



Funkční vzorek zařízení pro odběr částic z brzd

Datum dosažení výsledku: 15.12.2025
Datum zhotovení zprávy: 19.12.2025
Typ výsledku: G – funkční vzorek
Autoři: Janečka Filip, Ing.
Pospíšil Jiří, prof., Ph.D.
Veselský Radim, Ing.
Identifikační číslo výstupu: VaV ID (VUT): 200838
Vazba na projekt: CZ.02.01.01/00/23_020/0008528 - Inovativní technologie pro chytrou nízkoemisní mobilitu (ITEM)

Účel zařízení

Funkční vzorek kaskádového impaktoru je určen k separaci a studiu aerosolových částic unášených v proudu vzduchu. Impaktor rozděluje aerosolové částice na frakce PM₁₀, PM_{2.5}, PM₁ a PM_{0.5}. Každá frakce je zachycována ve dvou po sobě řazených patrech se shodnými aerodynamickými parametry, což umožňuje sledovat odrazivost částic a jejich sekundární dopad. Nižší patro každé dvojice je opatřeno adhezivní úpravou povrchu pro zajištění spolehlivého zachytu částic, které nebyly zachyceny v patře předchozím. Celkem osm pater impaktoru tak umožňuje detailní analýzu chování částic při dopadu na impakční plochy.

Upřesňující parametry

Zadání návrhu impaktoru konkretizovalo požadavek na cutoff průměry částic zachytávaných v impaktoru, které jsou 10 μm , 2,5 μm , 1 μm a 0,5 μm . Pracovním médiem navrženého impaktoru je vzduch o objemovém průtoku 10 l·min⁻¹. Navržený impaktor je určen k zachytu a zkoumání odrazivosti částic. Odrazivost částic jsme schopni zkoumat poskládáním dvou stupňů, určených pro stejnou velikost částic za sebe. Částice odražené v prvním stupni se tak může zachytit na druhém stupni, určeném pro stejnou velikost částic. Druhý stupeň je ošetřen přípravkem pro zvýšení adheze, který další odrážení omezí.

Impaktor byl navržen pomocí tzv. zpřesněného výpočtu, jehož cílem je zjištění potřebných průměrů a počtu trysek jeho stupňů. Zpřesnění výpočtu spočívá v určení změn veličin pracovního plynu při průchodu jednotlivými stupni impaktoru. Při proudění v impaktoru dochází k poklesu tlaku, teploty a hustoty, a naopak k nárůstu rychlosti proudění vzduchu.

Pro ověření korektnosti návrhového postupu byl výpočet aplikován na komerční impaktor DEKATI DLPI+, u kterého jsou známy hodnoty tlaků na jednotlivých stupních z kalibračních listů. Se znalostí počtů a průměrů trysek je možno srovnat naměřené tlaky s těmi zjištěnými výpočtem. Toto srovnání je bylo provedeno a vyplývá z něj, že zde použitý výpočtový postup je korektní přibližně pro prvních osm stupňů. Pro další stupně roste poměrně významně odchylka od naměřených hodnot. Při průchodu impaktorem plyn expanduje, a dochází k poklesu teploty.

Mimo zpřesněný výpočet, který z hlediska geometrie slouží primárně pro zjištění počtů a velikostí trysek, bylo nutné určit i další geometrické parametry ovlivňující strmost účinnost-ních křivek impaktoru. Jmenovitě se jedná o délku trysek, vzdálenost trysky od dopadové plochy a rozmístění trysek v daném stupni. Tyto byly určeny pomocí řady bezrozměrných čísel, jež jsou nastaveny na co nejoptimálnější hodnoty podle dostupné literatury.

V rámci návrhu vnější konstrukce byl kladen důraz na co nejsnazší práci s impaktorem, což by mělo vyústit v efektivní měření. Za tímto účelem je upínací mechanismus impaktoru vybaven čtyřmi třmenovými rychloupínáky, které umožňují mimo jiné i odlišnou konfiguraci stupňů impaktoru, tedy odebrání a případně i přidání více pater v budoucnu. K efektivitě měření pak přispívá také napojení na vývěvu pomocí KF příruby vyvedené ze strany. Jmenovitého průtoku aerosolu 10 l·min⁻¹ je dosaženo pomocí kritické clony umístěné za posledním stupněm impaktoru. Je navržena tak, aby urychlila aerosol na rychlost zvuku, čímž omezí maximální průtok



Spolufinancováno
Evropskou unií



celým impaktorem právě na jmenovitý průtok. Kvůli vyrobiteľnosti trysky kritické clony byl její výsledný průměr zaokrouhlen na 1,2 mm, což odpovídá jmenovitému průtoku 9,85 l·min⁻¹. Konstrukce kritické clony však umožňuje její snadnou výměnu za clonu s tryskou s odlišným průměrem. Můžeme tak potenciálně dosáhnout zcela jiného než jmenovitého průtoku.

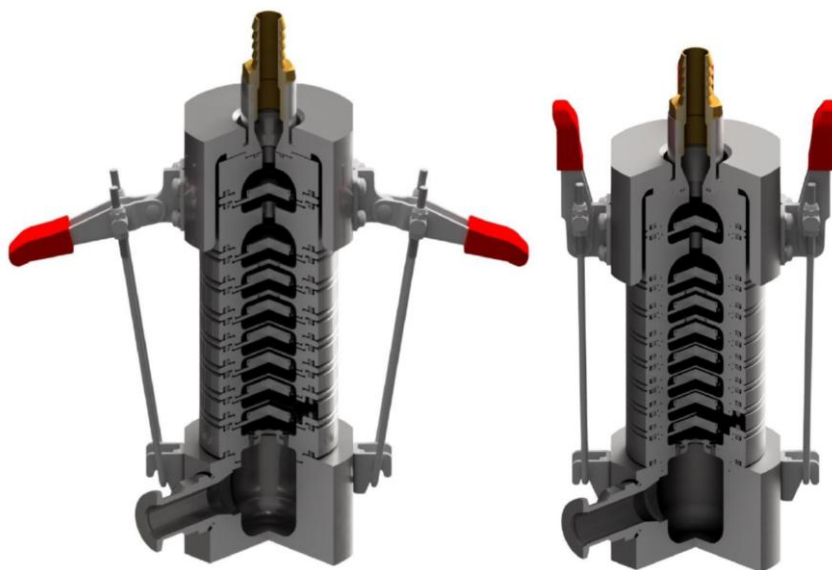
Aparatura

Návrh otvorů jednotlivých pater impaktoru cílil na to, aby vypočítané průměry trysek byly „snadno“ zaokrouhlovatelné na desetiny milimetru, aniž by byl zaokrouhlením ovlivněn výsledek. Toto je důležité z hlediska vyrobiteľnosti trysek. Tohoto se docílilo pečlivou volbou počtu trysek, což je například vidět na posledních dvou patrech, které, ačkoliv jsou určeny pro stejný cutoff průměr částic, mají odlišný počet trysek.

Tab. 1 Hlavní geometrické charakteristiky impaktoru

Patro	Cutoff průměr (μm)	Průměr trysky (mm)	Počet trysek
1	10	7,9	1
2	10	7,9	1
3	2,5	2,0	4
4	2,5	2,0	4
5	1	0,8	10
6	1	0,8	10
7	0,5	0,4	16
8	0,5	0,4	17

S touto znalostí bylo přistoupeno k návrhu konstrukce pater, která musí zajistit snadnou rozebíratelnost a dostatečné utěsnění mezi dopadovými plochami a patry. Při návrhu byl kladen důraz na zajištění co nejrovnoměrnějšího proudění v mezipatrech, bez zbytečných překážek proudu. Pro utěsnění pater od okolí bude využito O kroužků s nízkou tvrdostí pryže NBR70. První patro se od ostatních liší vstupem do trysky, který má zahloubení pro dosed dílu určeného k napojení na měřicí trať. Výstup je však totožný jako zbytek pater.

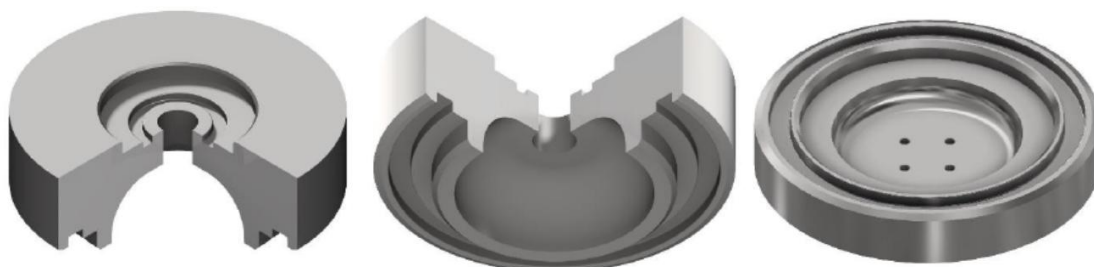


Spolufinancováno
Evropskou unií

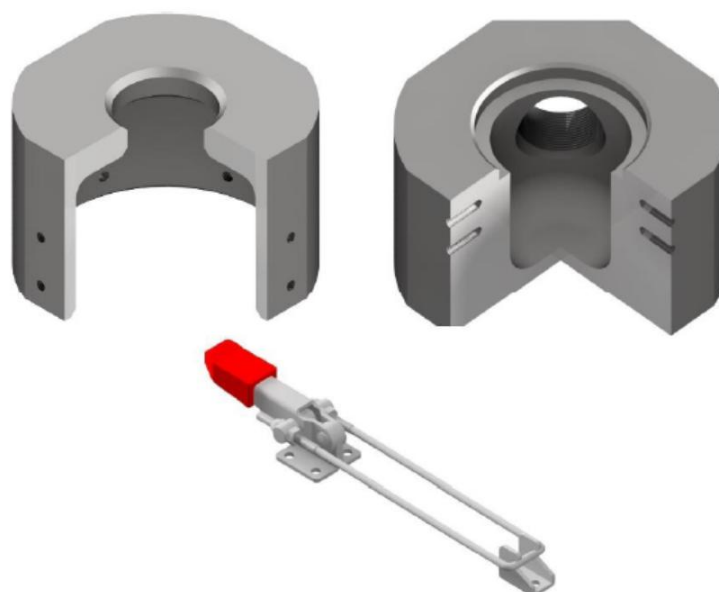
MSMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

iTEM

Obr. 1 Celkový pohled na sestavu zařízení



Obr. 2 Detail prvního patra trysek imapktoru



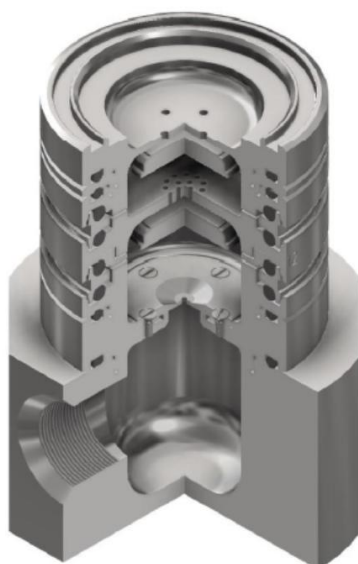
Obr. 3 Provedení horního upínacího prvku, dolního upínacího prvku (vpravo) a třmenového napínače



Spolufinancováno
Evropskou unií

MSMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

iTEM



Obr. 4 Pohled na sestavenou část s detailem těsnění pater



Spolufinancováno
Evropskou unií



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



Vyrobená sestava zařízení

Dle výkresové dokumentace bylo vyrobeno a zkompletováno odběrové zařízení.



Obr. 5 Vyrobený funkční vzorek zařízení



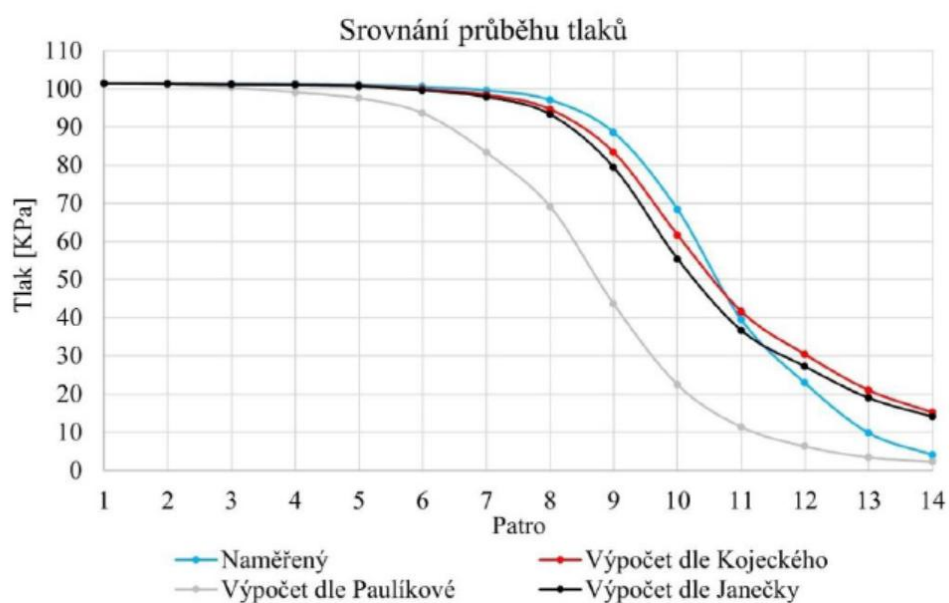
Spolufinancováno
Evropskou unií

MSMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

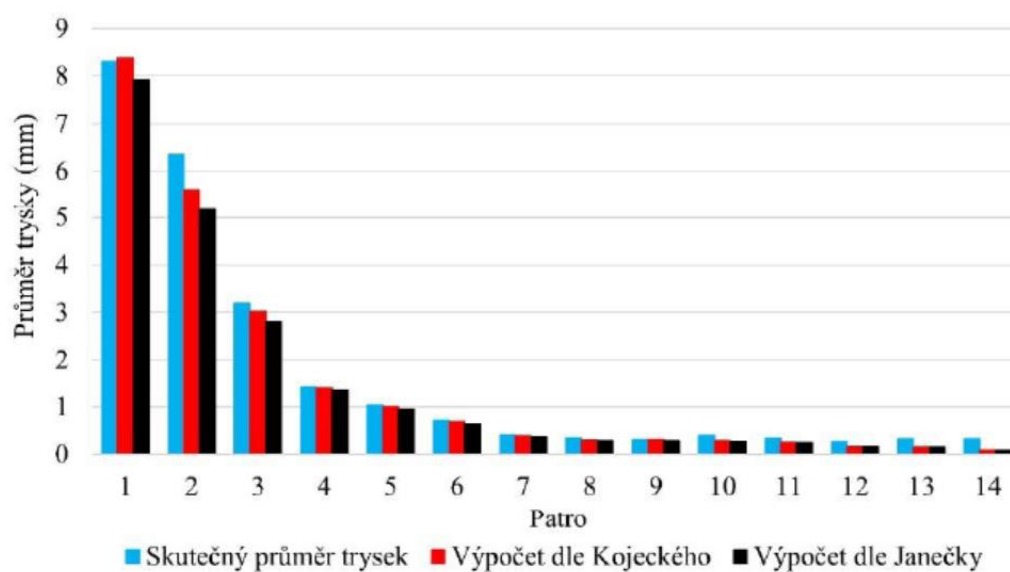
iTEM

Výsledky zkoušek, použití

Posouzení korektnosti použitého návrhového výpočtu bylo posouzeno porovnáním s výpočtovými postupy jiných autorů.



Obr. 6 Porovnání průběhů tlaků dle různých autorů a srovnáno s měřením



Obr. 7 Porovnání skutečného průměru trysky s výpočty dle různých autorů



Spolufinancováno
Evropskou unií



Způsob realizace

Byl navržen a vyroben funkční vzorek, provedena pilotní ověření funkce, realizována úvodní série měření. Funkční vzorek bude použit pro plánované experimentální práce.

Vazba na projekt

CZ.02.01.01/00/23_020/0008528 - Inovativní technologie pro chytrou nízkoemisní mobilitu

Umístění

Adresa: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Technická 2896/2, 616 69 Brno, místnost C3/0213

Licenční podmínky

Využití výsledku jiným subjektem je možné po uzavření licenční smlouvy.

Kontaktní osoba

prof. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D., +420 541 142 581, pospisl.j@fme.vutbr.cz



Spolufinancováno
Evropskou unií

