

DETEKCE SOUČINITELE ADHEZE PŘI ROZJEZDU PODVĚSNÉHO JEŘÁBOVÉHO VOZÍKU

Leopold Hrabovský¹

¹ Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojí, Institut dopravy, 17. listopadu
2172/15, 708 00 Ostrava - Poruba, e-mail: leopold.hrabovsky@vsb.cz

ADHESION COMPACTION EQUIPMENT TO CRANE CRANE TROLLEY

Abstract: *The article describes the research interest of a suitable method, development and implementation of two physical models, which will enable to determine and record the time course of the coefficient of adhesion of driven bevelled cranes in dependence on the applied torque. The models will be able to detect, scan and record the tensile strength and the coefficient of adhesion at the moment of starting the overhead crane.*

Key words: *adhesion coefficient, overhead crane, crane start.*

ÚVOD

V rámci projektu Studentské grantové soutěže Vysoké školy báňské - Technické univerzity Ostrava s názvem „Věda a výzkum v oblasti dopravy - dopravní simulace, adhezní modely, skladovací procesy“ SP 2019/101 bylo předmětem zájmu dílčího projektu s názvem „Vývoj, výzkum a realizace modelu k určení součinitele adheze při rozjezdu podvěsného jeřábového vozíku“ , SV 3429912 realizovat dvě zařízení, která umožní detekovat, snímat a zaznamenávat časový průběh hodnoty součinitele adheze na mezi prokluzu poháněných kuželových jeřábových kol v závislosti na vyvozeném točivém momentu.

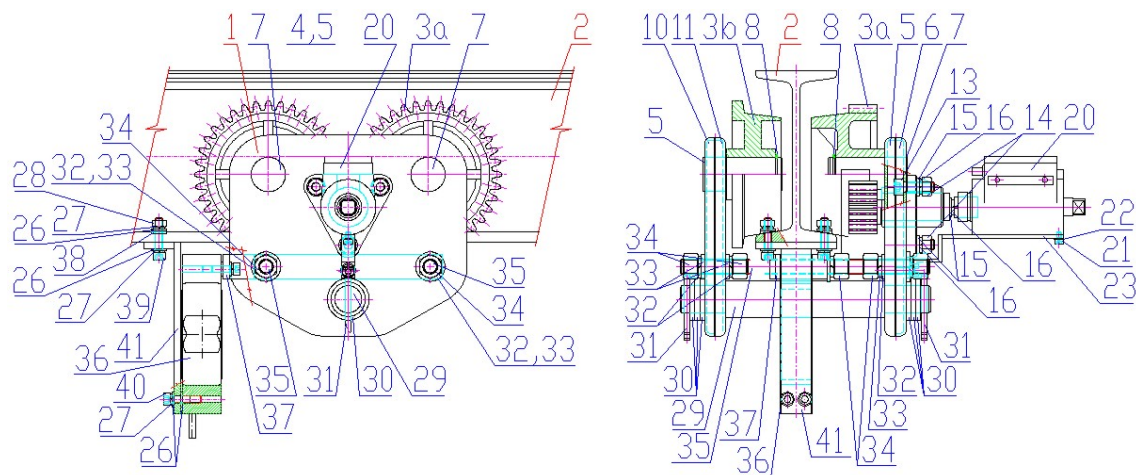
KONSTRUKČNÍ NÁVRH JEŘÁBOVÉ KOČKY

Zařízení k určování součinitele adheze ruční podvěsné jeřábové kočky [1], viz obr. 1, je tvořeno dvěma základními částmi. První reprezentuje vlastní podvěsná jeřábová kočka **1** s ručním pojezdem, druhou jeřábová dráha (válcovaný profil I 140) **2**, po které jeřábová kočka **1** (dopředným nebo zpětným pohybem, vyvozeným točivým momentem na obvodu dvou hnacích kuželových kol od momentu přivedeného na hřídel hnacího pastorku ruční silou obsluhy) pojíždí.

Jeřábová kočka **1** je osazena 4 ks kuželových pojezdových kol **3**, z nichž dvě jsou hnaná **3b** a dvě hnací **3a**.

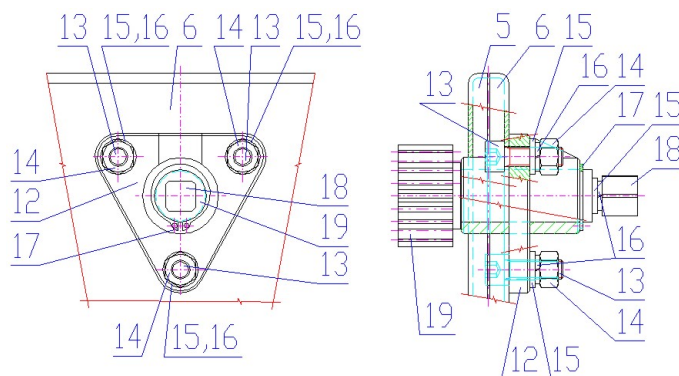
Hnací kuželová pojezdová kola **3a** jsou uložena v pravém příčnicku **4** jeřábové kočky. Pravý příčník **4** je tvořen dvěma osově symetrickými částmi, levou **5** a pravou **6**. Obě hnací pojezdová kola **3a** (o vnitřním průměru náboje 28 mm) jsou osazena s vůlí na osy kol **7**, které jsou nalisovány v průběžných otvorech levé **5** i pravé **6** části pravého příčnicku **4**. Pojistný kroužek pro hřídele **8** zamezuje vysunutí pojezdového kola **3** z osy kola **7**.

Hnaná pojezdová kuželová kola **3b** jsou uložena v levém příčnicku **9** jeřábové kočky **1**. Levý příčník **9** je tvořen dvěma osově symetrickými částmi, levou **10** a pravou **11**. Obě hnaná pojezdová kola **3b** (o vnitřním průměru náboje 28 mm) jsou obdobě jako hnací kola **3a** osazena s vůlí na osu kola **7**.



Obr. 1 Zařízení k určování součinitele adheze ruční podvěsné jeřábové kočky (2 D konstrukční provedení)

V obou částech **5** a **6** pravého příčnicku **4** je vytvořen otvor (průměru 32 mm), do kterého je zasunuta vnější válcová plocha (délky 20 mm) náboje pastorku **12**, viz obr. 2. Náboj pastorku **12** je opatřen třemi otvory (průměru 8,5 mm), jimiž je šrouby **13** uchycen k pravé části **6** pravého příčnicku **4**.



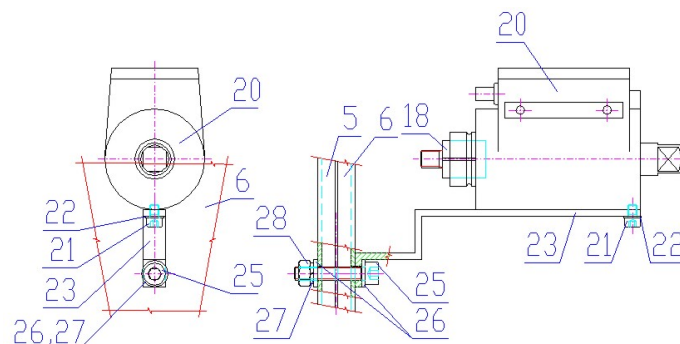
Obr. 2 Náboj poháněcího pastorku pojezdu ruční podvěsné jeřábové kočky

Do otvoru (průměru 22 mm) náboje pastorku **12** je nasunuta hřídel pastorku **19**. Proti vysunutí hřídele pastorku **19** z náboje pastorku **12** je ve vzdálenosti 4 mm od konce hřídele pastorku **19** vytvořena drážka (hloubky 0,5 mm, šířky 1,5 mm) do níž je umístěn pojistný kroužek **17**.

V čelní ploše hřídele pastorku **19** je vyvrtán otvor s vnitřním závitem M8 (hloubky 10 mm). Do vnitřního závitu hřídele pastorku **19** je našroubována vnější závitová část hranolu **18**, na kterou je předtím osazena podložka **15** a pružná podložka **16**.

Na hranol **18** je zasunut do vnitřního otvoru snímače točivého momentu **20** (bližší specifikace, viz kap. 3), viz obr. 3. Snímač točivého momentu **20** má na svém plášti v koncové části

(ve vzdálenosti 3,5 mm od zadní čelní plochy) vytvořen otvor (hloubky 6 mm) s vnitřním závitem M4. Dřík šroubu **21**, na který je nasazena podložka **22**, je provlečen otvorem v držáku **23**. Závitová část šroubu **21** je zašroubována do otvoru s vnitřním závitem M4 ve snímači točivého momentu **20**, tímto je zamezeno pohybu kolem osy snímače točivého momentu **20**.



Obr. 3 Konstrukční řešení uchycení snímače točivého momentu k příčnicku jeřábové kočky

V druhé koncové části držáku **23** je ve vzdálenosti 6 mm od koncové hrany vytvořen otvor (průměru 6,2 mm). Otvorem je provlečen dřík šroubu M6 **25**, který následně prochází otvory (průměru 6,2 mm, vzdálenost od podélné osy snímače točivého momentu **20** 51,25 mm) vytvořenými v levé **5** i pravé **6** části pravého příčnicku **4**. Pod hlavou šroubu **25** je nasazena podložka **26**. Na závitovou část šroubu **25** vycházející z otvoru v levé části **5** pravého příčnicku **4** je osazena podložka **26**, pružná podložka **27** a šestihránná matice M6 **28**.

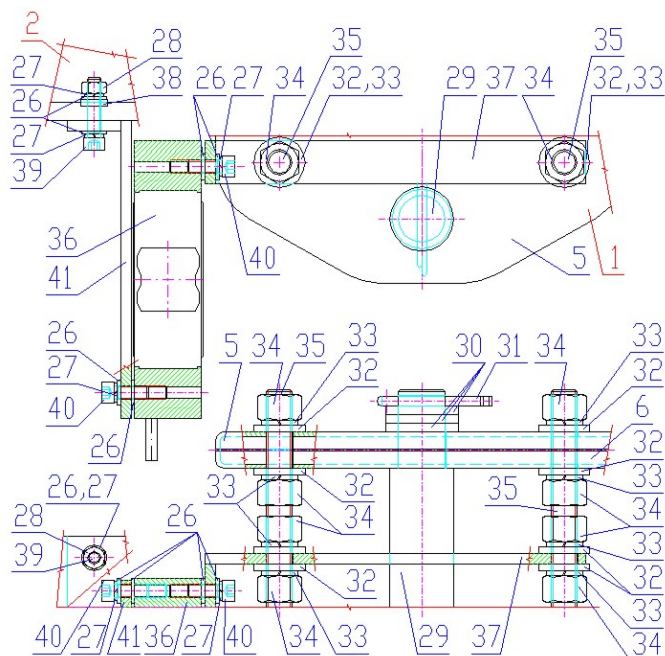
V obou příčnicích **4** a **9** jsou vytvořeny otvory (průměr 22 mm), viz obr. 1. Skrz tyto otvory jsou provlečeny čepy závěsné tyče **29**. Na čepy jsou z vnější strany obou příčníků **4** a **9** navlečeny podložky **30**. Závlačky **31** zamezují vysunutí závěsné tyče **29** z obou příčníků **4** a **9**.

V obou příčnicích **4** a **9** jsou vytvořeny otvory (průměr 12 mm), viz obr. 1. Skrz tyto otvory je provlečena závitová tyč **35**, viz obr. 4, která maticemi **34**, podložkami **33** a pružnými podložkami **32** vymezuje vzdálenost 130 mm obou vnitřních ploch (pravé části **11** levého příčnicků **9** a levé části **5** pravého příčnicků **4** příčnicků **4** a **9**).

Na obě závitové tyče **34** jsou nasunuty obě delší ramena držáku snímače **37**, viz obr. 4, která jsou pomocí podložek **33**, pružných podložek **32** a matic **34** ustavena do požadované polohy. Obě delší ramena (celkové délky 179 mm) držáku snímače **37** jsou opatřena dvěma otvory (průměru 12,5 mm). Obě ramena držáku snímače **37** jsou v jeden celek spojena na jedné své straně kratším ramenem délky 40 mm. V kratším rameni držáku snímače **37** jsou vytvořeny dva otvory (průměru 6,2 mm). Těmito otvory jsou (z pravé strany dle obr. 4) provlečeny šrouby **40**, na jejich dříky jsou předtím nasunuty pružné podložky **27** a podložky **26**. Dříky šroubů **40** vycházející z otvorů kratšího ramene držáku snímače **37** jsou osazeny podložkami **26** a závitové části šroubů **40** jsou našroubovány do vnitřních závitů M6 v horní části snímače zatížení **36**.

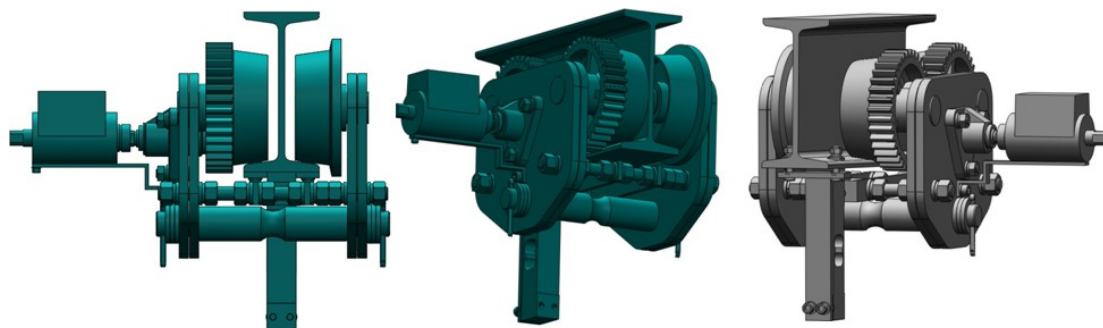
Na spodní pásnici válcovaného profilu I 140 2 (jeřábová dráha) jsou vyvrtány dva otvory (průměr 6,2 mm, vzdálenost středu otvorů od svislé osy profilu I je 23 mm), viz obr. 4. Ke spodní ploše jeřábové dráhy **1** je přiloženo kratší rameno (délky 66 mm) přídržného plechu **41**, ve kterém jsou vytvořeny dva otvory (průměr 6,2 mm, rozteč 46 mm). Ze spodní strany přídržného plechu **41** jsou do otvorů vsunuty šrouby **39**, na které jsou osazeny pružné podložky **27** a podložky **26**. Dříky

šroubů **39** následně procházejí protilehlými otvory (ze spodní strany dolní pásnice) válcovaného profilu I 140 **2**. Na závitové části šroubů **39** vycházející na horních plochách dolní pásnice válcovaného profilu I 140 **2** jsou postupně osazeny podložky **38**, podložky **26**, pružné podložky **27** a matice **28**. Tímto šroubovým spojem je vzájemně rozebíratelným způsobem propojen přídržný plech **41** s jeřábovou dráhou **2**.



Obr. 4 Příčnický jeřábové kočky

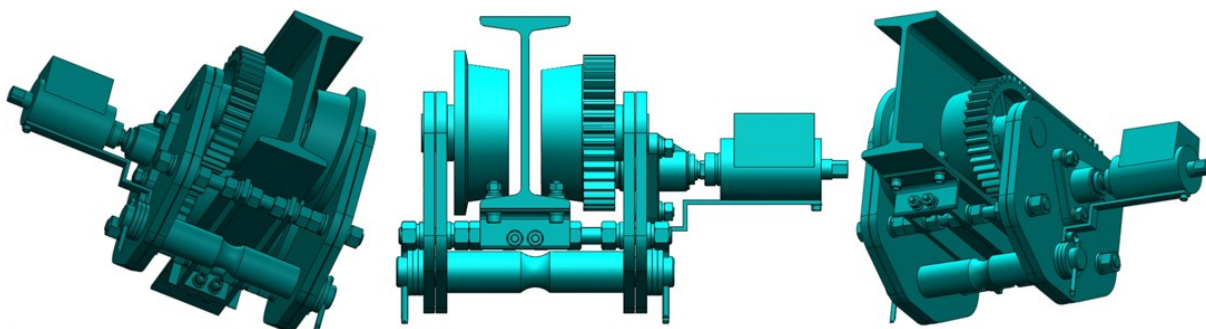
Na delším rameni (délka 139,77 mm) přídržného plechu **41** jsou v jeho spodní části vytvořeny dva otvory (průměru 6,2 mm, vzdálenost 12 mm od spodní hrany delšího ramene přídržného plechu **41**), viz obr. 4. Těmito otvory jsou provlečeny šrouby **40**, na které jsou osazeny pružné podložky **27** a podložky **26**. Dříky šroubů **40** vycházející z otvorů delšího ramene přídržného plechu **41** jsou opatřeny podložkami **26** a závitové části šroubů **40** jsou našroubovány do vnitřních závitů M6 v dolní části snímače zatížení **36** (bližší specifikace, viz kap. 3). Tímto šroubovým spojem je vzájemně rozebíratelným způsobem propojen přídržný plech **41** s jeřábovou kočkou **1**.



Obr. 5 Zařízení k určování součinitele adheze ruční podvěsné jeřábové kočky (3D konstrukční provedení vytvořené v prostředí SolidWorks Premium 2012 SP 5.0)

Obr. 5 prezentuje 3D model výše popisovaného konstrukčního řešení zařízení k určení

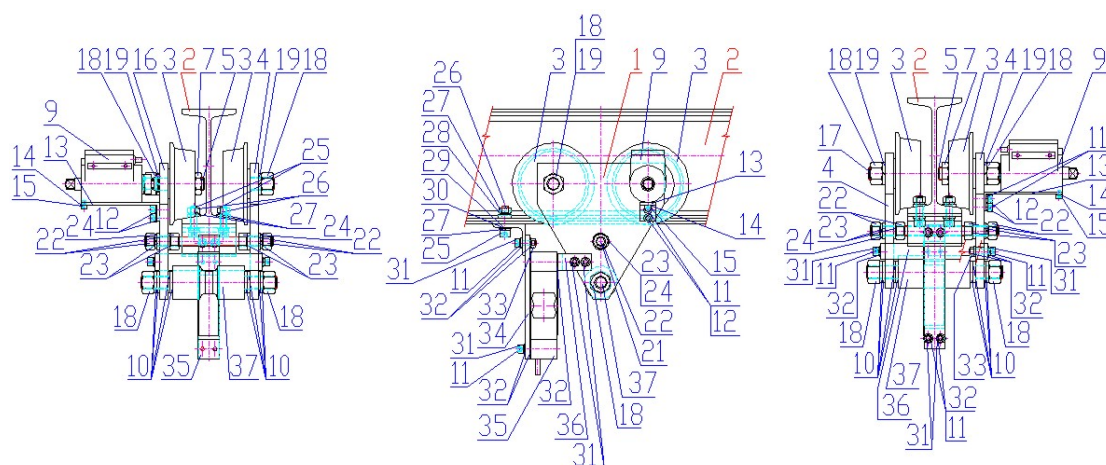
součinitele adheze ruční jeřábové kočky. Toto řešení v porovnání s řešením uvedeným na obr. 6 využívá tenzometrický snímač zatížení **36**. Je-li přesně známá adhezní tíha působící na hnací kola **3a** a síla T [N] působící na rám ruční jeřábové kočky, která má snahu uvést jeřábovou kočku do pohybu (její hodnotu zaznamenává tenzometrický snímač zatížení **36**) je možno součinitel adheze vypočíst dle vztahu (4).



Obr. 6 Variantní konstrukční řešení zařízení k určování součinitele adheze ruční jeřábové kočky (3D konstrukční provedení vytvořené v prostředí SolidWorks Premium 2012 SP5.0)

KONSTRUKČNÍ NÁVRH JEŘÁBOVÉHO VOZÍKU

Zařízení k určování součinitele adheze na mezi prokluzu kuželového kola ručně poháněné jeřábové kočky [2], viz obr. 7, je tvořeno dvěma základními částmi. První reprezentuje podvěsná jeřábová kočka **1**, druhou pevně vedená jeřábová dráha (válcovaný profil I 140) **2**, po které jeřábová kočka (dopředným nebo zpětným pohybem vyvozeným ruční silou obsluhy) pojíždí.



Obr. 7 2 D konstrukční návrh zařízení k určování součinitele adheze na mezi prokluzu jeřábové kočky

Podvěsná jeřábová kočka **1** je osazena čtyřmi kuželovými pojezdovými koly **3**, z nichž tři jsou hnaná a jedno hnací.

Hnací pojezdové kolo **3** je uloženo v levém příčniku **4** jeřábové kočky **1**. Hnací pojezdové kolo **3** je nalisováno na hnací hřídel **5** a pomocí těsného pera **6** zabezpečeno proti pootočení. Hnací hřídel **5** je na své jedné koncové části opatřena vnějším metrickým závitem, na který je našroubována nízká šestihránná matice **7**. Mezi maticí **7** a čelní plochou pojezdového hnacího kola

3 je vložena podložka **10**. Zamezení vysunutí hnacího hřídele **5** z otvoru v příčnicku **4** je zajištěno pojistným kroužkem pro hřídele **8**.

Hnací hřídel **5** je na své druhé koncové části opatřena čtyřhranem, který je zasunut do čtyřhranného otvoru ve snímači kroutícího momentu **9**.

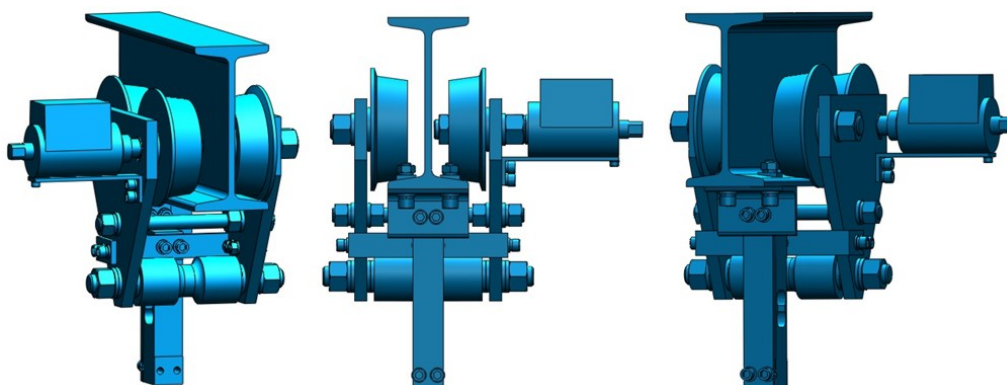
Ve vnější čelní ploše levého příčnicku **4** jeřábového vozíku **1**, jsou vytvořeny dva průběžné otvory s vnitřním závitem M6, ke kterým je uchycen držák **13** snímače kroutícího momentu **9** pomocí dvou šroubů **12** a pružných podložek **11**.

Snímač kroutícího momentu **9** má na svém plášti v koncové části vytvořen otvor s vnitřním závitem. Dřík šroubu **15**, na který je nasazena pružná podložka **14**, je provlečen otvorem v držáku **13**. Závítová část šroubu **15** je zašroubována do otvoru s vnitřním závitem ve snímači kroutícího momentu **9**, tímto je zamezeno pohybu kolem osy snímače kroutícího momentu **9**.

Hnaná pojezdová kola **3** jsou uložena v příčnicích **4** a **16** jeřábového vozíku **1**. Hnaná pojezdová kola **3** jsou nalisována na osy hnaných kol **17**. Osy hnaných kol **17** jsou ve svých jedné koncových částech opatřeny vnějším metrickým závitem, na který je našroubována šestihránná matice **18**. Mezi maticemi **18** a vnější čelní plochou příčnicku **16** i vnější čelní plochou příčnicku **4** jsou na závítové části os hnaných kol **17** nasunuty pružné podložky **19**. Zamezení vysunutí os hnaných kol **17** z otvorů v příčnicích **4** a **16** je zajištěno pojistnými kroužky pro hřídele **20**.

Požadovanou vzdálenost obou příčnicků **4** a **16** (v čelním pohledu na podvěsný jeřábový vozík **1**) vymezuje závítová tyč **21**. V příčnicích **4** a **16** jsou vytvořeny průběžné otvory, jimiž je provlečena závítová tyč **21**. Z vnější strany obou ploch příčnicků **4** a **16** je na závítovou část závítové tyče **21** osazena podložka **23**, pružná podložka **24** a šestihránná matice **22**. Z vnitřní strany obou ploch příčnicků **4** a **16** je na závítovou část závítové tyče **21** osazena podložka **23** a šestihránná matice **22**.

Podvěsný jeřábový vozík **1** je mechanicky propojen s jeřábovou dráhou **2**. Vůči oběma příčnickům **4** a **16** je pomocí čtyř šroubů **31** uchycen držák snímače **36**. Dvěma otvory v delším díle držáku snímače **36** jsou provlečeny šrouby **31** (na jejichž dříky jsou předtím nasunuty podložky **32** a pružné podložky **11**). Po provlečení šroubů **31** delším dílem držáku tenzometrického snímače zatížení **36** jsou opět na oba dříky šroubů **31** nasunuty podložky **32** a závítové části šroubů **31** jsou poté našroubovány do vnitřních závítových otvorů tenzometrického snímače zatížení **35**.



Obr. 8 Zařízení k určování součinitele adheze na mezi prokluzu podvěsného jeřábového vozíku - 3 D konstrukční návrh vytvořený v prostředí SolidWorks 2012 SP 5.0

Na spodní pásnici I profilu jeřábové dráhy **2** jsou vyvrtány dva otvory. Identicky jsou vyvrtány

dva otvory ve válcovaném profilu L **29**. Na dřívky obou šroubů **25** jsou nasunuty pružné podložky **27** a podložky **30**, poté jsou dřívky šroubů **25** provlečeny otvory v L profilu **29** a otvory v I profilu jeřábové dráhy **2**. Na dřívky šroubů **25** vystupující z otvorů horní plochy pásnice jsou nasazeny podložky pro tyče I **28**, pružné podložky **27** a nakonec našroubovány matice **26**. Tímto je šroubovými spoji propojen I profil jeřábové dráhy **2** s L profilem **29**.

Ve svislé pásnici L profilu **29** jsou vyvrtány dva otvory. Na dřívky obou šroubů **31** jsou nasunuty pružné podložky **11** a podložky **32**, poté jsou dřívky šroubů **31** provlečeny otvory v L profilu **29** a otvory v držáku snímače **34**. Na dřívky šroubů **31** vystupující z otvorů držáku snímače **34** jsou nasazeny podložky **32** a nakonec našroubovány matice **26**. Tímto je šroubovými spoji propojen L profil **29** s držákem snímače **34**. Pomocí šroubových spojů propojen držák snímače **34** s L profilem **29**.

Dvěma otvory v dané vzdálenosti od dolní hrany držáku snímače **34** jsou z vnější plochy držáku snímače **34** vedeny dřívky šroubů **31**. Před zasunutím šroubů **31** do otvorů v držáku snímače **34**, jsou na dřívky šroubů **31** navlečeny pružné podložky **11** a podložky **32**. Na dřívky šroubů **31** vystupující z otvorů držáku snímače **34** jsou nasazeny podložky **32** a závitové části šroubů **31** jsou poté našroubovány do otvorů s vnitřními závitů v tenzometrickém snímači zatížení **35**. Tímto je šroubovými spoji propojen držák snímače **34** s tenzometrickým snímačem zatížení **35**.



Obr. 9 Realizace zařízení k určování součinitele adheze na mezi prokluzu jeřábového vozíku

3D model zařízení k určování součinitele adheze na mezi prokluzu podvšného jeřábového vozíku, vytvořený v prostředí SolidWorks 2012 SP 5.0, je prezentován na obr. 8. Realizovaný funkční vzorek podvšného jeřábového vozíku je uveden na obr. 9.

ZÁVĚR

V příspěvku je v kapitole s názvem „Konstrukční návrh jeřábové kočky“ popsán 2D konstrukční návrh zařízení, které je využíváno k určení součinitele adheze na mezi prokluzu při rozjezdu ruční podvšné jeřábové kočky a jsou v této kapitole uvedeny dvě varianty realizovaného 3D modelu zařízení vytvořeného v prostředí SolidWorks Premium 2012 SP 5.0.

V kapitole s názvem „Konstrukční návrh jeřábového vozíku“ je popsán 2D konstrukční návrh zařízení, které je rovněž využíváno k určení součinitele adheze na mezi prokluzu při rozjezdu podvšného jeřábového vozíku. V této kapitole je uveden realizovaný 3D modelu zařízení

vytvořeného v prostředí SolidWorks Premium 2012 SP 5.0 a také realizovaný funkční vzorek zařízení k určení součinitele adheze při rozjezdu podvěsného jeřábového vozíku.

Teorie přenosu tažné síly adhezí i předpokládaný postup určení součinitele adheze na mezi prokluzu při rozjezdu ruční jeřábové kočky není v textu příspěvku blíže popisován, ale je možno jej nalézt v [1] a [2].

Uváděné řešení jeřábového vozíku bude jedním z dílčích výstupů řešení v rámci projektu SP2019/101 Studentské grantové soutěže Vysoké školy báňské - Technické univerzity Ostrava s názvem „Věda a výzkum v oblasti dopravy - dopravní simulace, adhezní modely, skladovací procesy“.

LITERATURA

- [1] HRABOVSKÝ, Leopold. *Zařízení k určení součinitele adheze kuželového kola*. Pardubice: Perner's contacts, 2019, Číslo 1, ročník XIX, s. 65-73. Dostupné z: http://pernerscontacts.upce.cz/54_2019/Hrabovsky.pdf.
- [2] HRABOVSKÝ, Leopold, MANTIČ Martin, VOŠTOVÁ Věra. *Adhesion Coefficient on the Limit of Slippage at Star-Up of the Manual Crane Trolley*. Adv. Sci. Technol. Res. J. 2019; 13(2), s. 92–99. Dostupné z: <http://www.astroj.com/Adhesion-Coefficient-on-the-Limit-of-Slippage-at-Star-Up-of-the-Manual-Crane-Trolley,106244,0,2.html>.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl za podpory projektu „Věda a výzkum v oblasti dopravy - dopravní simulace, adhezní modely, skladovací procesy“, reg. č. SP2019/101, Specifického výzkumu financovaného Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy české republiky.