

Protokol č. 21183 / 2021

zkouška pevnosti přejezdového můstku WESOB 5,5 t výpočtem
strength test of drive-through platform WESOB 5,5 t by calculation

Údaje o zkoušené nástavbě :

Data on the tested body

značka : WESOB

Make (trade name of manufacturer)

typ - můstek (model) : WESOB 5,5 t

Type -

rok : 2021

Year

datum převzetí vozidla : ---

Date of Taking the Car

výrobní číslo vozidla : ---

Identification Number of the Vehicle

počet příloh: 1

Number of Appendixes

zkušební technik:

Testing Technician

Ing. Jan Uhlíř

(jméno/name, podpis/signature)

výtisk číslo:

Copy No.

datum vystavení 16. 4. 2021

protokolu:

Date of Report Issued

vedoucí zkušebny:

Head of Testing
Laboratory

Ing. Petr Šedivý

(jméno/name, podpis/signature)

DEKRA CZ a.s.
zaps. u Měst. soudu v Praze, odd. B, vl. 1967
149 00 Praha 4, Tůrkova 1001
IČO: 49240188 DIČ: CZ49240188
(15)

Výsledky zkoušek uvedené v tomto protokolu se týkají jen zkoušeného vzorku. Bez písemného souhlasu zkušebny se nesmí tento protokol reprodukovat jinak než celý.

The test results contained in this report concern of tested sample, only. It is not permitted to reproduce this report in another manner than as whole without the written consent of the Testing laboratory.

DEKRA CZ a.s.

se sídlem Tůrkova 1001, 149 00 Praha 4, zapsaná u Městského soudu v Praze, oddíl B, vložka 1967.

IČ: 49240188, DIČ: CZ49240188, bankovní spojení: Komerční banka Praha 4, č.úctu: 4508071 / 0100

Pracoviště Praha 4-Chodovec: Tůrkova 1001, 149 00 Praha 4. Telefon: 267 288 111, Fax.: 267 288 259

Pracoviště Klíčany: Klíčany 108, 250 69 Vodochody. Telefon: 284 001 211, Fax: 284 890 206

Pracoviště České Budějovice: Homole 245, 370 01 České Budějovice. Telefon / Fax: 386 352 250



1. Cíl zkoušky / Test Objective

Cílem zkoušky je ověřit pevnost přejezdového můstku výrobce WESOB Sp. z o.o.43-246 Strumień, ul. Ks. Londzina 65, Polsko typu WESOB 5,5 t výpočtem pro zatížení nápravy vysokozdvizného vozíku 5500kg. Okrajové podmínky zkoušky pevnosti přejezdového můstku výpočtem byly stanoveny v souladu s ČSN EN 1398 „Vyrovnávací můstky – Bezpečnostní požadavky“.

The objective of the test is to verify the strength of the drive-through platform manufactured by WESOB Sp. z o.o.43-246 Strumień, ul. Ks. Londzina 65, Poland, type WESOB 5.5 t by a calculation for the axle load of the forklift 5500 kg. The limit conditions of the strength test of the drive-through platform by calculation were determined in accordance with ČSN EN 1398 "Levelling Bridges – Safety Requirements".

2. Popis zkoušeného objektu / Tested Object Description

Zkoušeným objektem je přejezdový můstek WESOB 5,5 t podle CAD dat „S21.45z003.step“ ze dne 4.2.2021. Tkoušeným objektem je přejezdový můstek Wesob podle CAD dat „S21.45.z003.step“ ze dne 4. 2. 2021. Vnější rozměry sklopeného můstku jsou 2440 x 1015 mm. Můstek je vyroben ze svařovaných profilů z materiálu AW-6005A-T6. Pant i tyč pantu jsou z materiálu EN 235J2G3. Šrouby M10 pantu (se stoupáním 1.5mm) jsou třídy pevnosti 10.9, s utahovacím momentem 67 Nm.

The tested object is a drive-through platform WESOB 5.5 t according to CAD data "S21.45z003.step" dated 4 February 2021. The external dimensions of the folding platform are 2,440 x 1,015 mm. The drive-through platform is made of welded profiles from material AW-6005A-T6. The hinge and the hinge rod are made of material EN 235J2G3. The screws M10 of the hinge (with pitch 1.5 mm) are of strength class 10.9, with tightening torque 67 Nm.

3. Závěr / Conclusion

Dle protokolu CAE Support ev. č. CAE/DEKRA/2021/01 nedojde při definovaném zatížení 5500kg k destrukci přejezdového můstku WESOB 5,5 t.

According to protocol CAE Support ref. No. CAE/DEKRA/2021/01, the drive-through platform WESOB 5.5 t will not be destroyed by the defined load of 5,500 kg.

Při zkoušce přejezdového můstku WESOB 5,5 t výpočtem byla analyzována místa s překročením meze kluzu, projevující se trvalou deformací, a to zejména při uvažování dynamiky přejezdu můstku, přičemž nebylo analyzováno narušení stability jeho konstrukce. Můstek je náchylný k vyjetí kolejí při jeho přejezdu a k zbytkovému průhybu.

During the test of the drive-through platform WESOB 5.5 t by calculation, yield strength exceeding points with permanent deformation were analysed, namely while considering the dynamics of the platform crossing. Breaching the stability of its structure was not analysed. The platform is prone to surface deformation by crossing it and residual deflection.

4. Přílohy / Appendice

Příloha č. 1: Protokol CAE Support, s.r.o. ev. č. CAE/DEKRA/2021/01 včetně příloh
Appendix No. 1: Protocol CAE Support, s.r.o., ref. No. CAE/DEKRA/2021/01 including appendices



5. Rozdělovník / Distribution

Výtisk č. 1 : objednatel
Výtisk č. 2 : objednatel
Výtisk č. 3 : DEKRA CZ, a.s.

Copy No. 1: Client
Copy No. 2: Client
Copy No. 3: DEKRA CZ, a.s.



Ev. číslo: CAE/DEKRA/2021/01

REVIZE: 00

Zkouška pevnosti přejezdového můstku WESOB 5.5 t výpočtem

TECHNICKÁ ZPRÁVA

Počet listů: 5
Počet příloh: 2

Zpracovali: Ing. Jan Poláček
Ing. Jiří Beneš

CAE Support, s.r.o.
Štefánikova 244/18a
742 21 KOPŘIVNICE

Kopřivnice, 29. 3. 2021





Přehled vydaných aktualizací

REVIZE 00 29. 3. 2021

OBSAH

1. Cíl zkoušky	3
2. Popis zkoušeného objektu	3
3. Popis matematického modelu	3
4. Postup zkoušky	4
5. Výsledky analýzy	4
6. Závěr	5
7. Literatura	5

PŘÍLOHY PROTOKOLU

Příloha č. 1: **Hodnoty deformace a napětí na přejezdovém můstku** počet stran: 7Příloha č. 2: **Pevnostní kontrola šroubových spojů M10 (třída 8.8) pantu
při statickém zatížení 11.55 t** počet stran: 3

1. Cíl zkoušky

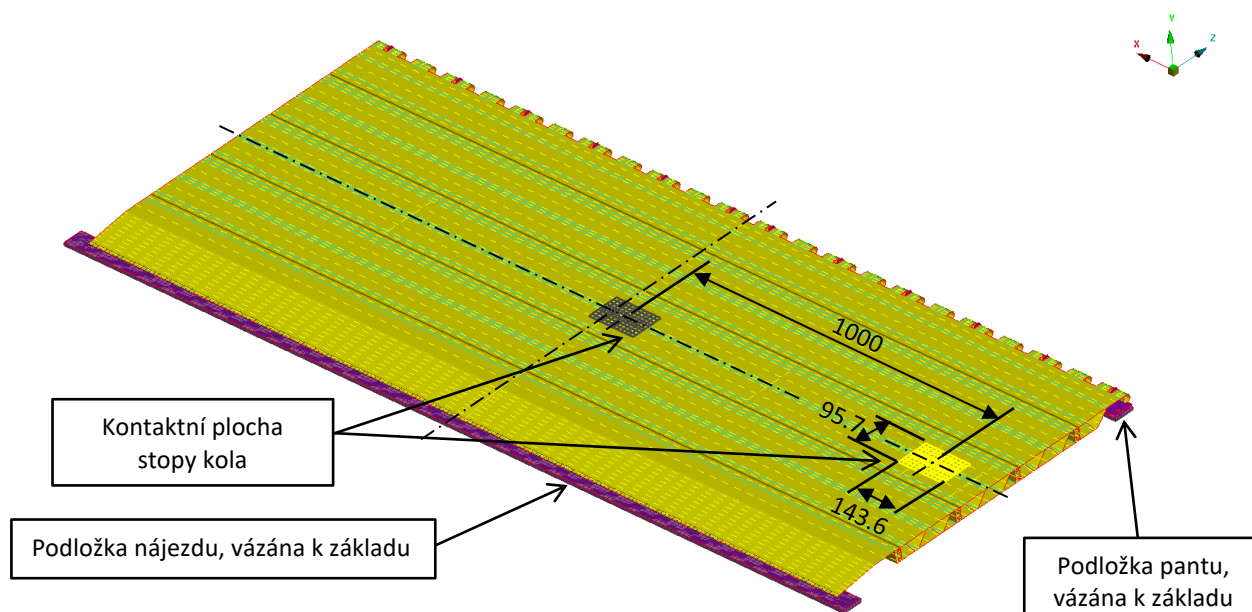
Cílem zkoušky je ověřit pevnost přejezdového můstku Wesob výpočtem pro zatížení nápravy vysokozdvizného vozíku 5.5 tuny. Okrajové podmínky zkoušky pevnosti přejezdového můstku výpočtem jsou stanoveny v souladu s ČSN EN 1398 „Vyrovnávací můstky – Bezpečnostní požadavky“.

2. Popis zkoušeného objektu

Zkoušeným objektem je přejezdový můstek Wesob podle CAD dat „S21.45.z003.step“ ze dne 4. 2. 2021. Vnější rozměry sklopeného můstku jsou 2440 x 1015 mm. Můstek je vyroben ze svařovaných profilů z materiálu AW-6005A-T6. Pant i tyč pantu jsou z materiálu EN 235J2G3. Šrouby M10 pantu (se stoupáním 1.5 mm) jsou třídy pevnosti 10.9, s utahovacím momentem 67 Nm.

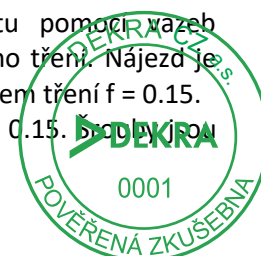
3. Popis matematického modelu

FE model (obr. 1a, 1b) je sestaven pro nelineární strukturální statickou analýzu v jednotkové soustavě mm-sec-t-N v prostředí ANSA 18.1.0 pro řešič ANSYS Professional NLS verze 14.0.



Obr. 1 – FE model přejezdového můstku

Konstrukce je nahrazena normovanou sítí elementů SHELL 181 (KEYOPT(3)=2) se střední hustotou sítě 13 mm. Tyč je nahrazena elementem BEAM188 otočně vázaným k okům pantu pomocí vazeb MPC184 - Beam a vazbami MPC184 – Revolute. Mezi okem pantu a tyčí není uvažováno tření. Nájezd je podložen podložkou, mezi nájezdem a podložkou je kontakt typu STANDARD se součinitelem tření $f = 0.15$. Mezi pantem a deskou základu je užit kontakt typu STANDARD se součinitelem tření $f = 0.15$. Šrouby jsou nahrazeny typem elementu BEAM188.



Materiálové charakteristiky pro kontrolu statické bezpečnosti a k mezi pevnosti jsou uvedeny v tabulce č. 1.

Tabulka č. 1 Materiálové charakteristiky

Materiál	Re [MPa]	Rm [MPa]	Tažnost [%]	Modul pružnosti v tahu E [MPa]	μ
AW-6005A-T6	225	270	8	68300	0.33
EN 235J2G3	235	360	24	210000	0.3

V FE modelu je užit bilineární materiálový model (BKIN), Large Deflection Option NLGEOM,ON.

4. Postup zkoušky

Můstek je zatížen gravitací s tíhovým zrychlením 9.81 m/s^2 . V následujícím kroku je můstek zatížen tlakovou silou v simulované kontaktní vazbě pneumatik přední nápravy vysokozdvizného vozíku podle obr. 1, nejdříve silou 5.5 tuny na nápravě a poté se součinitelem přetížení 2.1, tj. 11.55 tuny. V posledním kroku je uvolněno zatížení tlakovou silou (můstek je zatížen jen gravitační silou).

Poznámka:

Poloha nápravy (podle obr. 1) se stopou pneumatiky při bočním okraji můstku (stopa pláště 100 mm od bočního obrysu v souladu s ČSN EN 1398) vychází jako nejméně příznivá varianta zatížení z hlediska namáhání můstku i z hlediska stability můstku.

Zkušební zatížení:

5500 kg jmenovitá nosnost bez uvažování dynamiky přejezdu

11500 kg jmenovitá nosnost 5500 kg násobena součinitelem 2.1 (tj. součinitelem bezpečnosti 1.5 pro nekombinovaná zatížení dle ČSN EN 1398 a hodnota 1.4 dynamického součinitele)

Hodnocena je bezpečnost výpočtového redukovaného napětí von Mises v konstrukci k mezi kluzu a k mezi pevnosti při uvažování elasto - plastických deformací struktury můstku.

5. Výsledky analýzy

Výsledky FE analýzy jsou uspořádány v příloze č. 1 a 2.

Tabulka č. 2 Hodnoty statické bezpečnosti přejezdového můstku k mezi pevnosti

Varianta zatížení	Zatížení 5500 kg	Zatížení 11500 kg
Poměr σ/Re	0.796 / -0.936	> 1
Bezpečnost k mezi kluzu	1.26 / 1.07	< 1
Poměr σ/Rm	0.663 / -0.780	0.846 / -0.857
Bezpečnost k mezi pevnosti	1.51 / 1.28	1.18 / 1.17
Maximální průhyb [mm]	10.05	21.04



V tabulce č. 2 jsou výsledné maximální hodnoty průhybu přejezdového můstku, maximální hodnoty poměru redukovaného polarizovaného napětí von Mises k mezi kluzu a k mezi pevnosti a jeho převrácené hodnoty tj. minimální hodnoty bezpečnosti k mezi kluzu a k mezi pevnosti.

Po zatížení můstku podle obr. 1 (tj. jednou nápravou při jeho vnějším okraji) hodnotou jmenovité nosnosti 5500 kg můstek vyhovuje s minimální bezpečností 1.07 k mezi kluzu v tahu.

Vlivem dynamických účinků při najetí na přejezdový můstek může dojít k takovému přetížení přejezdového můstku, které má za následek překročení meze kluzu. Překročení meze kluzu není na závalu funkce jmenovité nosnosti můstku, pokud není narušena jeho stabilita. Má však za následek jeho trvalou deformaci (v podobě vyjetých kolejí na nosných deskách) nebo průhyb po odlehčení zatížení. Po odlehčení zůstane v místech překročení meze kluzu v tahu negativní napětí, které se při následném opětovném zatížení vrátí k původním pozitivním hodnotám. Obdobně je tomu v místech s opačnou polaritou napětí.

Šroubové spoje M 10, třídy pevnosti 10.9 vyhovují šroubové spoje podle přílohy č. 2 s minimální bezpečností šroubu vůči mezi kluzu v tahu 1.02 a s minimální bezpečností 9.97 proti ustřížení šroubů.

Pod šrouby M 10 nedojde k prosmýknutí s minimální bezpečností 1.52. Šroubové spoje musí být utaženy předepsaným utahovacím momentem 67 Nm, aby nenastalo porušení pevnosti spoje nebo smýknutí lišty pantu.

6. Závěr

Při zkoušce přejezdového můstku WESOB výpočtem byla analyzována místa s překročením meze kluzu, projevující se trvalou deformací, a to při uvažování dynamiky přejezdu můstku (v souladu s vybranými ustanoveními ČSN EN 1398 „Vyrovnávací můstky – Bezpečnostní požadavky“), přičemž nebylo analyzováno narušení stability jeho konstrukce.

7. Literatura

- | | | |
|-------|----------|--|
| [1] | | ČSN EN 1398 „Vyrovnávací můstky – Bezpečnostní požadavky“. |
| [2] | Dejl, Z. | Konstrukce strojů a zařízení I. Spojovací části strojů. Návrh, výpočet, konstrukce. MONTANEX a.s., 2000. |





Příloha č. 1

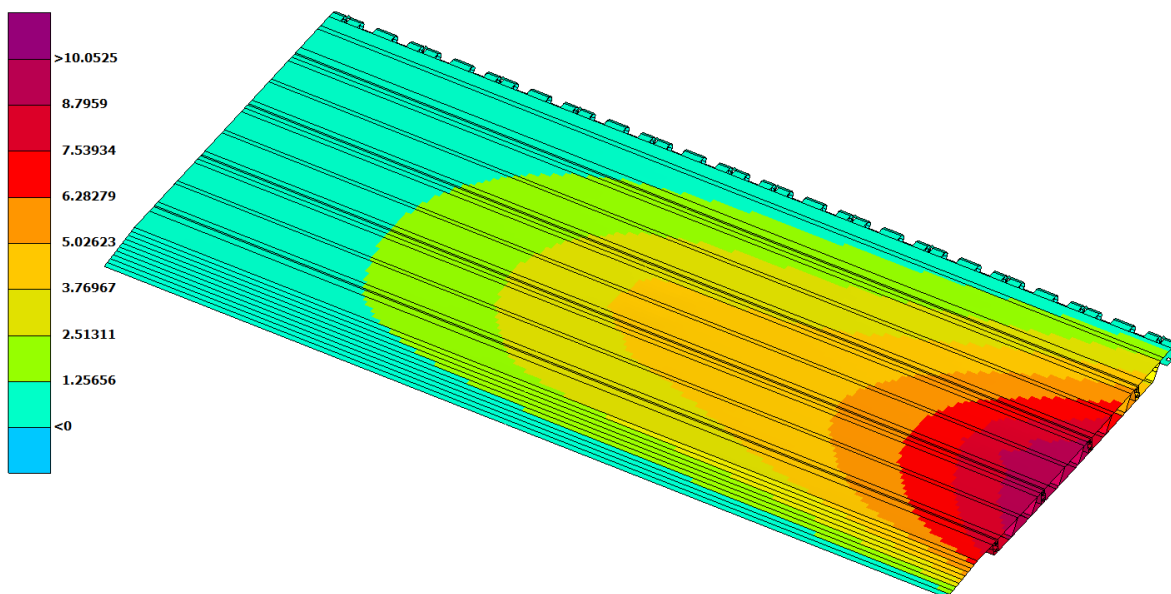
Hodnoty deformace a napětí na přejezdovém můstku

Vysvětlivky:

Signed von Mises Polarizované redukované napětí von Mises

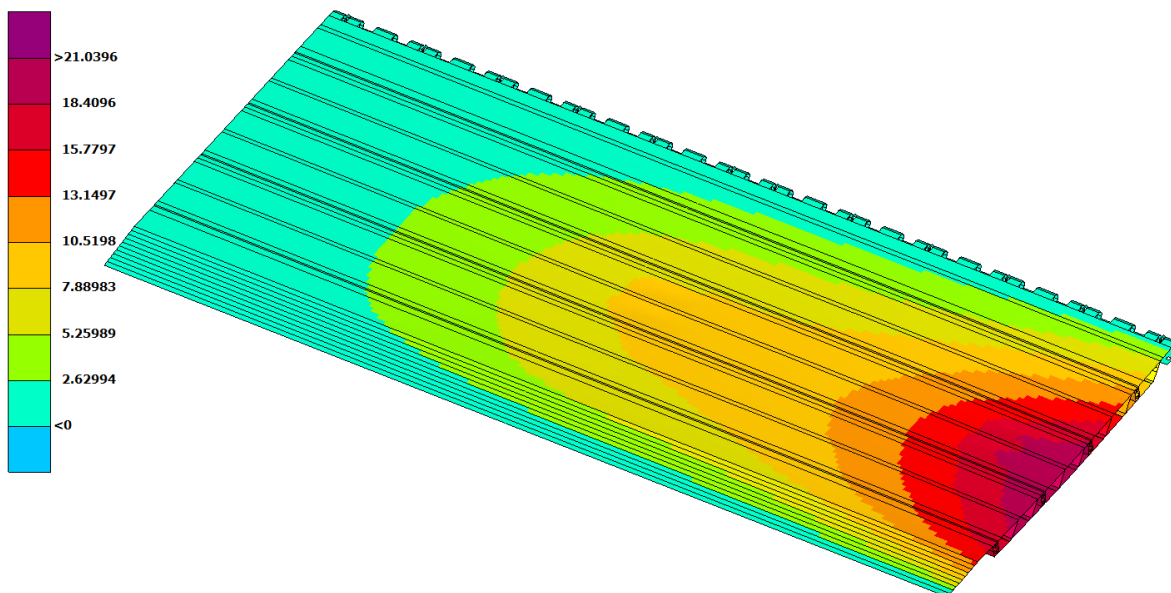


0:Prejezdovy_mustek_5500kg_VV.cdb : Scalar: Magnitude of Displacements, Translational : : LOADSTEP 2 : : SUBSTEP 4 : TIME 2.0000000E+000: Anonymous Ansys Step 1



Obrázek č. 1 – Průhyb při statickém zatížení 5.5 t na kraji můstku [mm]

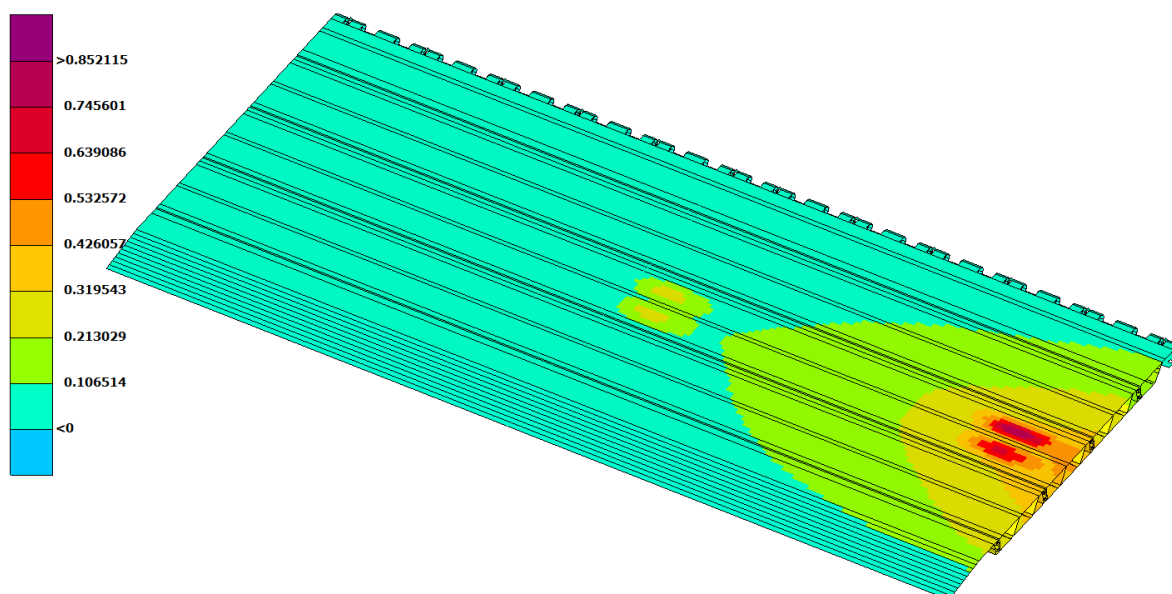
0:Prejezdovy_mustek_5500kg_VV.cdb : Scalar: Magnitude of Displacements, Translational : : LOADSTEP 9 : : SUBSTEP 4 : TIME 9.0000000E+000: Anonymous Ansys Step 1



Obrázek č. 3 – Průhyb při statickém zatížení 11.55 t na kraji můstku [mm]



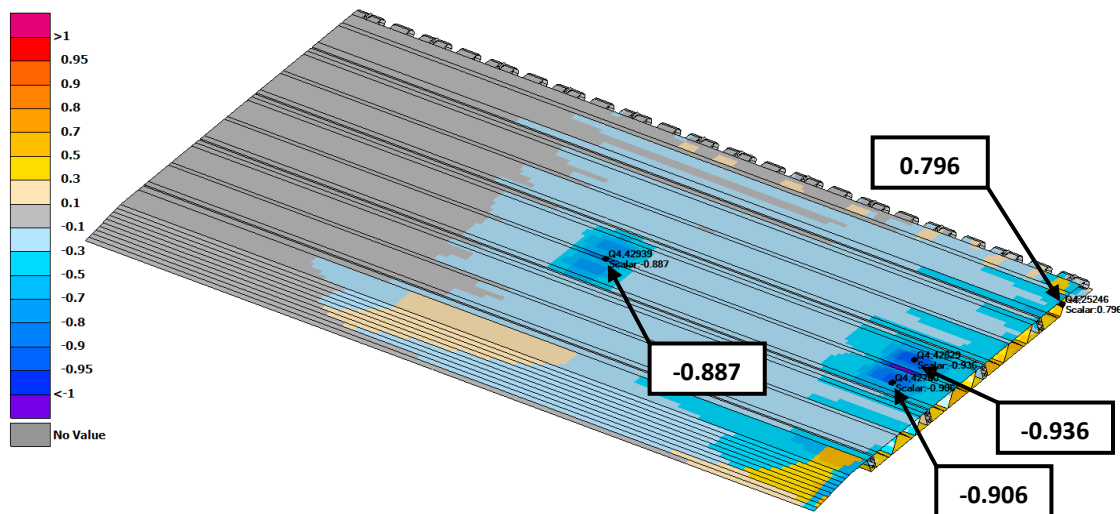
0:Prejezdovy_mustek_5500kg_VV.cdb : Scalar: Magnitude of Displacements, Translational : : LOADSTEP 10 : : SUBSTEP 11 TIME 1.00000000E+001: Anonymous Ansys Step 1



Obrázek č. 4 – Průhyb po uvolnění zatížení 11.55 t na kraji můstku [mm]

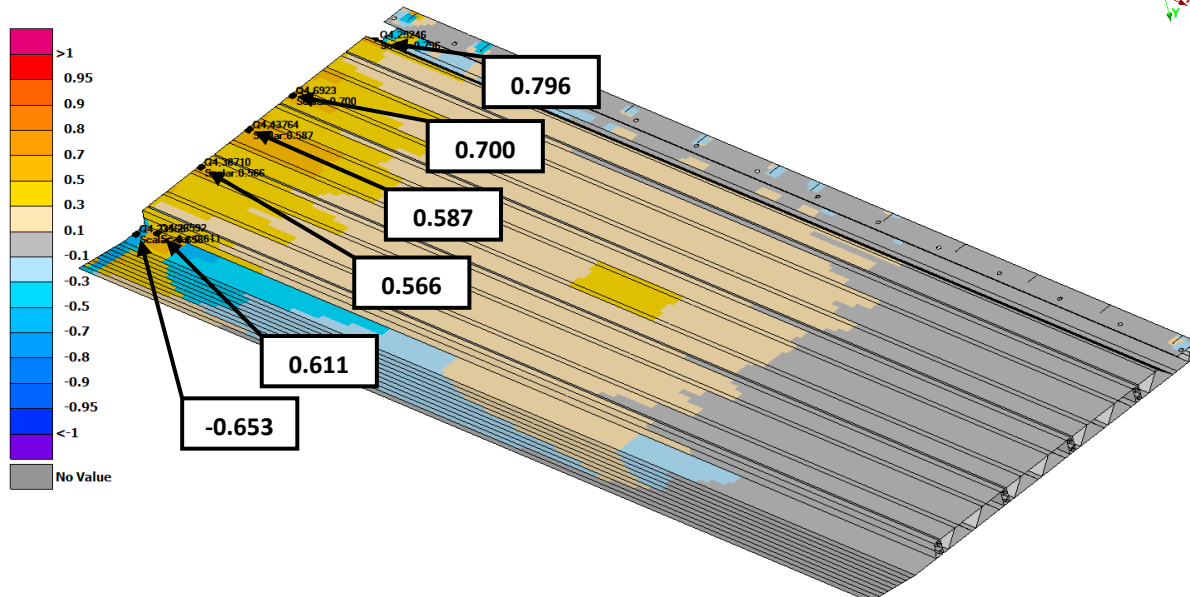


0:Prejezdovy_mustek_5500kg_VV.cdb : Scalar: General Result,ReFactor : : SUBCASE 2 : :LOADSTEP 2.000000E+000 : : Signed von Mises / Re [PID=0]: Zatizeni 5.5t na kraji



Obrázek č. 5 – Signed von Mises / Re - statické zatížení 5.5 t na kraji můstku – pohled shora

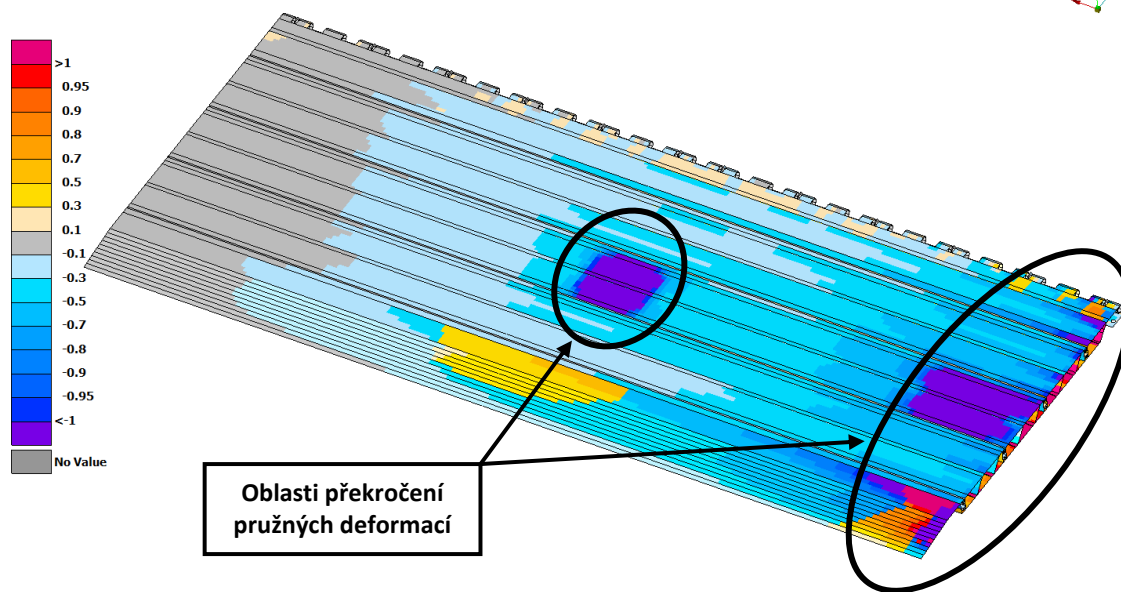
0:Prejezdovy_mustek_5500kg_VV.cdb : Scalar: General Result,ReFactor : : SUBCASE 2 : :LOADSTEP 2.000000E+000 : : Signed von Mises / Re [PID=0]: Zatizeni 5.5t na kraji



Obrázek č. 6 – statické zatížení 5.5 t na kraji můstku – pohled zdola

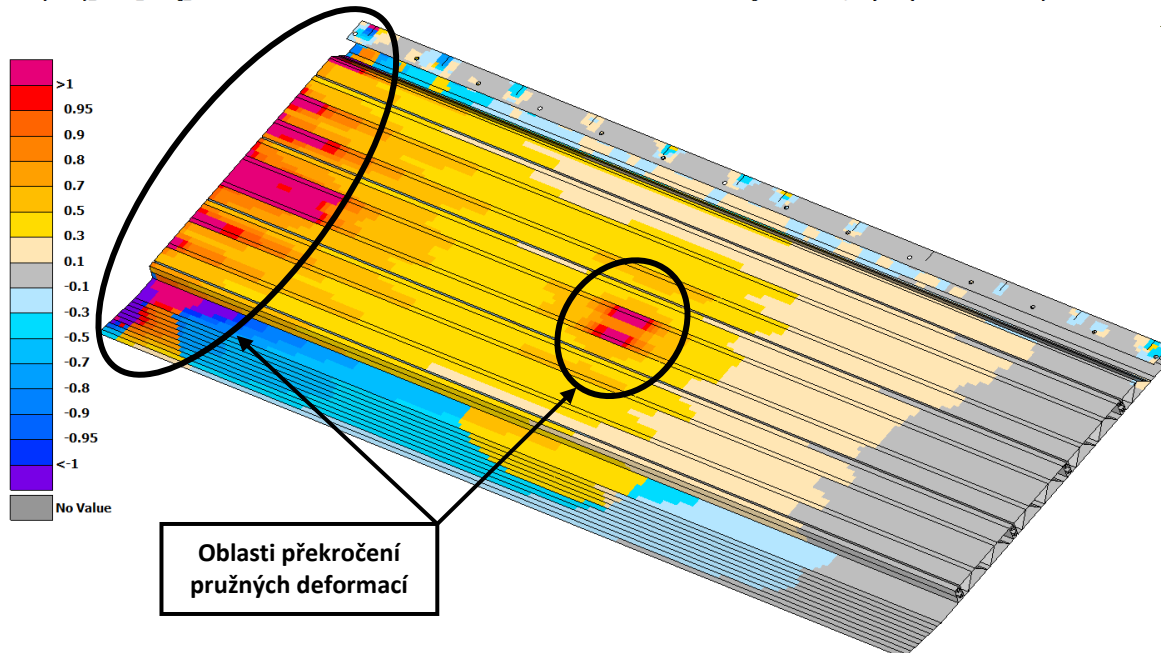


0:Prejzdovny_mustek_5500kg_VV.cdb : Scalar: General Result,ReFactor : : SUBCASE 2 : :LOADSTEP 9.000000E+000 : Signed von Mises / Re [PID=0]: Zatizeni 11.55t na kraji



Obrázek č. 7 – Signed von Mises / Re - statické zatížení 11.55 t na kraji můstku – pohled shora

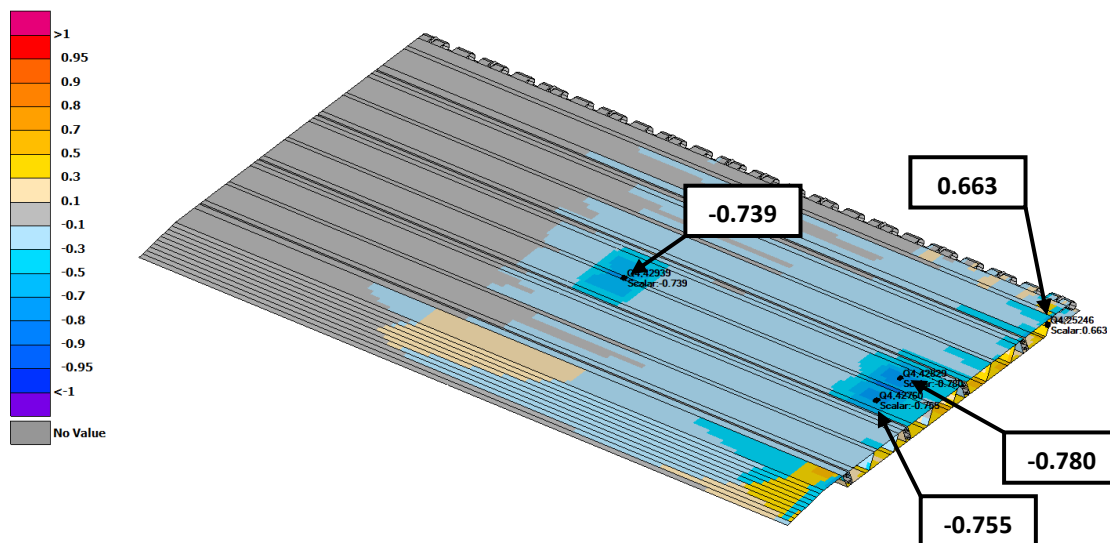
0:Prejzdovny_mustek_5500kg_VV.cdb : Scalar: General Result,ReFactor : : SUBCASE 2 : :LOADSTEP 9.000000E+000 : Signed von Mises / Re [PID=0]: Zatizeni 11.55t na kraji



Obrázek č. 8 – statické zatížení 11.55 t na kraji můstku – pohled zdola

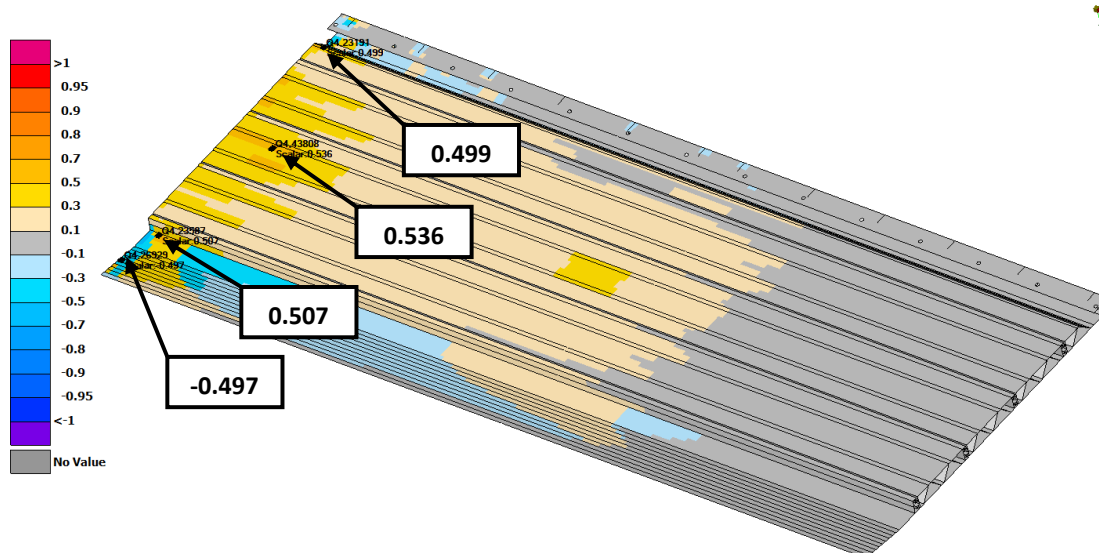


0:Prejezdovy_mustek_5500kg_VV.cdb : Scalar: General Result,RmFactor : : SUBCASE 3 : :LOADSTEP 2.000000E+000 : : Signed von Mises / Rm [PID=0]: Zatizeni 5.5t na kraji



Obrázek č. 9 – Signed von Mises / Rm - statické zatížení 5.5 t na kraji můstku – pohled shora

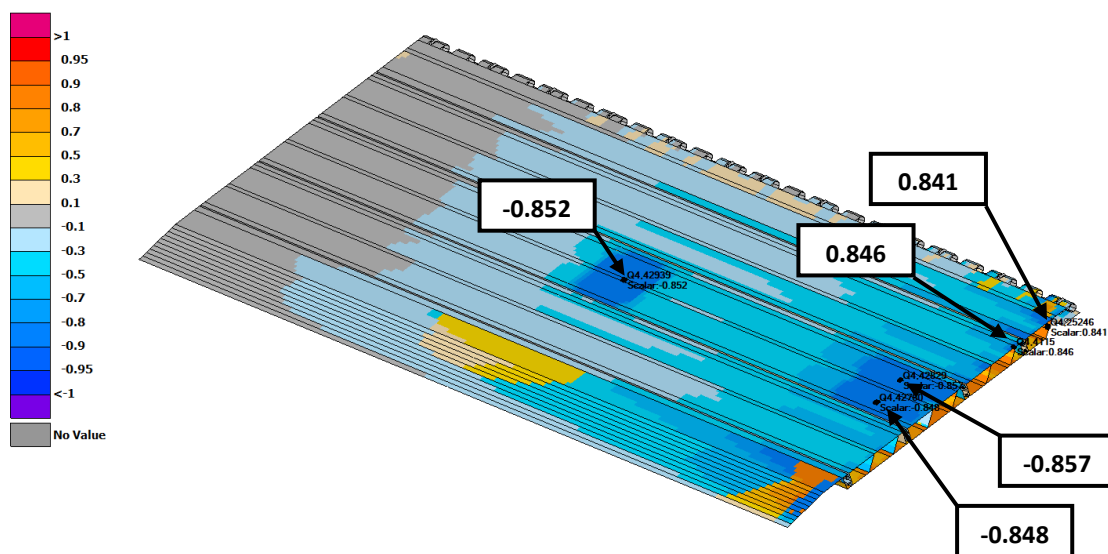
0:Prejezdovy_mustek_5500kg_VV.cdb : Scalar: General Result,RmFactor : : SUBCASE 3 : :LOADSTEP 2.000000E+000 : : Signed von Mises / Rm [PID=0]: Zatizeni 5.5t na kraji



Obrázek č. 10 – Signed von Mises / Rm - statické zatížení 5.5 t na kraji můstku – pohled zdola

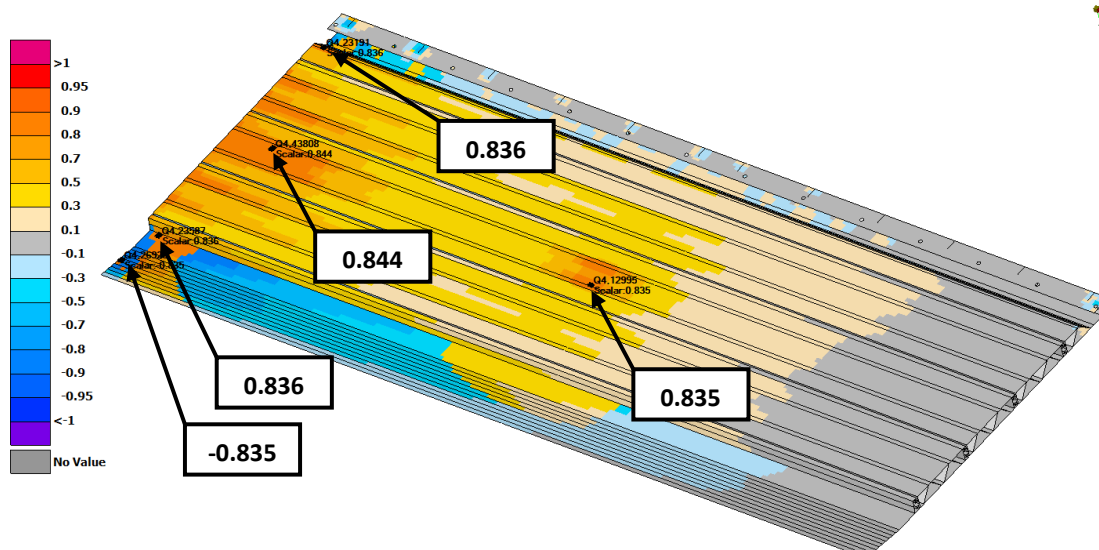


0:Prejezdovy_mustek_5500kg_VV.cdb : Scalar: General Result,RmFactor : : SUBCASE 3 : :LOADSTEP 9.000000E+000 : Signed von Mises / Rm [PID=0]: Zatizeni 11.55t na kraji



Obrázek č. 11 – Signed von Mises / Rm - statické zatížení 11.55 t na kraji můstku – pohled shora

0:Prejezdovy_mustek_5500kg_VV.cdb : Scalar: General Result,RmFactor : : SUBCASE 3 : :LOADSTEP 9.000000E+000 : Signed von Mises / Rm [PID=0]: Zatizeni 11.55t na kraji



Obrázek č. 12 – Signed von Mises / Rm - statické zatížení 11.55 t na kraji můstku – pohled zdola





Příloha č. 2

Pevnostní kontrola šroubových spojů M10 (třída 10.9) pantu při statickém zatížení 11.55 t





CAE Support, s.r.o.

 Štefánikova 244/18a, 742 21 KOPŘIVNICE
<http://www.caesupport.cz> | caesupport@caesupport.cz

Tel: +420 595 174 150

Režim: Šroub M10 třídy pevnosti 10.9 po utažení

ŠROUB							
Mk [Nm]	F _o [N]	s [mm]	d ₂ [mm]	H ₁ [mm]	d ₃ [mm]	Re [MPa]	Rm [MPa]
67	32511	1.50	9.026	0.812	8.160	900	1000

Režim: Po statickém zatížení 11.55 t na kraji můstku

ŠROUBOVÝ SPOJ	Zatížení 11.55 tuny na kraji můstku												
	F _o [N]	F _{xy} [N]	F _T [N]	σ _t [MPa]	γ [rad]	β _n /2 [rad]	φ' [rad]	τ [MPa]	σ _r [MPa]	k (σ _r)	n	τ _s [MPa]	k(τ _s)
Šroub M10 - 1	34707.6	481.3	4547.2	663.7	0.05285	0.522994	0.17144	334.9	881.5	1.02	9.45	9.2	65.20
Šroub M10 - 2	33297.7	1231.1	4758.7	636.7	0.05285	0.522994	0.17144	321.3	845.7	1.06	3.87	23.5	25.49
Šroub M10 - 3	32817.5	1125.5	4830.7	627.5	0.05285	0.522994	0.17144	316.7	833.5	1.08	4.29	21.5	27.88
Šroub M10 - 4	32654.9	826.1	4855.1	624.4	0.05285	0.522994	0.17144	315.1	829.4	1.09	5.88	15.8	37.98
Šroub M10 - 5	32743.2	635.6	4841.8	626.1	0.05285	0.522994	0.17144	316.0	831.6	1.08	7.62	12.2	49.37
Šroub M10 - 6	32841.2	763.0	4827.1	628.0	0.05285	0.522994	0.17144	316.9	834.1	1.08	6.33	14.6	41.12
Šroub M10 - 7	32708.0	1325.4	4847.1	625.4	0.05285	0.522994	0.17144	315.7	830.7	1.08	3.66	25.3	23.67
Šroub M10 - 8	33066.0	2233.3	4793.4	632.3	0.05285	0.522994	0.17144	319.1	839.8	1.07	2.15	42.7	14.05
Šroub M10 - 9	33056.6	1470.7	4794.8	632.1	0.05285	0.522994	0.17144	319.0	839.6	1.07	3.26	28.1	21.34
Šroub M10 - 10	32796.3	469.6	4833.9	627.1	0.05285	0.522994	0.17144	316.5	833.0	1.08	10.29	9.0	66.82
Šroub M10 - 11	32750.4	877.5	4840.7	626.2	0.05285	0.522994	0.17144	316.1	831.8	1.08	5.52	16.8	35.76
Šroub M10 - 12	32915.2	2277.0	4816.0	629.4	0.05285	0.522994	0.17144	317.7	836.0	1.08	2.12	43.5	13.78
Šroub M10 - 13	33051.9	3147.6	4795.5	632.0	0.05285	0.522994	0.17144	319.0	839.4	1.07	1.52	60.2	9.97
Šroub M10 - 14	32752.0	2595.5	4840.5	626.3	0.05285	0.522994	0.17144	316.1	831.8	1.08	1.86	49.6	12.09

Legenda:

- M_k ...** utahovací moment
F_o ... osová síla na šroubu (vč. předpětí)
F_{xy} ... normální síla k ose šroubu
Re ... mez kluzu
Rm ... mez pevnosti
s ... stoupání závitu
d₂ ... střední průměr závitu
H₁ ... nosná výška závitu
d₃ ... malý průměr šroubu
γ ... úhel stoupání závitu
β_n ... vrcholový úhel závitu v normálním řezu
φ' ... třecí úhel v normálním řezu
σ_t ... normální napětí
τ ... smykové napětí v závitu
σ_r ... redukované napětí podle teorie HMH
τ_s ... smykové napětí v dřívku
k (σ_r) ... bezpečnost šroubu vůči mezi kluzu v tahu
k (τ_s) ... míra bezpečnosti z podmínky ustřížení šroubů
F_T ... třecí síla závitového spoje (1 střížná plocha)
n ... bezpečnost spoje proti smyku





Užité vztahy:

$$\gamma = \arctg\left(\frac{s}{\pi d_2}\right)$$

$$\frac{\beta_n}{2} = \arctg \left[\cos \gamma \cdot \operatorname{tg} \left(\frac{\beta}{2} \right) \right], \text{ kde } \beta = 60^\circ \text{ je vrcholový úhel závitů}$$

$$\varphi' = \arctg \left(\frac{f}{\cos\left(\frac{\beta_n}{2}\right)} \right), \text{ kde } f = 0.15 \text{ je součinitel tření v závitě}$$

$$\sigma_t = \frac{F_o}{\pi \frac{d_3^2}{4}}$$

$$\tau = \frac{F_o \cdot \operatorname{tg}(\gamma + \varphi') \cdot \frac{d_2}{2}}{\pi \frac{d_3^3}{16}}$$

$$\sigma_r = \sqrt{\sigma_t^2 + 3 \tau^2}$$

$$k(\sigma_r) = \frac{Re}{\sigma_r}$$

$$n = \frac{F_T}{F_{xy}}$$

$$\tau_s = \frac{\frac{F_{xy}}{N}}{\pi \frac{d_3^3}{4}}$$

$$k_{\tau_s} = \frac{0.6 \cdot R_m}{\tau_s}$$

