

**G01L 5/06** (2006.01)  
**G01H 13/00** (2006.01)

(19)  
ČESKÁ  
REPUBLIKA



ÚŘAD  
PRŮMYSLOVÉHO  
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2021-267**  
(22) Přihlášeno: **31.05.2021**  
(40) Zveřejněno: **02.11.2022**  
**(Věstník č. 44/2022)**  
(47) Uděleno: **22.09.2022**  
(24) Oznámení o udělení ve věstníku: **02.11.2022**  
**(Věstník č. 44/2022)**

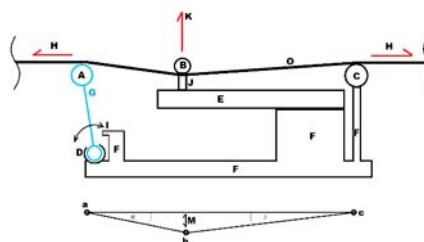
(56) Relevantní dokumenty:  
CN 204228320 U; CN 112284598 A; JP 2010066237 A; CN 106959184 A; JP 2017061368 A.

(73) Majitel patentu:  
Masarykova univerzita, Brno, Brno-město, CZ  
(72) Původce:  
Mgr. Petr Hedbávný, Ph.D., Brno, Staré Brno, CZ  
Mgr. Miriam Kalichová, Ph.D., Brno, Černá Pole, CZ  
(74) Zástupce:  
HARBER IP s.r.o., Dukelských hrdinů 567/52,  
170 00 Praha 7, Holešovice

tahové síle lana a na údaje o rezonanční frekvenci žerdě a pro zobrazení těchto údajů na displeji.

(54) Název vynálezu:  
**Systém a postup pro měření napnutí lana a rezonanční frekvence žerdě hrazdy a bradel**

(57) Anotace:  
Předkládané řešení poskytuje systém pro měření napnutí lana a rezonanční frekvence žerdě hrazdy a/nebo bradel, který obsahuje modul pro měření napnutí lana, modul pro měření rezonanční frekvence žerdě, a vyhodnocovací jednotku, přičemž modul pro měření napnutí lana obsahuje tuhý rám (F) mající první a druhý konec a osu spojující první a druhý konec, přičemž na prvním konci je uspořádána první kladka (C) pevně spojená s tuhým rámem (F), na druhém konci je uspořádána druhá kladka (A) upevněná na unašeči (G) otočně a odnímatelně uloženém v pouzdru (D) vytvořeném v tuhém rámu (F) nebo upevněném k tuhému rámu (F), a mezi první (C) a druhou kladkou (A) je uspořádána třetí kladka (B), která je s tuhým rámem (F) spojena prostřednictvím tenzometrického elementu (E) uspořádaného pro měření síly působící na třetí kladku (B) v podstatě kolmo k ose tuhého rámu (F), přičemž první (C), druhá (A) a třetí kladka (B) jsou uspořádány tak, že linie spojující nejvyšší bod obvodu druhé kladky (A) umístěné v předem určené zafixovatelné poloze unašeče (G) s nejnižším bodem obvodu třetí kladky (B) a linie spojující nejnižší bod obvodu třetí kladky (B) s nejvyšším bodem obvodu první kladky (C) tvoří dvě strany trojúhelníku; modul pro měření rezonanční frekvence žerdě obsahuje pouzdro (P), v němž je uložen akcelerometr, a dále obsahuje prostředky (Z<sub>a</sub>, Z<sub>b</sub>) pro upevnění pouzdra k žerdi; vyhodnocovací jednotka je upravena pro přijímání signálů z tenzometrického elementu (E), z akcelerátoru, pro převod těchto signálů na údaje o napnutí lana nebo



## Systém a postup pro měření napnutí lana a rezonanční frekvence žerdě hrazdy a bradel

### Oblast techniky

5

Předkládaný vynález se týká systému a postupu pro měření napnutí lana neinvazivním způsobem a pro určení vlastní frekvence napínaného objektu (hrazda/bradla).

### 10 Dosavadní stav techniky

Při cvičení na hrazdě i bradlech o nestejně výši žerdi využívají sportovci materiálových vlastností konstrukce, zejména co se týče pružnosti. Vzhledem k různým hmotnostem cvičenců i jejich rozdílné schopnosti aktivně pracovat s pružností žerdě upřednostňuje každý individuální nastavení, které mu umožní optimálně provést velmi složité časoprostorové pohybové dovednosti.

V současné době sportovní gymnasté při cvičení na hrazdě, jakož i gymnastky při cvičení na bradlech o nestejně výši žerdi nastavují tuhost žerdě různými způsoby vědecky nepodloženými. Kromě nastavení na základě pocitu cvičence se rozšířilo měření napětí lanek, kterými se konstrukce dotahuje, a to pomocí tenzometru. Ten je primárně určen pro jachting, potřebám gymnastů tedy svým měřicím rozsahem a konstrukcí plně nevyhovuje a neřeší daný problém. Pomocí tohoto tenzometru jsou gymnasti schopni upravovat napětí kotvicích lanek, pro cvičence je však podstatné, aby měla potřebnou tuhost hrazdová konstrukce, resp. žerď. Problémem je, že při stejné konstrukci nářadí od téhož výrobce nemá vždy stejné nastavení napětí lanek totožný účinek na tuhost hrazdové žerdě. Je tedy potřeba vytvořit zařízení, které by bylo schopno určit co nejjednodušším způsobem a ve velmi omezeném časovém úseku cca 30 s mechanické charakteristiky hrazdové žerdě ve spojitosti s tenzí lanek, což by umožnilo přesné a reprodukovatelné nastavení jakékoliv hrazdové konstrukce, včetně žerďového nářadí různých výrobců, která se na závodech používají.

30

### Podstata vynálezu

Předmětem předkládaného vynálezu je systém pro měření napnutí lana a rezonanční frekvence žerdě hrazdy a/nebo bradel, jehož podstata spočívá v tom, že obsahuje modul pro měření napnutí lana, modul pro měření rezonanční frekvence žerdě, a vyhodnocovací jednotku.

Modul pro měření napnutí lana obsahuje tuhý rám mající první a druhý konec a osu spojující první a druhý konec, přičemž na prvním konci je uspořádána první kladka pevně spojená s tuhým rámem, na druhém konci je uspořádána druhá kladka upevněná na unašeči otočně a odnímatelně uloženém v pouzdru vytvořeném v tuhém rámu nebo upevněném k tuhému rámu, a mezi první a druhou kladkou je uspořádána třetí kladka, která je s tuhým rámem spojena prostřednictvím tenzometrického elementu uspořádaného pro měření síly působící na třetí kladku v podstatě kolmo k ose tuhého rámu, přičemž první, druhá a třetí kladka jsou uspořádány tak, že linie spojující nejvyšší bod obvodu druhé kladky umístěné v předem určené zafixovatelné poloze unašeče s nejnižším bodem obvodu třetí kladky a linie spojující nejnižší bod obvodu třetí kladky s nejvyšším bodem obvodu první kladky tvoří dvě strany trojúhelníku.

Nejnižší bod obvodu kladky je bod obvodu kladky nejbližší ose tuhého rámu, a nejvyšší bod obvodu kladky je bod obvodu kladky nejdále od osy tuhého rámu. Obdobně termín „nad kladkou“ znamená po části obvodu kladky vzdálenější od osy tuhého rámu, a termín „pod kladkou“ znamená po části obvodu kladky bližší k ose tuhého rámu.

Lanem se zde rozumí dotahovací (kotvicí) lanko hrazdy nebo bradel.

55

Odnímatelné uložení unašeče dovoluje vyměňovat unašeče různých délek a případně i různých materiálů podle potřeby, a tím měřicí modul uzpůsobovat různým průměrům a silám lan.

5 Modul pro měření rezonanční frekvence žerdě obsahuje pouzdro, v němž je uložen akcelerometr, a dále obsahuje prostředky pro upevnění pouzdra k žerdí. Prostředky by měly dovolovat pevné a spolehlivé připojení, které je však stále rozebíratelné. Vhodnými upevňovacími prostředky je například suchý zip, dostatečně dlouhý pro obtočení žerdě i pouzdra.

10 Pro zlepšení upevnění a kontaktu modulu s žerdí může být pouzdro tvarově přizpůsobeno žerdí, nebo může modul dále obsahovat vyměnitelný člen pro tvarové přizpůsobení pouzdra žerdí.

Velikost modulu pro měření frekvence by měla být co nejmenší, aby bylo zaručeno, že přidaná hmota modulu neovlivní frekvenci žerdě. S výhodou je hmotnost modulu nejvýše 50 gramů.

15 Vyhodnocovací jednotka je upravena pro přijímání signálů z tenzometru, z akcelerátoru, pro převod těchto signálů na údaje o napnutí lana nebo tahové síle lana a na údaje o rezonanční frekvenci žerdě a pro zobrazení těchto údajů na displeji. Komunikace obvykle probíhá prostřednictvím bezdrátového komunikačního protokolu.

20 Vyhodnocovací jednotka může být v některých provedeních součástí modulu pro měření napnutí lana.

25 Dalším předmětem vynálezu je způsob měření napnutí lana a rezonanční frekvence žerdě hrazdy a/nebo bradel s použitím výše popsaného systému, jehož podstata spočívá v tom, že se modul pro měření napnutí lana připevní k lanu tak, že lano prochází nad první kladkou, pod třetí kladkou a nad druhou kladkou, druhá kladka se otočením unašeče uvede do zafixovatelné polohy, a prostřednictvím tenzometrického elementu se změří radiální síla, kterou lano působí na třetí kladku, a ta se přepočte na tahovou sílu lana; dále se pouzdro modulu pro měření rezonanční frekvence žerdě pomocí prostředků pro upevnění pouzdra upevní k žerdí, provede se offset analogového výstupu akcelerometru pro eliminaci nepřesnosti uchycení a kompenzaci působení 30 tíhového zrychlení, žerd' se rozvibruje aplikací impulsu síly, a po uplynutí času 1 až 3 vteřin se zaznamená průběh tlumeného kmitání akcelerometrem, a určí se průchody signálu nulou, získané údaje o tahové síle lan a rezonanční frekvenci žerdě se zobrazí na displeji vyhodnocovací jednotky.

35 Přepočtení radiální síly na tahovou sílu lana v systému se provede například podle vzorce:

$$F_{\text{radiální}} = F_{\text{lana}} \cdot \sin(\alpha) + F_{\text{lana}} \cdot \sin(\gamma),$$

40 kde alfa a gamma jsou úhly svírané lanem v místě první a druhé kladky s rovným směrem lana.

45 Systém podle předkládaného vynálezu tedy umožňuje digitálně zobrazovat aktuální hodnotu napnutí kotvicích lanek hrazdové/bradlové konstrukce, k čemuž využívá tenzometrický snímač, a zároveň umožňuje digitální zobrazení aktuální hodnoty rezonanční frekvence hrazdové žerdě, k čemuž využívá měření akcelerometrem.

Konstrukční princip modulu pro měření napětí lana umožňuje provádět snadné nasazení a demontáž modulu z lana a provádět neinvazivní měření, které samo o sobě nemění nastavení a napětí lana.

50 Komunikace mezi vyhodnocovací jednotkou a oběma moduly je bezdrátová. V případě, že vyhodnocovací jednotka je součástí modulu pro měření napnutí lana, je komunikace mezi tímto modulem a modulem pro měření rezonanční frekvence žerdě bezdrátová.

Kombinace měření rezonanční frekvence a tenze kotvicích lanek, pomocí nichž lze konstrukci dotahovat či povolovat, je podstatou přesného nastavení tuhosti dané konstrukce, neboť tyto dvě veličiny zásadním způsobem ovlivňují chování hrazdy a tím i výkony sportovců. Kombinací těchto měření lze docílit stabilního nastavení sportovního náradí nezávisle na daném sportovišti.

5

Výsledky obou měření, tenzometrického i frekvenčního, jsou vyhodnoceny a digitálně zobrazeny velmi rychle, do 10 s od udělení impulsu žerdi, tedy od jejího rozkmitání. Systém podle vynálezu tak umožňuje rychlé vyhodnocení nastavení náradí a případně jeho rychlou úpravu podle potřeby. Systém je uživatelsky přívětivý a práce s ním je pro uživatele snadná a rychlá.

10

Výhodou systému je to, že oba moduly jsou snadno přizpůsobitelné konkrétnímu měřenému náradí. Přizpůsobitelnost modulu pro měření napnutí lana zajišťuje vyměnitelný unašeč, různé unašeče mají různé délky ramen určené pro různé tloušťky lana. Přizpůsobitelnost modulu pro měření rezonanční frekvence zajišťují vyměnitelné vložky pro přesné dosednutí na žerd' různého průměru a tvaru (hrazdovou, bradlovou).

15

### Objasnění výkresů

20

Obr. 1 schematicky znázorňuje příklad modulu pro měření napnutí lana. Ve spodní části obrázku je schematicky naznačen trojúhelník vznikající vložením lana mezi kladky modulu.

25

Obr. 2 schematicky znázorňuje příklad modulu pro měření rezonanční frekvence žerdě se třemi vložkami pro přizpůsobení pouzdra tvaru žerdě.

25

Obr. 3 schematicky znázorňuje příklad uspořádání elektronických a komunikačních součástek modulů, přičemž vyhodnocovací jednotka je součástí modulu pro měření napnutí lana.

30

### Příklad uskutečnění vynálezu

Systém popsáný v tomto příkladu se skládá ze dvou oddělených modulů: modulu pro měření napnutí lana, dále označeného TM, a modulu pro měření rezonanční frekvence žerdě, dále označeného FM. Vyhodnocovací jednotka je součástí modulu pro měření napnutí lana.

35

Modul TM měří napnutí lana nepřímou metodou měření síly v trojbodovém uchycení (trojúhelníkový tvar), kde dva body jsou pevné a třetí bod, určující výšku trojúhelníku a vychylující lano, je opatřen tenzometrickým elementem, který měří sílu, kterou lano vyvíjí v radiálním směru. Tato nepřímá metoda umožňuje stanovit mechanické napětí lana neinvazivně. Výsledek je pak zobrazen na displeji tohoto modulu.

40

45

Modul FM měří rezonanční frekvenci žerdě hrazdové či bradlové konstrukce pomocí analogového akcelerometru. Přístroj snímá analogový výstup z akcelerometru a zaznamenává průběh zrychlení vyšší vzorkovací frekvencí. Algoritmus implementovaný v zařízení umožňuje vyhledat v záznamu místa, kde signál prochází nulovou hodnotou (náběžná hrana) a v tomto místě vytváří časovou značku, toto je možné provádět už během záznamu, případně i po něm. Při dalším zjištěném průchodu nulou (náběžná hrana) je opět zaznamenána časová značka. Z časových značek lze určit periodu harmonického signálu a tím i frekvenci kmitání nosníku (hrazdy). Tuto hodnotu pak přenáší bezdrátově do TM, kde ji zobrazuje na displeji. Pro signalizaci aktivity je modul opatřen elektroluminiscenční (LED) diodou.

50

55

Provedení mechanické části modulu TM je schematicky znázorněno na obr. 1. Modul TM pro měření napnutí lana obsahuje tuhý rám F mající první a druhý konec a osu spojující první a druhý konec, přičemž na prvním konci je uspořádána první kladka C pevně spojená s tuhým rámem F, na druhém konci je uspořádána druhá kladka A upevněná na unašeči G otočně a odnímatelně

- uloženém v pouzdru D vytvořeném v tuhém rámu F nebo upevněném k tuhému rámu F. Mezi první C a druhou kladkou A je uspořádána třetí kladka B, která je s tuhým rámem F spojena prostřednictvím tenzometrického elementu E uspořádaného pro měření radiální síly K působící na třetí kladku B v podstatě kolmo k ose tuhého rámu F. Třetí kladka B je k elementu E připojena nosníkem I. První C, druhá A a třetí kladka B jsou uspořádány tak, že linie spojující nejvyšší bod obvodu druhé kladky A umístěné v předem určené zafixovatelné poloze s nejnižším bodem obvodu třetí kladky B a linie spojující nejnižší bod obvodu třetí kladky B s nejvyšším bodem obvodu první kladky C tvoří dvě strany trojúhelníku. To je rovněž naznačeno ve spodní části obr. 1, kde vrchol a odpovídá poloze nejvyššího bodu obvodu kladky A, vrchol b odpovídá poloze nejnižšího bodu obvodu kladky B, a vrchol c odpovídá poloze nejvyššího bodu obvodu kladky C. Délka M značí výšku tohoto trojúhelníku. Jak je zřejmé z obr. 1, změnou délky ramene unašeče G lze snadno ovlivnit výšku M trojúhelníku. Zafixovatelná poloha kladky A je dána opřením unašeče G o opěrný bod I.
- Po nasazení modulu TM na lano O tak, že lano O prochází nad první kladkou C, pod třetí kladkou B a nad druhou kladkou A, přičemž druhá kladka A se otočením unašeče G uvede do zafixovatelné polohy, se prostřednictvím tenzometrického elementu E změní radiální síla K, kterou lano O působí na třetí kladku B.
- Modul TM je vytvořen tak, aby bylo možné používat různé průměry lan O, přizpůsobení zajišťuje unašeč G. Modul TM je umístěn na kotvici lanko O hrazdové či bradlové konstrukce a je vybrán unašeč G kladky správné délky, vzhledem k průřezu lana. Přepnutím unašeče do zafixovatelné polohy dojde k definovanému působení síly na měřicí element E. Délka ramene unašeče G dovoluje nastavit výšku M pomyslného trojúhelníku, který převádí osovou tahovou sílu H v laně na radiální sílu K. Unašeč G má v zásadě tři polohy, volnou pro nasazení lana, zvratnou, kdy unašeč G je kolmo k rámu F, a zafixovatelnou polohu, kdy G je tlačeno radiální silou K lana O k opěrnému bodu I.
- V zafixovatelné poloze je možné provádět odečet působící síly K, která je vždy v určitém poměru k síle H, poměr sil lze upravit nastavením výšky v trojúhelníku M. Poměr sil je potřeba stanovit tak aby měřicí tenzometrický element E nebyl přetěžován a byl využit maximálně jeho rozsah. Maximální dovolená síla ve směru síly K je tedy definovaná použitým elementem. Element E je element s tenzometry v zapojení plný most, takové elementy jsou běžně komerčně dostupné.
- Modul FM, a především jeho uchycení, je schematicky znázorněn na obr. 2. Modul FM má pouzdro P, v němž je uložen akcelerometr (neznázorněn). Pouzdro P je tvarově přizpůsobeno jednomu obvyklému tvaru žerdě o poloměru Ro. Pokud je potřeba modul FM uchytit na žerdě jiného tvaru nebo průměru, lze pouzdro opatřit vyměnitelným členem. Příklady vyměnitelných členů jsou v pravé části obr. 2. Vyměnitelné členy mají vnější poloměr Ro, tedy zapadají přesně do pouzdra P, a dále mají vnitřní tvar odpovídající tvaru žerdě, tedy například poloměr r1, nebo poloměr r2, nebo hranatý tvar o délce x. Pouzdro P je opatřeno spojovacími prostředky, které v tomto provedení mají podobu suchého zipu s povrchem Z<sub>b</sub> s háčky a s povrchem Z<sub>a</sub> s očky. Suchý zip je tak dlouhý, aby mohl obtočit žerdě i pouzdro, a mohl být upevněn spojením povrchů Z<sub>a</sub> a Z<sub>b</sub>. Akcelerometrem je Mikro-Elektrický-Mechanický-System (MEMS) s analogovým výstupem, který snímá pohyby žerdě.
- Po zapnutí modulu TM se s ním modul FM spáruje a provede offset analogového výstupu akcelerometru pro eliminaci nepřesnosti uchycení a kompenzace působení tíhového zrychlení. Při měření je nutné hrazdu vybudit impulsem síly, tak aby se žerdě rozvibrovala vlastní frekvencí. Při vybudění hrazdy dojde po cca 1 až 2 vteřinách od vybudění k ustálení tlumeného kmitání a ve frekvenčním spektru je dominantní jedna jediná frekvence, a to vlastní frekvence hrazdy. Akcelerometr zaznamená okamžik vybudění, vyčká dvě vteřiny na ustálení přechodných jevů a zaznamenává průběh tlumeného kmitání vysokou vzorkovací frekvencí, cca 3 kHz, a určuje průchody signálu nulou. Přesným měřením okamžiku průběhu nulovou hodnotou lze změřit

frekvenci harmonického signálu. Kontrolér průměruje čas pěti průchodů a z nich stanoví frekvenci. Tu pak přeposílá vyhodnocovací jednotce.

5 Obr. 3 schematicky znázorňuje elektroniku a komunikační části modulů TM a FM. Každý z modulů obsahuje USB konektor pro externí zdroj, obvod pro nabíjení akumulátoru, a baterii (akumulátor). Každý z modulů dále obsahuje mikrokontrolér pro digitální zpracování signálů (uC DSP) spojený s baterií.

10 V modulu FM je mikrokontrolér spojen s akcelerometrem (ACC) a s rozhraním pro bezdrátovou komunikaci.

V modulu TM je integrována vyhodnocovací jednotka, takže mikrokontrolér je spojen s ovládacími tlačítky a displejem. Dále je spojen s tenzometrickým elementem (TENZO) a rozhraním pro bezdrátovou komunikaci. Tenzometrický element (TENZO) při mechanickém namáhání vytváří 15 drobné změny odporů, které jsou přímo úměrné působící síle, tyto změny jsou zpracovány pomocí mikrokontroléru (uC DSP), který má integrované zesilovače a analogové převodníky (AFE).

Zpracování signálů a ovládání systému probíhá následovně:

20 Uživatel má k dispozici dvě tlačítka na modulu TM, pomocí kterých systém uvádí do chodu a nastavuje jeho parametry pro výpočet tahu, podle průměru lana. Na základě nastavení typu unašeče v programu (k dispozici je dva či více typů unašečů) uživatel zvolí použitý typ. Pomocí analogových zesilovačů a analogově digitálního převodníku (ADC) se snímá rozvážení tenzometrického elementu, přičemž mechanické zatížení je přímo úměrné výstupnímu signálu, ten 25 je převodníkem převeden do digitální podoby a následně vynásoben konstantou odpovídající typu použitého unašeče. Výsledná hodnota je následně prezentována na displeji jako napnutí lana.

Během chodu zařízení probíhá neustále bezdrátová komunikace s modulem pro měření frekvence. Modul FM zde vystupuje jako slave a je pravidelně v intervalech dotazován na měřené hodnoty k 30 zobrazení. Modul FM funguje s analogovým převodníkem, který je součástí mikrokontroléru, je 12bitový a rychlost vzorkování je nastavena na 3 kHz. Záznam je průběžně analyzován na detekci vybuzení pomocí průběžného měření efektivní hodnoty (RMS) signálu, přičemž překročení určitého prahu je považováno za vybuzení hrazdy, od něhož běží dvě vteřiny pro začátek vyhodnocování frekvence. Hodnoty jsou pak k dispozici pro přenos bezdrátovou komunikací a 35 zobrazení na displeji. Modul FM následně čeká na další událost vybuzení hrazdy. Analogový výstup akcelerometru je filtrován RC filtrem prvního řádu, s cutoff frekvencí nastavenou na cca 50 Hz. V případě, že se systém nepoužívá, setrvává v režimu standby z důvodu úspory energie.

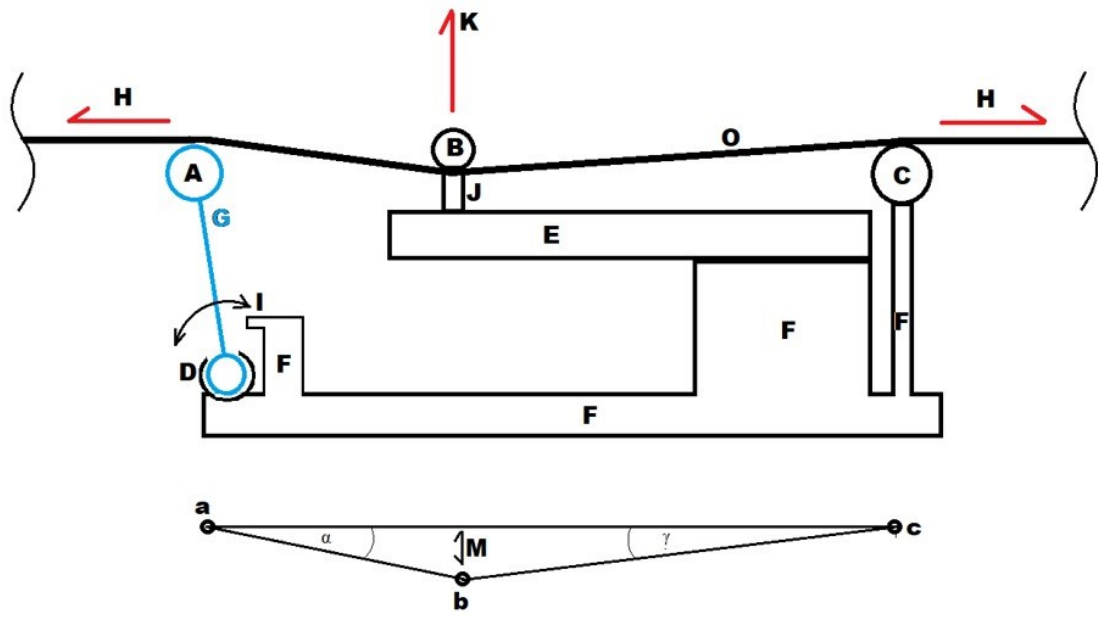
#### 40 Průmyslová využitelnost

Zařízení podle předkládaného vynálezu lze využít pro přesné a reprodukovatelné nastavení tuhosti konstrukce hrazd, bradel a dalšího obdobného sportovního náradí při sportu jak na amatérské 45 úrovni, tak i v profesionálním sportu, například na sportovních soutěžích. Kromě toho lze zařízení využít i pro optimální nastavení uvedených konstrukcí v rámci profesionálních sportovních představení (cirkusy, revue apod.).

## PATENTOVÉ NÁROKY

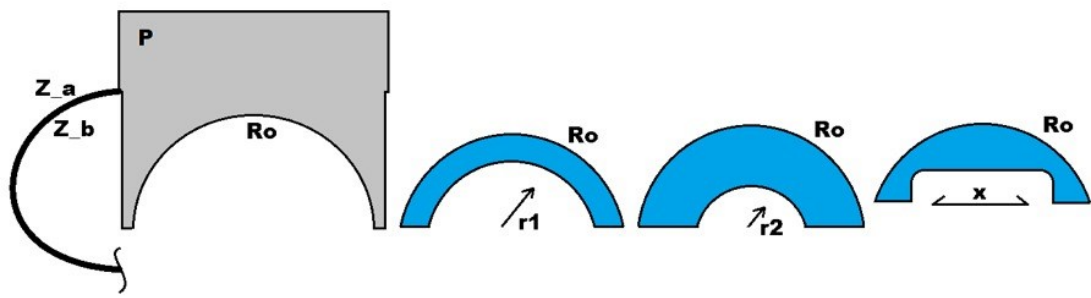
1. Systém pro měření napnutí lana a rezonanční frekvence žerdě hrazdy a/nebo bradel, **vyznačující se tím**, že obsahuje modul pro měření napnutí lana, modul pro měření rezonanční frekvence žerdě a vyhodnocovací jednotku, přičemž
- 5 modul ro měření napnutí lana obsahuje tuhý rám (F) mající první a druhý konec a osu spojující první a druhý konec, přičemž na prvním konci je uspořádána první kladka (C) pevně spojená s tuhým rámem (F), na druhém konci je uspořádána druhá kladka (A) upevněná na unašeči (G) otočně a odnímatelně uloženém v pouzdru (D) vytvořeném v tuhém rámu (F) nebo upevněném
- 10 k tuhému rámu (F), a mezi první (C) a druhou kladkou (A) je uspořádána třetí kladka (B), která je s tuhým rámem (F) spojena prostřednictvím tenzometrického elementu (E) uspořádaného pro měření síly působící na třetí kladku (B) v podstatě kolmo k ose tuhého rámu (F), přičemž první (C), druhá (A) a třetí kladka (B) jsou uspořádány tak, že linie spojující nejvyšší bod obvodu druhé kladky (A) umístěné v předem určené zafixovatelné poloze unašeče (G) s nejnižším bodem
- 15 obvodu třetí kladky (B) a linie spojující nejnižší bod obvodu třetí kladky (B) s nejvyšším bodem obvodu první kladky (C) tvoří dvě strany trojúhelníku; modul pro měření rezonanční frekvence žerdě obsahuje pouzdro (P), v němž je uložen akcelerometr, a dále obsahuje prostředky ( $Z_a$ ,  $Z_b$ ) pro upevnění pouzdra k žerdi; vyhodnocovací jednotka je upravena pro přijímání signálů z tenzometrického elementu (E),
- 20 z akcelerátoru, pro převod těchto signálů na údaje o napnutí lana nebo tahové síle lana a na údaje o rezonanční frekvenci žerdě a pro zobrazení těchto údajů na displeji.
2. Systém podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že upevňovacími prostředky ( $Z_a$ ,  $Z_b$ ) je suchý zip.
3. Systém podle nároku 1 nebo 2, **vyznačující se tím**, že pouzdro (P) je tvarově přizpůsobeno žerdi, nebo modul dále obsahuje vyměnitelný člen pro tvarové přizpůsobení pouzdra (P) žerdi.
- 25 4. Systém podle kteréhokoliv z předcházejících nároků, **vyznačující se tím**, že hmotnost modulu pro měření rezonanční frekvence je nejvýše 50 gramů.
5. Systém podle kteréhokoliv z předcházejících nároků, **vyznačující se tím**, že vyhodnocovací jednotka je součástí modulu pro měření napnutí lana.
- 30 6. Způsob měření napnutí lana a rezonanční frekvence žerdě hrazdy a/nebo bradel s použitím systému podle kteréhokoliv z předcházejících nároků, **vyznačující se tím**, že se modul pro měření napnutí lana připevní k lanu (O) tak, že lano prochází nad první kladkou (C), pod třetí kladkou (B) a nad druhou kladkou (A), druhá kladka (A) se otočením unašeče (G) uvede do zafixovatelné polohy, a prostřednictvím tenzometrického elementu (E) se změří radiální síla, kterou lano (O) působí na třetí kladku (B), a radiální síla se převede na tahovou sílu lana;
- 35 dále se pouzdro (P) modulu pro měření rezonanční frekvence žerdě pomocí prostředků ( $Z_a$ ,  $Z_b$ ) pro upevnění pouzdra upevní k žerdi, provede se offset analogového výstupu akcelerometru pro eliminaci nepřesnosti uchycení a kompenzaci působení tíhového zrychlení, žerď se rozvibruje aplikací impulsu síly a po uplynutí času 1 až 3 vteřin se zaznamená průběh tlumeného kmitání
- 40 akcelerometrem a určí se průchody signálu nulou, získané údaje o tahové síle lana a rezonanční frekvenci žerdě se zobrazí na displeji vyhodnocovací jednotky.

3 výkresy

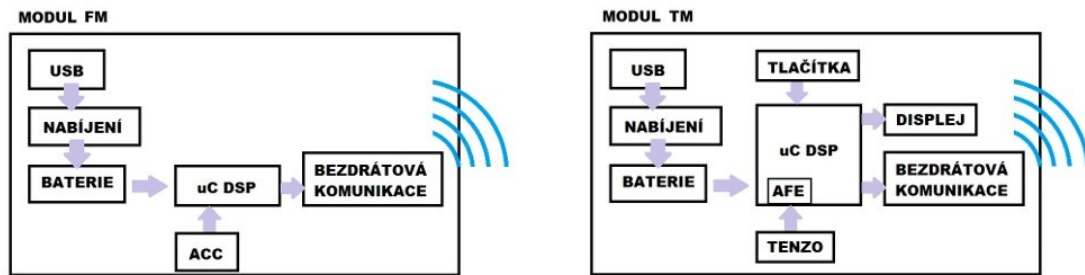


Obr. 1





Obr. 2



Obr. 3