



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

STATICKÝ NÁVRH KONSTRUKCE Z KOMBINACE OCELI A KONSTRUKČNÍHO SKLA

STATIC DESIGN OF THE STRUCTURE COMPOSED OF COMBINATION OF STEEL AND
STRUCTURAL GLASS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Simona Potůčková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. MARCELA KARMAZÍNOVÁ,
CSc.

BRNO 2018



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	Simona Potůčková
Název	Statický návrh konstrukce z kombinace oceli a konstrukčního skla
Vedoucí práce	prof. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.
Datum zadání	30. 11. 2017
Datum odevzdání	25. 5. 2018

V Brně dne 30. 11. 2017

prof. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.
Vedoucí ústavu

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

PODKLADY A LITERATURA

1. Dispozice konstrukce a základní geometrické parametry
2. Výsledky zatěžovacích zkoušek panelů z konstrukčního skla provedených na pracovišti
4. Literatura a zdroje podle pokynů vedoucí bakalářské práce

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Vypracujte statický a konstrukční návrh jednoduché nosné konstrukce opláštění budovy nebo zastřešení nástupiště autobusového nádraží (podle vlastního výběru a vývoje v průběhu zpracování bakalářské práce) provedené z kombinace oceli a konstrukčního skla. Statický výpočet konstrukce zpracujte podle aktuálně platných evropských norem a s využitím materiálových vlastností a dalších výsledků zatěžovacích zkoušek panelů z konstrukčního skla realizovaných na pracovišti v minulosti.

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

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

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

ABSTRAKT

Předmětem bakalářské práce je návrh a posouzení nosné konstrukce a opláštění budovy provedené z kombinace oceli a konstrukčního skla obdélníkového půdorysu o rozměrech 7,5x10,5 m a celkové výšky objektu 24,5 m. Objekt je situován na okraji městské zástavby města Ostrava, městská část Ostrava Poruba. Objekt sestává ze sedmi nadzemních pater. Hlavní nosný systém tvoří ocelová konstrukce, která sestává ze šesti sloupů, na ně připojených průvlaků a příčných ztužidel, které zlepšují prostorovou tuhost konstrukce.

Objekt byl navržen v souladu s platnými normami a posouzen na MSÚ a MSP.

KLÍČOVÁ SLOVA

nosná konstrukce, ocelová konstrukce, opláštění budovy, konstrukční sklo, vícepodlažní budova, zatížení, namáhání, posouzení, ocelový sloup, průvlak, ztužidlo, kotvení

ABSTRACT

The objective of the bachelor thesis is to design the load-bearing construction system and its cladding made of a combination of steel and structural glass and to verify its sufficient resistance. The object has rectangular floor plan with dimensions of 7,5x10,5 m and its total height is 24,5 m. The building is located at the suburban area of the city Ostrava, precisely Ostrava Poruba. The construction is composed of a ground floor and six upper floors.

The main load-bearing system consists of steel frame formed by six tubular columns connected beams and sway bracings ensuring the spatial rigidity of the structure.

The object was designed according to currently valid standards using ULS and SLS verification.

KEYWORDS

load-bearing construction, steel structure, cladding, construction glass, multi-storey building, load, verification. steel column beam, bracing, column anchorage

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Simona Potůčková *Statický návrh konstrukce z kombinace oceli a konstrukčního skla*. Brno, 2018. 20 s., 134 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce prof. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 22. 5. 2018

Simona Potůčková
autor práce

Poděkování

Ráda bych poděkovala prof. Ing. Marcele Karmazínové, CSc. za odborné vedení práce, poskytnuté rady a zkušenosti v průběhu zpracování bakalářské práce, stejně jako za odborný a vstřícný přístup při konzultacích.

Dále bych ráda poděkovala své rodině a nejbližším přátelům, kteří mi byli oporou při psaní závěrečné práce stejně jako po celou dobu studia.

Obsah práce:

01	Titulní list
02	Zadání VŠKP
03	Abstrakt, klíčová slova
04	Bibliografická citace VŠKP
05	Prohlášení o původnosti práce
06	Poděkování
07	Obsah práce, seznam příloh
08	Technická zpráva
09	Seznam použitých symbolů
10	Seznam použitých zkratk
11	Seznam použité literatury

Seznam příloh

P1	Statický výpočet
P2	Programový výstup
P3	Uvažované varianty při návrhu
P4	Výkresová dokumentace



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

TECHNICKÁ ZPRÁVA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Simona Potůčková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

**prof. Ing. MARCELA KARMAZÍNOVÁ,
CSc.**

BRNO 2018

Obsah:

1	Úvod	3
2	Údaje o zatížení.....	3
3	Popis jednotlivých konstrukčních prvků	4
3.1	Sloup.....	4
3.1.1	Spodní sloup.....	4
3.1.2	Horní sloup	4
3.2	Průvlak.....	4
3.3	Ztužidlo.....	4
3.4	Konzoly pro připevnění opláštění	5
3.5	Stropní konstrukce	5
3.6	Schodiště.....	5
4	Kotvení	5
5	Povrchová úprava konstrukce	6
6	Výroba a montáž.....	6
7	Závěr.....	6
8	Normativní dokumenty	7

1 Úvod

Cílem bakalářské práce je navrhnout a posoudit konstrukci z kombinace konstrukčního skla a oceli. Podkladem pro návrh dispozice objektu byla prosklená konstrukce přiléhající k budově stavební fakulty VŠB-TUO v Ostravě. Pro výpočet bylo uvažováno i stejných klimatických podmínek.

Konstrukci tvoří sedm nadzemních pater obdélníkového půdorysu o rozměrech 6 x 9 m, přičemž polovina (4,5 x 6 m) každého patra je tvořena schodišťovým prostorem a výška je 3,5 m.

Celkový půdorysný rozměr objektu je 7,5 x 10,5 m z důvodu odsazení skleněného opláštění konstrukce, výška budovy je 24,5 m. Objekt je situován v okrajové části městské zástavby.

2 Údaje o zatížení

Výpočet zatížení byl proveden v programu Scia Engineer v17.1 v souladu s platnými normami.

Výpočet zatížení od vlastní tíhy byl vygenerován programem Scia dle dimenzí jednotlivých prvků konstrukce. Ostatní stálá i proměnná zatížení byla vypočtena ručně a zadána do programu v charakteristických hodnotách. Pro výpočet zatížení větrem na konstrukci je uvažován kombinační součinitel dle prEN 13474-1 hodnotou 0,15 v MSÚ i MSP. Dále byly ručně vytvořeny nejnepříznivější kombinace zatížení na konstrukci dle ČSN EN 1990 Zásady navrhování konstrukcí. Výpočet a návrh je proveden v souladu s ČSN EN 1993-1-1 Návrh ocelových konstrukcí. Podrobnější údaje o zatížení viz Statický výpočet.

3 Popis jednotlivých konstrukčních prvků

3.1 Sloup

Průřez sloupu je po výšce odstupňován na dva různé profily. Jedná se pouze o odstupňování tloušťky průřezu, nikoli průměru, tato úprava není tudíž z vnější viditelná a esteticky závadná.

3.1.1 Spodní sloup

Jedná se o sloupy 1.NP – 4.NP. Navržený průřez je ocelová trubka CHS 323,9x12,5 mm, ocel S235. Celková délka jednoho sloupu je 7,0 m. Pro nosnou konstrukci je použito celkem šest sloupů (2 x 3 sloupy v podélném směru) přenášejících zejména tlakové síly od svislého zatížení na konstrukci.

3.1.2 Horní sloup

Sloupy 5.NP – 7.NP. Navržený profil je CHS 323,9x8,0 mm, ocel S235. Zmenšení tloušťky stěny průřezu sloupu je provedeno z důvodu odlehčení konstrukce. Celková délka jednoho sloupu je 10,5 m.

3.2 Průvlak

Pro konstrukce průvlaků je použit profil válcovaný H profil, HEB 160, ocel S235. H profil byl použit pro lepší zajištění prostorové tuhosti konstrukce a kvůli menší náchylnosti na klopení než např. původně zamýšlené IPE profily. V konstrukci slouží pro přenos všech svislých i vodorovných zatížení z patra/střechy do sloupů. Průvlak v podélném směru a prostřední průvlak v příčném směru jsou rámově připojeny ke sloupům (svarové spoje), v příčném směru je provedeno kloubové připojení pomocí odsazeného šroubového spoje s čelními deskami.

3.3 Ztužidlo

Navržena z profilů CHS 114,3x5,0 mm, S 235. Přenáší zatížení působící na konstrukci od příčného zatížení větrem do sloupů. Ztužidla zajišťují prostorovou tuhost celé konstrukce v příčném

směru. Ztužení je vždy tvořeno dvěma diagonálami o délce 4,61 m, jsou vždy v každém patře budovy na kratších stranách objektu.

3.4 Konzoly pro připevnění opláštění

Jsou navrženy konstrukčně ze stejného profilu jako průvlaky, na které opticky navazují, HEB 160, z estetických i konstrukčních důvodů. Jsou vetknuty do sloupů, tuhý styčník je vytvořen svarovým spojem, jehož parametry jsou převzaty z návrhu tuhého spoje průvlaku.

3.5 Stropní konstrukce

Strop je proveden jako ŽB deska. Skladba je tvořena trapézovým plechem VSŽ 11001 v reverzní poloze zalitým vrstvou železobetonu o tl. 100 mm, na nějž jsou následně položeny vrstvy podlahy o tl. 40 mm. Betonové desky se ve výpočtu neuvažují jako ztužující prvek konstrukce.

Beton C20/25

3.6 Schodiště

Prvním předpokladem pro návrh bylo železobetonové schodiště, jako je uvažováno pro výpočet zatížení. Po návrhu konstrukčního systému objektu bylo z konstrukčního i estetického hlediska zvoleno schodiště ocelové sestávající ze tří ramen, kopírující vnitřní obvod části objektu.

4 Kotvení

Sloupy jsou kloubově podepřeny. Kotvení je provedeno pomocí patního plechu, který je přivařen na sloup. Patní plech je připevněn k základové patce pomocí čtyř chemických kotev HILTI-HAS-E-5.8, M24x210/124, lepených do předvrtaných otvorů. Ve sloupech se objevují pouze tlakové síly a dle statického výpočtu lze smykové síly přenést díky tření mezi patní deskou a betonovým základem.

Beton C20/25

5 Povrchová úprava konstrukce

Dle ISO/DIS 12944–7. Nátěry aplikovat v souladu s podmínkami určenými výrobcem nátěrové hmoty.

Celková nátěrová plocha konstrukce je 426,27 m².

Po montáži konstrukce je nutné ověřit zachování kvality nátěru, eventuálně opravit.

Požadovaná požární odolnost ocelové konstrukce dle ČSN EN 1993-1-1 REI.

6 Výroba a montáž

Jednotlivé prvky budou dovezeny na stavbu v maximální délce 14 m (sloupy). Na staveništi se postupně svaří rámové vazby (první dvě patra) a osadí se pomocí jeřábové techniky na předem připravený betonový základ, vzájemně se spojí kloubově připojenými průvlaky se ztužidly. Postup se bude opakovat pro následující podlaží. Po smontování ocelové konstrukce se na průvlaky osadí trapézové plechy a provede se betonáž (v části bez schodiště). Po zatuhnutí se v druhé polovině objektu osadí prvky ocelového schodiště.

7 Závěr

Návrh nosné ocelové konstrukce byl proveden v souladu s platnými normami a posouzen na mezní stav únosnosti a mezní stav použitelnosti. Model konstrukce byl vytvořen v softwaru Scia Engineer v17 a bylo pomocí něj provedeno i posouzení hlavních konstrukčních prvků. Výpočet byl následně ověřen ručním výpočtem spolu s návrhem a posouzením přípojů.

Celková hmotnost konstrukce je 65006,26 kg.

26576,9 kg ocelová kce 38430 kg skleněný plášť

Nátěrová plocha je 427,26 m².

8 Normativní dokumenty

ČSN EN 1990	Zásady navrhování konstrukcí
ČSN EN 1991-1-1	Zatížení konstrukcí – část 1-1: obecná zatížení – objemové tíhy, vlastní tíhy a užitná zatížení pozemních staveb
ČSN EN 1991-1-3	Zatížení konstrukcí – část 1-3: obecná zatížení – zatížení sněhem
ČSN EN 1991-1-4	Zatížení konstrukcí – část 1-4: obecná zatížení – zatížení větrem
ČSN EN 1993-1-1	Navrhování ocelových konstrukcí – část 1-1: obecná pravidla pro navrhování konstrukcí pozemních staveb
ČSN EN 1993-1-8	Navrhování ocelových konstrukcí – část 1-8: Navrhování styčnicků
prEN 13474-1	Glass in buildings – Determination of the strength of glass panes
ČSN EN 10027-1	Systémy označení ocelí – část 1: Stavba značek ocelí
ČSN EN 1090-2	Provádění ocelových a hliníkových konstrukcí – část 2: Technické požadavky na ocelové konstrukce

Seznam použité literatury

1. ČSN EN 1990 *Zásady navrhování konstrukcí*. Praha: Český normalizační institut, 2006
2. ČSN EN 1991-1-1 *Zatížení konstrukcí – část 1-1: obecná zatížení – objemové tíhy, vlastní tíhy a užitná zatížení pozemních staveb*. Praha: Český normalizační institut, 2004.
3. ČSN EN 1991-1-3 *Zatížení konstrukcí – část 1-3: obecná zatížení – zatížení sněhem*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
4. ČSN EN 1991-1-4 *Zatížení konstrukcí – část 1-4: obecná zatížení – zatížení větrem*. Praha: Český normalizační institut, 2007.
5. ČSN EN 1993-1-1 *Navrhování ocelových konstrukcí – část 1-1: obecná pravidla pro navrhování konstrukcí pozemních staveb*. Praha: Český normalizační institut, 2006.
6. ČSN EN 1993-1-8 *Navrhování ocelových konstrukcí – část 1-8: Navrhování styčníků*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
7. *prEN 13474-1 Glass in buildings*. Draft, 2008.
8. ČSN EN 10027-1 *Systémy označení ocelí – část 1: Stavba značek ocelí*. Praha: Český normalizační institut, 2006.
9. ČSN EN 1090-2 *Provádění ocelových a hliníkových konstrukcí – část 2: Technické požadavky na ocelové konstrukce*. Praha: Český normalizační institut, 2009.
10. *Hiliti* [online]. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <https://www.hilti.cz/>
11. *Staticscool* [online]. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <http://www.staticstools.eu/en>
12. *K problémům dimenzování nosných konstrukcí z konstrukčního skla, Sborník příspěvků, konference VUSTAH, prof. Ing. Jindřich Melcher, DrSc., prof. Ing. Marcela Karmazinová, CSc., 2004.*
13. *Ferona* [online]. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: https://online.ferona.cz/nuk/search?id_tree=

Seznam použitých symbolů

ρ	objemová hmotnost
t	tloušťka
L	délka
$L_{cr,y}$	kritická vzpěrná délka kolmo k ose y
$L_{cr,z}$	Kritická vzpěrná délka kolmo k ose z
g_k	charakteristická hodnota stálého zatížení
q_k	charakteristická hodnota proměnného zatížení
s	charakteristická hodnota zatížení sněhem
s_k	základní tíha sněhu
μ_1	tvarový součinitel zatížení sněhem
C_e	součinitel expozice
C_t	tepelný součinitel
C_{dir}	součinitel směru větru
C_{season}	součinitel ročního období
$C_{pe,10}$	součinitel tlaku větru
$v_{b,0}$	výchozí základní rychlost větru
v_b	základní rychlost větru
q_b	základní dynamický tlak větru
$q_p(z)$	maximální dynamický tlak větru
w_e	tlak větru
w_k	charakteristická hodnota zatížení tlakem větru
E	modul pružnosti materiálu v tahu/tlaku
G	modul pružnosti ve smyku
u	průhyb
I_y	moment setrvačnosti průřezu k ose y
I_z	moment setrvačnosti průřezu k ose z
σ_x	normálové napětí
τ	smykové napětí
z	souřadnice těžiště
M_{Ed}	návrhový ohybový moment
V_{Ed}	návrhová smyková síla
N_{Ed}	návrhová normálová síla

A_v	smyková plocha průřezu
Z_e	referenční výška
w_d	návrhová hodnota zatížení větrem
R_a, R_b	reakce
h	výška
b	šířka
d	průměr průřezu
d_0	průměr otvoru pro šroub
ε	součinitel závislý na f_y
A	průřezová plocha
A_{eff}	účinná plocha
A_s	plocha šroubu účinná v tahu
f_y	mez kluzu oceli
f_u	mez pevnosti oceli
f_{ub}	mez pevnosti materiálu šroubu
f_{yb}	mez kluzu materiálu šroubu
f_{ck}	charakteristická pevnost betonu
f_{cd}	návrhová pevnost betonu
λ	štíhlost
$\bar{\lambda}$	poměrná štíhlost
Ψ	kombinační součinitel
ϕ	součinitel imperfekce
χ_y	součinitel vzpěrnosti při rovinném vzpěru k ose z
χ_z	součinitel vzpěrnosti při rovinném vzpěru k ose z
χ_T	součinitel vzpěrnosti při prostorovém vzpěru
χ_{LT}	součinitel vzpěrnosti při klopení

- dílčí součinitel spolehlivosti materiálu:

γ_{M0}	– únosnost kterékoli třídy
γ_{M1}	– únosnost průřezu při posuzování stability prutů
γ_{M2}	– únosnost průřezu oslabeného dírami pro spojovací prostředky
$N_{c,Rd}$	návrhová únosnost v tlaku
$N_{t,Rd}$	návrhová únosnost v tahu

$N_{b,Rd}$	vzpěrná únosnost
N_{cr}	pružná kritická síla pro příslušný způsob vybočení
N_{Rk}	charakteristická tlaková únosnost
M_{Rk}	charakteristická momentová únosnost
$M_{c,Rd}$	návrhová únosnost v ohybu
$M_{b,Rd}$	návrhová moment únosnosti na klopení
M_{cr}	pružný kritický moment při klopení
C_1, C_2, C_3	součinitel na klopení
C_{my}, C_{mz}	součinitel ekvivalentního momentu
k_{wt}	bezrozměrný parametr kroucení
C_{jg}	bezrozměrný parametr nesymetrie průřezu
μ_{cr}	bezrozměrný kritický moment
k_{yy}	součinitel interakce
k_{yz}	součinitel interakce
k_{zy}	součinitel interakce
k_{zz}	součinitel interakce
W_{pl}	plastický modul průřezu
k_z	součinitel vzpěrné délky
k_y	součinitel vzpěrné délky
β	redukční součinitel
e	vzdálenost šroubu od okraje
p	vzdálenost mezi šrouby
a	účinná výška svaru
α_v	redukční součinitel
F_{Ed}	návrhová působící síla ve šroubu
$F_{v,Rd}$	návrhová únosnost ve stříhu
$F_{b,Rd}$	návrhová únosnost v otláčení
$F_{t,Rd}$	návrhová únosnost v tahu
n_s	počet šroubů
$N_{u,Rd}$	návrhová únosnost oslabeného průřezu
A_{net}	plocha oslabeného průřezu
μ	součinitel tření
γ_c	dílčí součinitel pro MSÚ betonu

Seznam použitých zkratk

EC	eurokód
MSP	mezní stav použitelnosti
MSÚ	mezní stav únosnosti
tl.	tloušťka
dl.	délka
min.	minimálně/minimální
max.	maximálně/maximální
ZŠ	zatěžovací šířka
viz	„vidět“
ŽB	železobeton
OK	ocelová konstrukce
kce	konstrukce