

STN EN 1991-3 ZAŤAŽENIE KONŠTRUKCIÍ

ČASŤ 3: ZAŤAŽENIA VYVOLANÉ ŽERIAVMI A STROJMI

Prednášajúci: Ing. Richard Hlinka, PhD.

Tento príspevok vznikol vďaka podpore v rámci OP Vzdelávanie pre projekt „Podpora kvality vzdelávania a výskumu pre oblasť dopravy ako motora ekonomiky“ (ITMS: 26110230076), ktorý je spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho sociálneho fondu.



Moderné vzdelávanie pre vedomostnú spoločnosť/Projekt je spolufinancovaný zo zdrojov EÚ

STN EN 1991-3 ZAŤAŽENIA KONŠTRUKCIÍ

ČASŤ 3: ZAŤAŽENIA VYVOLANÉ ŽERIAVMI A STROJMI

STN EN 1991-3 (73 0035)	Eurokód 1. Zaťaženia konštrukcií. Časť 3: Zaťaženia vyvolané žeriavmi a strojmi.
STN EN 1991-3/NA (73 0035)	Eurokód 1. Zaťaženia konštrukcií. Časť 3: Zaťaženia vyvolané žeriavmi a strojmi. Národná príloha

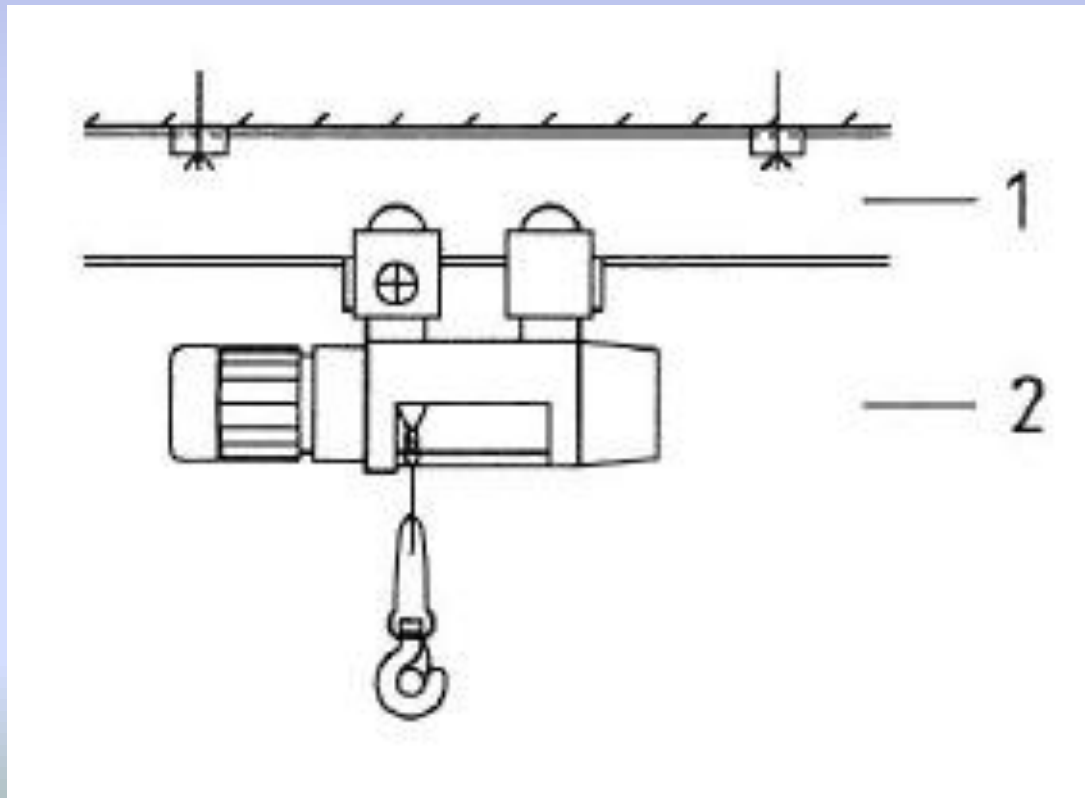
Obsah normy

STN EN 1991-3:

- uvádza zaťaženia pre navrhovanie konštrukcií budov a inžinierskych stavieb, pričom zahŕňa nasledujúce hľadiská:
 - zaťaženia vyvolané žeriavmi,
 - zaťaženia vyvolané strojmi.
 - úžitkové zaťaženia (modely a reprezentatívne hodnoty) týkajúce sa žeriavov na nosníkoch žeriavových dráh,
 - úžitkové zaťaženia týkajúce sa stacionárnych strojov a dopravných prostriedkov, ktoré obsahujú
 - dynamické účinky žeriavov a strojov
 - brzdné a rozjazdové sily
 - mimoriadne sily

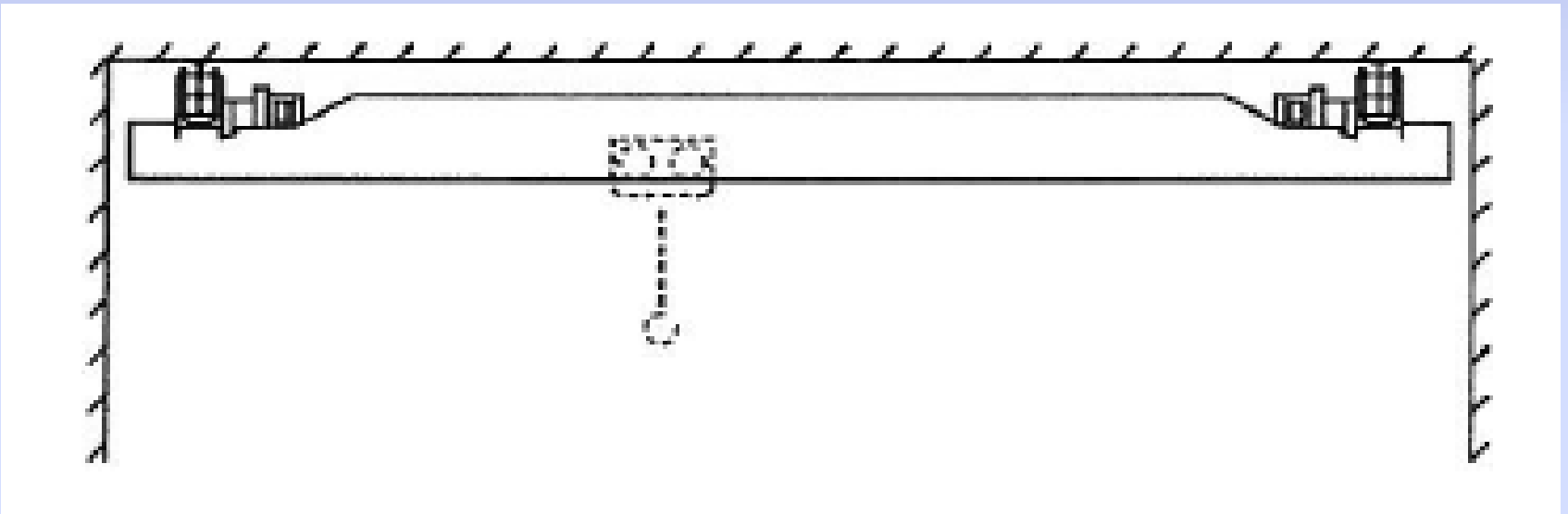
Žeriavy - definície, typy

- jednonosníkové zdvíhacie zariadenie - zdvíhacie zariadenie, ktoré je umiestnené na pevnej žeriavovej dráhe.
- zdvíhacie zariadenie - podvesný vozík, ktorý zahŕňa kladkostroj a pohybuje sa po spodnej prírubе nosníka.
- kladkostroj - stroj na dvíhanie bremien



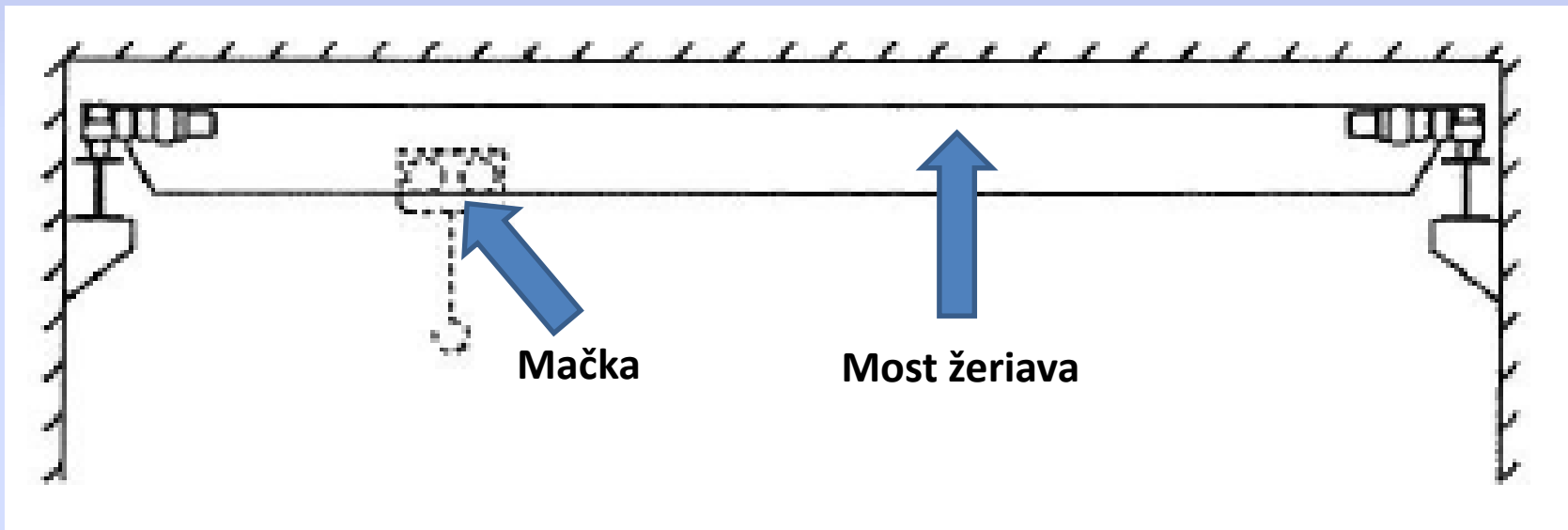
Žeriavy - definície, typy

- podvesný mostový žeriav - mostový žeriav umiestnený na spodných pásniciach nosníkov žeriavovej dráhy,
- mostový žeriav - stroj na zdvíhanie a premiestňovania bremien, ktorý sa pohybuje na kolesách po nosníkoch žeriavovej dráhy,



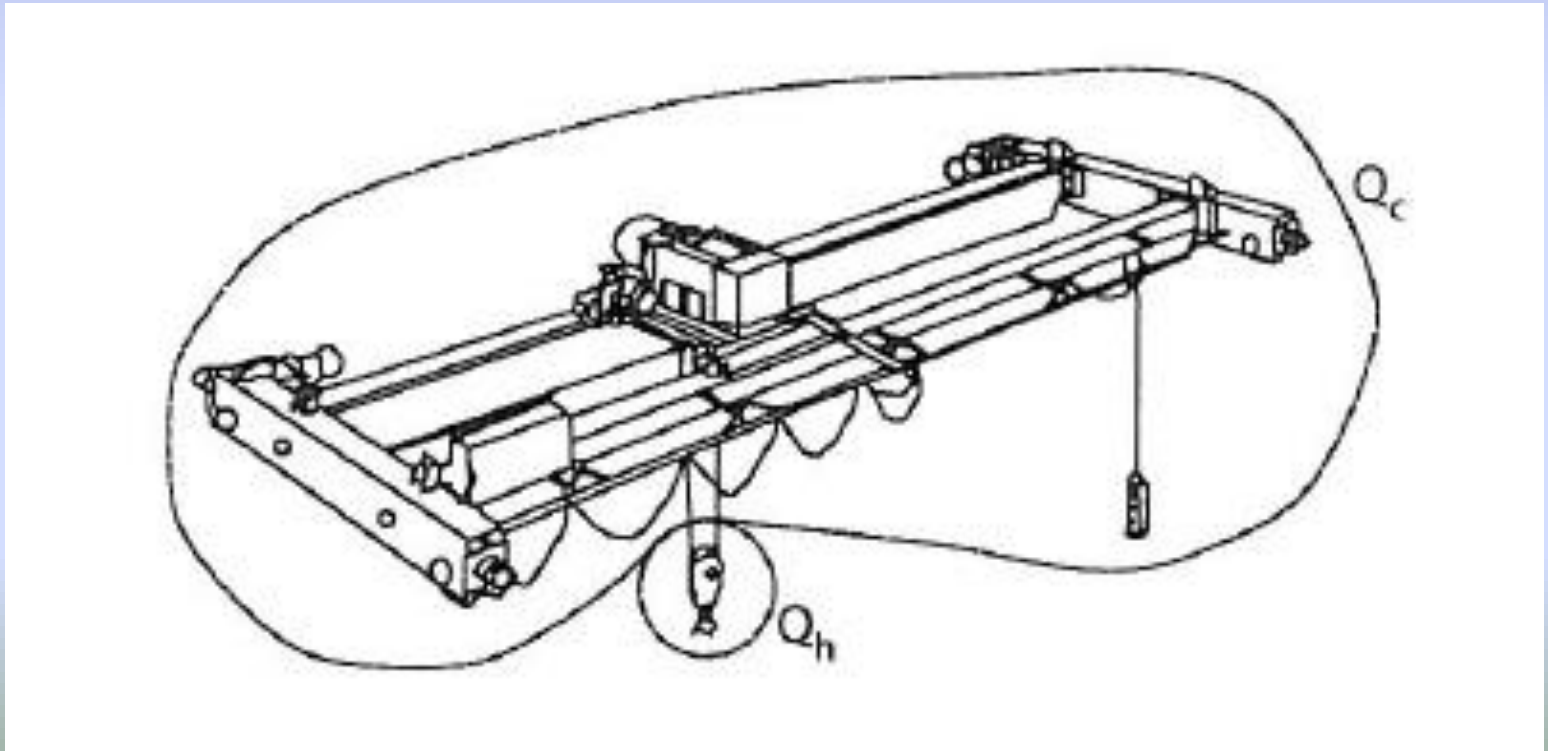
Žeriavy - definície, typy

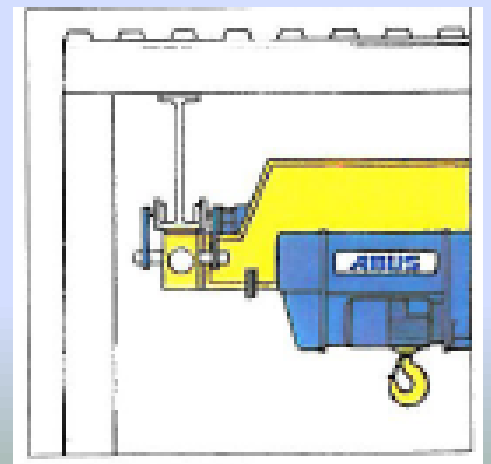
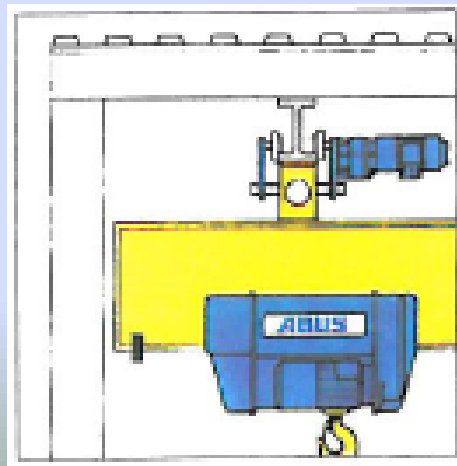
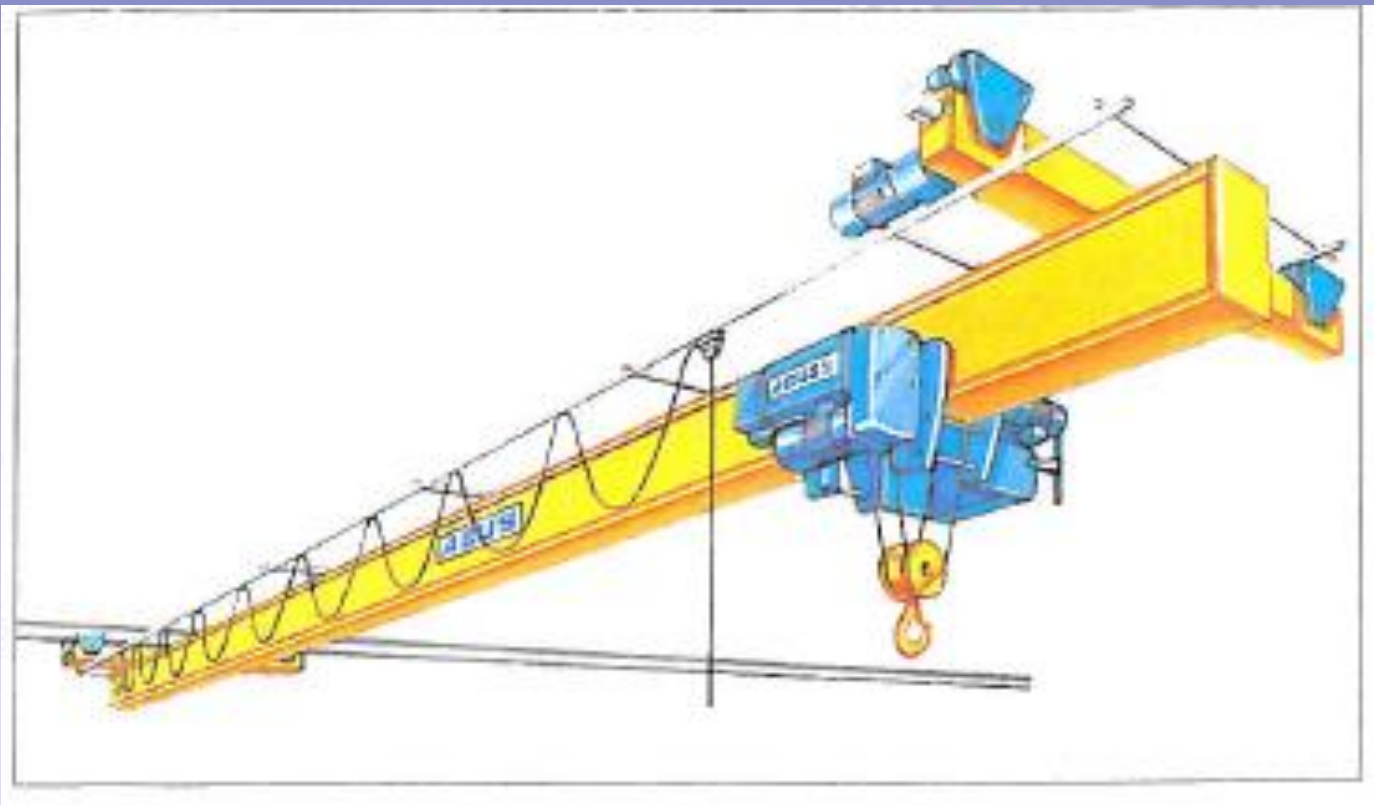
- podperný mostový žeriav - mostový žeriav umiestnený na hornej časti nosníkov žeriavovej dráhy,
- most žeriava - časť mostového žeriava, ktorá spája nosníky žeriavovej dráhy a nesie mačku alebo zdvíhacie zariadenie,
- mačka - časť mostového žeriava s kladkostrojom, ktorá sa pohybuje na koľajniciach po moste žeriava.

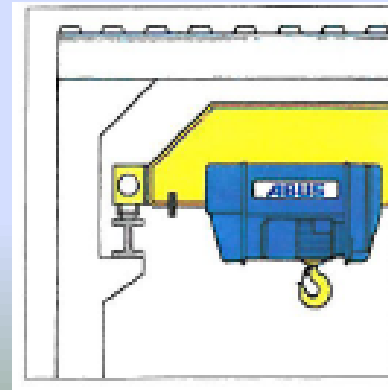
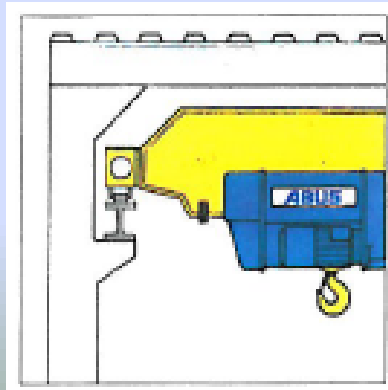
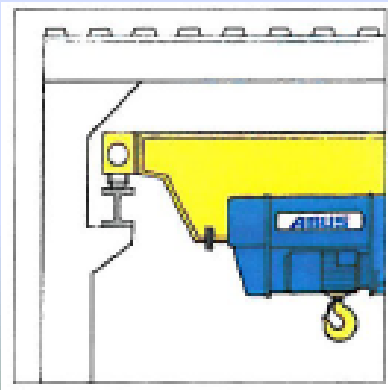
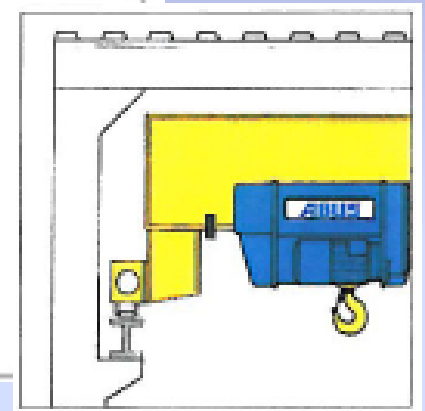
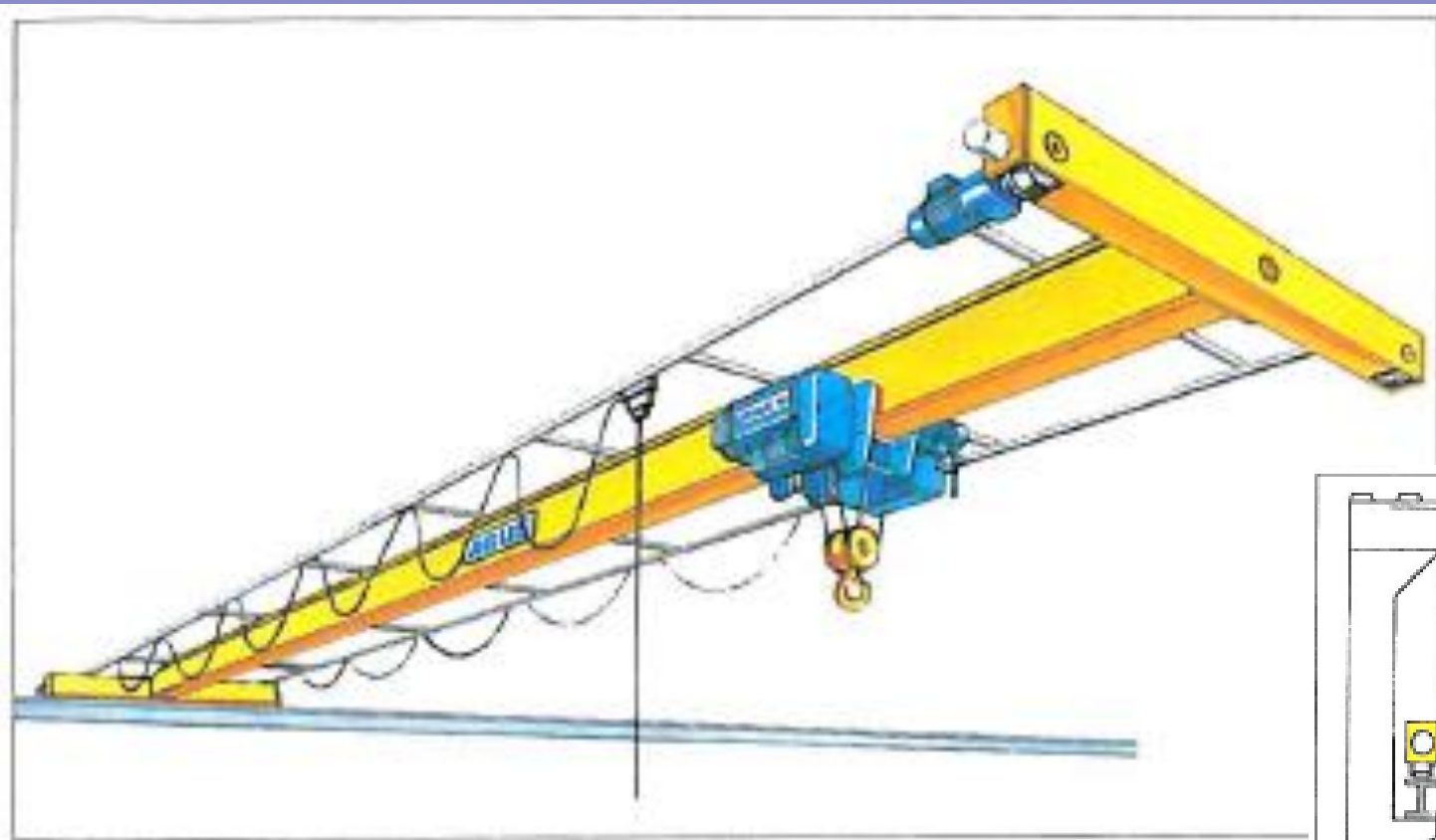


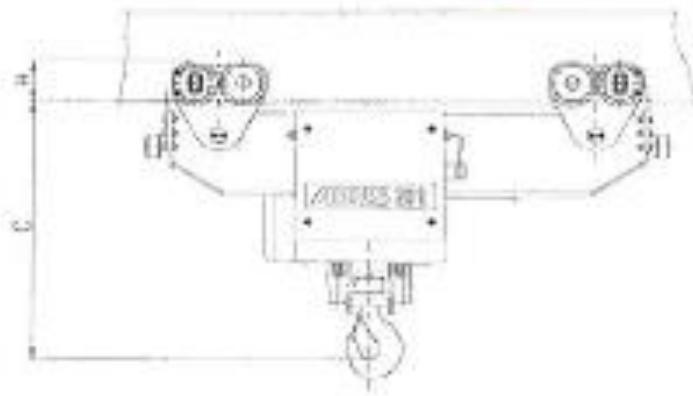
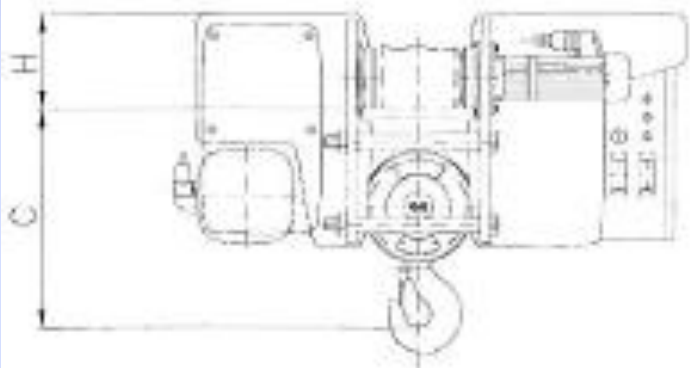
Žeriavy - definície

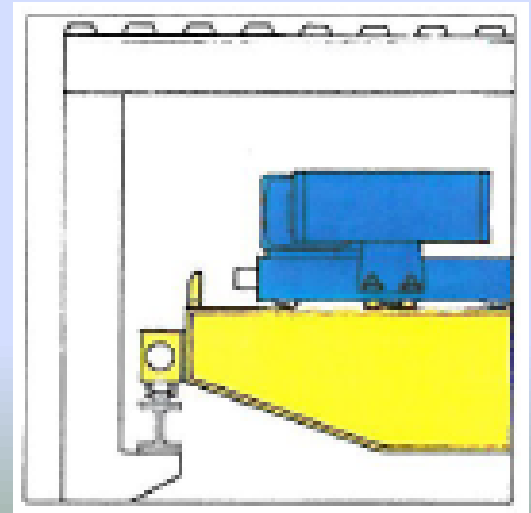
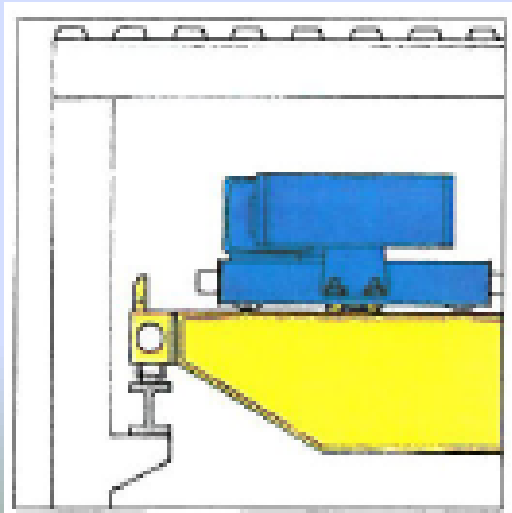
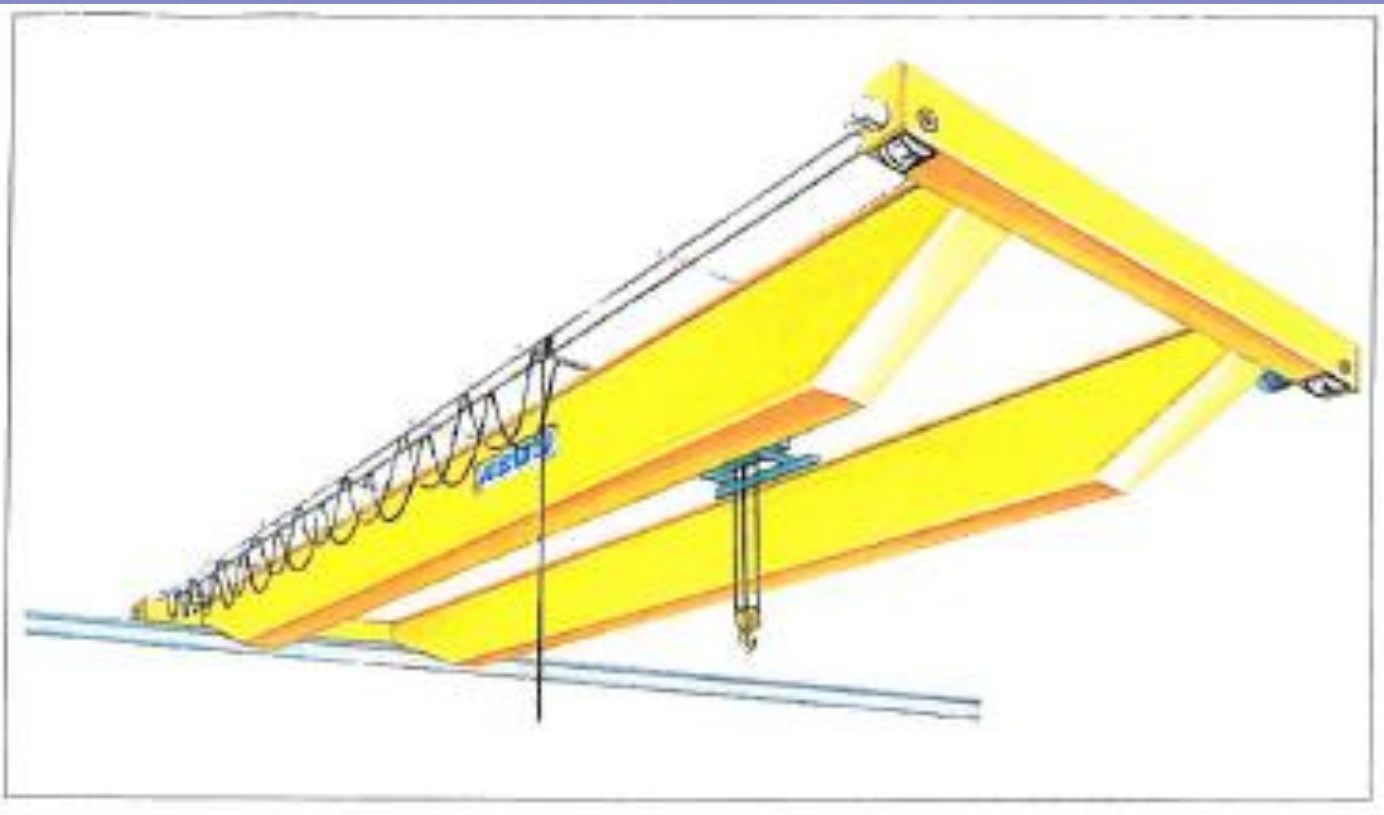
- vlastná tiaž žeriava - tiaž všetkých pevných a pohyblivých častí, vrátane mechanického a elektrického zariadenia konštrukcie žeriava. Bez tiaže mechanizmu na uchopenie bremena.
- tiaž zdvíhaného bremena - tiaž zdvíhaného bremena (maximálna), prostriedku na uchopenie bremena, časť reťazí alebo lán, uvádzaných do pohybu konštrukciou žeriava

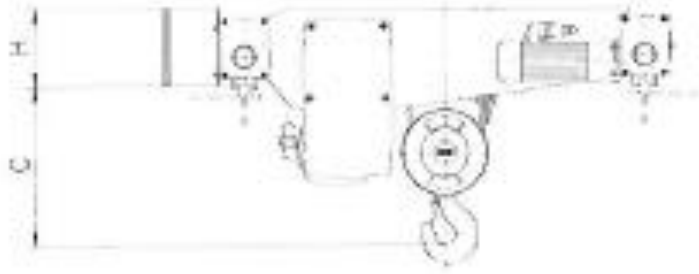
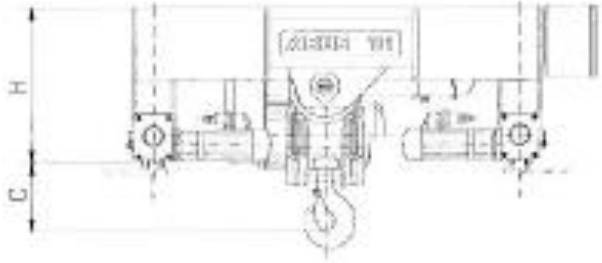








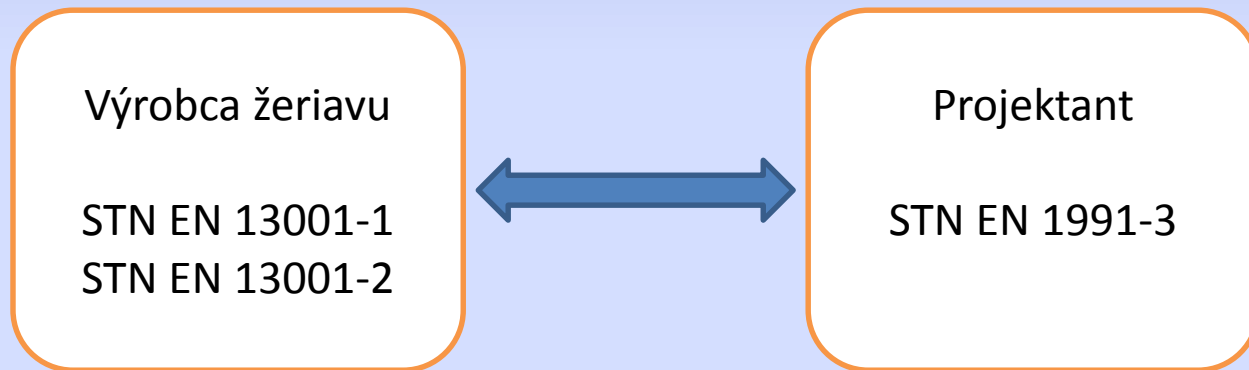




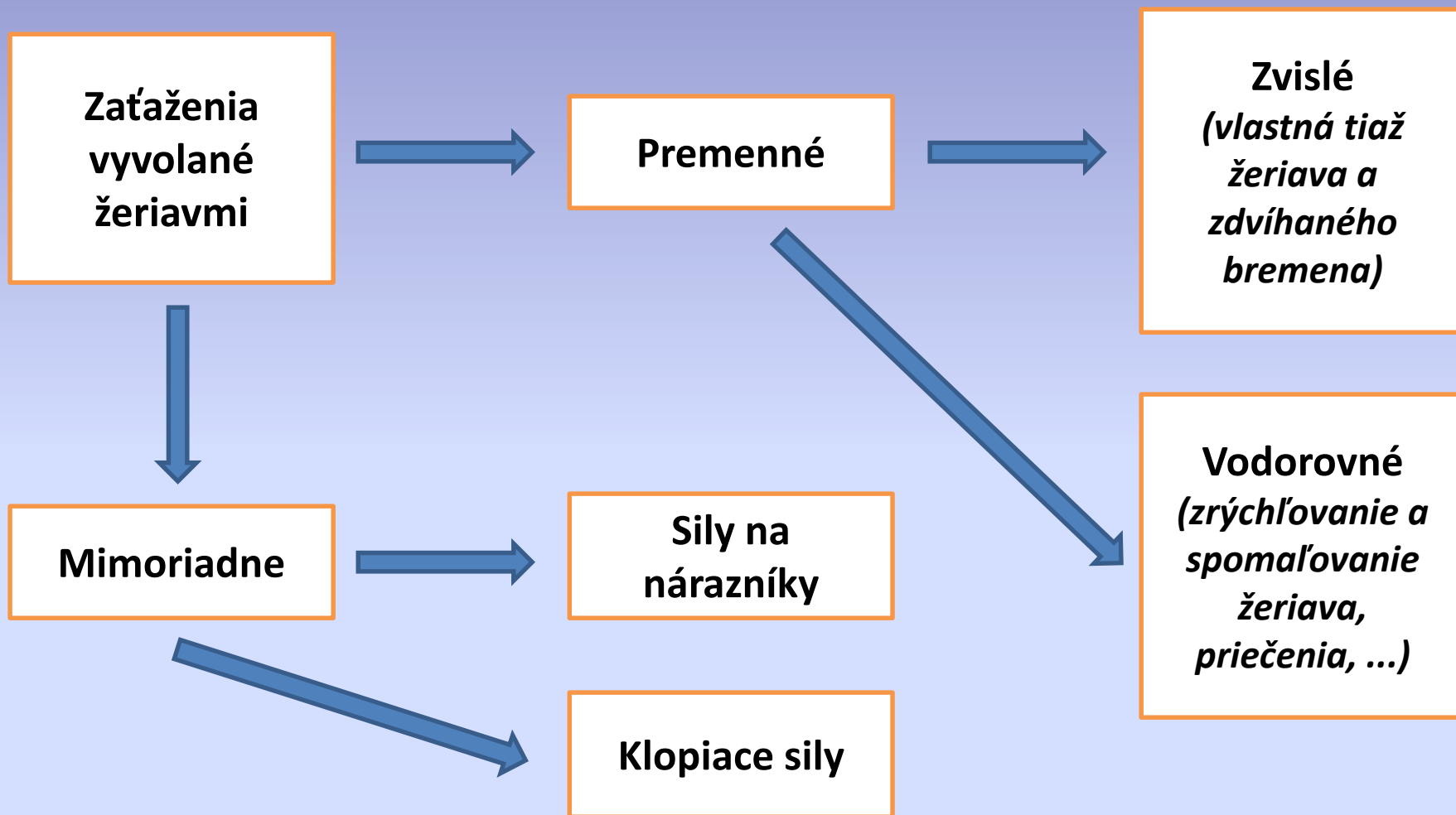


Zat'azenia nosnikov žeriavových dráh

- podvesné vozíky na žeriavových dráhach
- mostové žeriavy
- výrobcovia žeriavov poskytujú základné údaje o žeriave



Zat'azenia nosnikov žeriavových dráh



Premenné zaťaženia

- vyplývajú zo zmeny polohy žeriavu v čase
- rozdelenie:
 - premenné zvislé zaťaženia od vlastnej tiaže žeriava a tiaže zdvíhaného bremena
 - premenné vodorovné zaťaženia od zrýchlenia alebo spomalenia žeriava, od priečenia žeriava a od iných dynamických účinkov
- reprezentatívne hodnoty premenných zaťažení od žeriava sú charakteristickými hodnotami.
- pozostávajú zo statickej a dynamickej zložky.
- výpočet pomocou dynamického súčiniteľa:

$$F_{\varphi,k} = \varphi_i \cdot F_k$$

Dynamické súčinitele

Dynamické súčinitele	Uvažované účinky	Použitie
φ_1	– vibračné budenie konštrukcie žeriava od zdvíhania bremena zo zeme	vlastná tiaž žeriava
φ_2 alebo φ_3	– dynamické účinky od prenosu bremena zo zeme na žeriav – dynamické účinky náhleho uvoľnenia bremena, pri použití napr. drapákov, alebo magnetov	tiaž zdvíhaného bremena
φ_4	– dynamické účinky vyvolané pri pohybe po koľajniciach alebo žeriavových dráhach	vlastná tiaž žeriava a tiaž zdvíhaného bremena
φ_5	– dynamické účinky od hnacích síl	hnacie sily
φ_6	– dynamické účinky skúšobného zaťaženia pohybujúceho sa po žeriavovej dráhe pomocou pohonu	skúšobné zaťaženie
φ_7	– dynamické pružné účinky nárazu na nárazníky	sily na nárazníky

Premenné zaťaženia

- súčasné pôsobenie zložiek zaťaženia sa uvažujú pomocou skupín zaťaženia
- každá skupina sa považuje za jedno charakteristické zaťaženie
- pri spájaní žeriavov do skupín sa uvažuje súčasné pôsobenie iba jedného vodorovného zaťaženia od žeriavu

Premenné zaťaženia

		Značka	Článok	Skupiny zaťaženi									
				Medzný stav únosnosti – ULS							Skúšobné zaťaženie	Mimo-riadne	
				1	2	3	4	5	6	7		8	9
1	Vlastná tiaž žeriava	Q_c	2.6	φ_1	φ_1	1	φ_4	φ_4	φ_4	1	φ_1	1	1
2	Tiaž zdvíhaného bremena	Q_h	2.6	φ_2	φ_3	–	φ_4	φ_4	φ_4	$\eta^{1)}$	–	1	1
3	Zrýchlenie mosta žeriava	H_L, H_T	2.7	φ_5	φ_5	φ_5	φ_5	–	–	–	φ_5	–	–
4	Priečenie mosta žeriava	H_S	2.7	–	–	–	–	1	–	–	–	–	–
5	Zrýchlenie alebo brzdenie mačky alebo zdvíhacieho zariadenia	H_{T3}	2.7	–	–	–	–	–	1	–	–	–	–
6	Vietor počas prevádzky	F_w	Príloha A	1	1	1	1	1	–	–	1	–	–
7	Skúšobné zaťaženie	Q_T	2.10	–	–	–	–	–	–	–	φ_6	–	–
8	Sila na nárazník	H_B	2.11	–	–	–	–	–	–	–	–	φ_7	–
9	Klopiaca sila	H_{TA}	2.11	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1

POZNÁMKA. – Pôsobenie vetra mimo prevádzky žeriava sa uváži podľa prílohy A.

¹⁾ η je pomerná časť tiaže zdvíhaného bremena, ktorá ostane po odstránení bremena a ktorá nie je zahrnutá vo vlastnej tiaži žeriava.

Dynamické súčinitele pre zvislé zaťaženia

	Hodnoty dynamických súčiniteľov
φ_1	$0,9 < \varphi_1 < 1,1$ Dve hodnoty 1,1 a 0,9 vyjadrujú hornú a dolnú hodnotu impulzov kmitania.
φ_2	$\varphi_2 = \varphi_{2,\min} + \beta_2 \cdot v_h$ v_h – ustálená rýchlosť zdvihu v m/s $\varphi_{2,\min}$ a β_2 , pozri tabuľku 2.5
φ_3	$\varphi_3 = 1 - \frac{\Delta m}{m} (1 + \beta_3)$ <p>kde Δm je uvoľnená alebo spadnutá časť hmotnosti zdvíhaného bremena m celková hmotnosť zdvíhaného bremena</p> <p>$\beta_3 = 0,5$ pri žeriavoch vybavených drapákmi alebo podobnými pomaly uvoľňujúcimi prostriedkami</p> <p>$\beta_3 = 1,0$ pri žeriavoch vybavených magnetmi alebo podobnými rýchlo uvoľňujúcimi prostriedkami</p>
φ_4	$\varphi_4 = 1,0$ za predpokladu, že sú dodržané tolerancie pre koľajové dráhy podľa EN 1993-6.
POZNÁMKA. – Ak nie sú dodržané pre koľajové dráhy tolerancie stanovené v EN 1993-6, môže sa dynamický súčiniteľ φ_4 určiť podľa modelu, ktorý poskytuje EN 13001-2.	

Dynamické súčinitele pre zvislé zaťaženia

Zdvihová trieda zariadenia	β_2	$\varphi_{2,min}$
HC1	0,17	1,05
HC2	0,34	1,10
HC3	0,51	1,15
HC4	0,68	1,20

POZNÁMKA. – Žeriavy sú priradené zdvihovým triedam (Hoisting Class-HC) HC1 až HC4 na zohľadnenie dynamických účinkov prenosu zaťaženia zo zeme na žeriav. Výber závisí od konkrétneho typu žeriava, pozri odporúčanie v prílohe B.

Po- ložka	Typ žeriava	Zdvíhacia trieda	S-triedy
1	Žeriavy s ručným pohonom	HC1	S0, S1
2	Montážne žeriavy	HC1, HC2	S0, S1
3	Žeriavy v elektrárňach	HC1	S1, S2
4	Žeriavy v skladoch – s prerušovanou prevádzkou	HC2	S4
5	Žeriavy v skladoch, traverzové žeriavy, žeriavy pre manipuláciu so šrotom – s nepretržitou prevádzkou	HC3, HC4	S6, S7
6	Žeriavy v dielňach	HC2, HC3	S3, S4
7	Mostové žeriavy, baranidlové žeriavy – s drapákom alebo magnetom	HC3, HC4	S6, S7
8	Odlievacie žeriavy	HC2, HC3	S6, S7
9	Žeriavy pre hlbinné pece	HC3, HC4	S7, S8
10	Stripovacie žeriavy, sádzacie žeriavy	HC4	S8, S9

Dynamické súčinitele pre zvislé zaťaženia

11	Kováčske žeriavy	HC4	S6, S7
12	Prepravné mosty, poloportálové žeriavy, portálové žeriavy s vozíkom alebo otočné žeriavy – s hákom	HC2	S4, S5
13	Prepravné mosty, poloportálové žeriavy, portálové žeriavy s vozíkom alebo otočné žeriavy – s drapákom alebo magnetom	HC3, HC4	S6, S7
14	Dopravníkové mosty s pevným alebo posuvným pásom	HC1	S3, S4
15	Žeriavy v lodeniach, spúšťacie žeriavy, montážne žeriavy – s hákom	HC2	S3, S4
16	Žeriavy v prístavoch, otočné, plávajúce žeriavy – s hákom	HC2	S4, S5
17	Žeriavy v prístavoch, otočné, plávajúce žeriavy – s drapákom alebo magnetom	HC3, HC4	S6, S7
18	Ťažké plávajúce žeriavy, kozové žeriavy	HC1	S1, S2
19	Nákladné lodné žeriavy – s hákom	HC2	S3, S4
20	Nákladné lodné žeriavy – s drapákom alebo magnetom	HC3, HC4	S4, S5
21	Vežové otočné žeriavy pre stavebníctvo	HC1	S2, S3
22	Montážne žeriavy, derikové žeriavy – s hákom	HC1, HC2	S1, S2
23	Otočné žeriavy na koľajniciach – s hákom	HC2	S3, S4
24	Otočné žeriavy na koľajniciach – s drapákom alebo magnetom	HC3, HC4	S4, S5
25	Železničné žeriavy umiestnené na vlakoch	HC2	S4
26	Autožeriavy, samohybné žeriavy – s hákom	HC2	S3, S4
27	Autožeriavy, samohybné žeriavy – s drapákom alebo magnetom	HC3, HC4	S4, S5
28	Ťažké autožeriavy, ťažké samohybné žeriavy	HC1	S1, S2

Dynamické súčinitele pre vodorovné sily

Hodnoty dynamického súčiniteľa φ_5	Charakteristika použitia
$\varphi_5 = 1,0$	pre odstredivé sily
$1,0 \leq \varphi_5 \leq 1,5$	pre systémy, v ktorých sa sily menia plynule
$1,5 \leq \varphi_5 \leq 2,0$	v prípadoch výskytu náhlych zmien
$\varphi_5 = 3,0$	pre pohony so značným spätným zakmitnutím

Hodnoty dynamického súčiniteľa φ_7	Charakteristika nárazníka
$\varphi_7 = 1,25$	$0,0 \leq \xi_b \leq 0,5$
$\varphi_7 = 1,25 + 0,7 \cdot (\xi_b - 0,5)$	$0,5 \leq \xi_b \leq 1,0$
POZNÁMKA. – ξ_b sa môže približne určiť podľa obrázku 2.9.	

Zat'azovacie zostavy

Jednonosnikové zdvihacie zariadenia

- zvislé zat'azenia - sú zložené z vlastnej tiaže zdvihacieho zariadenia, tiaže zdvíhaného bremena a dynamického súčiniteľa
- vodorovné sily:
 - presné hodnoty udávané výrobcom žeriavu
 - pozdĺžne vodorovné sily = 5% z maximálneho zvislého prít'azenia kolesom pri zanedbaní dynamického súčiniteľa

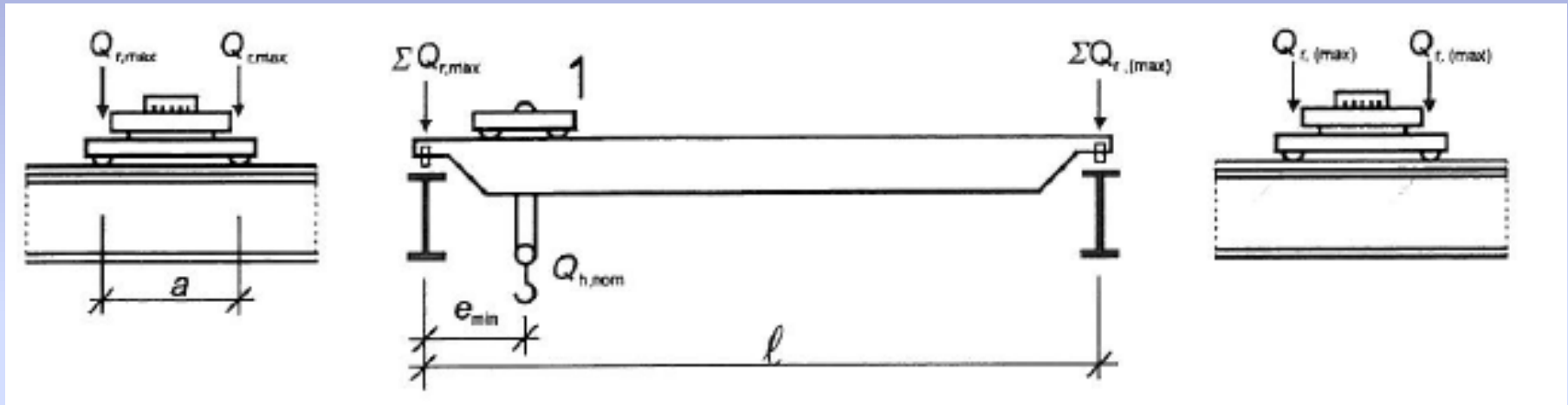
Zat'azovacie zostavy

Mostové žeriavy

- zvislé zat'azenia
- vodorovné sily:
 - od zrýchlenia alebo spomalenia žeriava pri jeho pohybe po nosníku žeriavovej dráhy
 - od zrýchlenia alebo spomalenia mačky alebo podvesného vozíka pri jeho pohybe po moste žeriava
 - od priečenia žeriavu pri jeho pohybe po nosníku žeriavovej dráhy
 - sily na nárazník súvisiace s pohybom žeriava
 - sily na nárazník súvisiace s pohybom mačky alebo povestného vozíka

Zvislé zaťaženia

- použitím zaťažovacích zostáv
- zaťažovacia zostava zaťaženého žeriava pre max. zaťaženie na nosník žeriavovej dráhy



$Q_{r,max}$ max. zaťaženie na koleso od zaťaženého žeriavu

$Q_{r,(max)}$ pridružené zaťaženie na koleso od zaťaženého žeriavu

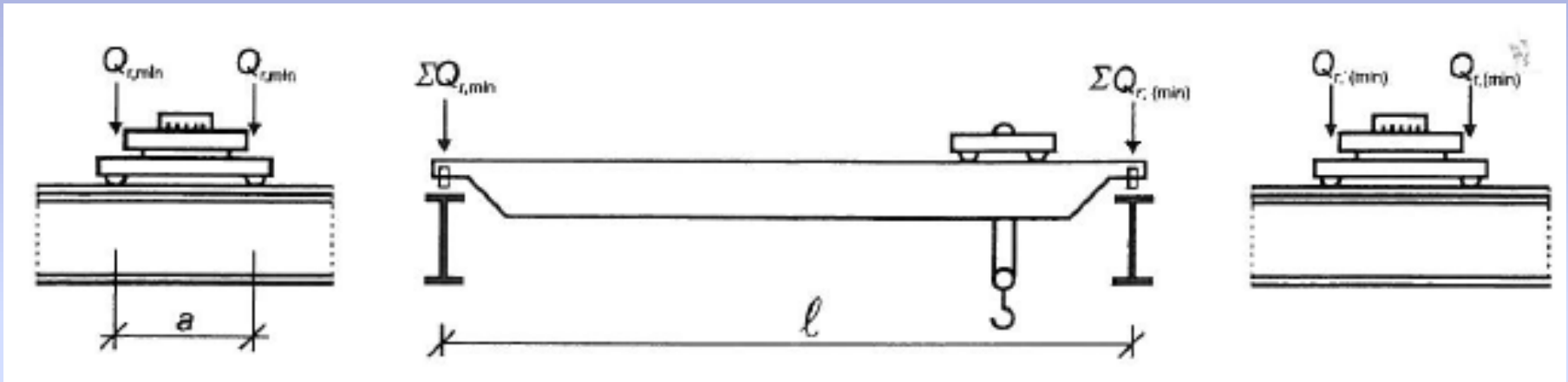
$\Sigma Q_{r,max}$ súčet max. zaťažení na jednej dráhe od zaťaženého žeriavu

$\Sigma Q_{r,(max)}$ súčet pridružených zaťažení na jednej dráhe od zať. žeriavu

$Q_{h,nom}$ nominálna tiaž dvíhaného bremena

Zvislé zaťaženia

- zaťažovacia zostava nezataženého žeriavu pre min. zaťaženie na nosník žeriavovej dráhy



$Q_{r,min}$ min. zaťaženie na koleso od nezataženého žeriavu

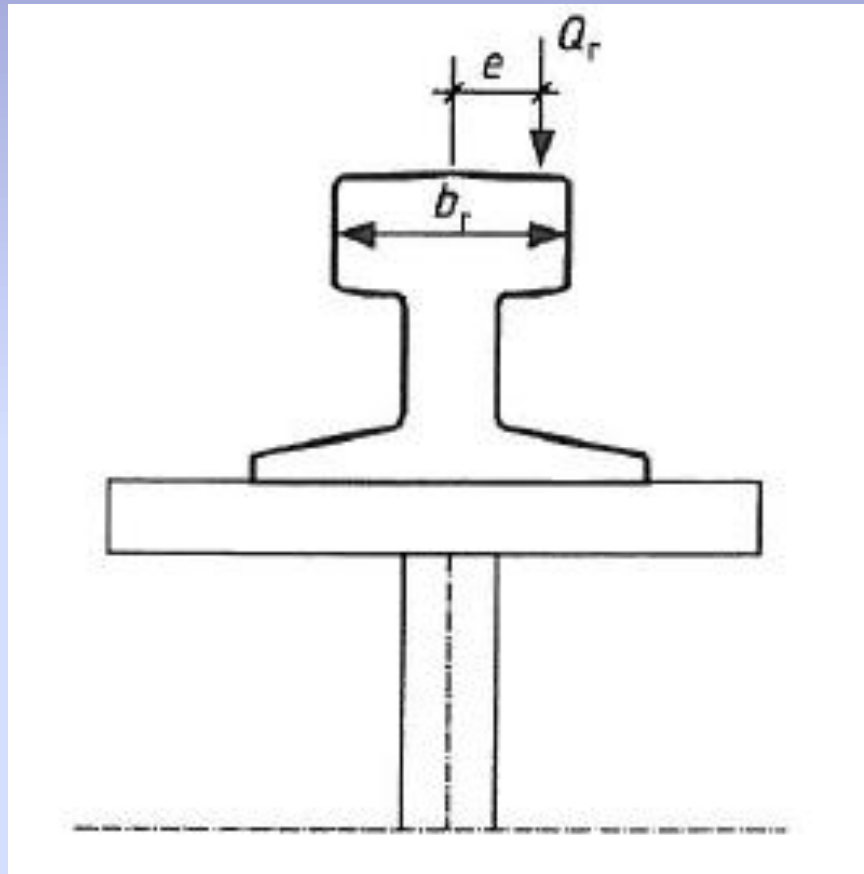
$Q_{r,(min)}$ pridružené zaťaženie na koleso od nezataženého žeriavu

$\Sigma Q_{r,min}$ súčet min. zaťažení na jednej dráhe od nezataženého žeriavu

$\Sigma Q_{r,(min)}$ súčet pridružených zaťažení na jednej dráhe od nezat'. žeriavu

Zvislé zat'azenia

- excentricita e pôsobiska zat'azenia od kolesa na koľajnicu



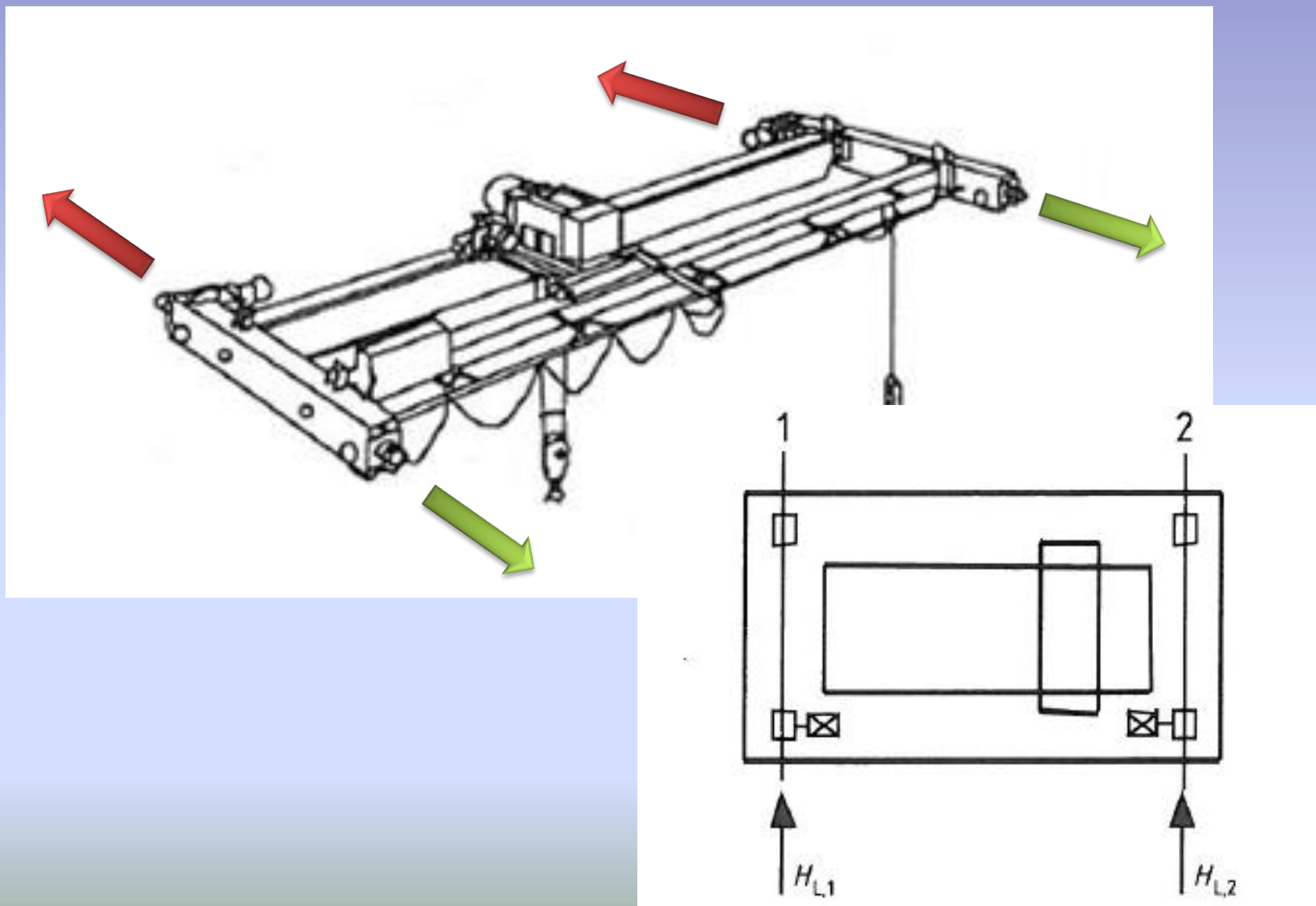
$$e = 0,25 \cdot b_r$$

Vodorovné sily od žeriavov

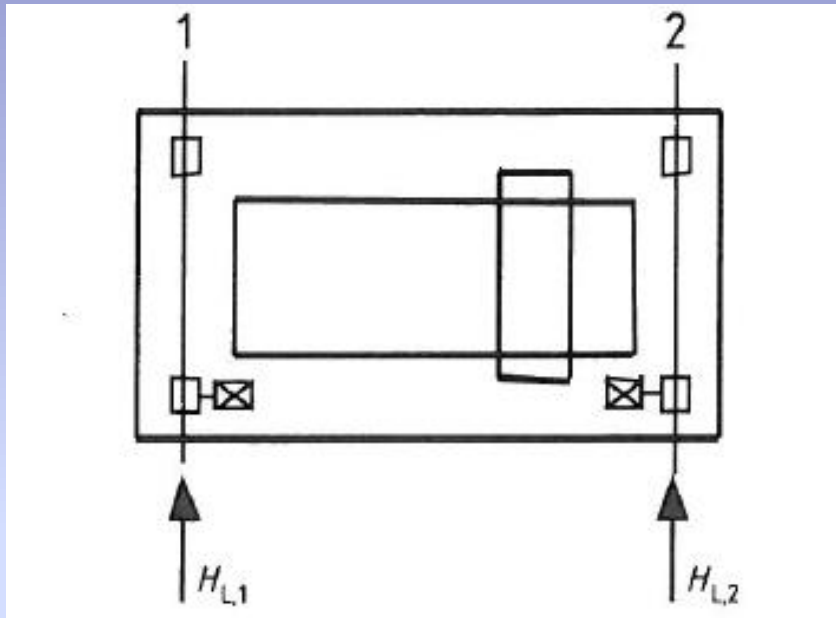
- od zrýchlenia alebo spomalenia žeriava pri jeho pohybe po nosníku žeriavovej dráhy
- od zrýchlenia alebo spomalenia mačky alebo podvesného vozíka pri jeho pohybe po moste žeriava
- od priečenia žeriavu pri jeho pohybe po nosníku žeriavovej dráhy
- sily na nárazník súvisiace s pohybom žeriava
- sily na nárazník súvisiace s pohybom mačky alebo poviesného vozíka

- v tejto skupine síl nie sú zahrnuté sily, ktoré vznikajú pri šikmom zdvíhaní od nevyváženého bremena a mačky. Vo všeobecnosti je šikmé zdvíhanie zakázané.
- malé účinky šikmého zdvíhania, ktorým sa nie je možné vyhnúť, sú zahrnuté v zotrvačných silách

Sily od zrýchlenia a spomalenia žeriavu



Sily od zrýchlenia a spomalenia žeriavu



Pozdĺžne sily $H_{L,i}$ od zrýchľovania a spomaľovania žeriava vznikajú od hnacej sily na kontaktnej ploche medzi koľajnicou a poháňaným kolesom.

$$H_{L,i} = \varphi_5 \cdot K \cdot \frac{1}{n_r}$$

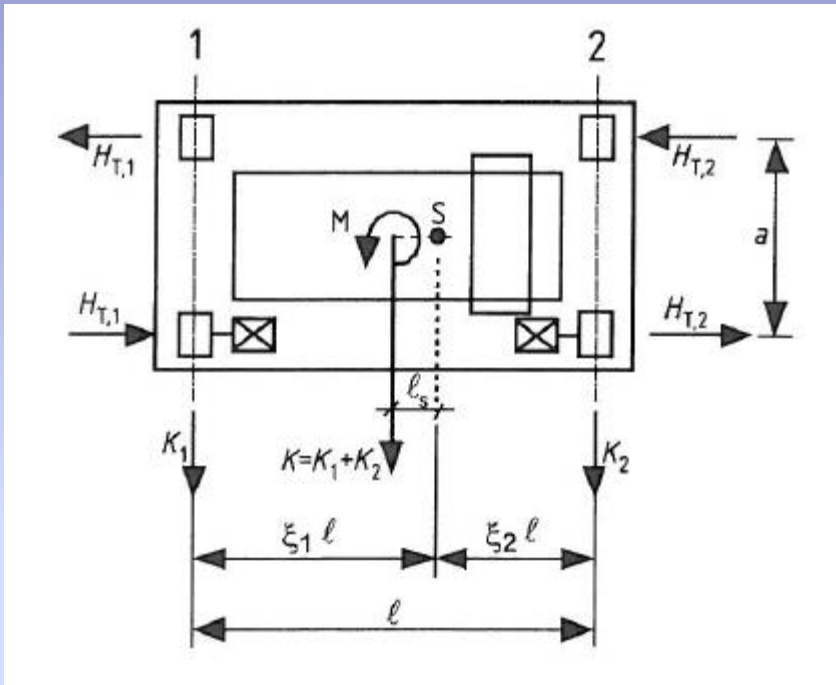
n_r počet nosníkov žeriavovej dráhy

K hnacia sila

φ_5 dynamický súčiniteľ

i číslo nosníka žeriavovej dráhy ($i = 1, 2$)

Sily od zrýchlenia a spomalenia žeriavu



Priečne vodorovné sily $H_{T,1}$ a $H_{T,2}$ sú v rovnováhe s momentom M od hnacej sily. Ten pôsobí v ťažisku hmoty.

$$H_{T,1} = \varphi_5 \cdot \xi_2 \cdot \frac{M}{a}$$

$$H_{T,2} = \varphi_5 \cdot \xi_1 \cdot \frac{M}{a}$$

$$M = K \cdot l_s = K \cdot (\xi_1 - 0,5) \cdot l$$

$$\xi_1 = \sum Q_{r,\max} / \sum Q_r$$

$$\xi_2 = 1 - \xi_1$$

$$\sum Q_r = \sum Q_{r,\max} + \sum Q_{r,(max)}$$

a rozstup kolies

l rozpätie mosta žeriava

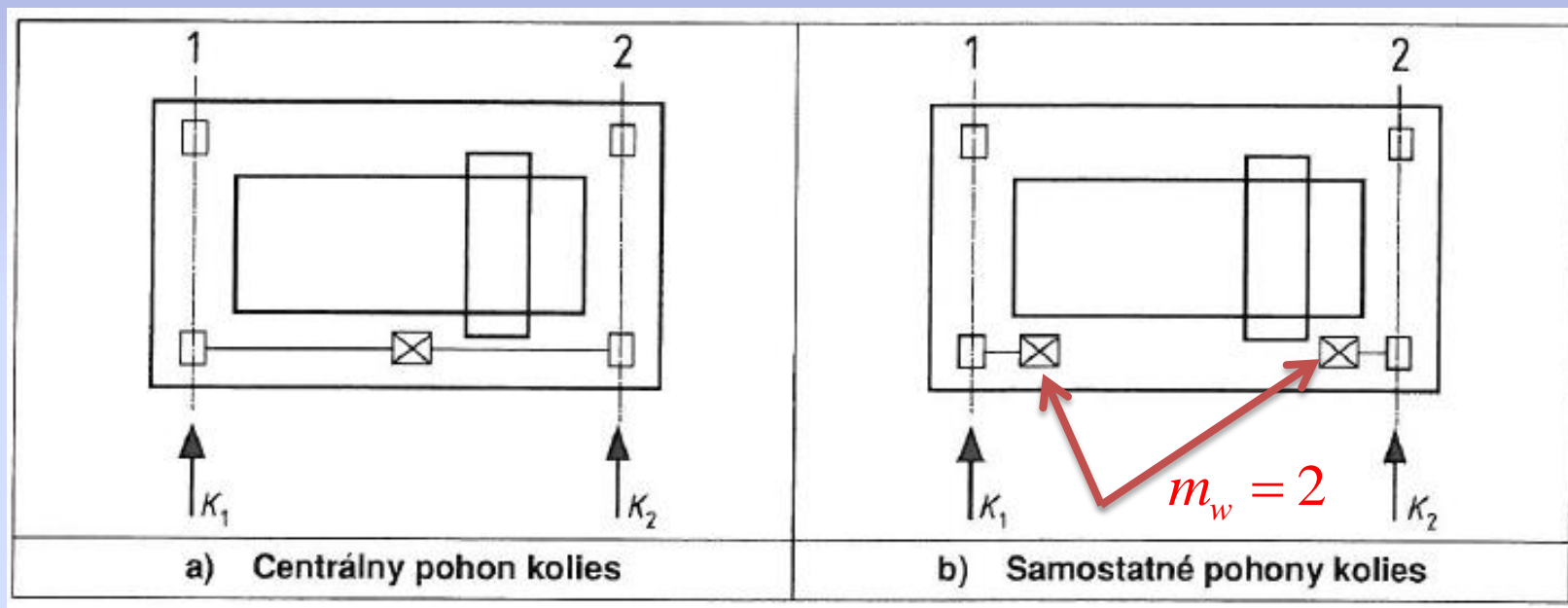
φ_5 dynamický súčiniteľ

K hnacia sila

Hnacia sila K

Pre hnané koleso sa uvažuje taká hnacia sila K, aby nedochádzalo k preklzovaniu kolesa. Ak sa nepoužíva riadiaci systém kolesa, potom je hnacia sila:

$$K = K_1 + K_2 = \mu \cdot \sum Q_{r,\min}^*$$

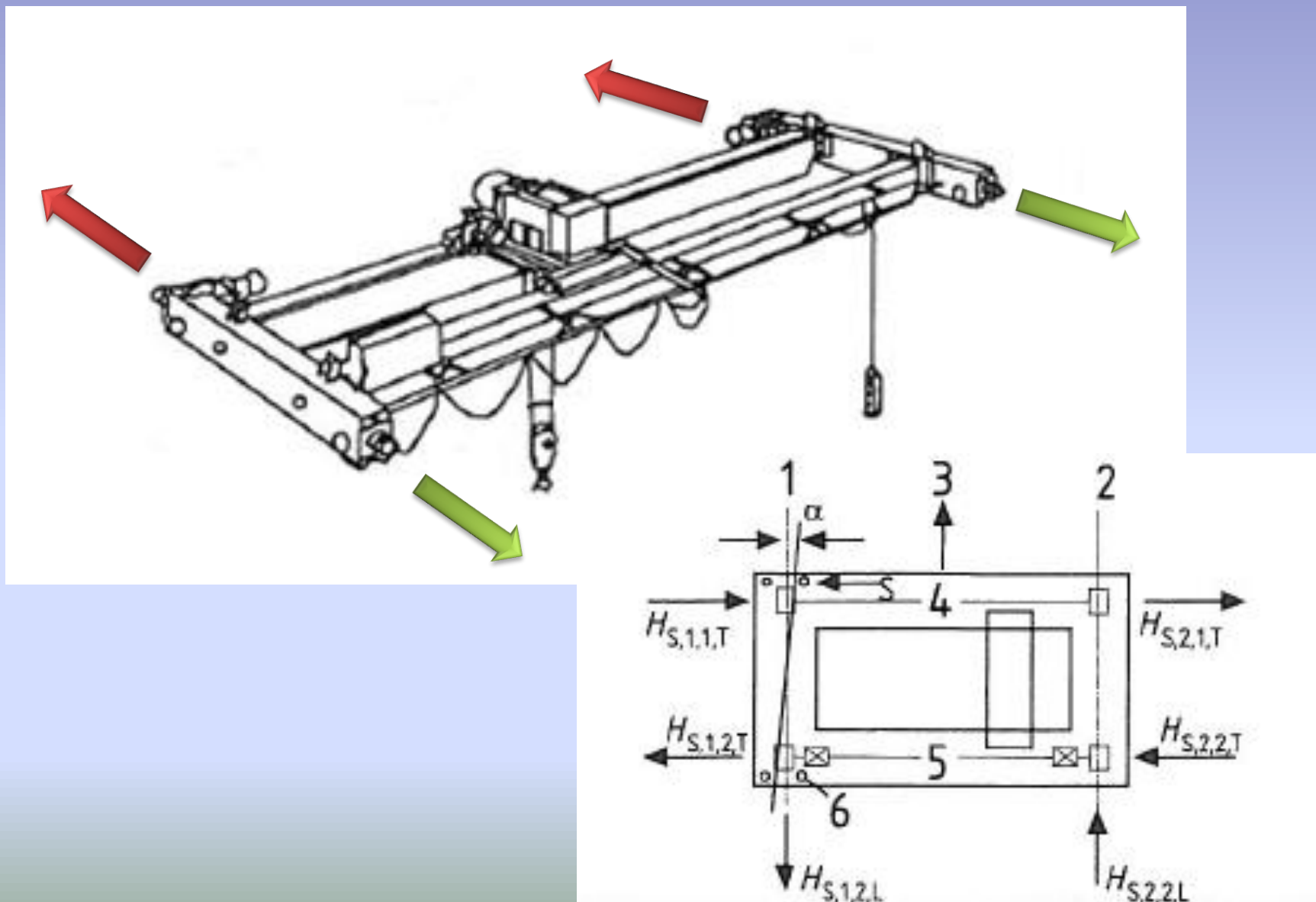


$$\sum Q_{r,\min}^* = Q_{r,\min} + Q_{r,(min)}$$

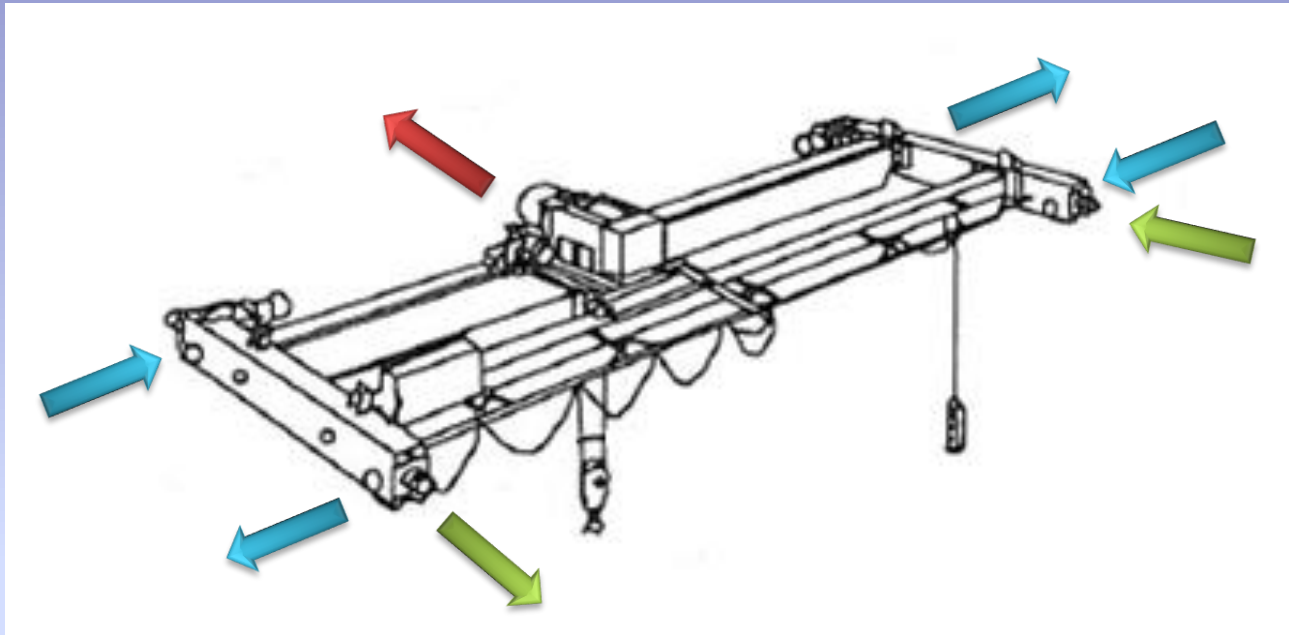
$$\sum Q_{r,\min}^* = m_w \cdot Q_{r,\min}$$

$\mu = 0,2$ (ocel' – ocel') a $\mu = 0,5$ (ocel' – guma)

Sily od priečenia žeriavu



Sily od priečenia žeriavu

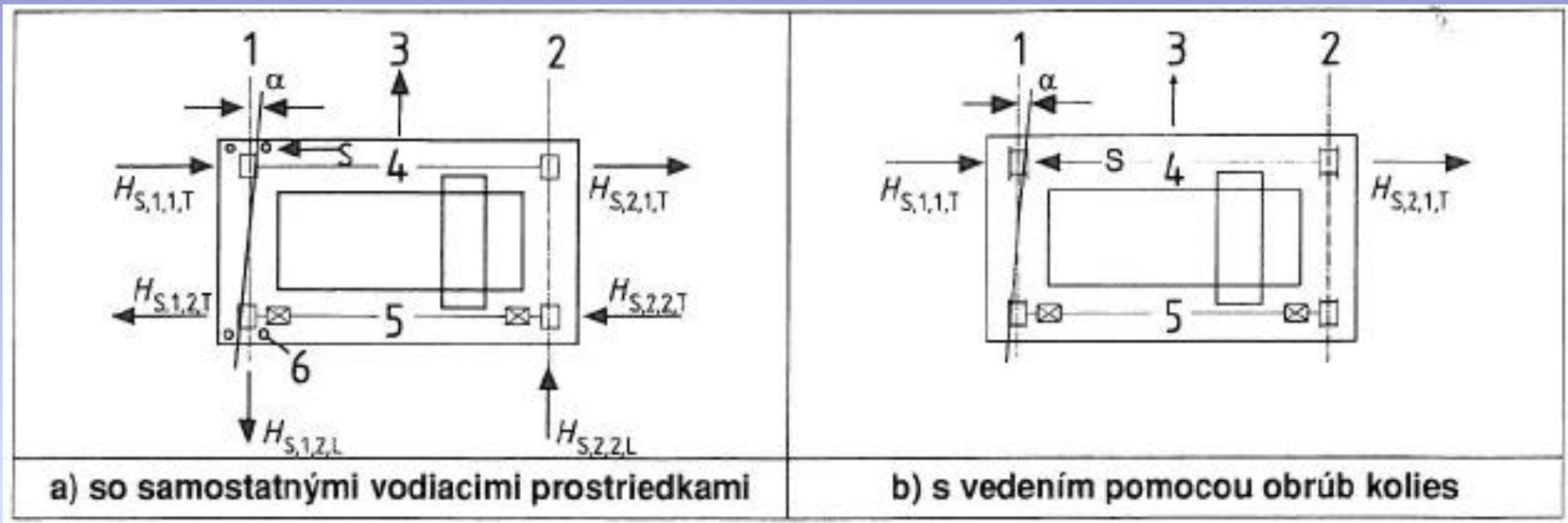


Od priečenia žeriavu vznikajú sily:

- pozdĺžne vodorovné kolesové sily,
- priečne vodorovné kolesové sily,
- vodiaca sila

Tieto sily sú vyvolané vodiacimi reakciami, ktoré nútia koleso odchyliť sa z prirodzeného voľného smeru pohybu.

Sily od priečenia žeriavu



- 1 koľajnica $i = 1$
- 2 koľajnica $i = 2$
- 3 smer pohybu
- 4 dvojica kolies $j = 1$
- 5 dvojica kolies $j = 2$
- 6 vodiace zariadenie (systém používaný na udržiavanie smeru žeriavu na žeriavovej dráhe)

Vodiaca sila od priečenia žeriavu

$$S = f \cdot \lambda_{S,j} \cdot \sum Q_r$$

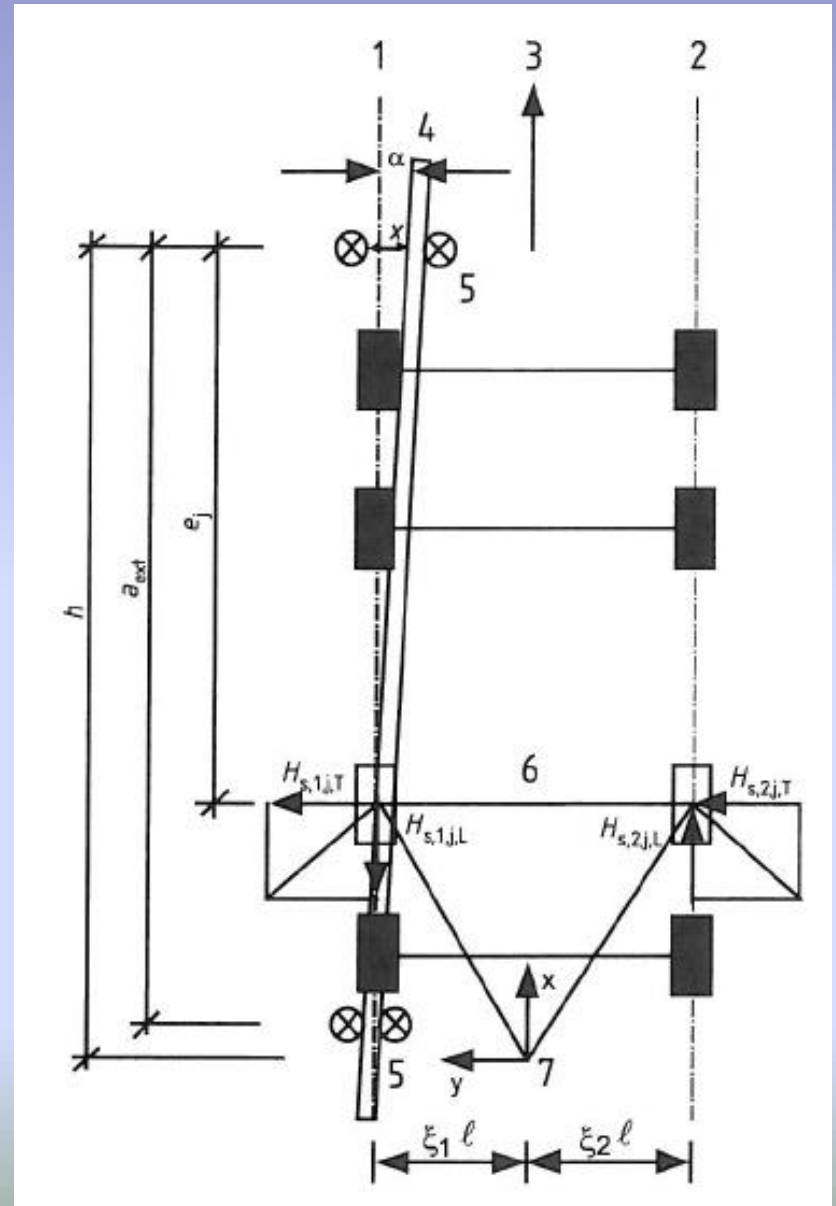
$$f = 0,3(1 - \exp(-250 \cdot \alpha)) \leq 0,3$$

f súčiniteľ reakcií pri priečení

$\lambda_{S,j}$ súčiniteľ sily

α uhol priečenia

$$\alpha = \alpha_F + \alpha_V + \alpha_O \leq 0,015 \text{ rad}$$



Vodiaca sila od priečenia žeriavu

Uhly α_i	Minimálne hodnoty α_i
$\alpha_F = \frac{0,75 \cdot x}{a_{ext}}$	$0,75 \cdot x \geq 5 \text{ mm}$ pri vodiacich kolieskach
	$0,75 \cdot x \geq 10 \text{ mm}$ pri obrubách kolies
$\alpha_V = \frac{y}{a_{ext}}$	$y \geq 0,03 \cdot b$ v mm pri vodiacich kolieskach
	$y \geq 0,10 \cdot b$ v mm pri obrubách kolies
α_0	$\alpha_0 = 0,001$

kde a_{ext} je rozstup vodiaceho zariadenia alebo obrúb kolies na vodiacej kofajnici;
 b šírka hlavy kofajnice;
 x medzera v smere pohybu medzi kofajnicou a vodiacim zariadením (skliz v priečnom smere);
 y opotrebovanie kofajnice a vodiacich prostriedkov;
 α_0 prípustná odchýlka medzi smermi koleasa a kofajnice.

Vodorovné sily od priečenia žeriavu

v pozdĺžnom smere žer. dráhy

$$H_{S,1,j,L} = f \cdot \lambda_{S,1,j,L} \cdot \sum Q_r$$

$$H_{S,2,j,L} = f \cdot \lambda_{S,2,j,L} \cdot \sum Q_r$$

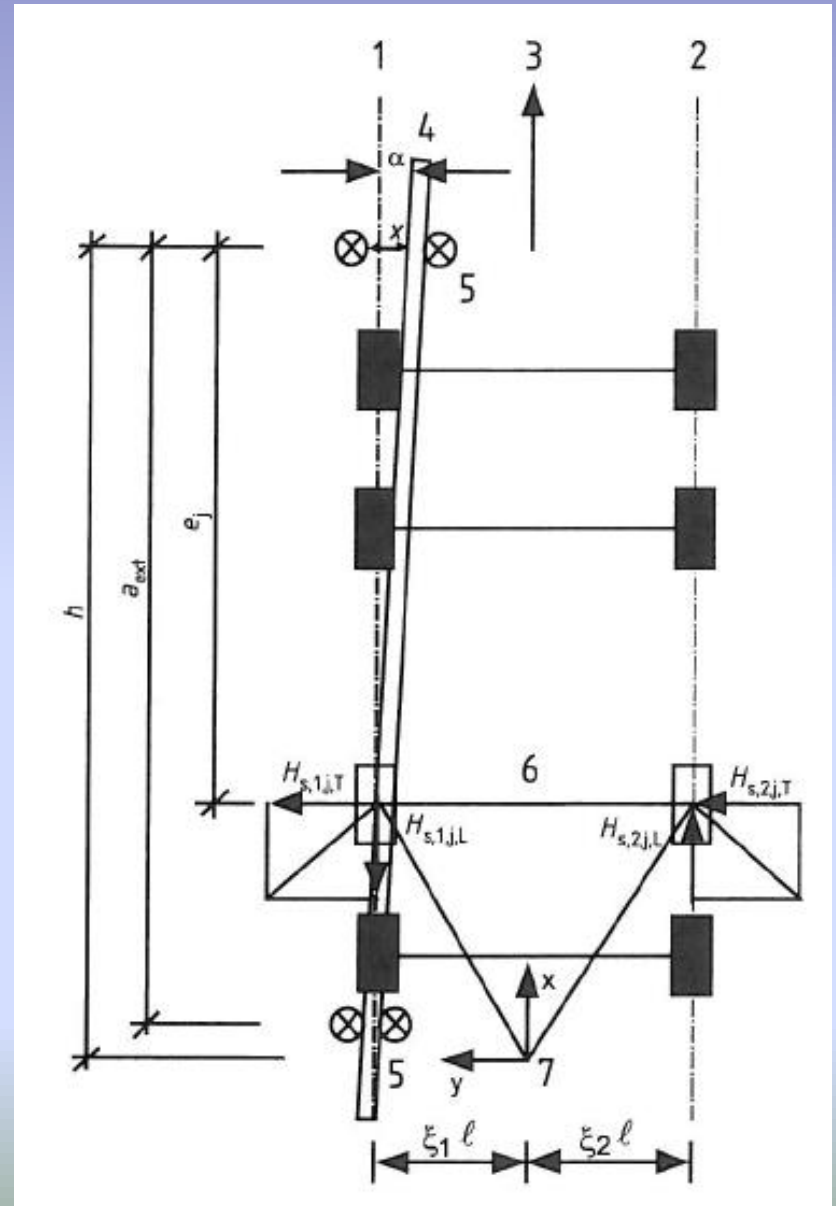
v priečnom smere žer. dráhy

$$H_{S,1,j,T} = f \cdot \lambda_{S,1,j,T} \cdot \sum Q_r$$

$$H_{S,2,j,T} = f \cdot \lambda_{S,2,j,T} \cdot \sum Q_r$$

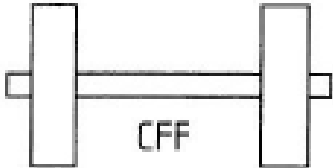
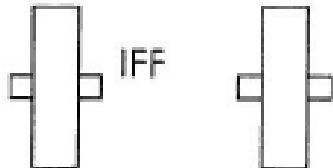
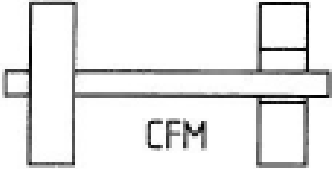
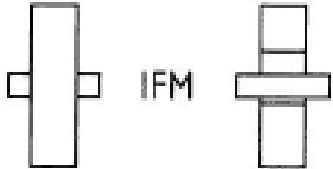
f súčiniteľ reakcií pri priečení

$\lambda_{S,i,j,L}$ a $\lambda_{S,i,j,T}$ súčinitele sily



Vodorovné sily od priečenia žeriavu

stanovenie vzdialenosti h :

Upevnenie kolies voči priečnym pohybom	Kombinácia dvojíc kolies		h
	spojené (C)	nezávislé (I)	
Pevné/Pevné FF			$\frac{m \cdot \xi_1 \cdot \xi_2 \cdot \ell^2 + \sum e_j^2}{\sum e_j}$
Pevné/Posuvné FM			$\frac{m \cdot \xi_1 \cdot \ell^2 + \sum e_j^2}{\sum e_j}$

kde h je vzdialenosť medzi okamžitým stredom krútenia a príslušným vodiacim zariadením;

m počet dvojíc spriahnutých kolies ($m = 0$ pri nezávislých dvojiciach kolies);

$\xi_1 \cdot \ell$ vzdialenosť okamžitého streda krútenia od koľajnice 1;

$\xi_2 \cdot \ell$ vzdialenosť okamžitého streda krútenia od koľajnice 2;

ℓ rozpätie žeriava;

e_j vzdialenosť dvojice kolies j od príslušného vodiaceho zariadenia.

Vodorovné sily od priečenia žeriavu

stanovenie súčiniteľov sily:

System	$\lambda_{S,j}$	$\lambda_{S,1,j,L}$	$\lambda_{S,1,j,T}$	$\lambda_{S,2,j,L}$	$\lambda_{S,2,j,T}$
CFF	$1 - \frac{\sum e_j}{n \cdot h}$	$\frac{\xi_1 \cdot \xi_2}{n} \cdot \frac{\ell}{h}$	$\frac{\xi_2}{n} \left(1 - \frac{e_j}{h}\right)$	$\frac{\xi_1 \cdot \xi_2}{n} \cdot \frac{\ell}{h}$	$\frac{\xi_1}{n} \left(1 - \frac{e_j}{h}\right)$
IFF		0	$\frac{\xi_2}{n} \left(1 - \frac{e_j}{h}\right)$	0	$\frac{\xi_1}{n} \left(1 - \frac{e_j}{h}\right)$
CFM	$\xi_2 \left(1 - \frac{\sum e_j}{n \cdot h}\right)$	$\frac{\xi_1 \cdot \xi_2}{n} \cdot \frac{\ell}{h}$	$\frac{\xi_2}{n} \left(1 - \frac{e_j}{h}\right)$	$\frac{\xi_1 \cdot \xi_2}{n} \cdot \frac{\ell}{h}$	0
IFM		0	$\frac{\xi_2}{n} \left(1 - \frac{e_j}{h}\right)$	0	0

kde n je počet dvojíc kolies;

$\xi_1 \cdot \ell$ vzdialenosť okamžitého streda krútenia od koľajnice 1;

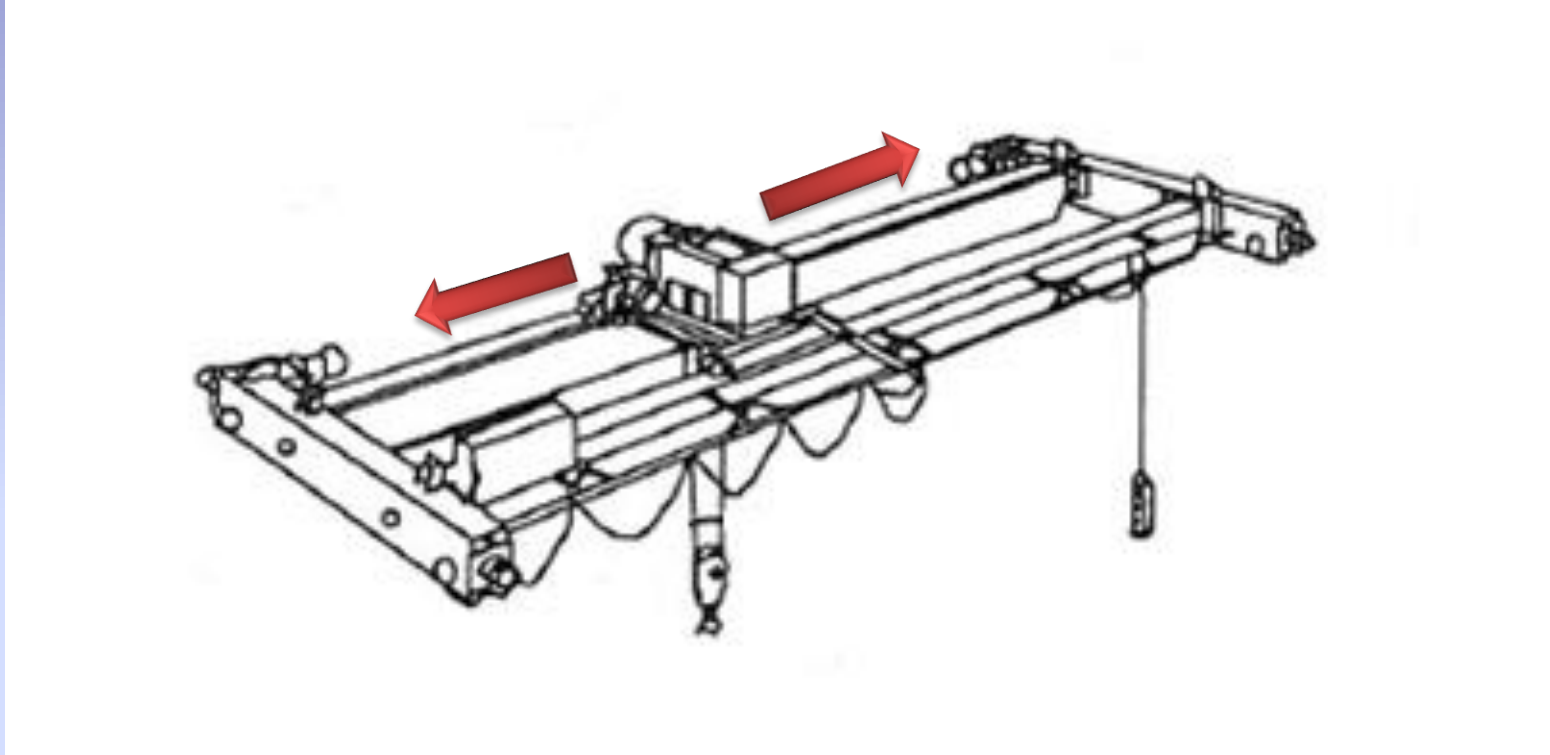
$\xi_2 \cdot \ell$ vzdialenosť okamžitého streda krútenia od koľajnice 2;

ℓ rozpätie žeriava;

e_j vzdialenosť dvojice kolies j od príslušného vodiaceho zariadenia;

h vzdialenosť medzi okamžitým stredom krútenia a príslušným vodiacim zariadením.

Sily od zrýchľovania alebo spomaľovania mačky žeriava



Vodorovné sily $H_{T,3}$ od zrýchľovanie alebo spomaľovania mačky žeriava alebo vozíka sú zahrnuté vo vodorovných silách $H_{B,2}$ (pozri mimoriadne zaťaženia).

Zat'azenie pristupovych lavok, schodist', plošin a ochrannych zabradlí

Zvislé zat'azenia:

- sila Q_k pôsobiaca na ploche 0,3 m x 0,3 m,
- tam, kde je možné uložit' materiál $Q_k = 3,0kN$
- miesta slúžiace iba pre pristup osôb $Q_k = 1,5kN$
- nosný konštrukčný prvok zat'azený zat'azeným od žeriavov $Q_k = 0,0kN$

Zvislé zat'azenia:

- vodorovná sila na ochranné zabradlie $H_k = 0,3kN$
- nosný konštrukčný prvok zat'azený zat'azeným od žeriavov $H_k = 0,0kN$

Skúšobné zaťaženia

- ak sa vykonávajú skúšky žeriavov po montáži
- používa sa dynamický súčiniteľ φ_6
- rozlišujú sa dva prípady:
 - Dynamické skúšobné zaťaženie - skúšobné zariadenie sa pohybuje rovnako, ako sa bude žeriav používať. Skúšobné zaťaženie musí mať aspoň 110% tiaže zdvíhaného bremena.

$$\varphi_6 = 0,5(1 + \varphi_2)$$

- Statické skúšobné zaťaženie - skúšobné zariadenie sa nepohybuje. Skúšobné zaťaženie musí mať aspoň 125% tiaže zdvíhaného bremena.

$$\varphi_6 = 1,0$$

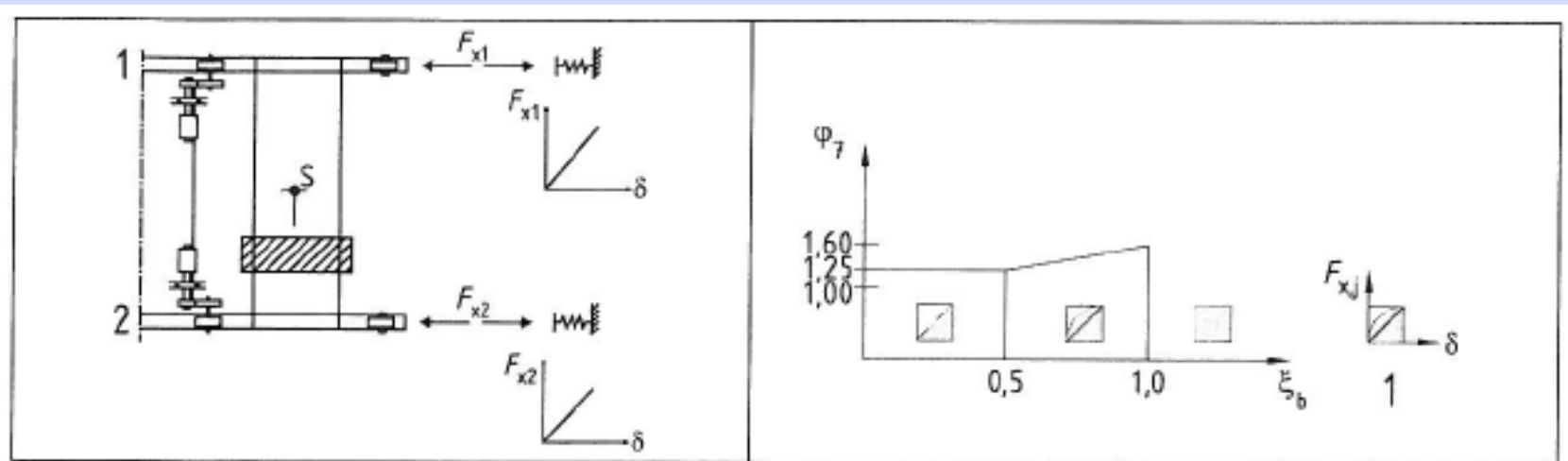
Mimoriadne zaťaženia

Sila na nárazníky od pohybu žeriava:

Sily na podperné konštrukcie od nárazu na nárazníky sa vypočítajú z kinetickej energie všetkých častí žeriava, ktorý sa pohybuje 0,7 násobkom svojej nominálnej rýchlosti:

$$H_{B,1} = \varphi_7 \cdot v_1 \cdot \sqrt{m_c \cdot S_B}$$

m_c hmotnosť žeriava
 S_B pružinová konštanta



a) Sila na nárazník

b) Charakteristika nárazníka $\xi_b = \frac{1}{F \cdot u} \cdot \int_0^u F du$

Mimoriadne zat'azhenia

Sila na nárazníky od pohybu mačky žeriava:

Za predpokladu, že sa bremeno môže voľne kývať, sa vodorovné zat'azhenie $H_{B,2}$ stanoví ako 10% súčtu tiaže zdvíhaného bremena a tiaže mačky.

V ostatných prípadoch sa postupuje rovnako ako pri $H_{B,1}$

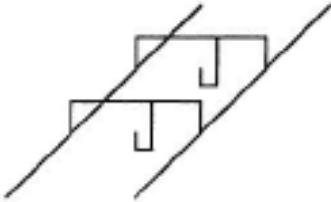
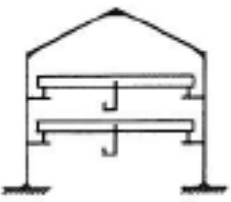
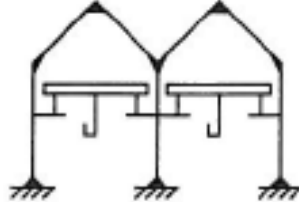
Klopiace sily:

Ak sa môže žeriav nakloniť v prípade, že bremeno alebo prostriedok na uchopenie bremien narazí na prekážku, musia sa uvážiť vzniknuté statické sily.

Zat'azenie od viacerých žeriavov

Ak viacero žeriavov musí pracovať súčasne, musia sa uvažovať ako jedno zat'aženie.

Ak niekoľko žeriavov pracuje nezávisle, stanovuje sa maximálny počet žeriavov uvažovaných ako súčasne pôsobiacich.

	Žeriavy na jednej dráhe	Žeriavy v jednom poli	Žeriavy vo viacpoľových budovách	
				
Zvislé zaťaženie od žeriavov	3	4	4	2
Vodorovné zaťaženie od žeriavov	2	2	2	2

Únavové zaťaženie

Potreba zohľadniť prevádzkové podmienky rozdelenia tiaže zdvíhaných bremien a účinky zmeny polohy žeriava.

Ak sú k dispozícii dostatočné informácie o prevádzkových podmienkach určí sa únavové zaťaženie podľa STN EN 13001 a STN EN 1993-1-9.

V ostatných prípadoch sa použije zjednodušená metóda. Pri bežných prevádzkových podmienkach sa únavové zaťaženie vyjadruje pomocou ekvivalentného zaťaženia pre poškodenie únavou Q_e .

$$Q_e = \varphi_{fat} \cdot \lambda_1 \cdot Q_{\max,i}$$

$Q_{\max,i}$

max. hodnota char. zvislého zaťaženia kolesa

$$\lambda_i = \lambda_{1,i} \cdot \lambda_{2,i}$$

súčiniteľ ekvivalentného poškodenia

$$\varphi_{fat,1} = \frac{1 + \varphi_1}{2}$$

$$\varphi_{fat,2} = \frac{1 + \varphi_2}{2}$$

Únavové zaťaženie

$$\lambda_{1,i} = \sqrt[m]{kQ} = \left[\sum_j \left(\left(\frac{\Delta Q_{i,j}}{\max \Delta Q_i} \right)^m \cdot \frac{n_{i,j}}{\sum n_{i,j}} \right) \right]^{1/m}$$

$$\lambda_{2,i} = \sqrt[m]{v} = \left[\frac{\sum_j n_{i,j}}{N} \right]^{1/m}$$

Triedy S	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉
normálové napätia	0,198	0,250	0,315	0,397	0,500	0,630	0,794	1,00	1,260	1,587
šmykové napätia	0,379	0,436	0,500	0,575	0,660	0,758	0,871	1,00	1,149	1,320

POZNÁMKA 1. – Na určenie hodnôt λ sa použili normalizované spektrá s Gaussovým rozdelením zaťažovacích účinkov, Minerovo pravidlo a krivky únavovej pevnosti so sklonom $m = 3$ pre normálové napätia a $m = 5$ pre šmykové napätia.

POZNÁMKA 2. – Ak údaje o žeriave neobsahujú zatriedenie žeriava, v prílohe B je uvedené zatriedenie podľa použitia.

Únavové zaťaženie

Trieda zaťažovacieho spektra		Q_0	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4	Q_5
		$kQ \leq 0,0313$	$0,0313 < kQ \leq 0,0625$	$0,0625 < kQ \leq 0,125$	$0,125 < kQ \leq 0,25$	$0,25 < kQ \leq 0,5$	$0,5 < kQ \leq 1,0$
Trieda celkového počtu cyklov							
U_0	$C \leq 1,6 \times 10^4$	S_0	S_0	S_0	S_0	S_0	S_0
U_1	$1,6 \times 10^4 < C \leq 3,15 \times 10^4$	S_0	S_0	S_0	S_0	S_0	S_1
U_2	$3,15 \times 10^4 < C \leq 6,30 \times 10^4$	S_0	S_0	S_0	S_0	S_1	S_2
U_3	$6,30 \times 10^4 < C \leq 1,25 \times 10^5$	S_0	S_0	S_0	S_1	S_2	S_3
U_4	$1,25 \times 10^5 < C \leq 2,50 \times 10^5$	S_0	S_0	S_1	S_2	S_3	S_4
U_5	$2,50 \times 10^5 < C \leq 5,00 \times 10^5$	S_0	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5
U_6	$5,00 \times 10^5 < C \leq 1,00 \times 10^6$	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6
U_7	$1,00 \times 10^6 < C \leq 2,00 \times 10^6$	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7
U_8	$2,00 \times 10^6 < C \leq 4,00 \times 10^6$	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8
U_9	$4,00 \times 10^6 < C \leq 8,00 \times 10^6$	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9

kde kQ je súčiniteľ zaťažovacieho spektra pre všetky činnosti žeriava;

C celkový počet pracovných cyklov počas návrhovej životnosti žeriava.

POZNÁMKA. – Triedy S sú členené podľa parametra histórie napätí s v EN 13001-1, ktorý sa definuje ako $s = v \cdot k$

kde k je súčiniteľ spektra napätí;

v pomer počtu napäťových cyklov C vzťahnutých k $2,0 \times 10^6$ napäťovým cyklom.

Zatriedenie je založené na celkovej životnosti 25 rokov.

Kombinácie zaťažení

Pri kombinácií zaťažení spôsobených prevádzkou žeriava s inými premennými zaťažzeniami sa rozlišujú dva prípady:

- vonkajšie žeriavové dráhy umiestnené mimo budovy
 - charakteristické zaťaženie vetrom na konštrukciu žeriava a zdvíhacie zariadenie sa stanovuje ako charakteristická sila F_{wk} ,
- žeriavové dráhy vo vnútri budov
 - klimatickým podmienkam odolávajú budovy a ich konštrukčné prvky

Kombinácie zaťažení - parc. súčinitele

Zaťaženie	Značka	Situácia	
		P/T	A
Stále zaťaženia od žeriavov			
– nepriaznivé	$\gamma_{G\ sup}$	1,35	1,00
– priaznivé	$\gamma_{G\ inf}$	1,00	1,00
Premenné zaťaženia od žeriavov			
– nepriaznivé	$\gamma_{Q\ sup}$	1,35	1,00
– priaznivé	$\gamma_{Q\ inf}$		
so žeriavom		1,00	1,00
bez žeriava		0,00	0,00
Ostatné premenné zaťaženia	γ_Q		
– nepriaznivé		1,50	1,00
– priaznivé		0,00	0,00
Mimoriadne zaťaženia	γ_A		1,00

P – Trvalá situácia

T – Dočasná situácia

A – Mimoriadna situácia

Kombinácie zaťažení - reprezentatívne hodnoty

Zaťaženie	Značka	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Samostatný žeriav alebo skupina zaťažení vyvolaných žeriavmi	Q_r	1,0	0,9	*

* pomer medzi stálym zaťažením od žeriava a celkovým zaťažením od žeriava

Pre medzné stavy použiteľnosti sa parciálne súčinitele uvažujú hodnotou 1,0!

Zat'azenia vyvolané strojmi

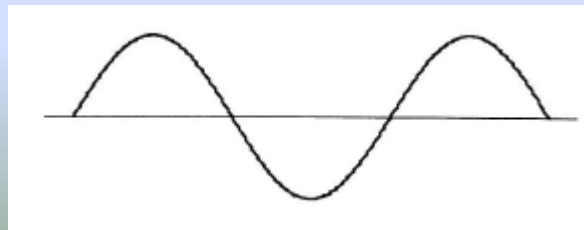
- konštrukcie, na ktorých sú umiestnené rotačné stroje vyvolávajúce dynamické účinky v jednej alebo viacerých rovinách
- menšie stroje (tiaž do 5 kN a výkon do 50 kW) sa zahŕňajú do úžitkového zat'azenia - práčky, malé ventilátory, ...
- klasifikovanie zat'azení vyvolaných strojmi:
 - stále
 - vlastná tiaž rotorov a konštrukcie stroja
 - vlastná tiaž kondenzátorov
 - tiaž vodných náplní
 - zat'azenie z podtlaku pri turbínach
 - budiace krútiace momenty strojov
 - sily trenia v ložiskách od tepelnej rozťažnosti
 - zat'azenia vyvolané plynom - prúdenie a tlak plynu
 - premenné
 - periodicky meniace sa sily v uložení - vplyv excentricity rotujúcich častí
 - nevyvážená zotrvačné sily alebo momenty
 - sily a momenty, ktoré vznikajú vplyvom zapínania a vypínania stroja

Zat'azenia vyvolané strojmi

- klasifikovanie zat'azení vyvolaných strojmi:
 - mimoriadne
 - mimoriadne zväčšenie excentricity hmotností - zlomenie brzd, prasknutie osí pohyblivých častí,...
 - skrat ale nesynchronnosť generátorov a strojov
 - nárazové javy v potrubíach pri zastavovaní procesu
- Návrhové situácie - overenie požiadaviek:
 - prevádzkové podmienky stroja musia byť v súlade s požiadavkami
 - mimoriadne zat'azenie nesmie poškodzovať konštrukciu a základy
 - rušivé vplyvy nesmú prekračovať prijateľné medze
 - nesmú byť prekročené medzné stavy:
 - únosnosti
 - použiteľnosti
 - únavy

Reprezentácia zaťaženií

- Charakter zaťaženií:
 - statické účinky
 - statické účinky stroja
 - statické účinky konštrukcie
 - dynamické účinky
 - určujú sa s uvážením interakcie medzi budením vyvolaným strojom a konštrukciou
 - premenné zaťaženia
 - dynamický výpočet s vhodne zvoleným výpočtovým modelom kmitajúceho systému
 - môžu sa zanedbať, ak nie sú významné
- Modelovanie dynamických zaťaženií:
 - dyn. zaťaženia strojov len s rotujúcimi časťami pozostávajú s periodicky meniacich sa síl - sínusová funkcia



Charakteristické hodnoty

- Podklady od výrobcu stroja:
 - zaťažovacia schéma - umiestnenie, veľkosti a smery všetkých zaťažení
 - počet otáčok stroja za minútu
 - kritické otáčky stroja
 - vonkajšie rozmery základov
 - hmotný moment zotrvačnosti stroja
 - detaily uloženia a ukotvenia
 - usporiadanie potrubí, vedení, ...
 - teploty v rôznych zónach počas prevádzky
 - dovolené premiestnenia v miestach uloženia stroja počas prevádzky

Presnosť vyváženia stroja

- Trvalá situácia
 - stroj je dobre vyvážený
 - zhoršenie vyváženia stroja - akceptovateľné pre prevádzku
 - do stavu nevyváženia sa na konštrukcii nesmú vyskytnúť žiadne nežiaduce kmitania
 - musia byť splnené podmienky týkajúce sa úrovne vibrácií
- Mimoriadna situácia
 - vyváženie stroja je úplne porušené mimoriadnou situáciou
 - vypnutie stroja
 - požiadavky na pevnosť proti pôsobeniu dynamických síl

Kritéria používateľnosti

- Kritéria sa vzťahujú na vibračné pohyby:
 - osi strojov a ich ložísk
 - krajných bodov konštrukcie a stroja
- Charakteristické pohyby:
 - amplitúda premiestnenia A
 - amplitúda rýchlosti $A \cdot \omega$
 - amplitúda zrýchlenia $A \cdot \omega^2$