního mikroskopu (sklíčka se skutečnou rozměrovou stupnicí) na stolek mikroskopu se nejdříve porovnají obě stupnice a zjistí se vztah, jaké skutečné délce při použitém zvětšení odpovídá jeden dílek okulárového mikrometru. Po ocejchování okulárového mikrometru lze měřit tloušťku vláken. Postupuje se tak, že na čisté podložní sklíčko mikroskopu se uloží několik krátce ulomených vláken, která se ovlhčí jednou kapkou vody a přikryjí se krycím sklíčkem. Takto připravený preparát položený na stolek mikroskopu se otočí tak, aby poloha měřeného vlákna byla rovnoběžná s dělicími ryskami stupnice v zorném poli okuláru. Dále se odečte, jaký rozsah stupnice zaujímá průměr vlákna a odečtená vzdálenost se přepočítá na skutečnou tloušťku v mm nebo μm .

Zápis o zkoušce:

Aby bylo možné považovat měření tloušťky vlákna za objektivní, je třeba stanovit tloušťku alespoň na 25 vláknech. Jako výsledek se uvede průměrná hodnota měření se směrodatnou statistickou odchylkou. Podle tloušťky vláken, barvy a tvaru se určí, o jaká vlákna jde. K tomu se uvádí základní statistiky - jejich průměrná tloušťka \bar{d} a směrodatná odchylka s .

2. VÝPOČTOVÉ PŘÍKLADY

A) ŘEŠENÉ

Příklad č. 1

Vypočítejte hodnotu akustické rychlosti v , intenzitu I a hladinu intenzity L_I pro akustický tlak 0,15 Pa a teplotu prostředí + 24 °C.

Pro výpočet předpokládejte hustotu vzduchu $\rho = 1,2 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.

Řešení:

Výpočet rychlosti šíření zvukových vln:

$$c_0 = 331,8 + 0,607 \theta_a = 331,8 + 0,607 \cdot 24 = \mathbf{346,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}}$$

platí:

$$\rho \cdot c_0 = \frac{p}{v}$$

$$v = \frac{p}{\rho c_0} = \frac{0,15}{1,2 \cdot 346,4} = \mathbf{3,61 \cdot 10^{-4} \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}}$$

$$I = \frac{p_{ef}^2}{z_0} = \frac{p_{ef}^2}{\rho \cdot c_0} = \frac{0,15^2}{1,2 \cdot 346,4} = \mathbf{5,41 \cdot 10^{-5} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}}$$

$$L_I = 10 \log \frac{I}{I_0} = 10 \log \frac{5,41 \cdot 10^{-5}}{10^{-12}} = \mathbf{79 \text{ dB}}$$

Hodnotu akustické rychlosti v byla $3,61 \cdot 10^{-4} \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, intenzita I byla rovna $5,41 \cdot 10^{-5} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ a hladina intenzity L_I byla 79 dB, pro akustický tlak 0,15 Pa a teplotu prostředí + 24 °C.

Příklad č. 2

Posluchač sedí v místnosti uprostřed kvadrofonní soustavy reproduktorů, z nichž přední dva mají výkon 0,8 W a zadní dva výkon 0,4 W. Jaká je hladina akustického tlaku L_p [dB] uprostřed zvukové soustavy (reproduktory jsou umístěny v rozích čtverce o hraně 5 m)? Pro výpočet předpokládejte teplotu prostředí + 25°C, hustotu vzduchu $\rho = 1,2 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.

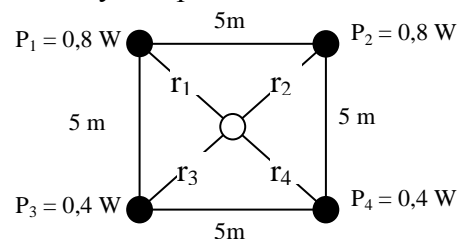
Řešení:

V prvním kroku vypočítáme vzdálenost posluchače od jednotlivých reproduktorů $r_1 = r_2 = r_3 = r_4$ (viz. následující obrázek).

$$r_1 = r_2 = r_3 = r_4 = \mathbf{3,54 \text{ m}}$$

Akustické intenzity stanovíme:

$$I_1 = I_2 = \frac{P_1}{4 \pi r_1^2} = \frac{0,8}{4 \pi 3,54^2} = \mathbf{50,8 \cdot 10^{-4} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}}$$



$$I_3 = I_4 = \frac{P_3}{4 \pi r_3^2} = \frac{0,4}{4 \pi 3,54^2} = 25,4 \cdot 10^{-4} \text{ W.m}^{-2}$$

Výsledná akustická intenzita:

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = 50,8 \cdot 10^{-4} + 50,8 \cdot 10^{-4} + 25,4 \cdot 10^{-4} + 25,4 \cdot 10^{-4} = 152,4 \cdot 10^{-4} \text{ W.m}^{-2}$$

Výpočet rychlosti šíření zvukových vln:

$$c_0 = 331,8 + 0,607 \theta_a = 331,8 + 0,607 \cdot 25 = 347,0 \text{ m.s}^{-1}$$

Výpočet efektivní hodnoty akustického tlaku:

$$p_{ef} = \sqrt{I \cdot \rho \cdot c_0} = \sqrt{0,01524 \cdot 1,2 \cdot 347,0} = 2,52 \text{ Pa}$$

Výpočet hladiny akustického tlaku:

$$L_p = 20 \log \frac{p_{ef}}{p_0} = 20 \log \frac{2,52}{2 \cdot 10^{-5}} = 102,0 \text{ dB}$$

Hladina akustického tlaku L_p uprostřed zvukové soustavy byla 102 dB.

Příklad č. 3

Stanovte dobu dozvuku T pro místnost o rozměru 5×4 m a výšce 3 m. Hodnota činitele zvukové pohltivosti stěn a stropu $\alpha_s = 0,3$, hodnota činitele zvukové pohltivosti podlahy $\alpha_p = 0,7$. Pro výpočet použijte Millingtonova vztahu.

Řešení:

Pro dobu dozvuku platí:

$$T_M = \frac{0,164V}{-\sum_{i=1}^n S_i \ln(1 - \alpha_i)}$$

Objem místnosti je roven:

$$V = 5 \cdot 4 \cdot 3 = 60 \text{ m}^3$$

Plocha stěn a stropu:

$$S_1 = 4 \cdot 5 + 2 \cdot 3 \cdot 4 + 2 \cdot 3 \cdot 5 = 74 \text{ m}^2$$

Plocha podlahy:

$$S_2 = 4 \cdot 5 = 20 \text{ m}^2$$

Doba dozvuku je rovna:

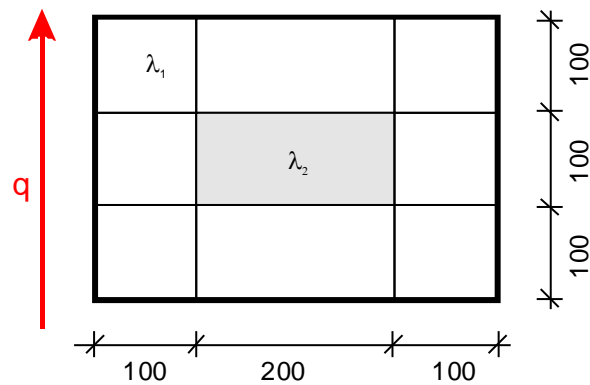
$$T_M = \frac{0,164V}{-\sum_{i=1}^n S_i \ln(1-\alpha_i)} = \frac{0,164 \cdot 60}{-(74 \cdot \ln(1-0,3) + 20 \cdot \ln(1-0,7))} = \mathbf{0,195 \text{ s}}$$

Dobu dozvuku T pro místnost o rozměru $5 \times 4 \text{ m}$ a výšce 3 m byla stanovena na $0,195 \text{ s}$.

Příklad č. 4

Vypočítejte hodnotu součinitele prostupu tepla U [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$] u dutinové keramické tvarovky rozměru $400 \times 200 \times 240 \text{ mm}$ dle následujícího zadání:

$h_e = 23 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$, $h_i = 8 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$, $\theta_e = -15 \text{ }^\circ\text{C}$, $\theta_i = +21 \text{ }^\circ\text{C}$, $\lambda_1 = 0,4 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$,
 $\lambda_2 = 0,05 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$



Řešení:

$$R_I = R_{III} = \frac{0,3}{0,4} = 0,75 \text{ m}^2 \text{ K W}^{-1}$$

$$R_{II} = \frac{0,1}{0,4} + \frac{0,1}{0,05} + \frac{0,1}{0,4} = 2,5 \text{ m}^2 \text{ K W}^{-1}$$

$$R'' = \frac{\sum_{i=1}^{III} S_i}{\sum_{i=1}^{III} \frac{S_i}{R_i}} = \frac{0,4}{\frac{0,1}{0,75} + \frac{0,2}{2,5} + \frac{0,1}{0,75}} = 1,15 \text{ m}^2 \text{ K W}^{-1}$$

$$R_1 = R_3 = \frac{0,1}{0,4} = 0,25 \text{ m}^2 \text{ K W}^{-1}$$

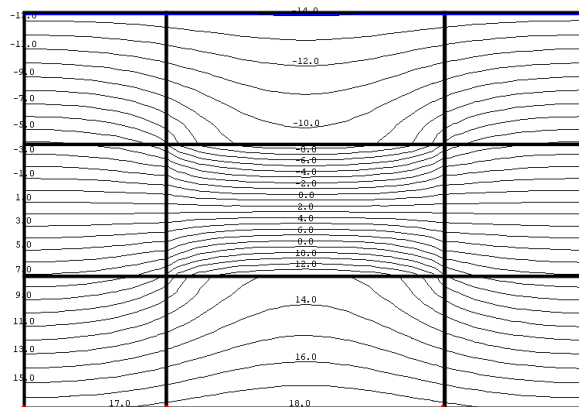
$$R_2 = \frac{0,1}{\frac{0,4 \cdot 0,2 + 0,05 \cdot 0,2}{0,4}} = 0,44 \text{ m}^2 \text{ K W}^{-1}$$

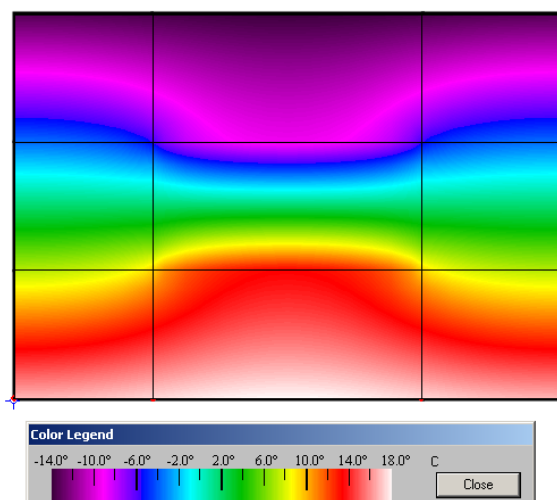
$$R^\perp = \sum_{i=1}^3 R_i = 0,25 + 0,44 + 0,25 = 0,94 \text{ m}^2 \text{ K W}^{-1}$$

$$R = \frac{2R^\perp + R''}{3} = \frac{2 \cdot 0,94 + 1,15}{3} = 1,01 \text{ m}^2 \text{ K W}^{-1}$$

$$R_0 = R_i + R + R_e = \frac{1}{h_i} + R + \frac{1}{h_e} = \frac{1}{8} + 1,01 + \frac{1}{23} = 1,18 \text{ m}^2 \text{ K W}^{-1}$$

$$U = \frac{1}{R_0} = \frac{1}{1,18} = 0,85 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \text{ K}^{-1}$$





Obr. 19: Dutinová keramická tvarovka – termovizní zkouška

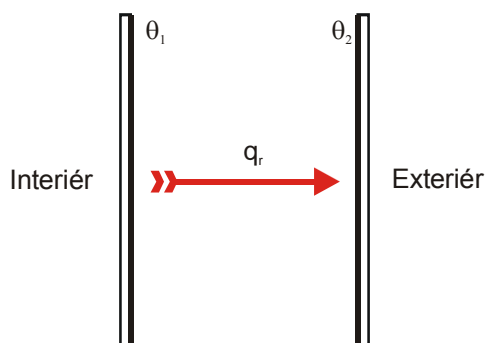
Součinitele prostupu tepla u dutinové keramické tvarovky rozměrů 400 x 200 x 240 mm byl roven $0,85 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$.

Příklad č. 5

Vypočítejte tepelné ztráty prostupem tepla okenním zasklením o ploše $1,5 \text{ m}^2$ za 24 hodin (viz obr. 20). Okenní zasklení je tvořeno dvěma skleněnými deskami, mezi nimiž se nachází vakuum.

Emisivita skla je rovna: $\varepsilon_{\text{sklo}} = 0,92$.

Teploty vnitřních povrchů zasklení jsou: $\theta_1 = +15^\circ\text{C}$, $\theta_2 = -8^\circ\text{C}$



Obr. 20: Schéma okenního zasklení

Řešení:

$$\Phi_{r,12} = S \cdot \frac{\sigma_0 (T_1^4 - T_2^4)}{\frac{1}{A_1} + \frac{1}{A_2} - 1} = 1,5 \cdot \frac{5,67 \cdot 10^{-8} (288^4 - 265^4)}{\frac{1}{0,92} + \frac{1}{0,92} - 1} = 141,1 \text{ W}$$

$$Q_{12} = \Phi_{r,12} \cdot \tau = 141,1 \cdot 86400 = \mathbf{12,2 \text{ MJ}}$$

Tepelné ztráty prostupem tepla okenním zasklením činily 12,2 MJ.

Příklad č. 6

V potrubí o $l = 100\text{m}$ a průměru $d = 100\text{ mm}$ protéká voda rychlostí $0,1\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ nadimenzujte tloušťku tepelné izolace takovým způsobem, aby voda nezamrzla. Teplota vody na vstupu do potrubí má $+5^\circ\text{C}$. (pozn. řešte jako válcovou stěnu, kde je možné zanedbat tloušťku stěny, tepelný odpor trubky a přestup tepla na vnějším povrchu izolace, tloušťka tepelné izolace bude dána $x=r_2-r_1$).

$$\theta_e = -50^\circ\text{C}, h_e = 1000\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}, c_{0,\text{voda}} = 4200\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}, \lambda_{\text{izolace}} = 0,08\text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$$

Řešení:

Množství vody v 1m trubky ($l_0=1\text{m}$):

$$V = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot l_0 = \frac{3,14 \cdot 0,1^2}{4} \cdot 1 = 7,85 \cdot 10^{-3}\text{ m}^3$$

$$m = \rho_{\text{voda}} \cdot V = 7,85 \cdot 10^{-3} \cdot 1000 = 7,85\text{ kg}$$

Množství tepla, které se uvolní při ochlazení vody z $+5^\circ\text{C}$ na 0°C :

$$Q = m \cdot c_{0,\text{voda}} \cdot \Delta\theta = 7,85 \cdot 4200 \cdot 5 = 164850\text{ J}$$

Doba průtoku vody trubkou:

$$\tau = \frac{l}{v} = \frac{100}{0,01} = 10000\text{ s}$$

Tepelný tok:

$$\Phi = \frac{Q}{\tau} = \frac{164850}{10000} = 16,485\text{ W}$$

Výpočet potřebné tloušťky tepelné izolace pro vnitřní teplotu rovnou střední teplotě vody při průtoku potrubím $\theta_{si} = \frac{\theta_1 + \theta_2}{2} = \frac{0 + 5}{2} = 2,5^\circ\text{C}$

$$\Phi = \frac{(\theta_{si} - \theta_e)}{\frac{1}{2\pi \cdot \lambda_{\text{izolace}}} \ln \frac{d+2x}{d}}$$

$$\ln \frac{d+2x}{d} = \frac{2\pi \cdot \lambda_{\text{izolace}}(\theta_{si} - \theta_e)}{\Phi}$$

$$\frac{d+2x}{d} = e^{\frac{2\pi \cdot \lambda_{\text{izolace}}(\theta_{si} - \theta_e)}{\Phi}}$$

$$x = \frac{d}{2} \left(e^{\frac{2\pi \cdot \lambda_{\text{izolace}}(\theta_{si} - \theta_e)}{\Phi}} - 1 \right)$$

$$x = 8,6\text{ mm}$$

Tloušťka přídavné tepelné izolace, kterou je nutné izolovat potrubí, aby nedošlo k zamrznutí protékající vody, je asi 10 mm.

B) NEŘEŠENÉ

Příklad č. 7

Vypočítejte hodnotu kročejového útlumu ΔL [dB] pro 100 Hz u plovoucí podlahy, kde plošná hmotnost je $m' = 100 \text{ kg.m}^{-2}$, dynamická tuhost podkladního materiálu s' je $11,5 \text{ MPa.m}^{-1}$.

Příklad č. 8

Jakou hodnotu musí mít činitel zvukové povrchové úpravy stropu místnosti, aby doba dozvuku byla menší než 0,3 s.

Rozměry místnosti jsou 5 x 4 x 3 m, pohltivost podlahy je 0,1 a stěn 0,4.

Příklad č. 9

Stanovte efektivní a maximální hodnotu akustického tlaku, je-li zadána hladina akustického tlaku $L_p = 85 \text{ dB}$.

Příklad č. 10

Jaká bude hladina akustické intenzity L_i v místě pozorovatele, pokud se v jeho blízkosti nachází dva zdroje hluku. První zdroj o akustickém výkonu 3,1 W ve vzdálenosti 10 m od pozorovatele a druhý zdroj o výkonu 3,5 W ve vzdálenosti 16 m od pozorovatele.

Příklad č. 11

Stanovte dobu dozvuku T pro místnost o rozměru $3 \times 5 \text{ m}$ a výšce 2,7 m. Hodnota činitele zvukové pohltivosti stěn je $\alpha_s = 0,4$, stropu $\alpha_s = 0,3$, podlahy $\alpha_s = 0,7$.

Příklad č. 12

Určete hustotu zvukové energie zvuku s akustickým tlakem $p_{ef} = 0,25 \text{ Pa}$. Pro výpočet předpokládejte teplotu prostředí $+ 10 \text{ °C}$ hustotu vzduchu $\rho = 1,2 \text{ kg.m}^{-3}$.

Příklad č. 13

Při měření hladiny akustického tlaku byla použita oktávová propust 500 – 1000 Hz. Přepočítejte naměřenou hodnotu $L_p = 65 \text{ dB}$ pro rozšířené pásmo 400 – 1250 Hz.

Příklad č. 14

Na kolik je nutné zvýšit vrstvu tepelné izolace pod betonovou mazaninou, aby se povrchová teplota nášlapné vrstvy podlahy zvýšila na 20 °C ?

$$h_e = 23 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$$

$$\theta_e = -15 \text{ °C}$$

$$h_i = 8 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$$

$$\theta_i = +21 \text{ °C}$$

Skladba stavební konstrukce:

	Vrstva	d [mm]	λ [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$]
1	vnitřní nášlapná vrstva	5	0,32
2	betonová mazanina	40	1,40
3	tepelná izolace	50	0,03
4	Železobeton	200	1,55
5	tepelná izolace	20	0,06
6	vnější omítka	10	0,85

Příklad č. 15

Dimenzujete tloušťku tepelné izolace (na cm), kterou je nutné aplikovat na trubku o vnitřním průměru $d = 4$ cm, tloušťce stěny 3 mm, kterou proudí chladicí kapalina o teplotě 2°C , aby na jejím vnějším povrchu v místnosti nekondenzovala vodní pára.

$$\varphi = 50\%, \theta_i = 21^\circ\text{C}, h_i = 8 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}, \lambda_{\text{trubky}} = 56 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}, \lambda_{\text{izolace}} = 0,04 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$$

3. SEZNAM NOREM

Tento seznam norem je pouze informativním seznamem současně platné legislativy týkající se oblasti izolačních materiálů, izolačních výrobků a zkoušení jejich vlastností.

Seznam norem týkajících se tepelně izolačních výrobků s použitím ve stavebnictví.

ČSN EN 822	Tepelně izolační výrobky pro použití ve stavebnictví - Stanovení délky a šířky.
ČSN EN 823	Tepelně izolační výrobky pro použití ve stavebnictví - Stanovení tloušťky.
ČSN EN 824	Tepelně izolační výrobky pro použití ve stavebnictví - Stanovení pravoúhlosti.
ČSN EN 825	Tepelně izolační výrobky pro použití ve stavebnictví - Stanovení rovinnosti.
ČSN EN 826	Tepelněizolační výrobky pro použití ve stavebnictví - Zkouška tlakem.
ČSN EN 1602	Tepelněizolační výrobky pro použití ve stavebnictví - Stanovení objemové hmotnosti.
ČSN EN 1603	Tepelněizolační výrobky pro použití ve stavebnictví - Stanovení rozměrové stability za konstantních laboratorních podmínek (23 °C / 50 % relativní vlhkosti).
ČSN EN 1603:1998/A1	Tepelněizolační výrobky pro použití ve stavebnictví - Stanovení rozměrové stability za konstantních laboratorních podmínek (23 °C / 50 % relativní vlhkosti).
ČSN EN 1604	Tepelněizolační výrobky pro použití ve stavebnictví - Stanovení rozměrové stability za určených teplotních a vlhkostních podmínek.
ČSN EN 1604:1998/A1	Tepelněizolační výrobky pro použití ve stavebnictví - Stanovení rozměrové stability za určených teplotních a vlhkostních podmínek.
ČSN EN 1605	Tepelněizolační výrobky pro použití ve stavebnictví - Stanovení deformace při určeném zatížení tlakem a určených teplotních podmínkách.
ČSN EN 1605:1998/A1	Tepelněizolační výrobky pro použití ve stavebnictví - Stanovení deformace při určeném zatížení tlakem a určených teplotních podmínkách.
ČSN EN 1606	Tepelněizolační výrobky pro použití ve stavebnictví - Stanovení dotvarování tlakem.
ČSN EN 1606:1998/A1	Tepelněizolační výrobky pro použití ve stavebnictví - Stanovení dotvarování tlakem.
ČSN EN 1607	Tepelněizolační výrobky pro použití ve stavebnictví - Stanovení pevnosti v tahu kolmo k rovině desky.
ČSN EN 1608	Tepelněizolační výrobky pro použití ve stavebnictví - Stanovení pevnosti v tahu v rovině desky.
ČSN EN 1609	Tepelněizolační výrobky pro použití ve stavebnictví - Stanovení krátkodobé nasákavosti při částečném ponoření.
ČSN EN 1609:1998/A1	Tepelněizolační výrobky pro použití ve stavebnictví - Stanovení krátkodobé nasákavosti při částečném ponoření.

ČSN EN 12085	Tepelněizolační výrobky pro použití ve stavebnictví - Stanovení lineárních rozměrů zkušebních vzorků.
ČSN EN 12086	Tepelněizolační výrobky pro použití ve stavebnictví - Stanovení propustnosti pro vodní páru.
ČSN EN 12087	Tepelněizolační výrobky pro použití ve stavebnictví - Stanovení dlouhodobé nasákavosti při ponoření.
ČSN EN 12087:1998/A1	Tepelněizolační výrobky pro použití ve stavebnictví - Stanovení dlouhodobé nasákavosti při ponoření.
ČSN EN 12088	Tepelněizolační výrobky pro použití ve stavebnictví - Stanovení dlouhodobé navlhavosti při difuzi.
ČSN EN 12089	Tepelněizolační výrobky pro použití ve stavebnictví - Zkouška ohybem.
ČSN EN 12090	Tepelněizolační výrobky pro použití ve stavebnictví - Zkouška smykem.
ČSN EN 12091	Tepelněizolační výrobky pro použití ve stavebnictví - Stanovení odolnosti při střídavém zmrazování a rozmrazování.
ČSN EN 12429	Tepelněizolační výrobky pro použití ve stavebnictví - Postupy k dosažení rovnovážné vlhkosti za určených teplotních a vlhkostních podmínek.
ČSN EN 12430	Tepelněizolační výrobky pro použití ve stavebnictví - Stanovení odolnosti při bodovém zatížení.
ČSN EN 12430:1999/A1	Tepelněizolační výrobky pro použití ve stavebnictví - Stanovení odolnosti při bodovém zatížení.
ČSN EN 12431	Tepelněizolační výrobky pro použití ve stavebnictví - Stanovení tloušťky izolačních výrobků pro plovoucí podlahy.
ČSN EN 12431:1999/A1	Tepelněizolační výrobky pro použití ve stavebnictví - Stanovení tloušťky izolačních výrobků pro plovoucí podlahy.
ČSN EN 13820	Tepelně izolační materiály pro použití ve stavebnictví - Stanovení obsahu organických látek.
ČSN EN 13793	Tepelně izolační výrobky pro použití ve stavebnictví - Stanovení chování při cyklickém zatěžování.
ČSN EN 13499	Tepelně izolační výrobky pro použití ve stavebnictví - Vnější tepelně izolační kompozitní systémy (ETICS) z pěnového polystyrenu - Specifikace.
ČSN EN 13500	Tepelně izolační výrobky pro použití ve stavebnictví - Vnější tepelně izolační kompozitní systémy (ETICS) z minerální vlny - Specifikace.
ČSN EN 13494	Tepelně izolační výrobky pro použití ve stavebnictví - Stanovení přídržnosti lepicí hmoty nebo základní vrstvy k tepelně izolačnímu materiálu.
ČSN EN 13495	Tepelně izolační výrobky pro použití ve stavebnictví - Stanovení soudržnosti vnějšího tepelně izolačního kompozitního systému (ETICS) (zkouška pěnovým blokem).
ČSN EN 13496	Tepelně izolační výrobky pro použití ve stavebnictví - Stanovení mechanických vlastností skleněné síťoviny.
ČSN EN 13497	Tepelně izolační výrobky pro použití ve stavebnictví - Stanovení odolnosti vnějšího tepelně izolačního kompozitního systému (ETICS) proti rázu.

ČSN EN 13498	Tepelně izolační výrobky pro použití ve stavebnictví - Stanovení odolnosti vnějšího tepelně izolačního kompozitního systému (ETICS) proti vtlačení.
ČSN EN 13162	Tepelně izolační výrobky pro stavebnictví - Průmyslově vyráběné výrobky z minerální vlny (MW) - Specifikace.
ČSN EN 13163	Tepelně izolační výrobky pro stavebnictví - Průmyslově vyráběné výrobky z pěnového polystyrenu (EPS) - Specifikace.
ČSN EN 13164	Tepelně izolační výrobky pro stavebnictví - Průmyslově vyráběné výrobky z extrudovaného polystyrenu (XPS) - Specifikace.
ČSN EN 13165	Tepelně izolační výrobky pro stavebnictví - Průmyslově vyráběné výrobky z tvrdé polyuretanové pěny (PUR) - Specifikace.
ČSN EN 13166	Tepelně izolační výrobky pro stavebnictví - Průmyslově vyráběné výrobky z fenolické pěny (PF) - Specifikace.
ČSN EN 13167	Tepelně izolační výrobky pro stavebnictví - Průmyslově vyráběné výrobky z pěnového skla (CG) - Specifikace.
ČSN EN 13168	Tepelně izolační výrobky pro stavebnictví - Průmyslově vyráběné výrobky z dřevité vlny (WW) - Specifikace.
ČSN EN 13169	Tepelně izolační výrobky pro stavebnictví - Průmyslově vyráběné výrobky z expandovaného perlitu (EPB) - Specifikace.
ČSN EN 13170	Tepelně izolační výrobky pro stavebnictví - Průmyslově vyráběné výrobky z expandovaného korku (ICB) - Specifikace.
ČSN EN 13171	Tepelně izolační výrobky pro stavebnictví - Průmyslově vyráběné dřevovláknité výrobky (WF) - Specifikace.
ČSN EN 13172	Tepelně izolační výrobky - Hodnocení shody.
ČSN EN 13467	Tepelně izolační výrobky pro zařízení budov a průmyslové instalace - Stanovení rozměrů, pravoúhlosti a linearitu předem tvarované izolace potrubí.
ČSN EN 13468	Tepelně izolační výrobky pro zařízení budov a průmyslové instalace - Stanovení stopových množství ve vodě rozpustných chloridových, fluoridových, křemičitanových a sodných iontů a stanovení pH.
ČSN EN 13469	Tepelně izolační výrobky pro zařízení budov a průmyslové instalace - Stanovení propustnosti vodní páry předem tvarované izolace potrubí.
ČSN EN 13470	Tepelně izolační výrobky pro zařízení budov a průmyslové instalace - Stanovení objemové hmotnosti předem tvarované izolace potrubí.
ČSN EN 13471	Tepelně izolační výrobky pro zařízení budov a průmyslové instalace - Stanovení součinitele tepelné roztažnosti.
ČSN EN 13472	Tepelně izolační výrobky pro zařízení budov a průmyslové instalace - Stanovení krátkodobé nasákavosti předem tvarované izolace potrubí při částečném ponoření.
ČSN EN 14316-1	Tepelně izolační výrobky pro izolace budov - Tepelně izolační výrobky vyráběné in-situ z expandovaného perlitu (EP) - Část 1: Specifikace pro stmelené a volně sypané výrobky před zabudováním.
ČSN EN 14316-2	Tepelně izolační výrobky pro izolace budov - Tepelně izolační výrobky vyráběné in-situ z expandovaného perlitu (EP) - Část 2: Specifikace pro zabudované výrobky.
ČSN EN 14317-1	Tepelně izolační výrobky pro izolace budov - Tepelně izolační výrobky

	vyráběné in-situ z expandovaného vermikulitu (EV) - Část 1: Specifikace pro stmelené a volně sypané výrobky před zabudováním.
ČSN EN 14317-2	Tepelně izolační výrobky pro izolace budov - Tepelně izolační výrobky vyráběné in-situ z expandovaného vermikulitu (EV) - Část 2: Specifikace pro zabudované výrobky.
ČSN EN 14063-1	Tepelně izolační výrobky pro stavebnictví - Výrobky vyráběné in-situ z expandovaného jílu - Část 1: Specifikace pro volně sypané výrobky před zabudováním.
ČSN EN 14063-1:2005/Oprava1	Tepelně izolační výrobky pro stavebnictví - Výrobky vyráběné in-situ z expandovaného jílu - Část 1: Specifikace pro volně sypané výrobky před zabudováním.
ČSN EN 14706	Tepelně izolační výrobky pro zařízení budov a průmyslové instalace - Stanovení nejvyšší provozní teploty.
ČSN 727221-1	Tepelně izolační výrobky pro použití ve stavebnictví - Část 1: Typy konstrukcí a kategorie použití.
ČSN 727221-2	Tepelně izolační výrobky pro použití ve stavebnictví - Část 2: Průmyslově vyráběné výrobky z pěnového polystyrenu (EPS).
ČSN EN 14707+A1	Tepelně izolační výrobky pro zařízení budov a průmyslové instalace - Stanovení nejvyšší provozní teploty předem tvarované izolace potrubí.
ČSN EN 14933	Tepelně izolační a lehké výplňové výrobky pro inženýrské stavby - Průmyslově vyráběné výrobky z pěnového polystyrenu (EPS) - Specifikace.
ČSN EN 14934	Tepelně izolační a lehké výplňové výrobky pro inženýrské stavby - Průmyslově vyráběné výrobky z extrudovaného polystyrenu (XPS) - Specifikace.
ČSN 727302	Tepelně izolační materiály z anorganických vláken. Metody zkoušení.
ČSN 727302:1987/1	Tepelně izolační materiály z anorganických vláken. Metody zkoušení.
ČSN 727306	Stanovení součinitele tepelné vodivosti stavebních materiálů a výrobků.
ČSN 727308	Minerální vlna. Technické požadavky.
ČSN 727308:1988/1	Minerální vlna. Technické požadavky.
ČSN 727312	Prošívané rohože z minerální vlny.
ČSN 727312:1987/1	Prošívané rohože z minerální vlny.
ČSN 727313	Lamelové rohože z minerální vlny.
ČSN 727313:1987/1	Lamelové rohože z minerální vlny.
ČSN 503602	Zkoušení krytinových a izolačních materiálů v rolích.
ČSN 503602:1967/a	Zkoušení krytinových a izolačních materiálů v rolích.

Seznam norem týkajících se akustických vlastností a tepelných izolací.

ČSN ISO 10534-1	Akustika - Určování činitele zvukové pohltivosti a akustické impedance v impedančních trubicích - Část 1: Metoda poměru stojaté vlny.
ČSN ISO 10534-1:1999/Z1	Akustika - Určování činitele zvukové pohltivosti a akustické impedance v impedančních trubicích - Část 1: Metoda poměru

	stojaté vlny.
ČSN ISO 10534-2	Akustika - Určování činitele zvukové pohltivosti a akustické impedance v impedančních trubicích - Část 2: Metoda přenosové funkce.
ČSN ISO 10534-2:2000/Z1	Akustika - Určování činitele zvukové pohltivosti a akustické impedance v impedančních trubicích - Část 2: Metoda přenosové funkce.
ČSN EN 29053	Akustika. Materiály pro použití v akustice - Stanovení odporu proti proudění vzduchu.
ČSN ISO 2603	Kabiny pro simultánní tlumočení - Obecné charakteristiky a vybavení.
ČSN ISO 4043	Mobilní kabiny pro simultánní tlumočení - Obecné charakteristiky a vybavení.
ČSN ISO 9052-1	Akustika. Stanovení dynamické tuhosti. Část 1: Materiály pro izolaci plovoucích podlah v bytových objektech.
ČSN EN ISO 15186-1	Akustika - Měření zvukové izolace stavebních konstrukcí a v budovách pomocí akustické intenzity - Část 1: Laboratorní měření.
ČSN ISO 15186-2	Akustika - Měření zvukové izolace stavebních konstrukcí a v budovách pomocí akustické intenzity - Část 2: Měření v budovách.
ČSN ISO 15186-3	Akustika - Měření zvukové izolace stavebních konstrukcí a v budovách pomocí akustické intenzity - Část 3: Laboratorní měření na nízkých kmitočtech.
ČSN ISO 10053	Akustika. Laboratorní měření útlumu zvuku kancelářskou zástěnou.
ČSN EN ISO 140-1	Akustika - Měření zvukové izolace stavebních konstrukcí a v budovách - Část 1: Požadavky na uspořádání laboratoří s potlačeným bočním přenosem.
ČSN EN ISO 140-1:1999/A1	Akustika - Měření zvukové izolace stavebních konstrukcí a v budovách - Část 1: Požadavky na uspořádání laboratoří s potlačeným bočním přenosem.
ČSN EN 20140-2	Akustika. Měření zvukové izolace stavebních konstrukcí a v budovách. Část 2: Určení, ověření a aplikace přesných údajů.
ČSN EN ISO 140-3	Akustika - Měření zvukové izolace stavebních konstrukcí a v budovách - Část 3: Laboratorní měření vzduchové neprůzvučnosti stavebních konstrukcí (ISO 140-3: 1995).
ČSN EN ISO 140-3:1996/A1	Akustika - Měření zvukové izolace stavebních konstrukcí a v budovách - Část 3: Laboratorní měření vzduchové neprůzvučnosti stavebních konstrukcí.
ČSN EN ISO 140-4	Akustika - Měření zvukové izolace stavebních konstrukcí a v budovách - Část 4: Měření vzduchové neprůzvučnosti mezi místnostmi v budovách.
ČSN EN ISO 140-5	Akustika - Měření zvukové izolace stavebních konstrukcí a v budovách - Část 5: Měření vzduchové neprůzvučnosti obvodových pláštěů a jejich částí na budovách.
ČSN EN ISO 140-6	Akustika - Měření zvukové izolace stavebních konstrukcí a v budovách - Část 6: Laboratorní měření kročejové neprůzvučnosti

	stropních konstrukcí.
ČSN EN ISO 140-7	Akustika - Měření zvukové izolace stavebních konstrukcí a v budovách - Část 7: Měření kročejové neprůzvučnosti stropních konstrukcí v budovách.
ČSN EN ISO 140-8	Akustika - Měření zvukové izolace stavebních konstrukcí a v budovách - Část 8: Laboratorní měření snížení přenosu kročejového zvuku podlahou na těžkém referenčním stropu.
ČSN EN 20140-10	Akustika. Měření zvukové izolace stavebních konstrukcí a v budovách. Část 10: Laboratorní měření vzduchové neprůzvučnosti malých stavebních prvků (ISO 140-10: 1991).
ČSN EN ISO 140-11	Akustika - Měření zvukové izolace stavebních konstrukcí a v budovách - Část 11: Laboratorní měření snížení přenosu kročejového zvuku podlahou na lehkých referenčních stropěch.
ČSN EN ISO 140-14	Akustika - Měření zvukové izolace stavebních konstrukcí a v budovách - Část 14: Směrnice pro netypické situace v budovách.
ČSN EN ISO 140-14:2005/Oprava1	Akustika - Měření zvukové izolace stavebních konstrukcí a v budovách - Část 14: Směrnice pro netypické situace v budovách.
ČSN EN ISO 140-16	Akustika - Měření zvukové izolace stavebních konstrukcí a v budovách - Část 16: Laboratorní měření zlepšení vzduchové neprůzvučnosti přídatnou konstrukcí.
ČSN EN ISO 140-18	Akustika - Měření zvukové izolace stavebních konstrukcí a v budovách - Část 18: Laboratorní měření zvuku vyvolaného deštěm dopadajícím na stavební konstrukce (Norma k přímému použití jako ČSN).
ČSN EN 12354-1	Stavební akustika - Výpočet akustických vlastností budov z vlastností stavebních prvků - Část 1: Vzduchová neprůzvučnost mezi místnostmi.
ČSN EN 12354-2	Stavební akustika - Výpočet akustických vlastností budov z vlastností stavebních prvků - Část 2: Kročejová neprůzvučnost mezi místnostmi.
ČSN EN 12354-3	Stavební akustika - Výpočet akustických vlastností budov z vlastností stavebních prvků - Část 3: Vzduchová neprůzvučnost vůči venkovnímu zvuku.
ČSN EN 12354-4	Stavební akustika - Výpočet akustických vlastností budov z vlastností stavebních prvků - Část 4: Přenos zvuku z budovy do venkovního prostoru.
ČSN EN 12354-5	Stavební akustika - Výpočet akustických vlastností budov z vlastností stavebních prvků - Část 5: Hladiny zvuku technických zařízení budov (Norma k přímému použití jako ČSN).
ČSN EN 12354-6	Stavební akustika - Výpočet akustických vlastností budov z vlastností stavebních prvků - Část 6: Zvuková pohltivost v uzavřených prostorech.
ČSN EN ISO 10848-1	Akustika - Laboratorní měření bočního přenosu zvuku šířeného vzduchem a kročejového zvuku mezi sousedními místnostmi - Část 1: Rámcový dokument.
ČSN EN ISO 10848-2	Akustika - Laboratorní měření bočního přenosu zvuku šířeného vzduchem a kročejového zvuku mezi sousedními místnostmi -

	Část 2: Aplikace na lehké prvky s malým vlivem styku.
ČSN EN ISO 10848-2:2006/Oprava1	Akustika - Laboratorní měření bočního přenosu zvuku šířeného vzduchem a kročejového zvuku mezi sousedními místnostmi - Část 2: Aplikace na lehké prvky s malým vlivem styku.
ČSN EN ISO 10848-3	Akustika - Laboratorní měření bočního přenosu zvuku šířeného vzduchem a kročejového zvuku mezi sousedními místnostmi - Část 3: Aplikace na lehké prvky s podstatným vlivem styku.
ČSN EN ISO 18233	Akustika - Aplikace nových akustických metod měření stavebních konstrukcí, v budovách a v místnostech (Norma k přímému použití jako ČSN).
ČSN 730525	Akustika - Projektování v oboru prostorové akustiky - Všeobecné zásady.
ČSN 730526	Akustika - Projektování v oboru prostorové akustiky - Studia a místnosti pro snímání, zpracování a kontrolu zvuku.
ČSN 730527	Akustika - Projektování v oboru prostorové akustiky - Prostory pro kulturní účely - Prostory ve školách - Prostory pro veřejné účely.
ČSN EN ISO 11654	Akustika - Absorbéry zvuku používané v budovách - Hodnocení zvukové pohltivosti.
ČSN EN ISO 11821	Akustika - Měření útlumu zvuku in situ přemístitelné clony.
ČSN EN ISO 717-1	Akustika - Hodnocení zvukové izolace stavebních konstrukcí a v budovách - Část 1: Vzduchová neprůzvučnost.
ČSN EN ISO 717-1:1998/A1	Akustika - Hodnocení zvukové izolace stavebních konstrukcí a v budovách - Část 1: Vzduchová neprůzvučnost.
ČSN EN ISO 717-2	Akustika - Hodnocení zvukové izolace stavebních konstrukcí a v budovách - Část 2: Kročejová neprůzvučnost.
ČSN EN ISO 717-2:1998/A1	Akustika - Hodnocení zvukové izolace stavebních konstrukcí a v budovách - Část 2: Kročejová neprůzvučnost.
ČSN 730532	Akustika - Ochrana proti hluku v budovách a související akustické vlastnosti stavebních výrobků - Požadavky.
ČSN 730532:2000/Oprava1	Akustika - Ochrana proti hluku v budovách a související akustické vlastnosti stavebních výrobků - Požadavky.
ČSN 730532:2000/Z1	Akustika - Ochrana proti hluku v budovách a související akustické vlastnosti stavebních výrobků - Požadavky.
ČSN ISO 17497-1	Akustika - Rozptyl zvuku povrchy - Část 1: Měření činitele rozptylovosti pro všesměrový dopad zvuku v dozvukové místnosti.
ČSN EN ISO 3382-1	Akustika - Měření parametrů prostorové akustiky - Část 1: Prostory pro přednes hudby a řeči.
ČSN EN ISO 3382-2	Akustika - Měření parametrů prostorové akustiky - Část 2: Doba dozvuku v běžných prostorech.
ČSN EN ISO 3382-2:2009/Oprava1	Akustika - Měření parametrů prostorové akustiky - Část 2: Doba dozvuku v běžných prostorech.
ČSN EN ISO 354	Akustika - Měření zvukové pohltivosti v dozvukové místnosti.
ČSN EN ISO 3822-1	Akustika - Laboratorní zkoušky emise hluku armatur a zařízení vnitřních vodovodů - Část 1: Metody měření.
ČSN EN ISO 3822-	Akustika - Laboratorní zkoušky emise hluku armatur a zařízení

1:2000/A1	vnitřních vodovodů - Část 1: Metody měření.
ČSN EN ISO 3822-2	Akustika - Laboratorní zkoušky emise hluku armatur a zařízení vnitřních vodovodů - Část 2: Montáž a provozní podmínky výtokových ventilů a mísících baterií.
ČSN EN ISO 3822-2:1996/Oprava1	Akustika - Laboratorní zkoušky emise hluku z armatur vnitřních vodovodních instalací - Část 2: Montáž a provozní podmínky výtokových ventilů a mísících baterií (ISO 3822-2: 1995).
ČSN EN ISO 3822-3	Akustika - Laboratorní zkoušky emise hluku armatur a zařízení vnitřních vodovodů - Část 3: Montáž a provozní podmínky průtokových ventilů a armatur.
ČSN EN ISO 3822-3:1998/Oprava1	Akustika - Laboratorní zkoušky emise hluku armatur a zařízení vodovodních instalací - Část 3: Montáž a provozní podmínky průtokových ventilů a armatur.
ČSN EN ISO 3822-4	Akustika - Laboratorní zkoušky emise hluku armatur a zařízení vnitřních vodovodů - Část 4: Montáž a provozní podmínky speciálních armatur.
ČSN EN 14366	Laboratorní měření hluku z instalací pro odpadní vody.
ČSN EN ISO 16032	Akustika - Měření hladiny akustického tlaku technických zařízení v budovách - Technická metoda.
ČSN EN ISO 10052	Akustika - Měření vzduchové a kročejové neprůzvučnosti a hluku technických zařízení v budovách - Zjednodušená metoda.
ČSN EN ISO 9251	Tepelná izolace - Podmínky šíření tepla a vlastnosti materiálů - Slovník.
ČSN EN ISO 7345	Tepelná izolace - Fyzikální veličiny a definice.
ČSN EN ISO 9346	Tepelně vlhkostní chování budov a stavebních materiálů - Fyzikální veličiny pro přenos hmoty - Slovník.
ČSN EN ISO 9288	Tepelná izolace - Šíření tepla sáláním - Fyzikální veličiny a definice.
ČSN EN ISO 8497	Tepelná izolace - Stanovení vlastností prostupu tepla v ustáleném stavu tepelné izolace pro kruhové potrubí.
ČSN EN ISO 8990	Tepelná izolace - Stanovení vlastností prostupu tepla v ustáleném stavu - Kalibrovaná a chráněná teplá skříň.
ČSN 732901	Provádění vnějších tepelně izolačních kompozitních systémů (ETICS).