

HISTORICKÉ DŘEVĚNÉ TRÁMOVÉ STROPY Z POHLEDU STAVEBNÍ AKUSTIKY

HISTORY AND ACOUSTICS OF TRADITIONAL TIMBER JOIST FLOOR STRUCTURES

Kalousek Lubor, Fišarová Zuzana

Ing. Lubor Kalousek, Ph.D.
kalousek.l@fce.vutbr.cz

Institute of Building Structures
Faculty of Civil Engineering
Brno University of Technology
Veveří 331/95, 602 00 Brno, Czech Republic

The author works as an assistant professor and researcher at the FCE BUT and focuses particularly on issues of building pathology and rehabilitation with a specialization in roofs, facades and insulation of buildings. He is also a member of ČKAIT and WTA CZ.

Ing. Zuzana Fišarová, Ph.D.
fisarova.z@fce.vutbr.cz

Institute of Building Structures
Faculty of Civil Engineering
Brno University of Technology
Veveří 331/95, 602 00 Brno, Czech Republic

The author works as an assistant professor and researcher at the FCE BUT. Her professional specialization is generally focused on building physics, i.e. thermal behaviour of structures, building acoustics, day lighting and insulation. Her scientific and research works are mostly focused on noise and vibration problems within buildings.

Recenze | Review

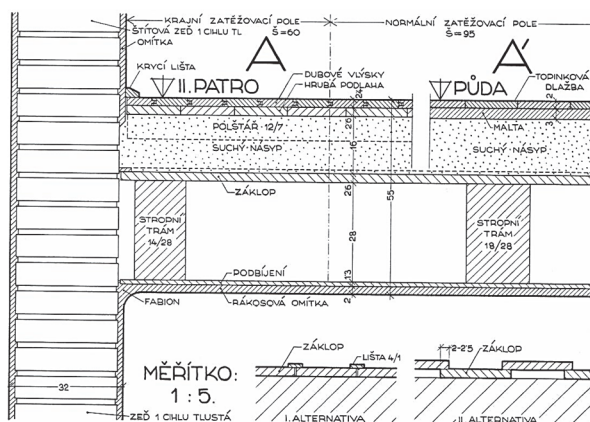
Ing. Sylva Bantová, Ph.D.
Ing. Jan Müller, Ph.D.

Klíčová slova: Dřevěný trámový strop; plovoucí podlaha; ČSN; stavební zákon; akustická izolace; kročejová neprůzvučnost; vzduchová neprůzvučnost.

Abstrakt: Příspěvek je zaměřen na problematiku dřevěných trámových stropů zejména z období konce 19. století až 1. poloviny 20. století. V běžné stavební praxi se s těmito konstrukcemi velmi často setkáváme u obytných budov, které jsou, nebo v minulosti byly, předmětem stavebních změn. Bohužel při těchto zásazích nejsou vždy respektovány základní myšlenky původního technického řešení a dochází k degradaci některých stavebně fyzikálních parametrů, z nichž bude nadále pojednáno zejména o požadavcích stavební akustiky. Problematika však zahrnuje nejen vlastní konstrukci dřevěného trámového stropu, ale také podlahu, která s ním ve vzájemném působení tvoří nedílný celek. V příspěvku budou popsány zásady, které byly těmto typům konstrukcí věnovány v dobových legislativních a normativních předpisech a dále v odborné literatuře. Na praktickém příkladu bude prezentováno původní historické řešení. Ve vztahu ke stavebním zásahům do historických stropních konstrukcí budou dále popsány současné legislativní a normativní předpisy, ale i vlastní příklady novodobých řešení a jejich omezení.

Úvod

Tradiční dřevěné trémové stropní konstrukce prodělaly dlouhý historický vývoj, který vyvrcholil v polovině 20. století. Také v dnešní době se tento typ stropů využívá, ale od tradičního pojetí se značně odlišuje, ať už staticky optimalizovanými průřezy a řešením jejich uložení nebo novodobými stavebními materiály, které jsou navrženy pro konkrétní okrajové podmínky. Většina obytných budov postavená zejména do 1. poloviny 20. století však byla vybudována s využitím tradiční konstrukce dřevěného trémového stropu, tak je popsáno v dobové literatuře [1], viz Obrázek 1.



Obrázek 1 – Příklad obvyklého řešení dřevěného trémového stropu v obytných budovách: A – řešení pro typickou podlaží s dřevěnou podlahou z dubových vlýsků kladenou na hrubou tesařskou podlahu z prken na polštářích; A' – řešení pro půdu s protipožární podlahou z topinkové dlažby, tedy z cihelných dlaždic 15/15/2 cm položených do vápenné malty; podrobnost níže ukazuje dvě varianty provedení těsného záklopu (zdroj: [1])

Nadále se tedy zaměříme na tento typ stropní konstrukce z pohledu běžné stavební praxe, kdy často dochází ke stavebním zásahům do stropů a podlah, při kterých je nutné respektovat řadu závazných požadavků. Ačkoli tento příspěvek pojednává o „běžných“ tradičních trémových stropích, některé přístupy se mohou uplatit také u staveb památkově cenných, avšak samozřejmě s ohledem na požadavky památkové péče.

Historické normativní předpisy

Dříve, než bude přistoupeno k vlastnímu rozboru skladby tradičních dřevěných trémových stropů, je vhodné krátce zmínit, jaké předpisy se v 1. polovině 20. století vztahovaly na akustické vlastnosti stropů a podlah.

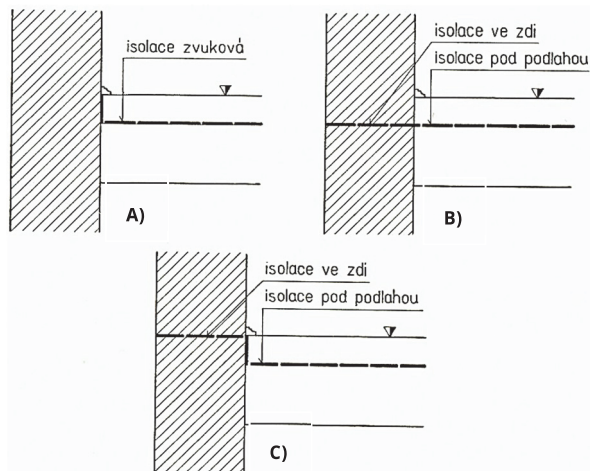
Prvním normativním předpisem, který se na území ČR zabýval izolací proti zvuku, hluku a vibracím byla již v roce 1939 českomoravská norma ČSN 1168 Podmínky pro zednické a přidružené práce pozemních staveb – Část I. Provádění prací zednických a přidružených [2]. V této normě již byly v čl. 275 definovány základní požadavky na účinnost izolace proti zvuku a hluku v obytných a kancelářských budovách, které se vyjadřovaly celkovým tlumením zvuku ve „fonech“. Pro akustickou izolaci již bylo dle čl. 276 požadováno prokázání účinnosti „vysvědčením oprávněně zkušební“ a pokud by byla izolační vložka zatížena, bylo nutné prokázat i její únosnost, stlačitelnost a účinnost po dlouhé době zatížení.

V ČSN 1168 též byly v čl. 277 definovány základní druhy izolací proti zvuku, hluku a ořesům, tak jak je můžeme rozpoznat i u tehdejších dřevěných trémových stropů a navazujících konstrukcí podlah, a to:

- vzduchové mezery a mezery s volně vloženou nebo zavěšenou izolační vložkou nebo vyplněné násypem izolační hmoty;
- vodorovné vložky ve zdech, pod podlahami, konstrukcemi, základy strojů apod.;
- svislé vložky zazděné ve zdech a příčkách
- izolační vrstvy na povrchu konstrukcí.

Velmi pozoruhodná jsou zejména konkrétní schémata v čl. 280, která vymezují možné varianty průběhu akustické izolace v konstrukcích, viz Obrázek 2. Zde se tedy jedná primárně o průběh kročejové izolace v tzv. plovoucí podlaze, který je zejména dle schématu A) prováděn beze změny až dosud. U ostatních dvou schémat je zajímavý průběh akustické izolace ve zdi, přičemž

již ČSN 1168 v čl. 280 uváděla, že tyto vodorovné izolační vložky ve zdech a pod podlahou musí mít náležitou a prokázanou pevnost. V čl. 280 se také výslovně uvádí, že „vodorovné vložky nesmějí býti nikde přerušeny tak, aby části konstrukcí oddělené izolací se někde přímo dotýkaly. Vodorovné vložky pod podlahou se musí vhodně spojit s vložkami svislými, aby zvuk, hluk a otřesy z podlahy se nemohly šířiti vodorovně do zdí.“ [2]



Obrázek 2 - Různé varianty průběhu akustické izolace dle ČSN 1168 z roku 1939 (zdroj: [2])

Již ČSN 1168 se v čl. 275 odkazovala na ČSN 1175 Stavební izolace - Část III: Izolace zvukové, která však vyšla až v roce 1944. Tato norma blíže definovala požadavky na akustické řešení konstrukcí a zmiňovala mimo jiné i konkrétnější požadavky na přípustné hodnoty hluku.

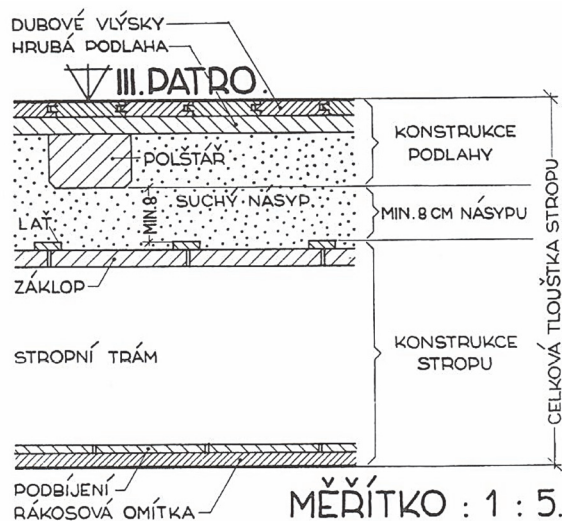
Akustické izolace tradičních dřevěných trámových stropů

Ačkoliv sledované akustické vlastnosti vykazuje konstrukce jako celek, je třeba si uvědomit, že se jedná o spolupůsobící systém dřevěné stropní trámové konstrukce a vlastní podlahy. U každé

z těchto částí navíc zásadním způsobem rozhoduje způsob provedení a uložení.

U tradičních dřevěných trámových stropů významně přispívají ke zlepšení akustických vlastností zejména hmotné násypy na záklopu a pak také tradiční rákosové omítky na podbití.

Vrstva násypu o minimální tloušťce 8 cm byla upravena již historickými stavebními řády, a to primárně jako jedno z protipožárních opatření. Například stavební zákon z roku 1894 [3], v doplnění z roku 1914, v § 69 uvádí, že „k násypům na stropy a pod podlahy budiž vůbec užíváno jen dokonale suchého a čistého materiálu, pokud možná písku říčního“. Opět je zdůrazněno, že minimální tloušťka násypu je dána vzdáleností mezi polštáři dřevěných podlah a pod nimi loženými stropními trámy nebo bedněním záklopu na trámech nebo od spárových latěk, tak jak ostatně znázorňuje i Obrázek 3 z [1].



Obrázek 3 - Skladba dřevěného trámového stropu s vyznačením minimální tloušťky vrstvy násypu (zdroj: [1])

Jak blíže uvádí [1] „násyp stropů má být suchý a zdravý. Bývá to obvykle stavební násyp (prohozené zbytky malty a úlomky cihel), který bývá dobrým násypem, nebo škvára, písek atd. Prohřátí násypu před upotřebením na 40°C jest sice obtížné, ale zaručuje, že se event. zárodky dřevomorky zničí. Použití násypu z bouračky vyžaduje veliké opatrnosti. Násyp stropu před položením podlah má být náležitě udusán, aby se později neslehl, což by bylo příčinou snížení, případně prohnutí a vrzání podlahy“.

V některých případech se lze při stavebně-technických průzkumech setkat i s hmotnými vrstvami z pálených cihel na dřevěném záklopu, viz Obrázek 4. Jak bude dále ukázáno, podobné řešení se uplatňuje i v dnešní době.



Obrázek 4 – Hmotná vrstva z pálených cihel na záklopu dřevěného trámového stropu obytné budovy ze začátku 20. století, jedná se o stropní konstrukci mezi byty, nikoli o půdní prostor (foto: Ing. Marek Fric)

Záklop trámových stropů se v našich podmínkách obvykle prováděl z dřevěných prken tloušťky 2,6 cm, které byly levnější než jiné materiály, jako například sádrovice a jiné druhy desek [1]. Podbíjení se dle [1] provádělo z prken tloušťky 1,3 až 2 cm, které měly šířku 10 až 12 cm, aby se rákosové omítky nebortily. Taktéž zde se mohly použít sádrovice nebo jiné druhy desek, jako u záklopu.

Způsob uložení zhlaví stropních trámů popisuje podrobně například literatura [1], kdy se zhlaví podkládalo impregnovanou dřevěnou

destičkou tloušťky 3 až 4 cm a jinak byla ponechána okolo zhlaví vzduchová izolační mezera tloušťky 3 až 5 cm. I tento detail má oproti zazdění zhlaví vliv na celkové působení stropu a jeho akustické vlastnosti.

U řešení podlah se, mimo tradiční násypy na stropních konstrukcích, jako akustické izolace v 1. pol. 20. století používaly především materiály na bázi rostlinných vláken, juty, rašeliny nebo tvrzené plsti z vlněných vláken, často pojených asfaltem. Tradičním historickým materiálem pak byl korek, většinou ve formě lisované drti s asfaltovým pojivem. Výroba akustických izolací ze skelné a struskové vlny se v prostředí České republiky začala uplatňovat teprve ke konci 2. světové války.

Legislativní a normativní předpisy platné z hlediska stavební akustiky

Při každém zásahu do akusticky dělící konstrukce, v tomto případě stropu s podlahou, je nutné respektovat platný rámec legislativních a normativních předpisů, které upravují stavebně-akustické řešení.

Jeden z požadavků na stavby dle vyhlášky č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby, ve znění pozdějších předpisů [4], je dle § 14 ochrana před nadměrným hlukem a vibracemi. Trámové stropy se sebou v tomto přinášejí mnohá specifika. Ty jsou samozřejmě dány převážně jejich konstrukcí a celkově uspořádáním jednotlivých vrstev, včetně vzduchových mezer a jejich výplní a obecně plošnou hmotností jednotlivých částí i konstrukce jako celku.

V platné normě ČSN 73 0532 Akustika – Ochrana proti hluku v budovách a posuzování akustických vlastností stavebních výrobků – Požadavky z roku 2020 [5], jsou přesně definovány zvukoizolační požadavky pro stavby různých účelů. Tyto požadavky pak nepředstavují hodnoty doporučené, ale jedná se o hodnoty legislativně závazné. Splnění normových požadavků se pak dle naší legislativy prokazuje zkouškou na stavbě, na konkrétní stavební

konstrukci, dle postupů uvedených v ČSN EN ISO 16283-1 – Akustika – Stavební měření zvukové izolace stavebních konstrukcí a v budovách – Část 1: Vzduchová neprůzvučnost [6] a ČSN EN ISO 16283-2 – Akustika - Stavební měření zvukové izolace stavebních konstrukcí a v budovách – Část 2: Kročejová neprůzvučnost [7]. Nikoliv tedy na základě výpočtu nebo doložení zvukoizolačních parametrů dodavatelem dílčích částí nebo trámových stropů jako celku.

Pro další rozbor je nutné si nejprve uvědomit, jaké zvukoizolační vlastnosti dle naší platné legislativy vlastně posuzujeme (tj. hodnoty stavební) a jaké používáme pro posouzení (tj. hodnoty laboratorní a příslušné korekce):

- vzduchová neprůzvučnost mezi místnostmi, konkrétně se pak jedná nejčastěji o váženou stavební vzduchovou neprůzvučnost R'_{w} [dB] nebo váženou laboratorní neprůzvučnost R_w [dB];
- kročejovou neprůzvučnost mezi místnostmi, zde se pak jedná nejčastěji o stavební hodnotu vážené normalizované hladiny akustického tlaku kročejového zvuku $L'_{n,w}$ [dB] nebo její laboratorní hodnotu $L_{n,w}$ [dB].

U trámových stropů jsou obě zmiňované veličiny do jisté míry problematické, ale za obtížnější lze považovat splnění požadavků na kročejovou neprůzvučnost. Pokud je trámová stropní konstrukce, včetně vrstev podlahy, navržena správně a splní požadavky na kročejovou neprůzvučnost, pak většinou i vzduchová neprůzvučnost bývá splněna. Opačně však toto tvrzení neplatí. Z uvedených důvodů se potom pozornost při návrhu konstrukce většinou obrací na kročejovou neprůzvučnost a správné řešení stavebních detailů, které s konkrétním případem souvisí.

Srovnáme-li trámové konstrukce například s masivními konstrukcemi, je nutno upozornit na poměrně nedostatečné zvukoizolační vlastnosti v oblasti nízkých frekvencí, které právě úzce souvisí s plošnou hmotností poměrně lehkých částí trámové

konstrukce. U vyšších frekvencí už tyto zvukoizolační schopnosti narůstají.

Právě v oblasti nízkofrekvenčního hluku jsou pak často pozorovány stížnosti uživatelů jednotek, což bylo například podrobně rozebráno v literatuře [8]. Mechanické impulzy v konstrukci totiž budí ohybové vlny, které se šíří různými rychlostmi z místa vzniku a uvádějí konstrukci do difúzního chvění. Výsledkem je výše popisovaný, vyzařovaný kročejový zvuk, který náleží do oblasti chvění (od 20 Hz výše) a je slyšitelný. Bohužel platná legislativa vyhodnocuje zvukoizolační vlastnosti v pásmu 100 – 3150 Hz a nižší frekvence nejsou zohledňovány, to však vůbec neznamená, že by nebyly pro obyvatele rušivé, naopak jsou subjektivně velmi špatně vnímány.

Základní projekční přístupy ke správnému akustickému návrhu

Pro dosažení co nejpříznivějších akustických vlastností stropů je nutno hledat odpověď na otázku, jak efektivně zakomponovat výhody masivních konstrukcí do konstrukcí trámových. Jak již bylo výše uvedeno, historicky byla ve skladbách začleňována hmotná vrstva formou různých typů násypů. Bohužel při rekonstrukcích se často od tohoto řešení upouští, hmotná souvrství jsou zcela nebo částečně odstraňována a zvukoizolační vlastnosti tak výrazně utrpí.

Jednoznačná metodika na výpočetní stanovení zvukoizolačních vlastností u trámových stropních konstrukcí použitelná na všechny konstrukce neexistuje. Jedná se vždy o individuální stanovení vlastností pro konkrétní případ. I při znalosti konkrétní konstrukce je však akustik často odkázán jen na dílčí výpočty a převážně pak na své zkušenosti a dostupné podklady ostatních odborníků.

Často jsou dodavatelé dílčích částí konstrukcí nuceni provést poměrně rozsáhlé laboratorní měření, aby byly schopni doložit potřebné parametry svých materiálů nebo celých konstrukcí. Vznikají tak soubory dat obsahující výsledky typických trámových stropů, stropů s těžkými záklopy, s lehkými záklopy, s různými

skladbami podlah a různými typy podhledů. Soubor laboratorních měření je však do jisté míry limitován eliminací bočních cest přenosu hluku na reálné stavbě. V praxi je pak tento přenos u trámových stropních konstrukcí poměrně výrazný problém. Laboratorní měření je však jediný způsob, jak vlastnosti objektivně uchopit.

Jak tedy k rekonstrukcím těchto typů konstrukcí přistupovat? Vždy se jedná o individuální případ. Plošné odstranění hmotných vrstev bez adekvátní náhrady však nelze doporučit. Často tento postup vede k výraznému zhoršení zvukoizolačních vlastností konstrukcí. Kodlehčení stávajících konstrukcí by mělo docházet jen v odůvodněných případech a vždy s doložením zvukoizolačních vlastností nově vzniklé konstrukce jako celku.

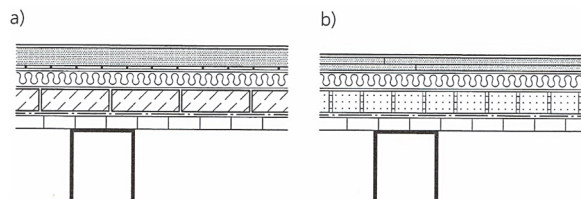
V běžné stavební praxi bude projektant vždy omezen tím, do jaké míry může do stávající skladby zasáhnout. Rozhodující je zde kvalitně provedený stavebně-technický průzkum, při kterém bude nejen zjištěna skutečná skladba konstrukce, ale také její fyzický stav a skutečné provedení. Z průzkumu pak vyplyne limitní tloušťka skladby nové podlahy a případné požadavky na statické zesílení stropu nebo například na výměnu některých dřevěných prvků.

Možná řešení vedoucí ke zlepšení akustických vlastností lze rozdělit podle toho, do které části stávající konstrukce se zasahuje a jakých parametrů chce projektant dosáhnout, neboť účinnost různých opatření je v tomto případě významně individuální. Výsledky měření celé řady „typických“ skladeb s různými variantami akustických izolací jsou dostupné také v odborné literatuře, například [9], [10].

V případě požadavku na odstranění stávajícího násypu stropu nad záklopem, je pro správný akustický návrh zásadní nahrazení hmotných vrstev jiným typem materiálu nebo prvku. Zde se pak jedná zejména o vnesení hmotného dílce do skladby ve formě různých prefabrikovaných prvků, například z betonové dlažby nebo desek, dále z voštinových násypů, které tvoří písek nebo jiný

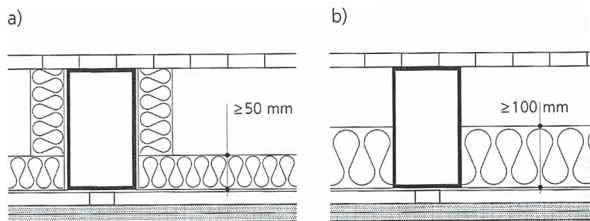
speciální zásyp do voštinové konstrukce z kartonového papíru, nebo obecně aplikací jiných těžkých deskových materiálů podobného charakteru. Zde lze připomenout, že nejen hmotné násypy, ale také hmotné vrstvy cihel, se v minulosti také uplatňovaly, jak již dokumentoval například Obrázek 4.

Při vlastní realizaci je třeba mít na paměti, že pokud jsou v záklopu mezi trámy mezery, je nutné zamezit propadům sypkého materiálu do těchto mezer, ke kterému by mohlo dojít při realizaci i při vlastním užívání stropu. K zamezení těchto propadů se používá vhodná separační vrstva, například kartonový papír volně ložený na hornímu líci záklopu.



Obrázek 5 – Hmotné akustické úpravy na záklopu dřevěného trámového stropu: a) betonová dlažba (300 x 300 x 40 až 60 mm) nalepená bitumenovým lepidlem aplikovaným za studena s mezerou; b) pískový zásyp ve voštinové konstrukci z lepenky s tloušťkou 30 až 60 mm s volně položenou ochranou proti propadům (např. z kartonového papíru) na spodní straně (zdroj: [9])

Pakliže jsme nuceni přistoupit k odkrytí celého stropu, je dále vhodné vkládat do vzduchové dutiny mezi trámy akustickou izolaci určenou k tomuto účelu, například z minerální vlny. Tato akustická izolace pak bude plnit i funkci tepelné izolace. Z hlediska vlastní aplikace například literatura [9] uvádí, že při minimální tloušťce izolantu 50 mm se minerální vata natlačí do prostorů mezi dřevěnými trámy do podoby „vaničky“ ve tvaru písmene „U“, zatímco při vyšší tloušťce než 100 mm se izolant zalícuje mezi stropní trámy, jak znázorňuje Obrázek 6. Zásadně nevhodné je pro tento účel například použití pěnového polystyrénu.



Obrázek 6 – Možnosti zlepšení akustických vlastností stropu vložení akustické izolace mezi stropní trámy (zdroj: [9])

Akustické vlastnosti stropu však lze částečně upravit i ve formě pohledů z deskových materiálů, které jsou ke stávajícímu stropu pružně upevněny pomocí speciálních akustických pružných závěsů. Tato řešení jsou podrobněji popsána jednak v odborné literatuře [9], [10], ale zejména u konkrétních výrobců a dodavatelů pohledových konstrukcí. Stropní pohled může být navržen i jako opatření zlepšující prostorovou akustiku, kdy podrobnější postup návrhu nalezneme například v odborné literatuře [11]. Dodejme, že stropní pohledy mohou plnit i celou řadu dalších funkcí, například zvyšování požární odolnosti stropní konstrukce apod.

Zásadní vliv na akustické vlastnosti má také provedení vlastní plovoucí podlahy na stropní konstrukci a způsob jejího oddílatování od všech navazujících svislých konstrukcí, což bylo blíže popsáno například v literatuře [12].

V současné době jsou dostupná „moderní“ systémová řešení pro nahrazení různých souvrství trámových stropů a podlah, která jsou součástí nabídky mnohých výrobců a dodavatelů nejen materiálů, ale i celých systémových konstrukcí trámových stropů a podlah.

Kromě vlastního návrhu je samozřejmě vždy nutné sledovat také provádění stavebních detailů. Je velký rozdíl, zda se jedná o změny v trámových stropních konstrukcích u jednoduchých obdélníkových místností nebo u velmi členitých prostor. A závěrem je nutné vždy zvolit kvalitního realizátora rekonstrukce. Bohužel v naší praxi jsme často svědky bezmyšlenkovitého, ukvapeného odstraňování starých

konstrukcí nebo jejich částí bez znalostí souvislostí, do kterých lze zařadit i zvukoizolační parametry.

Závěr

Dřevěné trámové stropy patří mezi nerozšířenější vodorovné nosné konstrukce obytných budov postavených do 1. poloviny 20. století, se kterými se v běžné stavební praxi setkáváme. Tyto stavby průběžně procházejí různými stavebními úpravami, při kterých dochází k zásahům do souvrství podlah a stropní konstrukce. Je třeba zdůraznit, že obytné budovy patří v ČR mezi stavby s nejpřísnějšími legislativními a normativními akustickými požadavky, přičemž tyto požadavky jsou závazné a musí tedy být respektovány. Splnění těchto požadavků se prokazuje měřením na realizované stavbě, které může provádět pouze akreditovaná laboratoř. Často jsme svědky situace, kdy některé neuvážené zásahy, jako je například odstraňování hmotných vrstev a nahrazování lehkými izolačními materiály, vedou k chybnému řešení. Pro správný návrh konstrukce je vždy nutné provést stavebně-technický průzkum, na základě kterého zjistíme nejen skutečný stav konstrukce, ale také skladbu jejího souvrství. Pro prvotní návrh je pak vhodné použít řešení, které již bylo úspěšně ověřeno a je například systémovým řešením některého z výrobců nebo dodavatelů, který u této skladby již provedl akreditovaná akustická měření. Vždy je pak nutná spolupráce s odborníkem na stavební fyziku – akustikem, který je v součinnosti se statikem schopen optimalizovat návrh na konkrétní okrajové podmínky tak, aby skladba dřevěné trámové stropní konstrukce a podlahy jako celku splnila závazné požadavky a v neposlední řadě také vytvářela příznivé prostředí pro své uživatele.

Použité zdroje:

- [1] ONDŘEJ, Severin. *Stavba domu v praxi, díl I.* V Praze: nákladem vlastním. 1. vyd. 1932. 214 stran.
- [2] ČSN 1168 *Podmínky pro zednické a přidružené práce pozemních staveb – Část I. Provádění prací zednických a přidružených.* Českomoravská společnost normalizační. prosinec 1939.
- [3] *Stavební zákon pro zemské hlavní město Brno, král. hlavní město Olomouc, pro král. města Jihlavu a Znojmo a pro jejich místa předměstská: daný zákonem ze dne 16. června 1894, čís. 63 z. z. a změněný a doplněný zákonem ze dne 16. června 1914, čís. 39 z. z.* Brno: Nakladatel A. Piša. 1914
- [4] *Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby* ve znění pozdějších předpisů. Ministerstvo pro místní rozvoj.
- [5] ČSN 73 0532 *Akustika – Ochrana proti hluku v budovách a posuzování akustických vlastností stavebních výrobků – Požadavky.* Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. 2010. 24 stran.
- [6] ČSN EN ISO 16283-1 *Akustika – Stavební měření zvukové izolace stavebních konstrukcí a v budovách - Část 1: Vzduchová neprůzvučnost.* Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. 2014. 48 stran.
- [7] ČSN EN ISO 16283-2 *Akustika – Stavební měření zvukové izolace stavebních konstrukcí a v budovách – Část 2: Kročejová neprůzvučnost.* Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. 2019. 60 stran.
- [8] DONAŤÁKOVÁ, Dagmar; KRUPICOVÁ, Jana; KOLÁŘOVÁ, Zuzana; STRAKA, Bohumil. *Acoustic Properties of Timber Joist Ceilings with Regards to Their Response onto the Effects of Dynamic Loads.* In *Advanced Materials Research Vol. 649* - enviBUILD 2012. Switzenland: Trans Tech Publications, 2013. s. 269-272. ISBN: 978-3-03785-596- 6. ISSN: 1022 - 6680.
- [9] HESTERMANN, Ulf; NEUMANN, Dietrich; WEINBRENNER, Ulrich; RONGEN, Ludwig. *Stavební konstrukce I., 33. vydání.* Bratislava: JAGA group, s. r. o. Slovenská republika. 2005. 506 stran. ISBN: 80-8076-025-X
- [10] KOLB, Josef. *Dřevostavby: Systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště, 3. aktualizované vydání.* Praha: Grada Publishing a. s. 2011. 317 stran. ISBN: 9788024740713
- [11] FIŠAROVÁ, Zuzana. *Stavební fyzika - Stavební akustika v teorii a praxi.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební. 2014. 129 stran. ISBN: 978-80-214-4878- 0.
- [12] FIŠAROVÁ, Zuzana; KALOUSEK, Lubor; ŠLANHOF, Jiří; MOTYČKA, Vit. *Design of the flooring termination detail at the wall base from the historical and contemporary point of view.* České Budějovice: Studio D – akustika s.r.o. Journal Akustika, 2020, roč. 35, č. 1, s. 9-22. ISSN: 1801-9064.