



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

HALA PRO STROJÍRENSKOU VÝROBU

HALL FOR ENGINEERING PRODUCTION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jaroslav Slezák

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. MARCELA KARMAZÍNOVÁ,
CSc.

BRNO 2022



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R013 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Jaroslav Slezák
Název	Hala pro strojírenskou výrobu
Vedoucí práce	prof. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.
Datum zadání	30. 11. 2021
Datum odevzdání	27. 5. 2022

V Brně dne 30. 11. 2021

prof. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

1. Předběžná dispozice objektu - příčný řez, půdorys
2. Literatura a další zdroje (vč. on-line zdrojů) podle doporučení vedoucí bakalářské práce

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Vypracujte statický a konstrukční návrh ocelové nosné konstrukce dvoulodní haly pro strojírenskou výrobu obdélníkového půdorysu o šířce cca 32 m (20 + 12 m) a délce cca 60 m (s případnou nutnou úpravou rozměru v průběhu řešení v návaznosti na podrobnější specifikaci požadavků na výrobu). V hlavní lodi o rozpětí 20 m pojíždí jeden mostový jeřáb nosnosti 5 t. Hala je situována v okrajové části města Rajhrad.

V rámci řešení vypracujte technickou zprávu, statický výpočet a výkresovou dokumentaci v rozsahu podle pokynů vedoucí bakalářské práce.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).
2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

prof. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRACT

The aim of the bachelor thesis was to design and assess a steel two-nave hall for engineering production in Rajhrad. The hall has a rectangular plan with a width of 32 m (20 m and 12 m) and a length of 63 m. The total height of the main nave is 13.5 m. One bridge crane with a capacity of 5 t and a span of 19 m runs in the hall. The building is to be covered with a gable roof with a pitch of 5 %. The modular spacing of the main trusses is 6 m. The superstructure consists of truss girders, full-wall columns, bracings and full-wall purlins. The RFEM program was used to determine the internal forces on the individual structural elements.

KEYWORDS

Bachelor thesis, steel structure of the hall, bridge crane, crane runway, truss girder, main truss, purlin, bracing, column anchorage, steel

ABSTRAKT

Cílem bakalářské práce bylo provést návrh a posouzení ocelové dvoulodní haly pro strojírenskou výrobu v Rajhradě. Hala má obdélníkový půdorys o šířce 32 m (20 m a 12 m) a délce 63 m. Celková výška hlavní lodě je 13,5 m. V hale pojíždí jeden mostový jeřáb o nosnosti 5 t a rozpětí 19 m. Objekt bude zastřešen sedlovou střechou se sklonem 5 %. Modulová vzdálenost příčných vazeb je 6 m. Nosná konstrukce je tvořena příhradovými vazníky, plnostěnnými sloupy, ztužidly a plnostěnnými vaznicemi. Pro stanovení vnitřních sil na jednotlivých konstrukčních prvcích byl využit program RFEM.

KLÍČOVÁ SLOVA

bakalářská práce, ocelová konstrukce haly, mostový jeřáb, jeřábová dráha, příhradový vazník, příčná vazba, vaznice, ztužidlo, kotvení, ocel

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Jaroslav Slezák *Hala pro strojírenskou výrobu*. Brno, 2022. 6 s., 79 s. příl.

Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce prof. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Hala pro strojírenskou výrobu* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 27. 5. 2022

Jaroslav Slezák
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Hala pro strojírenskou výrobu* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 27. 5. 2022

Jaroslav Slezák
autor práce



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

HALA PRO STROJÍRENSKOU VÝROBU

HALL FOR ENGINEERING PRODUCTION

A – TECHNICKÁ ZPRÁVA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jaroslav Slezák

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. MARCELA KARMAZÍNOVÁ, CSc.

BRNO 2022

Obsah

1. ÚVOD.....	3
2. NORMY A REFERENČNÍ DOKUMENTY	3
3. MATERIÁLY	3
4. ZATÍŽENÍ	3
4.1. ZATÍŽENÍ STÁLÉ.....	4
4.2. ZATÍŽENÍ PROMĚNNÉ	4
5. HLAVNÍ KONSTRUKČNÍ PRVKY.....	4
5.1. VAZNICE	4
5.2. VAZNÍK	4
5.2.1. HLAVNÍ LOŽ	4
5.2.2. VEDLEJŠÍ LOŽ	5
5.3. JEŘÁBOVÁ DRÁHA.....	5
5.4. SLOUPY	5
5.5. ZTUŽIDLA.....	6
5.5.1. STŘEŠNÍ ZTUŽIDLA	6
5.5.2. STĚNOVÁ ZTUŽIDLA.....	6
5.5.3. PODÉLNÉ SVISLÉ ZTUŽIDLO.....	6
5.5.4. OKAPOVÉ ZTUŽIDLO	6
6. POVRCHOVÁ ÚPRAVA KONSTRUKCE	7
7. DOPRAVA A MONTÁŽ.....	7
8. ZÁVĚR	7

1. Úvod

Cílem bakalářské práce bylo provést konstrukční návrh a statický výpočet hlavních konstrukčních prvků dvoulodní ocelové výrobní haly obdélníkového půdorysu. Celková šířka haly je 32 m, přičemž první loď má šířku 20 m a druhá loď šířku 12 m. Celková délka haly je 63 m. Výška v nejvyšším místě činí 14,9 m. V hlavní lodi pojíždí jeden mostový jeřáb o nosnosti 5 t. Výrobní hala bude zastřešena sedlovou střechou se sklonem 5 %. Hřeben se nachází v polovině hlavní lodi. Modul haly je 6 m. Objekt je umístěn na okraji průmyslové zóny města Rajhrad.

2. Normy a referenční dokumenty

Nosná ocelová konstrukce dvoulodní haly s jeřábovou dráhou byla navržena v souladu s platnými normami:

- ČSN EN 1990 Zásady navrhování konstrukcí
- ČSN EN 1991-1-1 Zatížení konstrukcí – Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užité zatížení pozemních staveb
- ČSN EN 1991-1-3 Zatížení konstrukcí – Zatížení sněhem
- ČSN EN 1991-1-4 Zatížení konstrukcí – Zatížení větrem
- ČSN EN 1991-3 Zatížení od jeřábu a strojního zařízení
- ČSN EN 1993-1-1 Navrhování ocelových konstrukcí – Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- ČSN EN 1993-1-5 Navrhování ocelových konstrukcí – Boulení stěn
- ČSN EN 1993-1-8 Navrhování ocelových konstrukcí – Navrhování styčníků
- ČSN EN 1993-1-9 Navrhování ocelových konstrukcí – Únava
- OH 73 2615 Směrnice pro kotvení ocelových konstrukcí

3. Materiály

Nosná konstrukce haly je navržena z oceli pevnostní třídy S355. Spoje konstrukčních prvků budou z větší části svařované koutovými svary. U spojů jeřábové dráhy je nutno provést úpravu svaru žíháním, které snižuje úroveň zbytkových napětí. Pro případné šroubové spoje budou použity materiály pevnostní třídy 5.6 nebo 8.8.

4. Zatížení

Pro výpočet účinků zatížení byl použit program RFEM. Do programu byly zadány hodnoty zatížení v charakteristických hodnotách. Následně byly vygenerovány kombinace zatížení dle ČSN EN 1990 Zásady navrhování konstrukcí, pro stanovení maximálních vnitřních sil.

4.1. Zatížení stálé

Vlastní tíha konstrukce byla započítána přímo v RFEMu. Střešní plášť byl uvažován jako ostatní stálé zatížení s charakteristickým zatížením $0,1173 \text{ kN/m}^2$.

4.2. Zatížení proměnné

Objekt haly se nachází v Rajhradě. Pro danou lokalitu, dle mapy sněhových oblastí ČR, je zatížení sněhem v oblasti I., $s_k=0,7 \text{ kPa}$.

Výchozí základní rychlost větru pro tuto lokalitu, byla určena dle mapy větrných oblastí na území ČR. Jedná se o oblast II., $v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$.

5. Hlavní konstrukční prvky

5.1. Vaznice

Vaznice jsou navrženy z plnostěnných válcovaných profilů HEB 160. Osová vodorovná vzdálenost vaznic u hlavního vazníku 3,3 respektive 3,4 m. U vedlejšího vazníku je osová vodorovná vzdálenost vaznic po 3 m. Spojení vaznice se střešním pláštěm je považován za tuhý

5.2. Vazník

5.2.1. Hlavní loď

Vazník je navržen jako příhradový vazník sedlového tvaru o rozpětí 20 m. Výška vazníku uprostřed je 2,3 m. Horní pás je ve sklonu 5 %. Spodní pás vazníku je vodorovný. Osová vzdálenost vazníků je 6 m. Zatížení přenášejí prostřednictvím podélného svislého a okapového ztužidla a vaznic, které jsou přiroubované k horní pásnici horního pásu vazníku. Vazník je tvořen horním a dolním pásem, svislicemi a diagonálami. Horní pás je navržen z plnostěnného válcovaného nosníku HEA 120. Stabilita horního pásu je zajištěna vaznicemi. Dolní pás je navržen z uzavřeného kruhového profilu RO 101,6x6,3. Stabilita dolního pásu je zajištěna podélnými svislými ztužidly ve vzdálenosti 6,6 m od kraje vazníku. Vzpěrná délka je tedy 7,059 m. Krajiní diagonály jsou navrženy z uzavřeného kruhového profilu RO 101,6x6,3. Vnitřní diagonály jsou navrženy z uzavřeného kruhového profilu RO 76,1x5. Svislice jsou navrženy uzavřeného kruhového profilu RO 48,3x4. Připojení svislic i diagonál k hornímu a dolnímu pásu ve styčnicích je provedeno koutovým svarem po celém obvodu připojovaného prvku. Osová vzdálenost styčniců je shodná s osovou vzdáleností vaznic, to je 3,3 respektive 3,4 m. Uložení vazníku na sloup je provedeno kloubově v úrovni horního pásu.

5.2.2. Vedlejší loď

Vazník je navržen jako příhradový o rozpětí 12 m. Výška vazníku uprostřed je 1,802 m. Horní pás i dolní pás jsou ve sklonu 5 %. Osová vzdálenost vazníků je 6 m. Vazník vedlejší lodi navazuje průběžně na vazník hlavní lodi. Zatížení přenáší prostřednictvím podélného svislého a okapového ztužidla a vaznic, které jsou přiroubované k horní pásnici horního pásu vazníku. Vazník je tvořen horním a dolním pásem, svislicemi a diagonálami. Horní pás je navržen z plnostěnného válcovaného nosníku HEA 120. Stabilita horního pásu je zajištěna vaznicemi. Dolní pás je navržen z uzavřeného kruhového profilu RO 101,6x6,3. Stabilita dolního pásu je zajištěna podélným svislým ztužidlem uprostřed vazníku. Vzpěrná délka je tedy 6,583 m. Krajiní diagonály jsou navrženy z uzavřeného kruhového profilu RO 101,6x6,3. Vnitřní diagonály jsou navrženy z uzavřeného kruhového profilu RO 76,1x5. Svislice jsou navrženy uzavřeného kruhového profilu RO 48,3x4. Připojení svislic i diagonál k hornímu a dolnímu pásu ve styčnicích je provedeno koutovým svarem po celém obvodu připojovaného prvku. Osová vzdálenost styčnic je shodná s osovou vzdáleností vaznic, to je 3 m. Uložení vazníku na sloup je provedeno kloubově v úrovni horního pásu.

5.3. Jeřábová dráha

Ve výrobní hale, konkrétně v hlavní lodi je umístěn mostový jeřáb o nosnosti 5 t. Rozpětí jeřábu je 19 m. Rozpětí jeřábové dráhy je 6 m. Hlavní nosník jeřábové dráhy je z plnostěnného válcovaného profilu HEB 300 a je uložen na konzolách sloupů. Na horní pásnici nosníku je průběžně připevněna kolejnice z profilu 30x50. Hlavní nosník přenáší svislá zatížení od mostového jeřábu do sloupů a podélné zatížení způsobené brzděním a rozjezdem jeřábu do stěnových ztužidel. S ohledem na nosnost jeřábu a rozpětí jeřábové dráhy není nutné navrhovat vodorovný výztužný nosník. Hlavní nosník vyhovuje i na účinky příčení a brzdění.

5.4. Sloupy

Sloupy tvoří spolu s vazníky příčnou vazbu. Jsou navrženy z plnostěnných válcovaných nosníků HEB 400. Modulová vzdálenost sloupů, respektive příčných vazeb je 6 m. Příčná osová vzdálenost sloupů je 20 m v hlavní lodi a 12 m ve vedlejší lodi. V příčném směru jsou sloupy vetknuty do základu, ve směru podélném se uvažuje kloubové uložení. Největší výška sloupu je 13,5 m (8,4 m + 5,1 m). Vnější sloupy ve vedlejší lodi mají výšku 12,812 m. Kotvení sloupů je provedeno pomocí 4 zabetonovaných kotevních šroubů s kotevní hlavou M48x3. Půdorysné rozměry patního plechu jsou 430x800 mm a tloušťka 15 mm. Výška průřezu patky je 300 mm. Svislá stěna patky bude z plechu tl. 15 mm, tloušťka výztuh v horní části patky pak tl. 10 mm. Kotevní příčníky jsou navrženy jako dvojice válcovaných profilů U 100.

5.5. Ztužidla

Střešní a stěnová ztužidla jsou umístěna mezi sloupy v řadě 5 a 6.

5.5.1. Střešní ztužidla

Střešní ztužidlo je tvořené horními pásy příhradových vazníků, mezi které jsou navrženy diagonály přenášející jak tahové, tak tlakové účinky zatížení. Diagonály jsou navrženy z uzavřeného kruhového profilu RO 76,1x4 a jsou připojeny koutovými svary ke spodním pásnicím vaznic.

5.5.2. Stěnová ztužidla

Jsou tvořena sloupy, mezi kterými jsou přidány diagonály a vodorovných prutů. Vodorovný prut se nachází v úrovni jeřábové dráhy. Dále se nachází ve třetinách části sloupu pod jeřábovou dráhou a v polovině délky části sloupu nad jeřábovou dráhou. Ztužidlo přenáší mimo účinky větru také rozjezdové a brzdné zatížení od jeřábu. Vodorovný prut je navržen z uzavřeného kruhového profilu RO 101,6x4 a ke sloupu bude připojen koutovým svarem. Diagonály jsou navrženy z uzavřeného kruhového profilu RO 88,9x4 a budou připojeny pomocí svarů.

5.5.3. Podélné svislé ztužidlo

Podélné svislé ztužidlo zajišťuje spodní pás příhradového vazníku proti jeho vybočení z roviny vazníku. Je tvořeno svislicí v hlavní lodi ve vzdálenosti 6,6 m od kraje vazníku a ve vedlejší lodi uprostřed vazníku, vaznicí v příslušném místě a diagonálami. Diagonály jsou z uzavřeného kruhového profilu RO 48,3x4 a budou připojeny pomocí koutových svarů po celém obvodu diagonály ke spodnímu pásu příhradového vazníku a k vaznici uprostřed jejího rozpětí.

5.5.4. Okapové ztužidlo

Okapové ztužidlo je navrženo pouze konstrukčně. Dimenze prutů bude shodná s dimenzí prutů střešního ztužidla, to je RO 76,1x4. Okapové ztužidlo přispěje ke zlepšení prostorové tuhosti. Tvoří jej vaznice, horní pásy příhradového vazníku a diagonály. Jsou tvořeny z uzavřeného kruhového profilu RO 76,1x4 a budou připojeny koutovým svarem ke spodní pásnici vaznic.

6. Povrchová úprava konstrukce

Ocelovou konstrukci je nutno chránit proti korozi. Konstrukce je proto opatřena nátěrem v souladu s normou ČSN ISO 12944. Konstrukce bude před nanesením nátěru zbavená nečistot a odmaštěna.

7. Doprava a montáž

Jednotlivé části konstrukce budou sestaveny ve výrobě. Na montáži se budou poté spojovat pomocí šroubových nebo svařovaných spojů dle projektu. Maximální rozměr a hmotnost dílců je třeba projednat s dodavatelem konstrukce.

8. Závěr

Ocelová konstrukce dvoulodní průmyslové haly s mostovým jeřábem byla navržena v souladu s platnými normami na MSÚ A MSP.