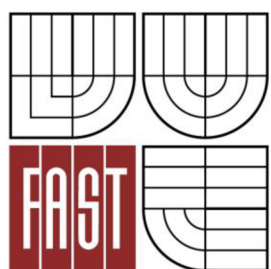




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH
KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

NÁVRH A POSOUZENÍ VYBRANÝCH PRVKŮ NOSNÉ ŽB KONSTRUKCE

DESIGN AND REVIEW OF SELECTED ITEMS OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

IVAN LEITNER

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. PETR ŠIMŮNEK, Ph.D.

BRNO 2016



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor 3608R001 Pozemní stavby
Pracoviště Ústav betonových a zděných konstrukcí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student Ivan Leitner

Název Návrh a posouzení vybraných prvků nosné
ŽB konstrukce

Vedoucí bakalářské práce Ing. Petr Šimůnek, Ph.D.

**Datum zadání
bakalářské práce** 30. 11. 2015

**Datum odevzdání
bakalářské práce** 27. 5. 2016

V Brně dne 30. 11. 2015

.....
prof. RNDr. Ing. Petr Štěpánek, CSc.
Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.,
MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

Stavební podklady: situace, půdorysy, řezy

Technické předpisy:

ČSN EN 1990: Zásady navrhování konstrukcí. 2004

ČSN EN 1991-1 až 4: Zatížení stavebních konstrukcí. 2004-2007

ČSN EN 1992-1-1: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla pro pozemní stavby. 2006

ČSN EN 1996-1-1+A1: Navrhování zděných konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla pro vyztužené a nevyztužené zděné konstrukce, 2013

ČSN 73 1201: Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb, 2010

Další potřebná literatura po dohodě s vedoucím bakalářské práce

Zásady pro vypracování

Proveďte statické řešení zadané konstrukce.

Nadimenzujte vybranou stropní konstrukci a další nosné prvky konstrukce (např. sloup nebo schodiště) v rozsahu určeném vedoucím práce. Pro vybranou stropní konstrukci proveďte model v některém programovém systému pro výpočet konstrukcí. Vypracujte výkres tvaru dimenzované části konstrukce a výkresy vyztuže posuzovaných prvků.

Textová část (obsahuje zprávu a ostatní náležitosti podle níže uvedených směrnic)

Přílohy textové části:

P1. Použité podklady

P2. Výkresy tvaru a vyztuže (v rozsahu určeném vedoucím práce).

P3. Statický výpočet (v rozsahu určeném vedoucím práce)

Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP (1x)

Popisný soubor závěrečné práce (1x)

Bakalářská práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě a pro ÚBZK 1x na CD.

Struktura bakalářské/diplomové 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).

.....

Ing. Petr Šimůnek, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

Bakalárska práca sa zaoberá návrhom a posúdením nosnej železobetónovej stropnej dosky administratívnej budovy. Riešená stropná doska sa nachádza nad 1NP. Výpočet vnútorných síl je prevedený v programe SCIA Engineer 15 a výsledky sú porovnané s ručnou metódou - metódou náhradných rámov. Ďalšou časťou práce je posúdenie dosky na účinky pretlačenia a návrh rohového stĺpa použitím interakčného diagramu. Na záver je prevedený návrh železobetónového schodiska a predbežný návrh rozmerov základovej pätky.

Klíčová slova

betón, železobetón, lokálne podopretá doska, interakčný diagram, stĺp, nosná konštrukcia, výstuž, základová patka

Abstract

The Bachelor thesis is dealing with the design and assesment of bearing reinforced concrete slab of office building. The ceiling slab is located above the 1st floor. Internal forces were calculated by software Scia Engineer 15 and the results are compared with manual method – Equivalent frame method. The next part of bachelor thesis is the assesment of slab to punching effect and design of the corner column using the interaction diagram. Finally it is performed design of reinforced concrete staircase.

Keywords

concrete, reinforced concrete, point-supported slab, interaction diagram, column, loadbearing structure, reinforcing steel, foundation pad

Bibliografická citace VŠKP

Ivan Leitner *Návrh a posouzení vybraných prvků nosné ŽB konstrukce*. Brno, 2016. 16 s., 71 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Petr Šimůnek, Ph.D.

Prohlášení:

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

V Brně dne 27.5.2016

.....
podpis autora
Ivan Leitner

Pod'akovanie:

Chcel by som sa poďakovať svojmu vedúcemu práce Ing. Petrovi Šimůnkovi, Ph.D. za usmernenie pri písaní mojej bakalárskej práce. Taktiež za odbornú pomoc, cenné rady a v neposlednom rade za ochotu.

Obsah

| | |
|------------------------------------|----|
| 1. Úvod | 8 |
| 2. Popis objektu | 8 |
| 3. Konštrukčný systém | 8 |
| 3.1. Základy..... | 8 |
| 3.2. Vodorovné konštrukcie | 8 |
| 3.3. Zvislé konštrukcie | 9 |
| 3.4. Schodisko | 9 |
| 4. Zaťaženie | 10 |
| 4.1. Stále..... | 10 |
| 4.2. Premenné..... | 10 |
| 5. Výpočtový model | 10 |
| 6. Kontrolný výpočet | 10 |
| 7. Návrh | 11 |
| 7.1. Stropná doska | 11 |
| 7.2. Stĺp | 11 |
| 7.3. Schodisko | 11 |
| 8. Materiály..... | 12 |
| 9. Záver | 12 |
| 10. Zoznam obrázkov | 13 |
| 11. Zoznam použitých zdrojov | 13 |
| 12. Zoznam použitých skratiek..... | 14 |
| 13. Zoznam príloh | 16 |

1. Úvod

Cieľom bakalárskej práce bolo vypracovanie statického riešenia prvkov nosnej železobetónovej konštrukcie. Riešený objekt má päť nadzemných podlaží. Nosnú konštrukciu vo vodorovnom smere tvorí lokálne podopretá stropná doska, v zvislom smere stĺpy a stužujúce jadro. Riešená je monolitická lokálne podopretá železobetónová doska bez stužujúcich rebier, rohový stĺp v 1.NP a dvojramenné schodisko. V závere práce je vypracovaný predbežný návrh rozmerov základovej pätky.

2. Popis objektu

Ide o nepodpivničenú administratívnu budovu s piatimi nadzemnými podlažiami. Konštrukčná výška je 4,45 m, svetlá výška 4,2 m. Objekt má obdĺžnikový tvar s pôdorysnými rozmermi 20,25 x 18,75 m a výškou 23,3 m od úrovne podlahy 1.NP. Užité priestory sú navrhnuté ako kancelárie.

3. Konštrukčný systém

3.1. Základy

Objekt bude založený na základových pätkách, ktoré prenesú zaťaženie z hornej stavby na základovú špáru. Pätky budú zhotovené z betónu C20/25 a betonárskej výstuže B500B. V rámci bakalárskej práce je riešenie obmedzené len na predbežný návrh rozmerov základovej pätky pod krajným medziľahlým stĺpom.

Geologickým prieskumom bola zistená základová pôda ako štrkovitá hlina, tabuľková únosnosť pôdy je 300 kPa. Založenie bude v hĺbke 1,1 m pod úrovňou podlahy 1.NP.

3.2. Vodorovné konštrukcie

Vodorovná nosná konštrukcia je tvorená stropnou doskou bez stužujúcich rebier s hrúbkou 250 mm. Doska je lokálne podopieraná stĺpmi po obvode s osovým rozpätím stĺpov 5,5 m a 6 m. Uprostred objektu je doska podopieraná stužujúcim jadrom.

3.3. Zvislé konštrukcie

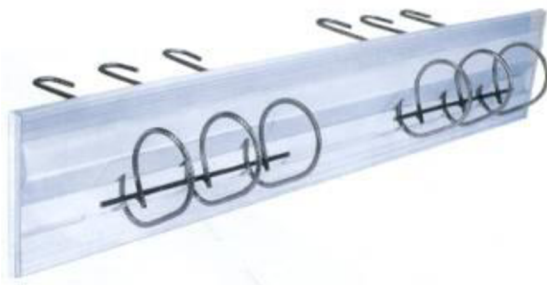
Vnútorne nosné steny sú zo železobetónu s konštantnou hrúbkou 200 mm, tvoriace stužujúce jadro. Jadro prechádza cez celú výšku objektu a podieľa sa na prenose vodorovných síl do základov.

Stĺpy sú železobetónové z betónu C20/25. Majú štvorcový prierez 400 x 400 mm. Dĺžka stĺpov je 4,5 m v prvom nadzemnom podlaží a 4,2 m v ostatných podlažiach. Spolu so stropnou doskou prenášajú zvislé zaťaženie do základových pätiok.

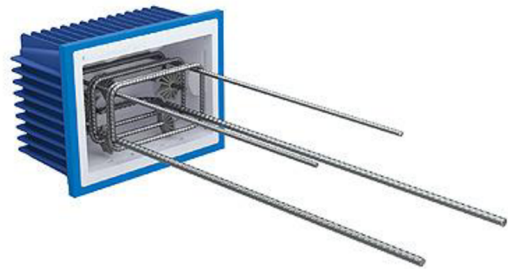
Obvodové steny sú z tehál Ytong P2 – 350 hrúbky 250 mm, zateplené tepelnou izoláciou Isover EPS 100S hrúbky 100 mm.

3.4. Schodisko

Schodisko je navrhnuté doskové, ktoré tvorí lomenú dosku. Ide o dvojramenné schodisko s medzipodestou, nachádzajúce sa v priestore stužujúceho jadra. Priečhodná šírka je 1500 mm. Schodisko je izolované od ostatných konštrukcií prvkami proti krokovému hluku od Schöck Tronsole, konkrétne Schöck Tronsole typ T medzi ramenami schodiska a stropnou doskou (obr.1) a Schöck Tronsole typ Z v oblasti napojenia medzipodesty so stenou stužujúceho jadra (obr.2).



Obr. 1 Schöck Tronsole typ T



Obr. 2 Schöck Tronsole typ Z

4. Zaťaženie

4.1. Stále

Do stáleho zaťaženia je zahrnutá vlastná tiaž konštrukcie, tiaž podlahy, obvodového plášťa, podhl'adu, priečok a priťaženie vlastnou váhou schodiska.

4.2. Premenné

Hlavným premenným zaťažením je zaťaženie užitné, ktoré bolo zaradené podľa kategórií ČSN EN 1991-1-1: Zatížení konstrukcí – Obecná zatížení do kategórie B – Kancelárske plochy, $q_k = 2,5 \text{ kN/m}^2$.

Výpočet hodnôt zaťaženia snehom bol prevedený podľa ČSN EN 1991-1-3: Zatížení konstrukcí - Obecná zatížení – Zatížení snehem. Zaťaženie bolo počítané pre snehovú oblasť I a jeho účinky boli uvažované len pri návrhu stĺpa, keďže pri návrhu stropnej dosky 1.NP nemá žiaden vplyv.

Zaťaženie vetrom bolo počítané pre veternú oblasť I a kategóriu terénu IV podľa ČSN EN 1991-1-4: Zatížení konstrukcí – Obecná zatížení - Zatížení větrem, ale pri návrhu sa neuvažovalo, kvôli predpokladu, že vodorovné zaťaženie bude prenášané do základov len stužujúcim jadrom.

5. Výpočtový model

Pre výpočet vnútorných síl bol vytvorený 3D model výseku 1.NP lokálne podoprenej dosky s jadrom v programe Scia Engineer 15, ktorý využíva metódu konečných prvkov. Výsledky z programu boli zbežne skontrolované a porovnané s výsledkami ručného výpočtu.

6. Kontrolný výpočet

Pre overenie správnosti výsledkov zo softwaru Scia Engineer boli vnútorné sily na doske D1 počítané aj zjednodušenou ručnou metódou náhradných rámov. Z konštrukcie bol vybraný vyšetřovaný krajný rámový výsek v smere x, šírky $b = 3,875 \text{ m}$. Zvislé podpory na koncoch boli uvažované ako votknuté. Rám bol riešený deformačnou metódou, ktorou boli získané priamo momenty nad podporami a v poli, vzťahujúce sa na celú šírku b. Následne boli celkové momenty rozdelené do stĺpového a medzistĺpového pruhu.

7. Návrh

7.1. Stropná doska

Návrh výstuže stropnej dosky bol prevedený na základe vypočítaných hodnôt vnútorných síl pri oboch povrchoch. Nosná výstuž je uložená v dvoch na seba kolmých smeroch x a y.

Pri spodnom povrchu je doska v oboch smeroch pokrytá základným rastrom výstuže Ø10/200 mm s plochou $3,93 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$, čo tvorí minimálnu plochu vystuženia. Miesta s väčšími ohybovými momentami, ktoré táto výstuž neprenesie, boli doplnené dodatočnou výstužou Ø10/400 mm podľa výkresovej dokumentácie.

Pri hornom povrchu je základný raster výstuže Ø10/200 mm pri okrajoch dosky a Ø14/200 v stredných častiach. V miestach väčších ohybových momentov nad podporami je doplnená výstuž Ø14 a Ø16 podľa výkresovej dokumentácie.

Proti pretlačeniu boli navrhnuté šmykové lišty HALFEN HDB s priemerom 10 mm okolo stĺpov a rohov stužujúceho jadra.

7.2. Stĺp

Pozdĺžnu výstuž stĺpa tvorí 8 prútov priemeru 16 mm. Posúdenie na šmyk vyhovelo bez nutnosti návrhu šmykovej výstuže, strmienky sú použité len ako konštrukčné s priemerom 6 mm po vzdialenostiach 240 mm. V päte a hlave stĺpa sú strmienky zahustené po osových vzdialenostiach 140 mm.

7.3. Schodisko

Hlavnú výstuž nástupného a výstupného ramena schodiska v pozdĺžnom smere tvoria prúty Ø10/100 mm pri spodnom okraji schodiskovej dosky. Doplnená rozdeľovacia výstuž je Ø8/400 mm.

Podesta je vystužená sieťou prútov podľa minimálnej plochy výstuže a to Ø8/200 mm pri oboch povrchoch.

8. Materiály

Všetky ŽB prvky konštrukcie budú z betónu C20/25 a betonárskej výstuže B500B. Trieda konštrukcie je S4. Z hľadiska vplyvu prostredia je konštrukcia zatriedená do skupiny XC1 – suché alebo stále mokré prostredie. Maximálny priemer kameniva $d_g = 16$ mm, stupeň konzistencie čerstvého betónu podľa sadnutia kužeľa – S3.

| | | |
|--------------|----------------------------------|--------------------------|
| Betón C20/25 | charakteristická pevnosť v tlaku | $f_{ck} = 20$ Mpa |
| | návrhová pevnosť | $f_{cd} = 13,33$ Mpa |
| | pevnosť v ťahu | $f_{ctm} = 2,2$ Mpa |
| | súčiniteľ spoľahlivosti | $\gamma_c = 1,5$ |
| | pretvorenie betónu | $\epsilon_{cu3} = 3,5$ ‰ |
| Oceľ B 500B | charakteristická medza klzu | $f_{yk} = 500$ Mpa |
| | návrhová medza klzu | $f_{yd} = 434,78$ Mpa |
| | súčiniteľ spoľahlivosti | $\gamma_s = 1,15$ |
| | modul pružnosti | $E = 200$ GPa |
| | pretvorenie ocele | $\epsilon_{yd} = 2,17$ ‰ |

9. Záver

V bakalárskej práci som sa venoval návrhu nosnej železobetónovej konštrukcie administratívnej budovy. Navrhované prvky sú: stropná lokálne podoprená doska nad 1.NP, rohový stĺp v 1. nadzemnom podlaží, schodisková doska spájajúca 2. a 3. nadzemné podlažie a základová päta. Všetky posudzované prvky vyhoveli na 1. medzný stav únosnosti. K stropnej doske, stĺpu a schodisku bola spracovaná výkresová dokumentácia.

10. Zoznam obrázkov

Obr. 1 Schöck Tronsole typ T, Zdroj: <http://www.zelex.cz/schock-tronsole.htm>

Obr. 2 Schöck Tronsole typ Z, Zdroj: <http://www.schoeck-wittek.cz/cs/produkty/tronsole--40>

11. Zoznam použitých zdrojov

ČSN EN 1990. *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*, Praha: Český normalizační institut 2004

ČSN EN 1991-1-1. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*, Praha: Český normalizační institut 2004

ČSN EN 1991-1-3. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení snehem*, Praha: Český normalizační institut 2005

ČSN EN 1991-1-4. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení větrem*, Praha: Český normalizační institut 2007

ČSN EN 1992-1-1. *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*, Praha: Český normalizační institut 2005

ČSN 73 1201. *Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb*, Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010

ČSN EN 206. *Beton – Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda*, Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010

TIPKA, Martin – NOVÁK, Josef. *Analýza metod výpočtu železobetonových lokálně podepřených desek*, Praha: ČVUT, 2011, 57 str.

ZICH, Miloš a kol. *Příklady posouzení betonových prvků dle eurokódů*, Praha: Dashöfer Holding, Ltd., 2010, 145 str.

ŠVAŘÍČKOVÁ, Ivana. Ing. Ivana Švaříčková, Ph.D.: Ústav betonových a zděných konstrukcí, 19.5.2011 [cit.2016-5-23]. Dostupné z: http://www.fce.vutbr.cz/BZK/svarickova.i/default_soubory/pomucky.htm

ŠMEJKAL, Jiří – PROCHÁZKA, Jaroslav. 2014. *Protlačení z pohledu ČSN EN 1992-1-1 a předpisů pro patentovanou smykovou výstuž*. In BETON. ISSN 1213-3116, 2014, roč. 14, č. 5, s 60–67.

12. Zoznam použitých skratiek

| | |
|----------------|---|
| A_c | plocha betónovej časti |
| A_{cc} | plocha tlačenej časti betónu |
| A_s, A_{st} | plocha výstuže |
| $A_{s,req}$ | požadovaná plocha výstuže |
| $A_{s,max}$ | maximálna povolená plocha výstuže |
| $A_{s,min}$ | minimálna požadovaná plocha výstuže |
| b | šírka |
| $C20/25$ | označenie pevnostnej triedy betónu |
| C_e | súčiniteľ expozície |
| C_t | tepelný súčiniteľ |
| c_{min} | minimálna hodnota krycej vrstvy |
| c_{dev} | tolerancia veľkosti krycej vrstvy |
| $c_{min,b}$ | minimálna hodnota krycej vrstvy s prihliadnutím na súdržnosť |
| $c_{min,dur}$ | minimálna hodnota krycej vrstvy s prihliadnutím na prostredie |
| d | účinná výška prierezu |
| E_s | modul pružnosti ocele |
| f_{bd} | medzné napätie v súdržnosti |
| f_{cd} | návrhová hodnota pevnosti betónu v tlaku |
| f_{ck} | charakteristická hodnota pevnosti betónu v tlaku |
| f_{ctd} | návrhová hodnota pevnosti betónu v ťahu |
| $f_{ctk,0,05}$ | 5 % kvantil charakteristickej hodnoty pevnosti betónu v ťahu |
| f_{ctm} | stredná hodnota pevnosti betónu v ťahu |
| F_c | tlaková sila v betóne |
| F_s | ťahová sila vo výstuži |
| f_{yd} | návrhová hodnota pevnosti ocele v ťahu na medzi klzu |
| f_{yk} | charakteristická hodnota pevnosti ocele v ťahu na medzi klzu |
| g_d | návrhová hodnota stáleho zaťaženia |
| g_k | charakteristická hodnota stáleho zaťaženia |
| h | výška prierezu |
| I | moment zotrvačnosti prierezu |
| K | tuhosť |

| | |
|-------------------------|--|
| l_{bd} | návrhová kotevná dĺžka |
| $l_{b,min}$ | minimálna kotevná dĺžka |
| $l_{b,rqd}$ | základná kotevná dĺžka |
| M_{Ed} | návrhová hodnota ohybového momentu |
| M_{Rd} | návrhová hodnota momentovej únosnosti |
| $M_{x(y)D+}$ | hodnota dimenzačného momentu v smere x (y) pri hornom povrchu |
| $M_{x(y)D-}$ | hodnota dimenzačného momentu v smere x (y) pri spodnom povrchu |
| N | normálová sila |
| N_{Ed} | návrhová hodnota normálovej sily |
| n | počet |
| q_d | návrhová hodnota nahodilého zaťaženia |
| q_k | charakteristická hodnota nahodilého zaťaženia |
| s | vzdialenosť výstuže |
| s_k | charakteristická hodnota zaťaženia snehom na zemi |
| s_{min} (s_{max}) | minimálna (maximálna) vzdialenosť výstuže |
| s_r | radiálna vzdialenosť obvodov šmykovej výstuže |
| s_t | vzdialenosť strmienkov |
| t | hrúbka |
| u_0 | obvod stĺpu |
| u_1 | 1. kontrolovaný obvod |
| x | vzdialenosť neutrálnej osy od tlačeneho povrchu |
| z | rameno vnútorných síl |
| γ | objemová tiaž materiálu |
| γ_c | súčiniteľ spoľahlivosti betónu |
| γ_G | súčiniteľ stáleho zaťaženia |
| γ_Q | súčiniteľ premenného zaťaženia |
| γ_s | súčiniteľ spoľahlivosti výstuže |
| ϵ_{yd} | pretvorenie ocele na medzi klzu |
| ρ | stupeň vystuženia |
| σ_s | napätie vo výstuži |
| \emptyset | priemer výstuže |
| λ | štíhlosť |
| λ_{lim} | limitná štíhlosť |

13. Zoznam príloh

P1. Použité podklady

P2. Statický výpočet

P3. Výkresy tvaru a výstuže

P4. Výstupy z výpočtových programov