

Stredná priemyselná škola techniky a dizajnu

Mnoheľova 828, 05846 Poprad

Membránový manometer

Strojár inovátor

Mesto: TU Košice

Rok: 2026

Riešitelia

Kislan Matúš

Obsah

Úvod	4
1 Ciele práce	5
2 Praktická časť	6
2.1 Návrh materiálu a tvaru membrány	6
2.1.1 Výroba gumovej membrány, jej základné parametre	7
2.2 Návrh pretlakovej komory a upnutia membrány	8
2.2.1 Testovanie membrán	9
2.2.2 Upnutie manometra na pretlakovej komore	10
2.3 Návrh mechanizmu pohybového prenosu	11
2.3.1 Návrh krytu pre mechanizmus manometra	12
2.3.2 Upnutie mechanizmu v manometri	12
2.3.3 Návrh ciferníka	13
2.3.4 Montáž manometra	14
3 Výsledky práce	15
4 Diskusia	17
5 Závery práce	18
6 Zoznam použitej literatúry	19
7 Prílohy	20

Úvod

Meranie tlaku patrí medzi základné úlohy v technike a zohráva dôležitú úlohu pri riadení a kontrole rôznych technologických procesov. V priemyselných systémoch, ale aj v bežných technických zariadeniach, je tlak jedným z najčastejšie sledovaných parametrov. Jeho správne meranie má priamy vplyv na bezpečnosť, spoľahlivosť a efektívnosť prevádzky. Práve táto všetrannosť a praktický význam merania tlaku nás viedli k výberu témy membránového manometra.

Membránové manometre predstavujú zaujímavú alternatívu k bežným Bourdonovým trubiciam. Zároveň poskytujú priestor na experimentovanie s rôznymi materiálmi membrány, jej tvarom a spôsobom uchytenia. To nám umožnilo spojiť teoretické poznatky z oblasti mechaniky, pružnosti a konštruovania s praktickou výrobou funkčného zariadenia.

Cieľom práce je navrhnúť, vyrobiť a otestovať vlastný model membránového manometra. Zameriavame sa na výber vhodného materiálu membrány, návrh pretlakovej komory, konštrukcií mechanizmu pohybového prenosu a vytvorenie kompletného krytu s číselníkom. Súčasťou práce je aj testovanie rôznych typov membrán a hodnotenie ich správania pri zaťažení. Výsledkom je funkčný prototyp, ktorý umožňuje vizuálne odčítať tlak na základe deformácie membrány.

Naším cieľom bolo vytvoriť zariadenie, ktoré je nielen funkčné, ale aj názorne demonštruje princíp merania tlaku pomocou deformácie pružného prvku. Veríme, že výsledný model môže slúžiť ako didaktická pomôcka a zároveň ako ukážka toho, že aj jednoduché konštrukčné riešenia môžu mať široké využitie v technickej praxi.

1 Ciele práce

Cieľom práce je skonštruovať a spojzdníť membránový manometer a vysvetliť princíp činnosti spolu s jeho využitím v praxi. V tejto časti práce sa budeme venovať samotnému konštruovaniu membránového manometra. Opíšeme návrh technických parametrov jednotlivých častí ako napríklad tvar a materiál membrány, spôsob jej uchytenia, samotnú pretlakovú komoru, v ktorej sa bude membrána deformovať, mechanizmus prenosu veľkosti deformácie na ručičkový ukazovateľ a jeho kryt. Odôvodnime výber použitých materiálov, taktiež objasníme postup výroby, testovania, a kalibráciu. Hlavnými objektami testovania sú tesnosť pretlakovej komory, pružnosť a pevnosť membrány, funkčnosť a presnosť mechanizmu prenosu deformácie. Budeme pozorovať deformáciu membrány aj jej správanie v pretlakovej komore. Pri návrhu vhodného tlakomerného člena sa pozrieme na to, ako Hookov zákon definuje materiál použitý pri výrobe membrány.

2 Praktická časť

Druhá kapitola sa venuje praktickej časti práce, teda návrhu, výrobe a testovaniu membránového manometra. Opisuje výber vhodného materiálu membrány, jej tvar a spôsob výroby. Následne sa zaoberá konštrukciou pretlakovej komory, spôsobom uchytenia membrány a postupom testovania rôznych typov membrán. Kapitola ďalej popisuje návrh mechanizmu, ktorý prenáša pohyb membrány na ručičku manometra, a tiež tvorbu krytu, ciferníka a celkovú montáž zariadenia. Celá časť je zameraná na praktické riešenia, technické postupy a overenie funkčnosti navrhnutého prototypu.

2.1 Návrh materiálu a tvaru membrány

Jeden z najkľúčovejších faktorov ovplyvňujúcich správny chod manometra je tvar, veľkosť a materiál membrány. Aby manometer fungoval správne, je potrebné navrhnuť vhodný tlakomerný člen. Ich najväčšou nevýhodou je skutočnosť, že pôsobiaci tlak vyvolá nízku deformáciu, preto je potrebné medzi výstup a ručičku ukazovateľa zaradiť mechanický prevod. Navrhujeme použitie gumy pri výrobe membrány, aby sme túto nevýhodu zmiernili. Čím je priemer gumovej membrány väčší, tým väčšia deformácia nastane a zároveň tým nižšie tlaky bude manometer schopný snímať. Dôležitá je aj hrúbka membrány. Ak by bola membrána príliš tenká, mohlo by dôjsť k jej pretrhnutiu. Pri príliš hrubej membráne je deformácia malá.

Vlastnosti gumy:

- a) **Pružnosť a elasticita:** Guma sa dokáže značne natiahnuť alebo stlačiť a po uvoľnení sily sa vráti do pôvodného tvaru. Tento efekt je výsledkom lineárnych aj nekryštalizačných reťazcov polyméru, ktoré sa pohybujú voľne pri deformácii.
- b) **Tvrdosť:** Závisí od typu gumy a spôsobu vulkanizácie, vulkanizovaná guma je tvrdšia a odolnejšia než nevulkanizovaná.
- c) **Odolnosť voči opotrebeniu:** Guma má vysokú odolnosť proti oderu a mechanickému poškodeniu, čo ju robí vhodnou pre tesnenia alebo pneumatiky.
- d) **Odolnosť proti chemikáliám:** Záleží na type gumy. Prírodná guma je citlivejšia na oleje a rozpúšťadlá, syntetická guma je odolnejšia voči olejom a kyselinám.

- e) **Pevnosť v ťahu a odolnosť proti trhaniu:** Vulkanizovaná guma má vysokú medzu pevnosti v ťahu a relatívne vysokú odolnosť voči trhaniu.
- f) **Únavová odolnosť:** guma znáša opakované zaťaženie.

Z vlastností gumy vyplýva, že guma je vhodný materiál pre výrobu tlakomerných členoch. Gumená membrána sa neodporúča v prostrediach s príliš vysokými alebo nízkymi teplotami pretože teplota okolia môže ovplyvniť proces merania tlaku.

Hookov zákon sa dá aplikovať na gumu pretože guma je elastický materiál, ktorý sa po natiahnutí vráti do pôvodnej podoby. Normálové napätie je priamo úmerné relatívnemu predĺženiu. Avšak Hookov zákon platí len do určitej miery, presnejšie do medze úmernosti, kde je závislosť medzi napätím a deformáciou lineárna.

Pri konštruovaní manometra otestujeme dva typy gumových membrán: membránu z dýchacieho prístroja s tenkým hliníkovým plieškom uprostred a ručne vyrobenú 2 mm hrubú membránu odstrihnutú zo zvitku gumenej podložky.



Obrázok 1 membrána z dýchacieho prístroja (vľavo), ručne vyrobená membrána (vpravo)

2.1.1 Výroba gumovej membrány, jej základné parametre

Na výrobu gumovej membrány je potrebné zvoliť správnu gumu. Zvolili sme zvitok gumovej podložky o hrúbke 2mm. Pred samotným vyrezávaním sme vyrobili šablónu z tvrdého papiera, aby sme si uľahčili vyrezávanie. Šablóna bola priložená ku gumovej podložke, jej tvar sme obkreslili a vyrezali. Vzhľadom na malú hrúbku membrány, jej tvar sa vyrezával ľahko. Po jej vyrezaní sme navrtali 8 otvorov po obvodu (pre skrutky zovierajúce celú pretlakovú komoru). Membrána sa očistila v teplej jarovej vode od mastných škvŕn a nečistôt.

Základné parametre membrány z gumovej podložky

Gumová membrána sa vyrábala z technickej gumy. Jej hrúbka je 2mm, najväčší priemer je 157mm, priemer rozstupovej kružnice je 140mm a na nej 8 otvorov. Membrána váži 55g. Zo vzorca pre objem valca $V = \pi \cdot r^2 \cdot v$ sme vypočítali objem membrány. $V = \pi \cdot r^2 \cdot v = \pi \cdot 78,5^2 \cdot 2 = 38718,6 \text{ mm}^3 \rightarrow 38,7 \text{ cm}^3$. Hustota gumy bola vypočítavaná zo vzorca $\rho = \frac{m}{V} = \frac{55g}{38,7 \text{ cm}^3} = 1,42 \text{ g/cm}^3$.

2.2 Návrh pretlakovej komory a upnutia membrány

Pretlaková komora je časť manometra, ktorá zoviera membránu. Membrána rozdeľuje dutinu tejto komory na dve časti. Do spodnej časti je cez prepúšťací ventil privádzaný pretlak spôsobujúci pružnú deformáciu tlakomerného člena. Hornú časť komory tvorí priestor v ktorom sa membrána deformuje. Musí byť dostatočne veľký, aby membrána sa mala kde vydúvať.

Pri navrhovaní pretlakovej komory musíme navrhnuť také prítlačné prstence, aby membránu nepoškodili počas jej zovierania a zároveň aby v spodnej časti pretlakovej komory nevznikali netesnosti a neunikal pretlak. Z toho dôvodu sme navrhli gumové prítlačné prstence. Sú vhodnými prítlačnými a tesniacimi prvkami. Membránu nijako nepoškodzujú, pretože nemajú ostré hrany a zároveň pri ich stlačení dokonale k sebe prilnú a zovrú membránu (nedochádza k úniku meraného média).

Výroba bola náročná z dôvodu väčšej hrúbky použitej gumy (6mm). Vystrihovanie vonkajšej valcovej plochy prebiehalo ručne pomocou nožníc. Vnútornú valcovú plochu bolo potrebné vyrezať s nožom. Vyrezali sme tri kusy. Pri montáži pretlakovej komory, dva prstence zovrú membránu z hornej strany (nad membránou vytvoria dostatočne veľký priestor na jej deformáciu) a tretí umiestnime na spodnú stranu (medzi spodným poklopom a membránou vznikol priestor pre privod vzduchu).

Dva poklopy zovierajúce gumové prstence sme vyrezávali z 2mm hrubého plechu (oceľové poklopy spevnia pretlakovú komoru) pomocou ručnej uhlovej brúsky. Aby ostré hrany neporanili človeka, obrúsili sme ich. Akosť povrchu sme zvýšili brúsením jemným brúsnym papierom. Po dokončení povrchových úprav sa navráťalo 8 dier pre skrutky (diery sú prechodné, prechádzajú cez poklopy a prítlačné prstence). 8 skrutiek vytvorí dostatočne veľkú prítlačnú silu a tak zabráni unikaniu pretlaku. V strede horného

poklopu sme vyhotovili otvor pre tenkú tyč nazývanú ako tiahlo (prenáša zvislý pohyb vzniknutý počas deformácie membrány na mechanizmus ručičkového ukazovateľa tlaku). U prostred spodného poklopu je vyhotovená diera pre ventil slúžiaci na privod vzduchu.

Montáž pretlakovej komory prebiehala nasledovne:

- 1) Očistili sme gumové prstence a membránu jarovou vodou (jarová voda odstránila všetky nečistoty a mastné škvrny a tak zvýšila priľnavosť gumových častí).
- 2) Na spodný poklop sme pripevnili ventil z kola automobilu a gumovú podložku zabráňujúcu únik pretlaku spod hlavy ventilu.
- 3) Priložili sme jednotlivé časti pretlakovej komory k sebe (najprv spodný poklop s ventilom, potom 1 gumový prstenec, membránu, 2 gumové prstence, tiahlo s plastovým kolieskom dotýkajúcim sa membrány a nakoniec vrchný poklop).
- 4) Cez otvory prevlečieme skrutky a postupne spoj utiahneme.

Obrázok pretlakovej komory pred montážou sa nachádza v prílohách (obr. 7)

2.2.1 Testovanie membrán

Počas testovania membrány z dýchacieho prístroja sme napojili na ventil ručnú pumpu (silný tlak kompresora by mohol poškodiť membránu). Pri pumpovaní nevidíme deformáciu membrány (vo výhlade nám bráni horný poklop) ale sledujeme pohyb tiahla dotýkajúceho sa tlakomerného člena.

Po opakovanej skúške sme dospeli k záveru, že membrána nie je vhodná, s pod membrány začal unikať vzduch. Pretlakovú komoru sme rozobrali, membrána bola roztrhnutá. Zistili sme, že je príliš slabá. Rovnakú skúšku sme zopakovali s ručne vyrobenou membránou. Tá vydržala opakujúce sa testovania. Sledovali sme pohyb tiahla, ktoré sa pohybovalo rovnomerne.

Zistili sme, že membrána nemala dostatočne veľký priestor na deformáciu. Jej vydutie bolo príliš malé. Museli sme vyrobiť ďalší prítlačný prstenec, ktorý ešte viac zväčšil priestor na jej deformáciu. Po vykonaní opätovnej skúšky sa nám potvrdilo, že ďalší prstenec naozaj vytvoril väčší priestor a deformácia tlakomerného člena bola dostatočne veľká.



Obrázok 2 Pretlaková komora po montáži

Skúšky boli opakované mnoho krát aby sa potvrdila spoľahlivosť a vzduchotesnosť membrány, prítlačných prstencov aj ventilu. Pretlaková komora je vzduchotesná, veľmi pevná a spoľahlivá. Upnutie je vhodné a membrána nie je zoslabovaná. Jedinou nevýhodou je vyššia hmotnosť v dôsledku použitia kovových častí. Táto nevýhoda

môže byť ľahko odstrániteľná použitím hliníkových zliatin.

2.2.2 Upnutie manometra na pretlakovej komore

Museli sme čeliť ďalšej problematike, a to upnutiu samotného manometra na pretlakovej komore. Počas navrhovania tohto upnutia, sme sa inšpirovali manometrami, ktoré sú využívané bežne v praxi. Tlakomeri sa najčastejšie zvyknú upínať pomocou skrutky vychádzajúcej zo spodnej strany krytu.

Zvolili sme preto upevnenie pomocou skrutkového spoja. Aby bol manometer pevne prichytený k pretlakovej komore, použili sme skrutku M12, do ktorej sme vyvrtali priechodný otvor. Týmto otvorom prechádza tiahlo, ktoré sa zdvíha v dôsledku deformácie tlakomerného člena. Do stredu vrchného poklopu sme privarili maticu s výškou 35 mm. Pred samotným zvaráním sme maticu presne umiestnili do stredu poklopu. Na minimalizáciu excentricity medzi osou matice a osou tiahla sme do matice najprv naskrutkovali skrutku. Otvorom v skrutke sme následne prevliekli tiahlo vystupujúce z poklopu. Maticu so skrutkou sme posúvali tak, aby sa dostala do presného

stredu poklopu, pričom sme priebežne kontrolovali vyosenie tiahla. Keď bola os tiahla kolmá na pretlakovú komoru, maticu sme zavarili.

Upnutie pomocou skrutky je výhodné z viacerých dôvodov. Vysoká matica umožňuje pevný, ľahko rozoberateľný spoj.



Obrázok 3 Upnutie manometra pomocou skrutky

2.3 Návrh mechanizmu pohybového prenosu

Mechanizmus slúži na premenu vertikálneho pohybu tiahla na pohyb rotačný (otáčavý pohyb ručičkového ukazovateľa tlaku). Musí byť presný, malý, spoľahlivý a korózií vzdorný. Zvolili sme dvojicu ozubených koliesok a ozubený hrebeň z malého



Obrázok 4 Ozubené súkolesie

modelu auta na ovládanie. Pred samotným navrhovaním sme zisťovali veľkosť deformácie membrány aby sme vedeli navrhnuť mechanizmus, ktorý by ručičku pretočil z jednej strany ciferníka na druhú stranu.

Pretlaková komora bola pripojená k ručnej pumpe. Komoru sme nafukovali dovtedy, kým membrána nevytlačila tiahlo do jeho maximálnej polohy. K tiahlu bolo pripevnené meradlo. Zistili sme, že deformácia membrány dosahuje 8 mm, keďže tiahlo sa pri každom meraní zdvihlo práve o túto hodnotu. Meranie sme viackrát zopakovali,

aby sme potvrdili správnosť výsledku. Následne sme si uvedomili, že ozubený hrebeň spojený s tiahom musí pootočiť súkolesie tak, aby ručičkový ukazovateľ tlaku vykonal čo najväčší možný uhol otočenia.

Tabuľka 1 Parametre ozubeného prevodu

Počet zubov na pastorku	8	Prevodový pomer $i_{1,2}$	3
Vonkajší priemer pastorka	5mm	Materiál ozubených kolies	Plast
Počet zubov na spolu zaberajúcom kolese	24	Výška zdvihu ozubeného hrebeňa	8mm
Vonkajší priemer spolu zaberajúceho kolesa	15mm	Uhol pootočenia pastorka	240°

2.3.1 Návrh krytu pre mechanizmus manometra

Kryt manometra je vyrobený z pevného plechu. V prípade nárazu kryt ochráni manometer (jeho vnútro) pred mechanickým poškodením. Musí byť však dostatočne veľký, aby mechanizmus vošiel doň. Zvolili sme hliníkovú konzervu s obrubami na oboch stranách. Medzi dôležité výhody zvolenej plechovky patria: nízka hmotnosť, obruby na oboch stranách zabezpečujú veľkú pevnosť, odolnosť proti korózií.

Výroba krytu nebola náročná. Po otvorení konzervy, sme jej obsah vybrali, plechovku očistili a spodok odrezali. S ručnou vŕtačkou bol vyvŕtaný otvor, cez ktorý sa neskôr pri montáži manometra na pretlakovú komoru prevlečie skrutka M12. Bolo potrebné vyvŕtať aj ďalších 5 otvorov slúžiacich na upevnenie medených plieškov s mechanizmom. Celá konzerva bola vybrúsená brúsiacim papierom. Po brúsení sa znova vyčistila a nalakovala. Povrchová úprava lakovaním je nutná, chráni povrch manometra pred koróziou.

2.3.2 Upnutie mechanizmu v manometri

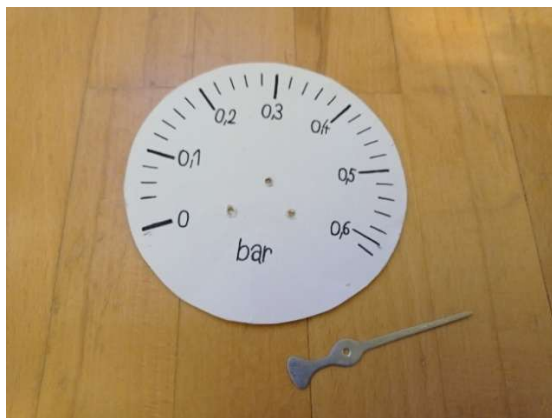
Ozubený prevod sme upli na pliešok nazvaný ako nosná doska mechanizmu. Nosná doska je vyrobená z medi. Hlavným dôvodom použitia medi je dobrá odolnosť proti korózií a dobrá obrábateľnosť.

Z tvrdého papiera bola vystrihnutá šablóna a priložená ku medenému plechu. Obkreslili sme ju a nosnú dosku vystrihli. Vyrobili sme dve identické nosné dosky, na jednu sa upne mechanizmus a na druhú ciferník. Nosná doska mechanizmu má v prostriedku otvor, v ktorom sa otáča hriadeľ ručičkového ukazovateľa tlaku. Montáž dosiek do krytu bola takmer nemožná, pretože kruhový tvar pliešku sa nevošiel cez obrubu krytu manometra. Obe medené dosky sme orezali do trojuholníkového tvaru (tento tvar umožnil pliešku vojsť do krytu). Dočasne sme ich upli do krytu a pomocou stolovej vŕtačky vyvŕtali otvory pre hriadele ozubených kolies. Ozubené kolesá nie je potrebné poisťovať proti osovému posunutiu, ide o spojenie so silovým stykom.

Spojenie ozubeného hrebeňa s tiahlom bolo náročné. Z bukového dreva sme vyrezali medzikus, ktorý spája tiahlo a hrebeň. Vratný pohyb hrebeňa zabezpečuje pružná tyč dotýkajúca sa dreveného medzikusu. Pri poklese pretlaku v pretlakovej komore pomáha membrána vratný pohyb do východiskovej polohy. V prípade absencie tejto tyče, funkčnosť manometra by bola závislá na gravitácii (po jeho pretočení naruby, ručička sa môže samovoľne pretočiť). Tyč je vyrobená zo sponky do vlasov. Obrázok manometra pred montážou sa nachádza v prílohách (obr. 8)

2.3.3 Návrh ciferníka

Najdôležitejšími hodnotami pred výrobou ciferníka sú: najväčší uhol pretočenia ručičkového ukazovateľa a hodnota maximálneho tlaku, pri ktorom deformácia membrány zdvihne tiahlo do najvyššej polohy. Pri tlakovaní pretlakovej komory ručnou pumpou sme membránu natlakovali do maxima. Mechanizmus pretočil ručičkou o 240° , tlakomer pumpy ukazoval hodnotu 10 PSI (0,6 Bar).



Obrázok 5 Ciferník s ručičkovým ukazovateľom tlaku

Navrhli sme 31 dielikov na ciferníku pričom prvý dielik označuje hodnotu 0 barov a posledný dielik 0,6 barov. Každý dielik označuje 0,02 barov. Uhol zovierajúci prvý a posledný dielik je 240° . Ciferník bol vyrobený z tvrdého papiera. Upevnili sme ho na nosnú dosku pomocou skrutiek. Ručičkový ukazovateľ tlaku bol vyrobený

z tenkého hliníkového plechu. Ručička je veľmi ľahká. Bola upnutá pomocou malých žltých prstencov nasadených na hriadeľ.

2.3.4 Montáž manometra

Prvým krokom bolo upevnenie ozubených prvkov na hriadele. Na nosnú dosku mechanizmu následne pribudlo súkolesie, medený pliešok slúžiaci ako uloženie pre hriadele pastorka a zaberajúceho ozubeného kola, ako aj pliešok určený na vedenie bukového medzikusu a pružná tyč zabezpečujúca vratný pohyb hrebeňa. Skrutka M12 bola uchytená na kryt manometra a zaistená maticou. Na nosnú dosku ciferníka bol namontovaný samotný ciferník. Obe nosné dosky sa opatrne vložili do krytu a upevnili piatimi skrutkami M3. Tiahlo sa prevlieklo cez otvor v skrutke a manometer bol priskrutkovaný do matice pretlakovej komory. Ozubený hrebeň bol pripevnený na drevený medzikus, ktorý sa nasadil na tiahlo, a následne zasunul do ozubeného súkolesia. Na záver bola do manometra upevnená ručička. Všetky skrutky boli dôkladne dotiahnuté a zaistené proti uvoľneniu. Vid' obrázok č. 13 v prílohách.

3 Výsledky práce

Výroba manometra bola zdĺhavá a náročná vzhľadom na nedostatok prístrojov uľahčujúcich samotnú výrobu. Výroba trvala približne dva mesiace. Manometer bolo potrebné mnohokrát rozoberať a upravovať. Napriek tomu sme vyrobili funkčný model meracieho prístroja. Pri navrhovaní a výrobe tvaru a parametrov jednotlivých častí nás práca priviedla k mnohým výsledkom a záverom, ktoré môžu priniesť prínos a nové poznatky do oblasti monitorovania tlaku.

Nevýhodou manometrov je malá deformácia tlakomerného člena. Po zvolení gummy ako materiál pre membránu sme zistili, že guma má veľkú deformáciu. Eliminovat sme túto nevýhodu, ale na druhej strane, veľká deformácia membrány si vyžaduje väčší priestor, v ktorom sa bude membrána deformovať (veľké rozmery pretlakovej komory – väčšia hmotnosť). Ďalším významným poznatkom je, že gumová membrána väčších priemerov a menšej hrúbky má vysokú citlivosť pri zmene tlaku. Práve preto je vhodná na meranie nízkych pretlakov. Membránu sme upevnili medzi gumové prstence. Po viacerých demontážach sa potvrdilo, že tento spôsob uchytenia je spoľahlivý. Guma použitá v prítlačných prstencoch membránu nijako nepoškodila. Zaujímavým zistením bolo, že po očistení gumových častí pretlakovej komory v teplej vode s čistiacim prostriedkom sa výrazne zvýšila ich priľnavosť, čo zároveň zlepšilo celkovú tesnosť spoja.

Testovali sme dva typy gumových membrán. Ručne vyrobená gumová membrána dosahovala oveľa lepších výsledkov ako membrána z dýchacieho prístroja. Otestovali sme, či membrána z dýchacieho prístroja je vhodná pre manometre slúžiace na meranie nízkych pretlakov. Avšak tieto membrány sa používajú v pneumatike, dospeli sme k záveru. Na tento účel je membrána príliš slabá. Tlakomery si vyžadujú pevnosť tlakomerných členoch.

Pri navrhovaní a montáži mechanizmu manometra sme narazili na mnohé komplikácie. Tie nás donútili mnohokrát meniť a prispôbovať konštrukciu mechanizmu aj nosné dosky v kryte. Nosné dosky mechanizmu mali kruhový tvar a dokonale vypĺňali vnútro krytu. Pri montáži, nosné dosky nebolo možné vložiť do krytu. Z konštrukčného hľadiska sme museli prispôbiť tvar dosiek tak, aby pri montáži nedochádzalo ku komplikáciám. Museli sme ich orezať do trojuholníkového tvaru. Z toho

vyplýva, že pri konštrukcii je potrebné čo najviac zminimalizovať nadbytočný materiál, ktorý môže zvyšovať hmotnosť prístroja a zároveň spôsobovať rôzne komplikácie pri montáži.



Obrázok 6 Testovanie manometra

Po ukončení výroby manometra nasledovalo pozorovanie presnosti merania tlaku a porovnávanie nameraných hodnôt s referenčným prístrojom. Zaobstarali sme si manometer určený na meranie nízkych pretlakov (rozsah merania do $1,6 \text{ kp/cm}^2$).

Na obrázku 6 je zobrazený referenčný manometer pripevnený k rozvádzaciemu ventilu a prepojený hadičkami s našim prístrojom a ručnou pumpou. Po natlakovaní pretlakovej komory na maximálnu hodnotu sme sledovali tlak zobrazený referenčným manometrom. Jeho údaj sa však nezhodoval s hodnotou nameranou naším tlakomerom – skutočný tlak v pretlakovej komore bol výrazne nižší. Referenčný prístroj ukázal tlak $0,4 \text{ kp/cm}^2$ ($0,004 \text{ bar}$), čo potvrdilo, že náš tlakomer meral nesprávne. Pri analýze problému sme zistili, že príčinou je nedostatočná presnosť ozubeného súkolesia. Po odpojení zdroja pretlaku sa ručička nášho manometra nevrátila do východiskovej polohy, ale zostala zaseknutá na hodnote $0,1 \text{ bar}$. Ukázalo sa, že medzi ozubeniami vznikla vôľa spôsobená nesprávnou vzdialenosťou osí súkolesí.

4 Diskusia

Na základe vykonaných meraní a analýz možno konštatovať, že pri výrobe manometra vznikli chyby a nepresnosti spôsobené ručnou výrobou. Cieľom tejto práce nebolo dosiahnuť dokonalý model s vysokou presnosťou, ale vytvoriť vlastný návrh konštrukcie jednotlivých parametrov nášho modelu tlakomera. Po vzniknutých chybách prísť na spôsob k ich odstráneniu a ako inovovať náš prístroj. Vďaka vlastnému návrhu a konštruovaniu sme sa dopátrali k rôznorodým výsledkom, ktoré boli opísané v predchádzajúcej kapitole. Chceli by sme touto prácou poukázať na dôležitosť, vysokú presnosť a všestrannosť mechanických meracích prístrojoch. V tejto časti práce ponúkame niekoľko návrhov ako zlepšiť presnosť a kvalitu manometra.

Nápadnú nevýhodu, ktorú si môžeme hneď všimnúť je veľká váha. Hmotnosť nášho tlakomera sa pohybuje okolo 1,2 kilogramov. Najväčšiu hmotnosť zaberá pretlaková komora. Skladá sa z pevných ale ťažkých látok. Jej rozmery sú veľké. Nevýhoda môže byť ľahko odstrániteľná použitím ľahkých hliníkových zliatin alebo karbónu. Na manometri si môžeme všimnúť použitie nekonvenčných materiálov, napr. drevený prítlačný prstenec, bukový medzikus spájajúci ozubený hrebeň s tiahlom, obyčajný tvrdý papier na ciferníku, pružná tyč vyrobená zo sponky do vlasov atď. Tieto suroviny boli použité z dôvodu obmedzeného dostupného množstva materiálov vzhľadom na ručnú výrobu. V praxi je možné tieto súčasti nahradiť vhodnejšími alternatívami, napríklad plastom či hliníkom.

Testovanie manometra ukázalo nepresnosti v mechanizme prenosu pohybu. Nedostatočná výrobná presnosť spôsobila vôľu v ozubení, ktorá vznikla v dôsledku nesprávneho rozostupu osí ozubených kolies. Presnosť merania by sa zlepšila, ak by boli jednotlivé komponenty vyrábané v prostredí s presnými obrábacími zariadeniami. Presnosť merania možno zlepšiť využitím iných alternatív, ako napríklad trecie prevody alebo pákové mechanizmy. Mechanizmus pohybového prenosu navrhnutý ako ozubený hrebeň s dvojicou ozubených kolies môžeme zlepšiť využitím jemného ozubenía. Jemné ozubenie spôsobí plynulý pohyb ručičkového ukazovateľa a tým zvýši presnosť merania. Proces monitorovania tlaku sa môže uskutočňovať aj na diaľku. Kapacitný snímač polohy v manometri môže sledovať veľkosť vysunutia tiahla a tým spracovať nameranú hodnotu digitálne. Pracovník dokáže skontrolovať tlak pomocou číselnej hodnoty na displeji alebo tlakomer pošle signál do kancelárie.

5 Závery práce

Cieľom tejto práce bolo navrhnuť, vyrobiť a otestovať funkčný prototyp membránového manometra, pričom dôraz bol kladený na výber vhodného materiálu membrány, návrh pretlakovej komory, konštrukcie mechanizmu pohybového prenosu a celkovú montáž zariadenia. Na základe vykonaných experimentov a testovania jednotlivých komponentov možno konštatovať, že všetky hlavné ciele práce boli splnené.

Testovanie rôznych typov membrán ukázalo, že materiál membrány zásadne ovplyvňuje citlivosť, rozsah merania aj stabilitu výstupného signálu. Gumová membrána, ktorú sme vyrobili a skúšali, preukázala dobrú pružnosť a výraznú deformáciu pri nízkych tlakoch, čo umožnilo jednoduché vizuálne pozorovanie jej pohybu.

Pri návrhu a výrobe pretlakovej komory sa potvrdilo, že správne utesnenie a rovnomerné upnutie membrány sú kľúčové pre spoľahlivú funkciu celého systému. Testy ukázali, že aj malé netesnosti alebo nerovnomerné pritlačenie membrány môžu výrazne ovplyvniť výslednú deformáciu a tým aj presnosť merania. Navrhnuté riešenie pretlakovej komory sa však ukázalo ako funkčné a umožnilo bezpečné testovanie membrán pri rôznych úrovniach tlaku.

Najvýraznejšie nedostatky sa prejavili v mechanizme pohybového prenosu. Testovanie ukázalo, že nepresnosť výroby ozubenia spôsobila vôľu medzi ozubenými kolesami, ktorá vznikla najmä nesprávnym rozstupom osí. Táto vôľa sa následne prejavila kolísaním ručičky a zníženou presnosťou odčítania tlaku. Z výsledkov jednoznačne vyplýva, že pre dosiahnutie vyššej presnosti by bolo potrebné vyrábať jednotlivé komponenty na presných obrábacích zariadeniach.

Napriek týmto obmedzeniam možno prototyp hodnotiť ako úspešný. Zariadenie umožňuje názorne demonštrovať princíp merania tlaku pomocou deformácie membrány a poskytuje jasnú vizuálnu odozvu na zmenu tlaku. Práca zároveň poukázala na to, ktoré konštrukčné prvky majú najväčší vplyv na presnosť merania a kde je priestor na ďalšie zlepšenie.

Práca tak potvrdila, že membránový manometer je vhodným objektom pre experimentovanie, porovnávanie materiálov a pochopenie základných princípov merania tlaku.

6 Zoznam použitej literatúry

TRANSFER MULTISORT ELEKTRONIK. Čo je to manometer a na čo slúži. [online]. Dostupné na: <<https://www.tme.eu/sk/news/library-articles/page/60302/co-je-to-manometer-a-na-co-sluzi/>> [cit. 1. 1. 2026]

KATEDRA MERANIA A APLIKÁCIÍ. Snímače tlaku. [online]. 2014. Dostupné na: <http://www.pit.6f.sk/wp-content/uploads/2014/05/33_Snímače-tlaku1.pdf> [cit. 1. 1. 2026]

Obrázky:

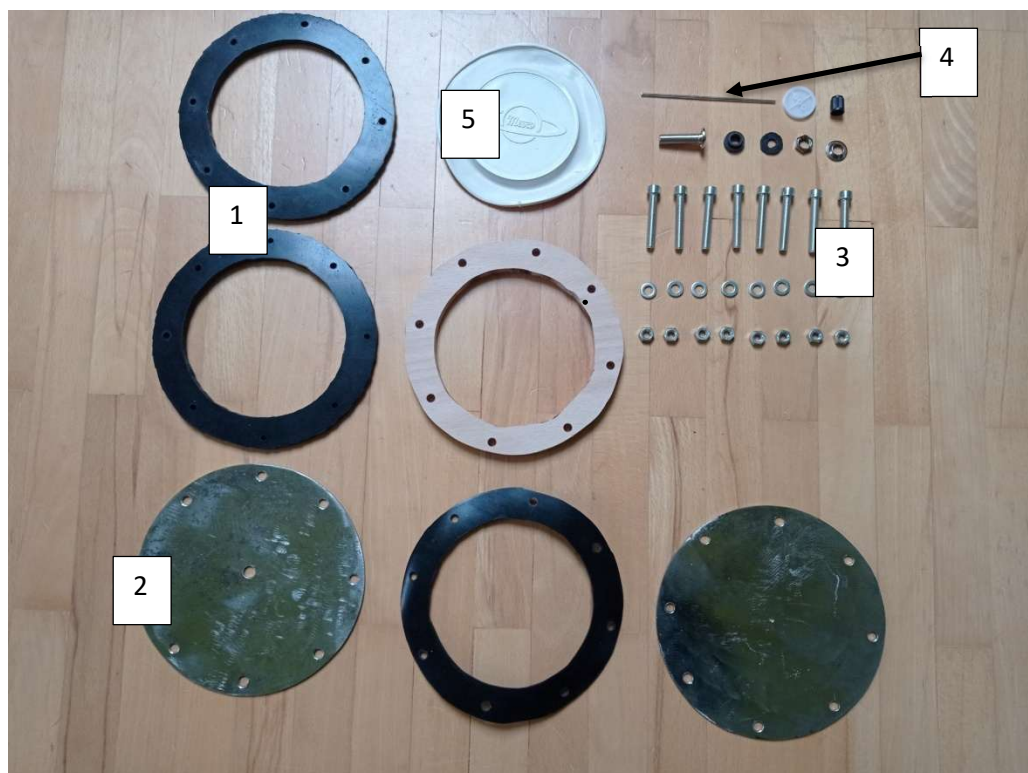
TRANSFER MULTISORT ELEKTRONIK. Čo je to manometer a na čo slúži. [online]. Dostupné na: <<https://www.tme.eu/sk/news/library-articles/page/60302/co-je-to-manometer-a-na-co-sluzi/>> [cit. 1. 1. 2026]

KATEDRA MERANIA A APLIKÁCIÍ. Snímače tlaku. [online]. 2014. Dostupné na: <http://www.pit.6f.sk/wp-content/uploads/2014/05/33_Snímače-tlaku1.pdf> [cit. 1. 1. 2026]

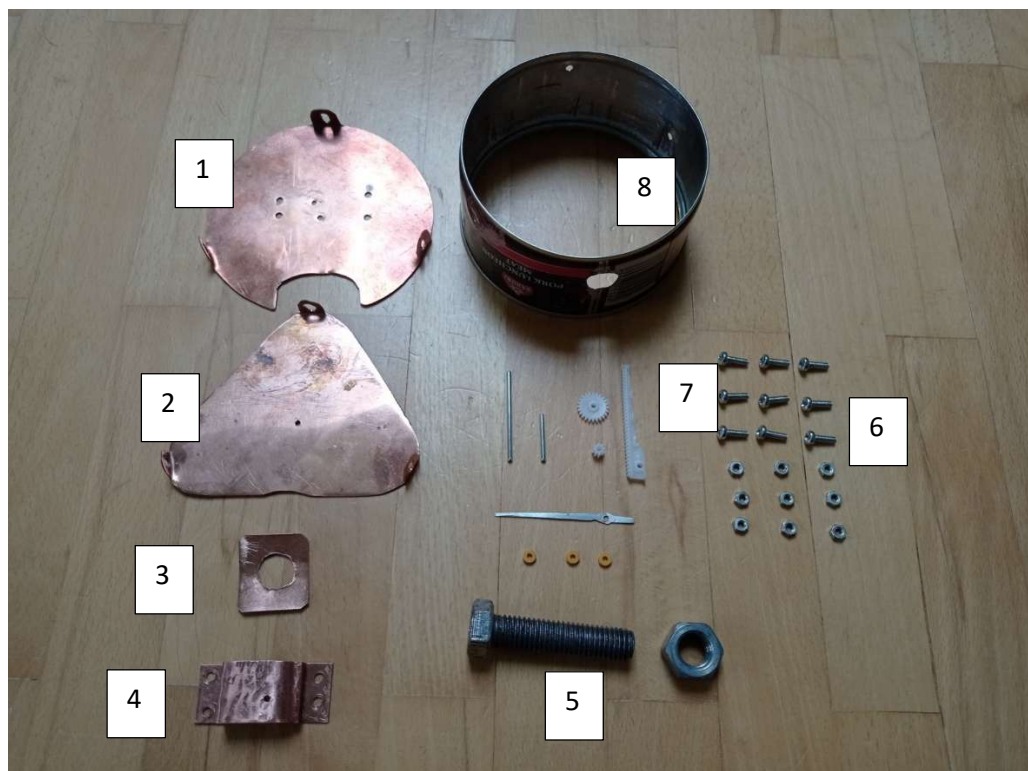
Tabuľky:

TRANSFER MULTISORT ELEKTRONIK. Čo je to manometer a na čo slúži. [online]. Dostupné na: <<https://www.tme.eu/sk/news/library-articles/page/60302/co-je-to-manometer-a-na-co-sluzi/>> [cit. 1. 1. 2026]

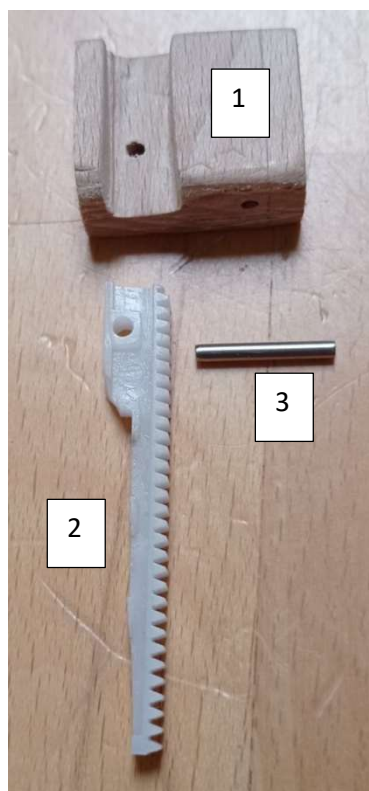
7 Prílohy



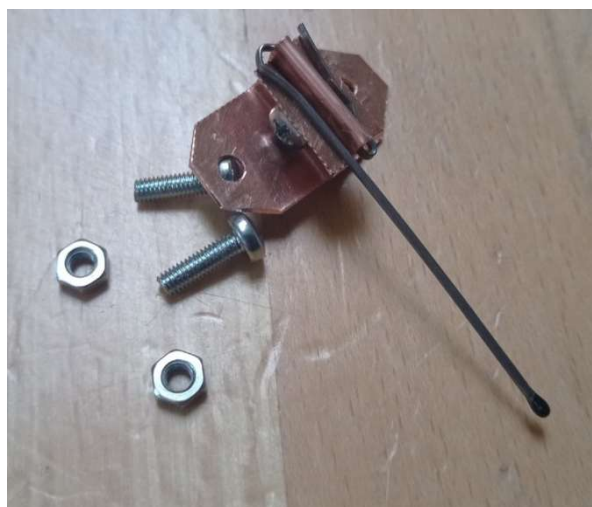
Obrázok 7 Pretlaková komora pred montážou, 1- prítlačný prstenec, 2- poklop, 3- skrutky, 4- tiaho, 5- membrána z dýchacieho prístroja



Obrázok 8 Manometer pred montážou, 1- nosná doska mechanizmu, 2- nosná doska ciferníka, 3- podložka, 4- pliešok slúžiaci ako uloženie pre hriadeľ pastorka a zabierajúceho ozubeného kolesa, 5- skrutka M12, 6- Skrutky a matice M3, 7- komponenty ozubenia, 8- kryt



Obrázok 9; 1- drevený medzikus, 2- ozubený hrebeň, 3- kolík (pripája hrebeň ku medzikusu)



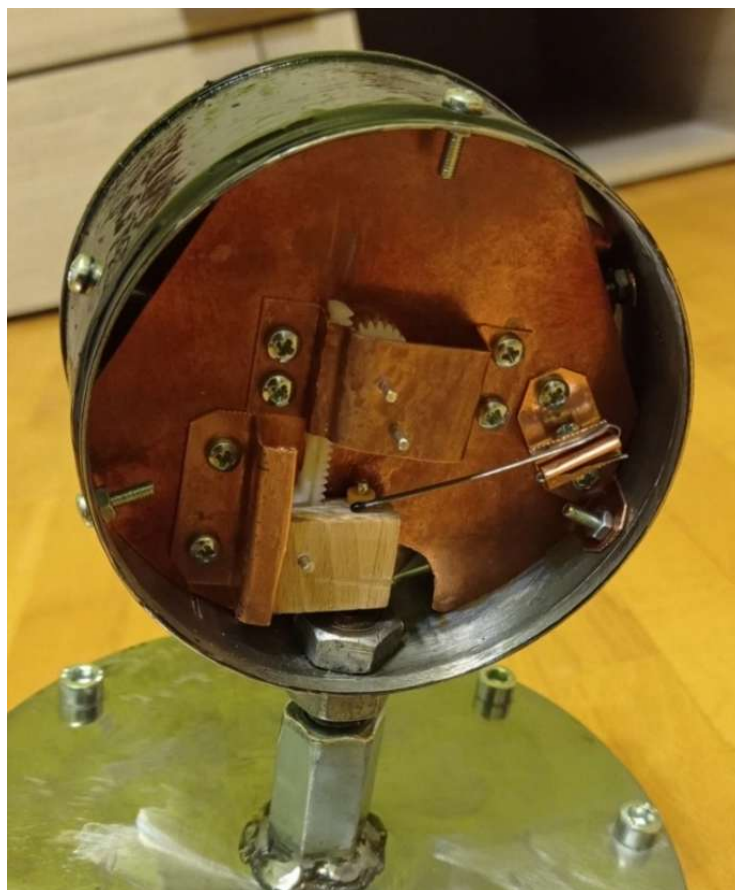
Obrázok 10 Pružná tyč so skrutkami a maticami M3



Obrázok 11 Manometer pripravený na montáž ku pretlakovej komore



Obrázok 12 Manometer po celkovej montáži



Obrázok 13 Manometer po celkovej montáži (zadná strana)