

## I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Simulace aerodynamického chování silničního tunelu
Jméno autora:	Daniel Gola
Typ práce:	bakalářská
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Katedra/ústav:	Katedra Řídicí Techniky
Oponent práce:	Ing. Zdeněk Váňa, Ph.D.

## II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	náročnější
Zadání práce z velké míry odpovídá míře nabytých znalostí budoucího absolventa bakalářského studia na Katedře Řídicí Techniky FEL ČVUT. Jedinou výraznější odchylkou je část 4. bodu zadání, konkrétně návrh nelineárního statického regulátoru, jenž v sobě zahrnuje návrh a řešení optimalizační úlohy. Tato problematika patří do magisterského studia a její zvládnutí vyžaduje důkladnou samostatnou práci navíc včetně studia relativně náročné teoretické disciplíny. Proto hodnotím zadání bakalářské práce jako „náročnější“.	

Splnění zadání	splněno s menšími výhradami
Zadání bakalářské práce bylo až na výše zmíněnou část zadání splněno. Tuto část, tedy návrh statického nelineárního regulátoru, představující aplikaci teorie optimalizace, student rozvedl po teoretické stránce, ale dobrání se výsledků již představovalo příliš velkou překážku. Nicméně vzhledem k náročnosti této části zadání (viz. hodnocení zadání) a snaze studenta se s problematikou utkat doporučuji zkušební komisi k tomuto drobnému nedostatku nepřihlížet a podobně jako já nahlížet na zadání práce jako na splněné.	

### Struktura a členění práce:

Práce se týká modelování proudění vzduchu v silničních tunelech a jeho následné řízení dle praktických požadavků. Autor práce nejprve fyzikálně rozebírá problematiku proudění vzduchu v tunelu a následně ze získaných rovnic vytváří nelineární dynamický model. Tento model linearizuje a následně používá pro různé návrhy řízení proudění. Navržené metody řízení jsou dle zadání práce PID regulátor a stavová zpětná vazba. Ke konci práce jsou shrnuty a graficky představeny výsledky jednotlivých strategií řízení.

Odborná úroveň	E - dostatečně
Autor v práci potřeboval a i prokázal znalosti získané studiem. Dále autor prací prokázal, že je schopen vyhledat a získat relevantní informace i z odborné literatury.	
Autorem zvolený postup práce považuji za správný, nicméně co se týče odborné úrovně práce, mám několik, dle mého, zásadních připomínek, jenž následují:	
<ul style="list-style-type: none"><li>□ Autor v různých částech práce nesděljuje všechny důležité informace související s aktuálním pracovním postupem, což v důsledku vede buď k nejasnosti textu práce, jeho nepřesnostem nebo přinejmenším k matení čtenáře. Příkladem budiž rovnice 2.32 až 2.34 na str. 12 odvozené pro stavový nelineární dynamický model, jenž ve skutečnosti platí pouze pro ustálený stav (viz. rovnice modelu 2.37 a 2.38 na téže straně) a tedy s dynamikou modelované situace nesouvisejí. Tento nedostatek přisuzuji faktu, že student nedostatečně pochopil fyzikální principy modelovaného proudění, což potvrzují i některé nevhodné formulace textu práce.</li><li>□ Napříč celou prací dochází k nekonzistentnímu značení veličin, proměnných a funkcí, což svědčí o tvorbě práce stylem „slepování z částí“ a následné velmi laxní či žádné kontrole. Tento fakt dělá text práce po odborné stránce místy nesrozumitelný a matoucí, pro čtenáře detailně se neorientujícího v problematice může být text dokonce nesrozumitelný.</li></ul>	

### Dotazy na studenta:

- Vysvětlete „roztrhání“ modelu kompletní křížovanky do modelů jednotlivých jejích částí. Je možné toto provést? Pokud ano, za jakých podmínek je to možné? A jak potom dojde k rozdělení vstupů mezi dílčí modely a proč?
- Zdůvodněte Vaší volbu pólů pro všechny navržené regulátory. Dále vysvětlete, proč jste jednotlivé regulátory nenavrhl s podobnými či stejnými výslednými póly, což by bylo vhodné nejen pro vzájemné porovnání jednotlivých řídicích strategií.
- Vysvětlete fakt, že pro tentýž model a tentýž cíl (referenci) řízení dávají navržené regulátory naprosto opačný akční zásah, viz. 4. část obrázku 3.3 pro stavovou zpětnou vazbu versus 4. část obrázku 3.7 pro PID regulátor. Fyzikálně totiž nedává smysl, abychom pro brzdění proudu vzduchu v tunelu ze 4m/s na 2m/s pouštěli jednou ventilátory jedním směrem a podruhé směrem opačným. Jsou skutečně grafy v práci správné?
- Vysvětlete, proč používáte pracovní bod pro linearizaci modelu zároveň jako počáteční podmínky pro prováděné simulace a nevezmete počáteční podmínky simulací ze změřených dat.

Datum:

## Posudek bakalářské práce Daniela Goly

### Simulace aerodynamického chování silničních tunelů

Zadání bakalářské práce hodnotím jako náročnější, protože práce s modely proudění vzduchu v tunelových komplexech s paralelně napojenými vjezdovými a výjezdovými rampami je výrazně složitější než v případě jednoduchých dálničních tunelů.

Práce přináší významné výsledky. Student našel způsob odvození dynamického modelu proudění vzduchu v tunelovém komplexu s jednou výjezdovou rampou, dále zjistil, jaký vzorkovací krok je vhodné použít pro diskretizaci nelineárního stavového popisu a porovnal spojitý a diskrétní dynamický model pomocí dvou simulačních metod – Eulerova a Runge Kutta. Odvozené modely student linearizoval a použil je k návrhu PID regulátoru a stavové zpětné vazby. Součástí bakalářské práce je i ověření modelu proudění vzduchu na reálných datech z tunelu Mrázovka v Praze. Dosažené výsledky byly využity v dalším výzkumu simulace řízení vzduchotechniky v silničních tunelech.

V bodu č. 4 zadání je uveden požadavek na návrh nelineárního statického regulátoru. Tento bod zadání byl splněn pouze teoreticky, reálná implementace regulátoru v simulaci se neuskutečnila vzhledem k časovým možnostem bakalářské práce. Student poměrně dlouhou dobu čekal na dodání reálných dat z tunelu Mrázovka, přičemž práci s reálnými daty považuji za stěžejní výsledek práce. Dodání reálných dat záviselo na spolupracující firmě, a to jsem bohužel nemohl usplnit. Návrh nelineárního statického regulátoru nepovažuji za stěžejní část práce, proto jsem spokojen i s teoretickým rozбором funkčnosti regulátoru. Navíc, student vypracoval některé body nad rámec bakalářské práce, což tento bod plně vynahrazuje, např. diskretizace modelu nebo nalezení vhodné simulační metody pro simulace rychlosti proudění vzduchu v tunelu.

Z mého pohledu tedy student Daniel Gola splnil všechny body zadání bakalářské práce, pracoval v průběhu práce převážně samostatně a pravidelně chodil na konzultace. Vytknul bych jen to, že v některých fázích bakalářské práce jsem musel studentovi až příliš radit, aby se práce vyvíjela správným směrem.

Vzhledem k výše uvedeným skutečnostem **doporučuji bakalářskou práci k obhajobě a hodnotím známkou B – velmi dobře.**

V Trondheimu, dne 10. června 2016

Ing. Jan Šulc  
vedoucí bakalářské práce