



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Babička, integrální počet, doktorské studium a smysl života

Název projektu:

Věda pro život, život pro vědu

Registrační číslo: CZ.1.07/2.3.00/45.0029



Ústí n. L., červen 2014

Miloslav Okrouhlík

AUDI VIDE TACE

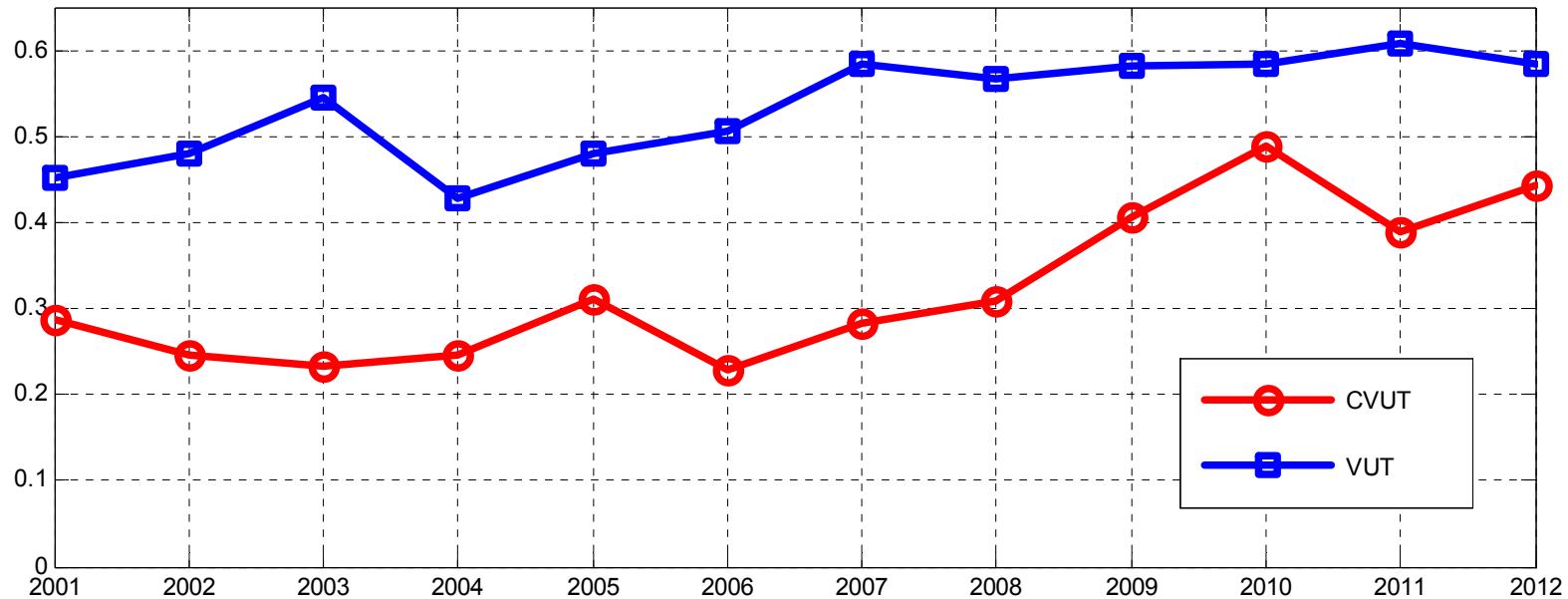


Poslouchej, koukej a mlč

Jak to spolu souvisí?

Dosud nepublikovaná studie „Strukturované studium v České republice z pohledu mezinárodního srovnání, českých právních norem a strategických dokumentů a statistik vycházejících z matriky studentů“. [Centrum pro studium vysokého školství, v.v.i.](#)

Uspesnost studia -- CVUT .vs. VUT



Jde o kumulativní data týkající se studia bakalářského, magisterského i doktorandského.

Je zřejmé, že na sledovaných vysokých školách dostuduje v průměru méně než polovina přijatých studentů.

Ti, kteří si nechají souvislosti vysvětlit, mají šanci úspěšně dostudovat.

Scope of the lecture

- Souvislosti
- Matematická sazba
- Slova, slova, slova
- Hledání pravdy
- Doktorand je člověk vynalézavý
- Inženýr a politika
- A šťastný doktorand?

Stíhací jednoplošník BH 5 pochází z roku 1922



Pavel Beneš, Miroslav Hajn

Stíhačky BH1 – BH9

Na obrázku vidím:

Vzduchem chlazený hvězdicový motor, ventilová táhla, vahadla, karburátor, sání, ...

Pětilitrový pětiválec, výkon 60 koní, maximální otáčky 1400 rpm. To je docela málo, ale motor však má vysoký kroučící moment a pracuje s velkou vrtulí, pročež na toto letadlo úplně stačí. Spotřebuje 20 litrů benzínu a půl litru oleje na letovou hodinu.

Souvislosti

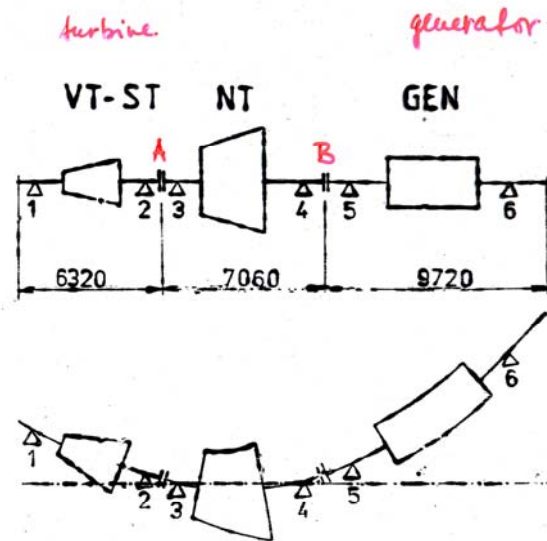
- Mezi mladými, a často i dospělými, často slýcháváme, že číst krásnou literaturu, poslouchat klasickou muziku či znát základy matematiky je zbytečné, neboť to nepřináší nic ani k práci, ani k životnímu uspokojení a dá se bez toho docela dobře žít.
- Co taková Babička Boženy Němcové (čtenář si může dosadit i jiná díla naší i cizojazyčné literatury) čtenáři přináší?
- Jsou tací, kteří se netají despektem ke krásné literatuře a její četbu považují za ztrátu času. Jistě, užitečnost znalostí získaných četbou se nedá zdůvodnit cílem obstát při luštění vědomostních kvízů v nedělních přílohách novin či v televizních soutěžích. Avšak znalostí těchto základů (Angličané tomu krásně říkají *common knowledge*) se člověk stává součástí komunity, uznávající jisté hodnoty. Tyto znalosti umožňují vidět věci v souvislostech a mohou napomoci tomu, aby se člověk neztratil v současném komplikovaném světě. Je to taková **společenská násobilka**, která může člověka kultivovat.

Souvislosti

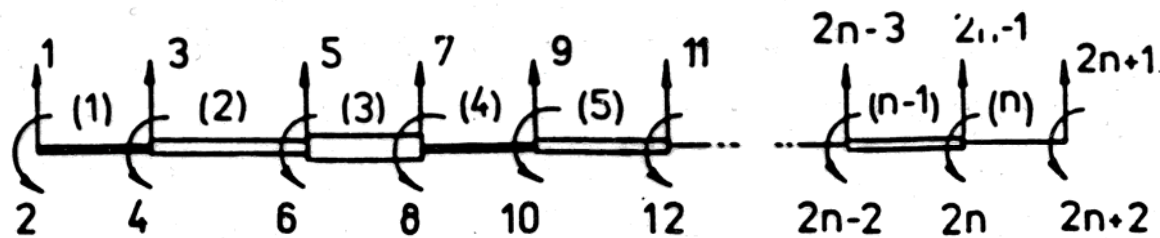
- Stejně můžeme mudrovat nad potřebou znalosti numerické matematiky a základů programování. Tedy nad inženýrsky orientovanou počítačovou gramotností.
- Znalosti tohoto typu vědomostí můžeme považovat za **inženýrskou násobilku**, kterou potřebujeme, stojíme-li před řešením nestandardních úloh.
- Jednoduchá odpověď na výše zmíněné otázky je – ano, dá se bez toho žít. Záleží však na tom, na jakou životní pouť se chystáme. Připomeňme údajný výrok středoškolské profesorky matematiky: **Navrátilová, naučte se derivovat, ten tenis vás neuživí**. Hoznauer, M.: Cesta do hlubin kantorovy duše, Nakladatelství Dokořán, Praha, 2004, ISBN 80-86569-80-2.
- Obracejím se k těm, kteří si za životní pouť zvolili inženýrství.

Problem solving

Určete průhyby, smykové síly a momenty v soustavě turbína a generátor

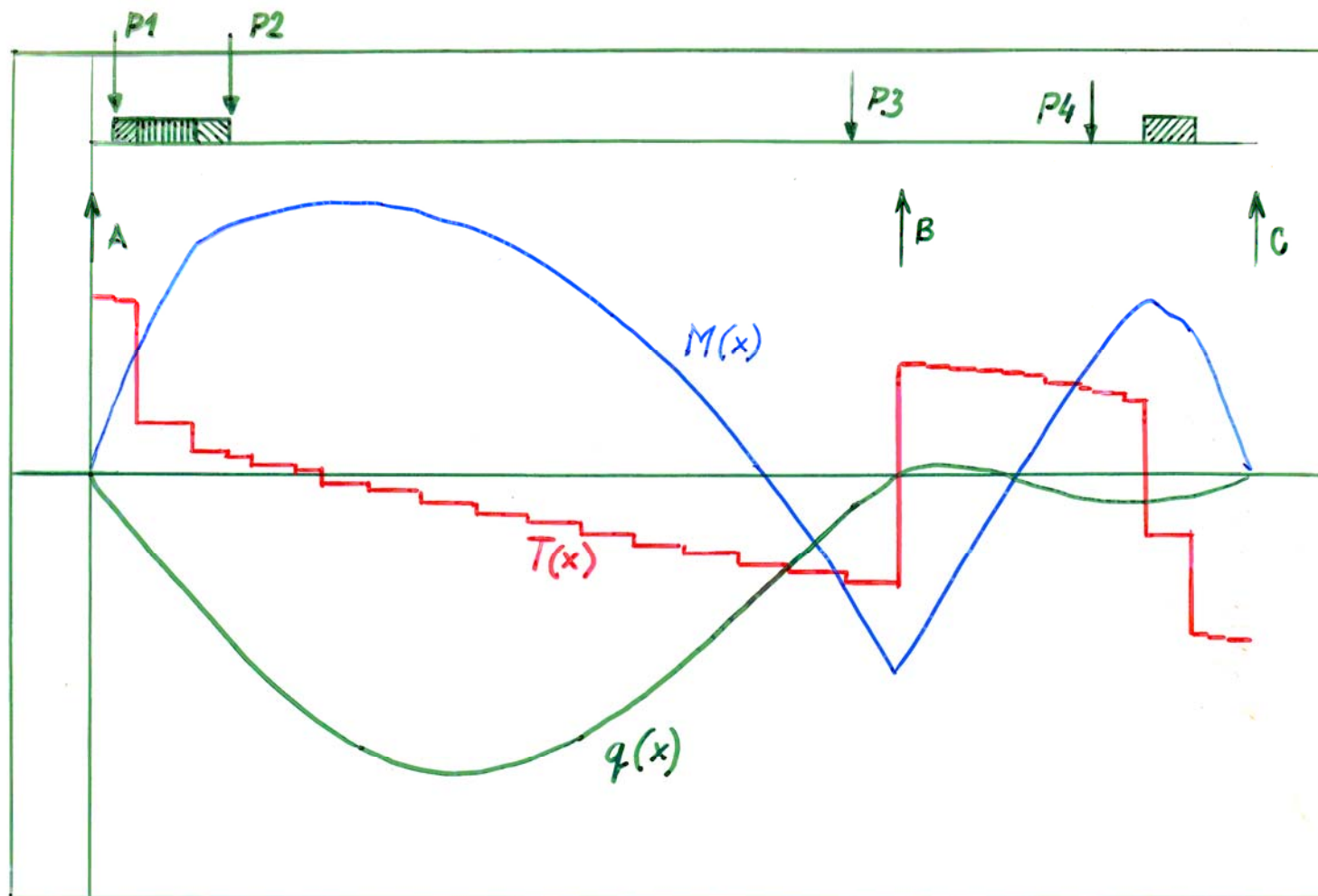


6 bearings - overall length > 23 m

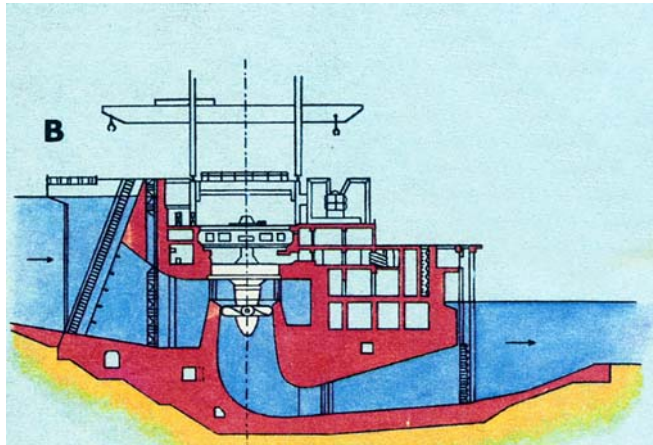


Hřídel soustavy modelovaný nosíkovými prvky

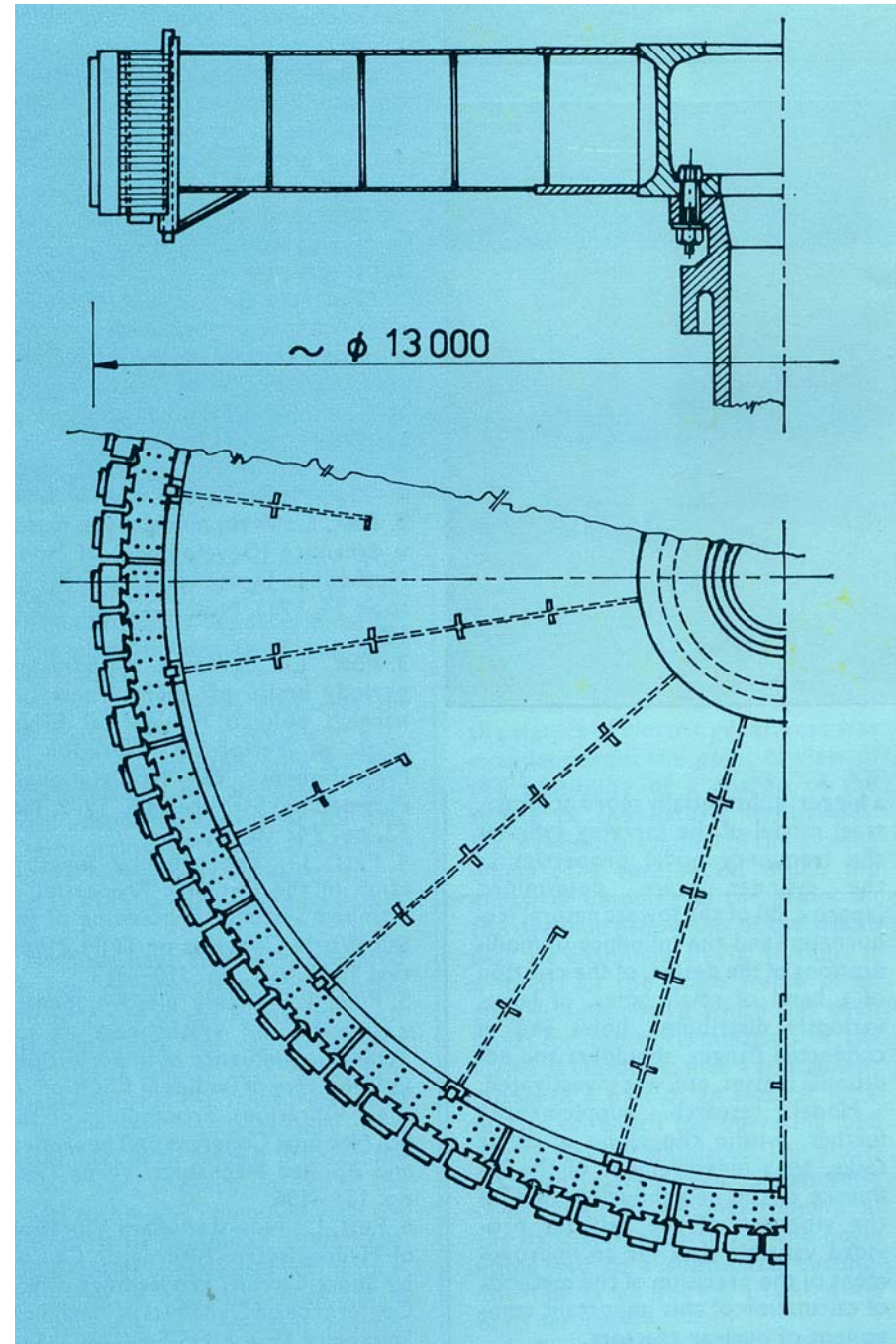
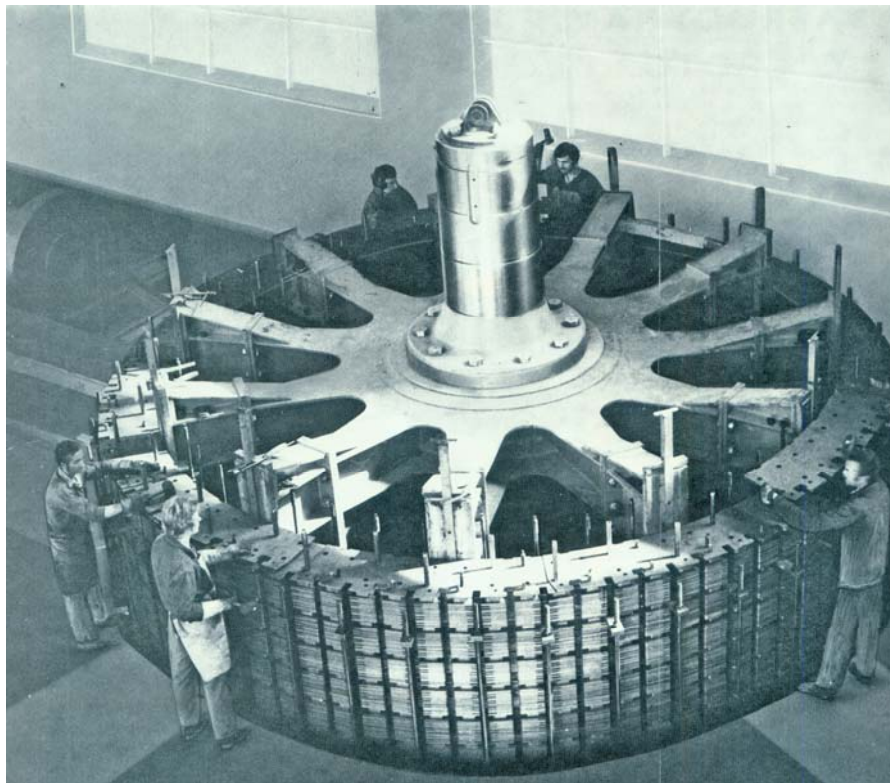
Výsledky získané metodou konečných prvků. Obtížení, smykové síly a momenty



Průtoková hydroelektrárna 100 MW

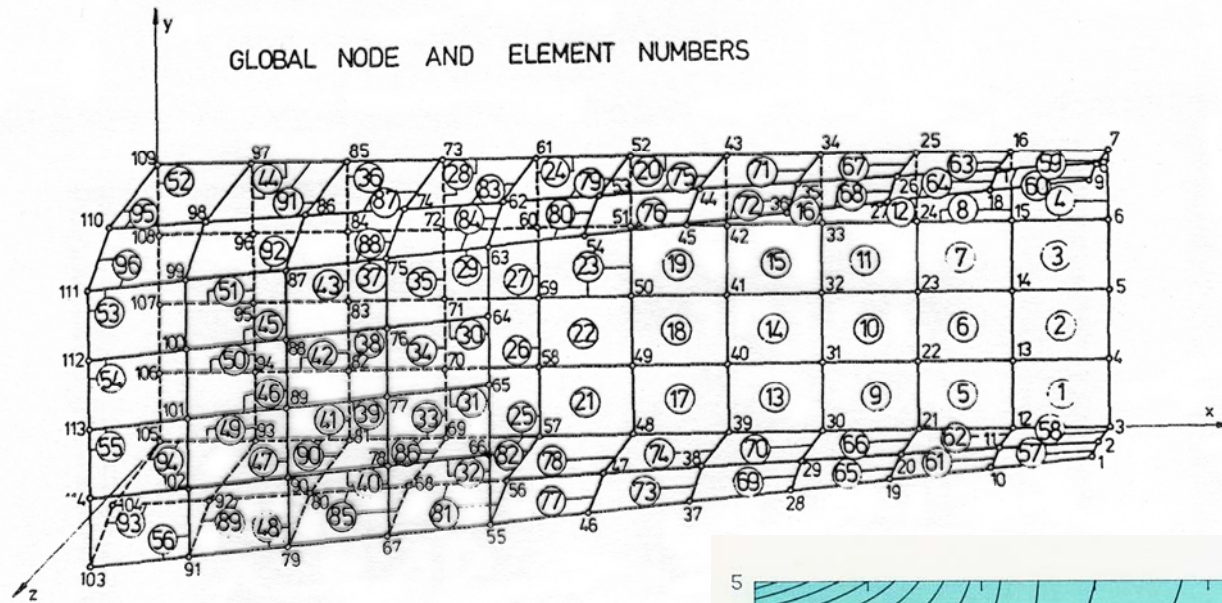


Koncept,
technický
výpočet,
dílo



State of stress and deformations of a SKODA drum rotor for high-performance hydroelectric generator

The dimensions of big hydroelectric alternators are continuously increasing. For instance, the rotor of a generator for a hydroelectric generating station, of a capacity of 100 MW, has a diameter of about 12 metres. It has 88 poles and, when it operates on a system of a frequency of 50 Hz, its operating speed is 68.2 r.p.m. The mass of the rotor is approximately $2.6 \cdot 10^5$ kg. It is less than 30 % heavier than the mass of the turbine shaft and wheel. The exceptionally large dimensions and heavy mass of the rotor make great claims on its design and the technology of its manufacture.



Radiální a redukovaná napětí nosného žebra za běžných provozních podmínek

Statický výpočet – bere v úvahu jen vlastní tíži a odstředivou sílu.

Použijeme-li MKP máme k dispozici stovky tisíc vypočtených dat.

Pravá inženýrská otázka však zní:

Vydrží součást v provozu či ne?

K „správnému“ inženýrskému návrhu se dostáváme postupnými aproximacemi.

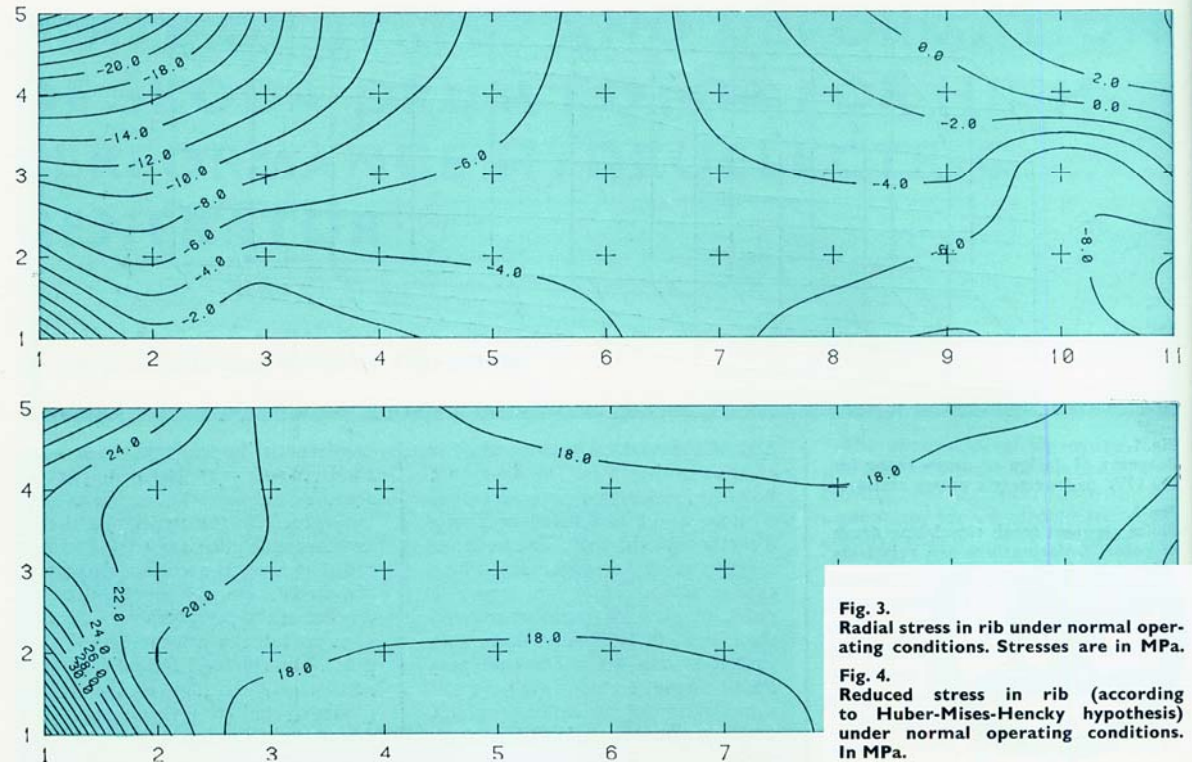
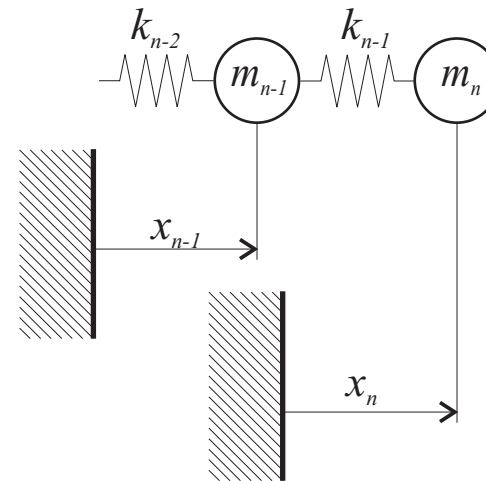
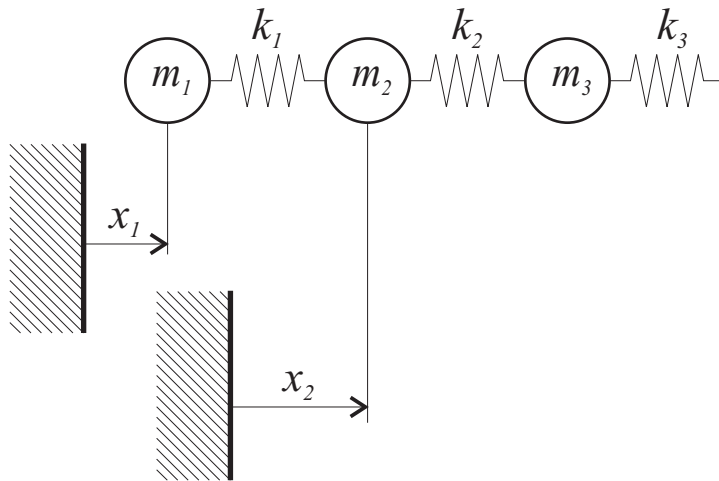
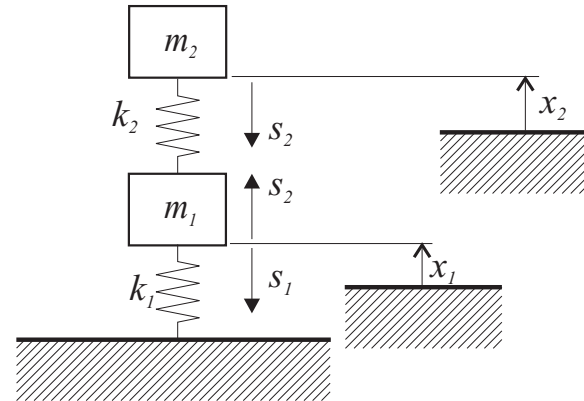
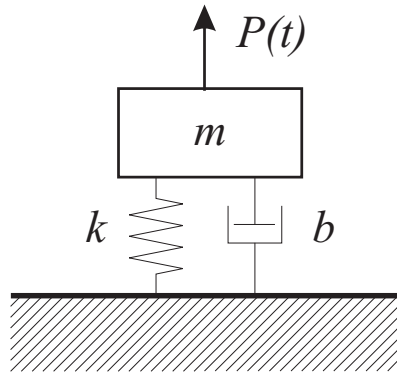


Fig. 3. Radial stress in rib under normal operating conditions. Stresses are in MPa.

Fig. 4. Reduced stress in rib (according to Huber-Mises-Hencky hypothesis) under normal operating conditions. In MPa.

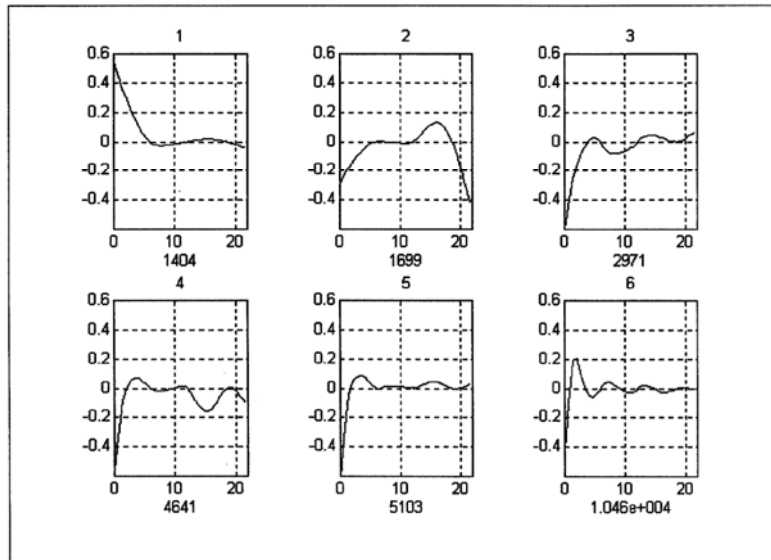
Kmitání – od teorie



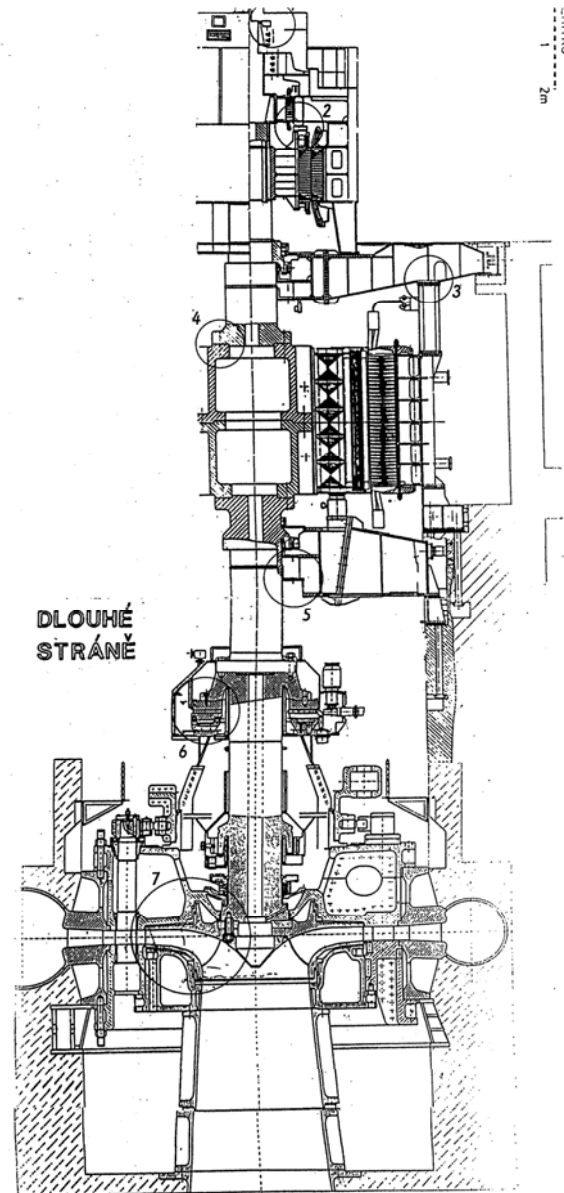
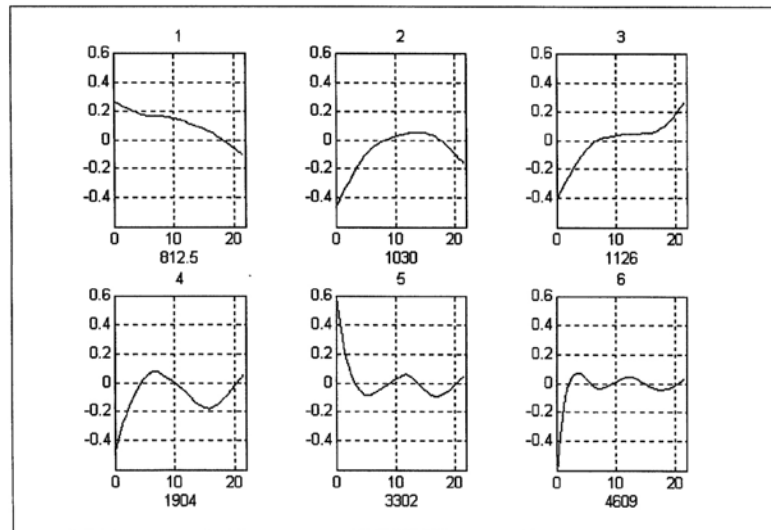
K technickým aplikacím

ok4107 matlab12.sam, page 3

Rigid supports are assumed. Frequencies are in R.P.M



Elastic supports are assumed. 1.6e9 N/m, 2e9 N/m, 2e9 N/m.

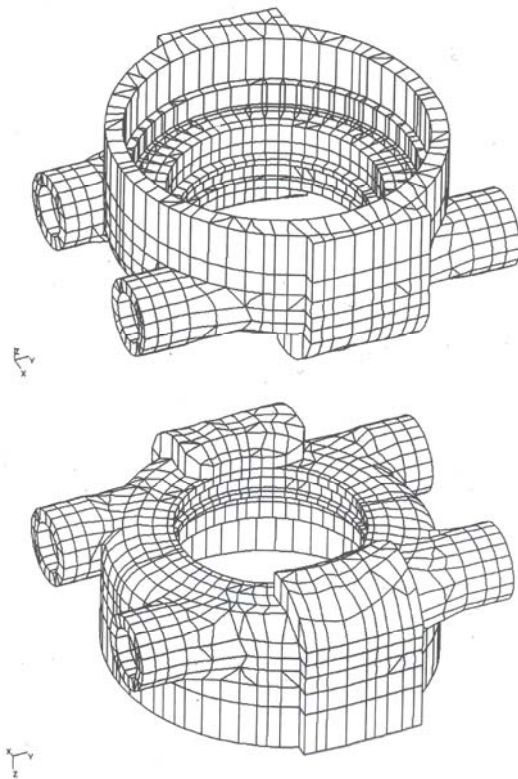


Vlastní tvary kmitu hřídele soustavy jako funkce délky a příslušné vlastní frekvence

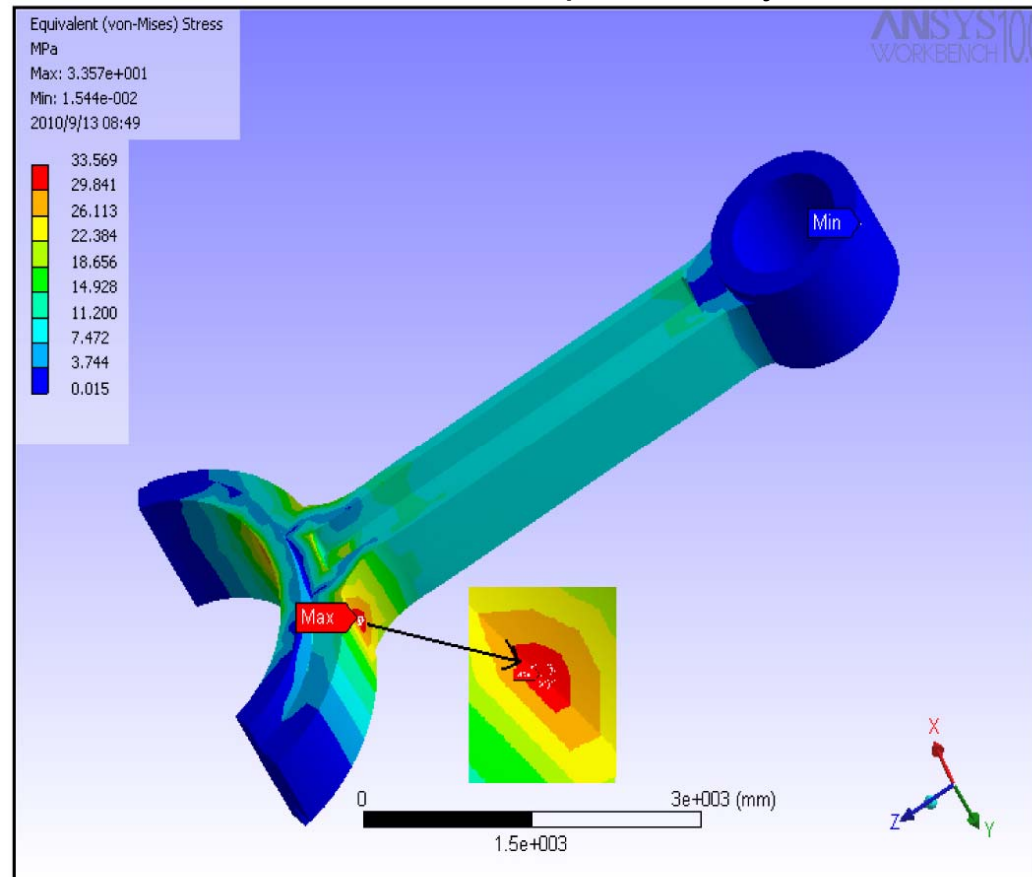
A dlouhá studijní cesta ke konstrukci je dlážděna studiem výpočetních metod, jako je např. **metoda konečných prvků** či konečných objemů, a s tím související studium numerických metod a základů programování.

Síť dýzy turbíny ŠKODA :

počet prvků : 2 696
počet uzlů : 13 418
počet neznámých soustavy : 40 254
maximální šířka fronty : 1 071



Ojnice už není dokonale tuhá – je poddajná. Dostaneme deformace a napětí v jednotlivých místech tělesa. Otázka však zní. Vydrží součást daného tvaru dané zatížení pro zvolený materiál?



Cílem studia není skončit u řešení
akademických příkladů jako
průhyb nosníku
či
kmitání hmoty na pružině

Ty jsou pouze odrazovým můstkem pro řešení praktických úloh inženýrského světa. Na školních příkladech vysvětlíme předpoklady, na nichž je řešení založeno a omezení platnosti získaného výsledku K „správnému“ řešení se dostáváme postupnými aproximacemi.

Pleasure of finding things out

Informace a vědomosti

- Všechno se dá najít na internetu, ale ...
- Informace nejsou znalosti. Jsou to relace mezi informacemi, které vytvářejí vzdělanost.
- Pokud jsem nestudoval čínštinu a vím-li, kde najdu na internetu česko-čínský slovník, ani za mák mi to nepomůže při domluvě s rodilým Číňanem, který žádný jiný jazyk neovládá.
- Vysokoškolští studenti jdoucí dnes ke zkoušce, mají zpravidla k dispozici své poznámky ze cvičení a z přednášek, kalkulačku a počítač připojený na internet. Pokud však před zkouškou dlouho neseseděli za stolem a nestudovali výukové texty, držíce v ruce tužku, a na papíru si opakovaně nepsali poznámky a nepočítali příklady, pak všechny zmíněné pomůcky ke zkoušce jsou jim nanič, neboť nevědí jak je použít, co hledat a jak se na svou otázku – třeba na Wikipedii – zeptat.

Inženýrské dovednosti 1

Matematická sazba

Authors of mathematically oriented texts are expected to present their contributions to editors in a suitable electronic format. There is a lot of products that could be employed for this purpose. The TeX, LateX, Microsoft Word Equation Editor, WordPerfect are just a few examples to name.

Nevertheless, reading old, recent as well as contemporary mathematical and technical publications, one can observe many 'typesetting dialects'. Often, authors do not adhere to typesetting rules, observed for decades; sometimes they do not properly master their text editors. In some cases, this applies to students, teachers as well as to mature scientists.

The contribution, presenting ad hoc taken scientific and educational texts, shows recommended and inappropriate examples of mathematical typesetting and suggests a few basic principles or rules that are worth observing.

Zamysleme se nad pravidly dobré matematické sazby.

Pravidel, kterých je třeba dodržovat, není mnoho

Za čárkou a tečkou je mezera.

Zdůraznění textu podtrháváním nepatří do moderní sazby. Je to relikv obdoby psacích strojů. Namísto toho se doporučuje použít kurzívu.

Dnes máme k dispozici nástroje umožňující správně sázet znaky cizích abeced jako je např. turecké ğ, švédské å či islandské þ. Setkáváme se s tím při sazbě jmen autorů citovaných textů. Je však třeba připomenout, že při používání editoru Microsoft Office Word – který je v rámci Windows zpravidla lokalizován pro místní zeměpisnou oblast – není zaručeno, že v jiné jazykové oblasti budou znaky vysázeny správně. Je to i případ znaků s českou diakritickou jako např. ě, š, ř apod. Potíže, při přenosu textu z jednoho jazykového prostředí do jiného odpadnou při používání editorů založených na editoru LaTeX. České „č“, zapsané ve zdrojovém textu jako „\vc“, má šanci bez úhony přežít i v jiných jazykových prostředích.

Důsledně rozlišujeme pomlčku, tj. – , a rozdělovník, tj. -.

Příklad: Tento postup – popsáný jinde – je použit ...

Příklad: Metoda Runge-Kutta.

I když češtináři doporučují spíše ... Rungeho-Kuttaova metoda.

Rozlišujeme znaky rozdělovník a „mínus“ a nešetříme mezerami.

Vztah $c=a-b$ je vysázen nevhodně, zatímco $c = a - b$ je ve shodě se typografickými zvyklostmi.

Rovnice jsou součástí textu a podle potřeby jsou za nimi příslušná interpunkční znaménka, tj. tečka či čárka. Viz text uvedený na obr. 3.

Používaný *font* (česky *řez písma*) má být stejný pro znaky běžného textu i pro znaky vyskytující se v matematických vzorcích – a to i pro znaky řecké abecedy.

Příklad: Výrazy $\cos \beta$ či $\cos \beta$ jsou vysázeny nevhodně, zatímco výraz $\cos \beta$ je dobře.

Skalární proměnné tiskneme kurzívou (italics), a to slabě.

Např. K, q, σ .

Maticové a vektorové proměnné tiskneme stojatě (antikva), tučně (bold). Např. $\mathbf{K}, \mathbf{q}, \boldsymbol{\sigma}$.

Prvky maticových proměnných, pokud jsou to skaláry, sázíme slabou kurzívou.

Např. K_{ij}, q_i, σ_i .

Pak jednoduše lze vyjádřit skalární veličinu α , která je výsledkem podílu skalárního součinu a kvadratické formy proměnných, tedy $\alpha = \frac{\mathbf{v}^T \mathbf{v}}{\mathbf{x}^T \mathbf{A} \mathbf{x}}$.

But ...

Zde nutno poznamenat, že některé redakce – a to ve shodě s normou ČSN ISO 31 – vyžadují sázet matice a vektory tučně ležatě, tedy ***K***, ***q***, ***σ***.

V textech, pocházejících z matematické komunity si na tučné symboly nehrají a například součin matice a sloupcového vektoru – výsledkem je sloupcový vektor – značí jednoduše

$$f = Kq .$$

K porozumění tomuto zápisu je třeba znát význam jednotlivých symbolů. V inženýrské textech, a to bez dlouhého vysvětlování, píšeme buď

f = ***Kq*** nebo, využívající Eisteinova sumačního pravidla, $f_i = K_{ij} q_j$.

Matice, vektory

Snažíme se velká písmena rezervovat pro matice, malá pro vektory. Ne vždy se to daří, neboť se nám občas nedostává volných písmenek. V mechanice vektor považujeme a priori za sloupcový a jeho prvky vkládáme do svorkových závorek $\{ \}$.

Rozlišujeme skutečné vektory, žijící v 1D, 2D a 3D prostorech, pro něž při ortogonální transformaci mezi souřadnicovými soustavami platí jednoduchý vztah $v'_i = a_{ij} v_j$, a vektory, které jsou součástí maticové algebry. Ty druhé, přestože jim též říkáme vektory, nejsou vektory ve smyslu tenzorového počtu, pro něž platí výše uvedený transformační vztah, obsahující směrové cosiny. Vektory tohoto typu představují množinu proměnných, uspořádanou do sloupců či řádků. Jejich ekvivalentem v programovacích jazycích jsou tzv. pole (arrays).

Vektory

Příklad: $\mathbf{x} = \begin{Bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{Bmatrix}.$

Tímto zápisem naznačujeme, že vektor je sloupcový a má n skalárních prvků. Pořadové číslo prvku píšeme jako pravý dolní index, a to menší velikostí. Označení n je proměnná – proto kurzíva. Připomeňme, že tenzorový počet nerozlišuje sloupcové a řádkové vektory. Transpozicí sloupcového vektoru získáváme vektor řádkový

$$\mathbf{x}^T = \{x_1 \quad x_2 \quad \cdots \quad x_n\}.$$

Pravý horní index, tj. T , je operátorem transpozice.

Operátory

Funkční operátory a jednotky též označujeme stojatě slabě, např. sin, cos, log, ln, [m/s] a jiné.

Operátor derivace, tj. d , píšeme stojatě slabě – nikoliv kurzívou. Funkce a její derivace tedy jsou $y = f(x)$, $y' = \frac{dy}{dx}$.

Podobně pro integrál, tedy $y = f(x)$, $F = \int_a^b f(x)dx$.

Operátor integrace je tištěn svisle. Předchozímu vztahu by více slušelo, kdybychom mezi integrandem a operátorem derivace nechali malou mezeru, tedy

$$y = f(x), \quad F = \int_a^b f(x) dx.$$

Připomeňme, že v takřka všech editorech máme možnost pracovat s malou, střední a velkou mezerou. Existuje i tak zvaná záporná mezerka. Těchto možností je třeba uvážlivě využívat. Odměnou bude přehledně a hezky vysázený vztah.

Variable vs. Label

Některé editory TeX a LaTeX, sázejí znak integrace ležatě. Např.

$${}^tW_{\text{mech}} = \int_{{}^tS} {}^t t_i {}^t u_i d{}^t S + \int_{{}^tV} {}^t f_i {}^t u_i d{}^t V.$$

Je to vada na kráse, kterou jde napravit nainstalováním dodatečných modulů. V tomto případě levý horní index přiřazuje proměnné určité konfiguraci, definované v čase t . Proměnná W má v předchozím vztahu též pravý dolní index $_{\text{mech}}$ a ten je sázen stojatě. Je to tak proto, že v tomto případě nejde o proměnnou, ale o označení typu proměnné. Chceme tím zdůraznit, že – jak z definice plyne – jde o mechanickou práci.

Matematické konstanty

Matematické konstanty jsou též značeny stojatými symboly, například imaginární jednotka i , symbol e – jako základ přirozených logaritmů – nebo Ludolfovo číslo π . Naproti tomu materiálová konstanta E – Youngův modul pružnosti – není konstantou v pravém slova smyslu, je různá (tedy proměnná) jak pro různé typy téhož materiálu, tak i pro odlišné materiály, a proto ji tiskneme kurzívou. Tíhové zrychlení g je též konstantou s proměnnými rysy. To taková Planckova konstanta, $h = 6,626 \times 10^{-34}$ Js, dávající do relace energii fotonu a jeho frekvenci, je „konstantnější“, a je tištěna stojatě.

Uvedme několik nevhodných příkladů z doby poměrně nedávné.

Jak ano a jak ne

Skripta z roku 2007 mělo by být

$$\sum_{i=1}^n F_{ix} - N_2 \cdot \cos \alpha = 0$$

$$\sum_{i=1}^n F_{iy} + N_1 + N_2 \cdot \sin \alpha = 0$$

$$\sum_{i=1}^n M_{iP} = 0$$

$$\sum_{i=1}^n F_{ix} - N_2 \cos \alpha = 0$$

$$\sum_{i=1}^n F_{iy} + N_1 + N_2 \sin \alpha = 0$$

$$\sum_{i=1}^n M_{iP} = 0$$

Normy

[ČSN 01 6910. Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory.](#) Praha, Český normalizační institut, 1997.

ČSN ISO 31_0. Veličiny a jednotky. Část 0: Všeobecné zásady. Praha, Český normalizační institut, 1994.

ČSN ISO 31_1. Veličiny a jednotky. Část 1: Prostor a čas. Praha, Český normalizační institut, 1994.

ČSN ISO 31_13. Veličiny a jednotky. Část 13: Fyzika pevných látek. Praha, Český normalizační institut, 1997.

ČSN ISO 31_2. Veličiny a jednotky. Část 2: Periodické a příbuzné jevy. Praha, Český normalizační institut, 1994.

ČSN ISO 31_3. Veličiny a jednotky. Část 3: Mechanika. Praha, Český normalizační institut, 1994.

Doporučená četba k matematické sazbě

- Martin Slavík napsal pro studenty [PF TUL](#) text [Větel typografických pravidel](#).
- Mikulášek, Z.: Grafická úprava rukopisů. Ústav teoretické fyziky a astrofyziky. Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity v Brně, 2003.
- Rybička, J: LateX pro začátečníky, Konvoj, 1995.
- Drsný úvod do LateXu. <http://apfyz.upol.cz/ucebnice/down/mini/drslat.pdf>.
- Starý, R.: Matematická sazba.
<http://richardstary.wz.cz/ramy.php?hlavni=/uvod.html>.
- Olišák, P.: První setkání s TeXem,
<http://math.feld.cvut.cz/ftp/cstex/doc/prvni.pdf>.
- Kopka, H. and Daly, P-W.: Guide to LateX. Addison Wesley, Pearson Education, 2005, ISBN 0-321-17385_6.
- Mittelbach, F. and Goossens, M.: The LateX Companion. Addison Wesley, Pearson Education, 2005, ISBN 0201362996.

Inženýrské dovednosti 2

Slova, slova, slova ...

- Autor se zamýšlí nad komunikačními potížemi při sdílení informací. Při přednáškách, při psaní článků, skript či diplomových a disertačních prací.
- Jednou z potíží může být používání encyklopedicky „přesných“ formulací, které vedou k vysvětlování nových pojmů, pomocí jiných, které pro novice v oboru jsou jen slova, slova, slova, a to bez obsahu.
- K nedorozumění též přispívá zkratkovité myšlení, které vede ke zmatečnému vyjadřování, zaplevelujícím text blábolivými a obsahově prázdnými sděleními či zbytečnými novotvory.
- Některé příklady, s nimiž se autor při oponování článků, skript či diplomových a disertačních prací setkává, jsou komentovány, jiné jsou uvedeny bez komentáře.

Slova neobjektivní

V disertační práci [1] jsou v tabulce 4.3 uvedeny „naměřené“ hodnoty Youngova modulu pružnosti pro prostě podepřený nosník obdélníkového průřezu, který je zatížen silou, symetricky působící mezi podporami. Jsou sledovány tři případy lišící se délkou nosníku mezi podporami – materiál a průřez nosníku jsou ve všech zkoumaných případech stejné. Hodnoty, které autor disertační práce uvádí, jsou:

Délka mezi podporami [mm]	40	80	120
Youngův modul pružnosti [GPa]	5.4	18.5	25.7

Rozdíly v naměřených hodnotách vysvětluje, používaje přitom svou specifickou verzi angličtiny, takto:

A: We can see that the properties are dependent on the used span for testing. Because there are a lot of micro-cracks in side the matrices, so when testing at high span it seem there are more changes for fracture, some samples are not broken at the middle. At lower spans, the matrices show nearly the same strength but very different modulus.

Podmínky experimentu nejsou přesně uvedeny, je však zřejmé, že autor neměl k dispozici žádný „modulometr“ a že k získání hodnoty Youngova modulu musel použít metodu nepřímou – pro zvolenou zatěžující sílu změřit průhyb a použít vztah, v němž je průhyb pod působící silou vyjádřen jako funkce působící síly, geometrických rozměrů nosníku a materiálových vlastností, charakterizovaných Youngovým modulem pružnosti. Pro tzv. tenký nosník je tento vztah uveden v každé učebnici pružnosti a pevnosti.

Testovaný nosník má ve všech zkoumaných případech stejný průřez, a tak jeho „tenkost“ je různá. Zvláště pro krátký nosník, kde byly rozměry průřezu srovnatelné s délkou nosníku, je analytický model „tenkého“ nosníku nepoužitelný. Výsledky takto koncipovaného experimentu jsou nevěrohodné. Ukazuje se, že autor se nezabýval otázkou platnosti modelu a nestudoval teorii dříve, než se pustil do experimentu.

Slova blábolivá

V disertační práci [7] autor v deváté kapitole uvádí:

A: ... with insignificant Young modulus of the matrix compared to the fibres ...

R: Autor přece nechce srovnat Youngův modul s vláknem, ale hodnotu Youngova modulu matrice s hodnotou Youngova modulu materiálu vláken.

Jeden z parádních autorových závěrů je:

A: ... increasing parameter k_6 increases stiffness of resulting curves ...

R: Tušíme, co autor chce říci. Totiž že zvýšením hodnoty parametru k_6 se zvýší tuhost odezvy zatěžovacího procesu, která je znázorněna křivkou s vyšší strmostí. Tak proč to neřekne rovnou a namísto toho tvrdí, že zvětšením jakéhosi parametru se zvýší tuhost křivek.

Takovýto způsob vyjadřování je projevem zkratkovitého myšlení a je neúctou k práci vlastní i ke čtenáři.

Slova na štíru nejen s gramatikou

V česky psané disertační práci [9] autor, ve snaze vylepšit svou práci o historické souvislosti, se snaží o výčet otců zakladatelů metody konečných prvků a uvádí, že:

A: Likewise, Argyris a Kesley, publikovali ve roce 1960 ...

O muži jménem Likewise jsem pochyboval od počátku, přesto jsem šel hledat poučení na internetu. Na adrese

http://books.google.cz/books?id=dQE-aq6JJIQC&pg=PA3&lpg=PA3&dq=Likewise,+Argyris,+Kesley&source=bl&ots=VwjG_IOPZy&sig=Baaka6PDn0hAKBcfcRtzWiJOtVY&hl=cs&ei=7koS6nGHZPCmgOGteCwDQ&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=7&ved=0CDYQ6AEwBg#v=onepage&q=&f=false

jsem našel publikaci Intermediate Finite Element Method: Fluid Flow and Heat Transfer Applications. Autoři jsou Juan C. Heinrich a Darrell W. Proper

kde, jak jsem očekával, jsem našel text:

...One of the co-authors R.W.Clough coined the name “finite element” in a paper published in 1960. **Likewise, Argyris and Kelsey published a text describing ...**

Jenomže, příslovce „likewise“ – tedy „podobně“, či „stejně tak“, – se v angličtině, na rozdíl od češtiny, odděluje čárkou. Je zde však na začátku věty a je tedy s velkým „L“, což by autora nemělo přimět k víře, že existuje muž jménem Likewise.

Výše zmíněná publikace autorů Juan C. Heinrich a Darrell W. Proper, z níž autor disertační práce doslova převzal, a špatně přeložil citovaný text, není uvedena v seznamu použité literatury. Autorova slova jsou na štíru nejen s gramatikou, ale i s dobrými mravy.

Slova triviální

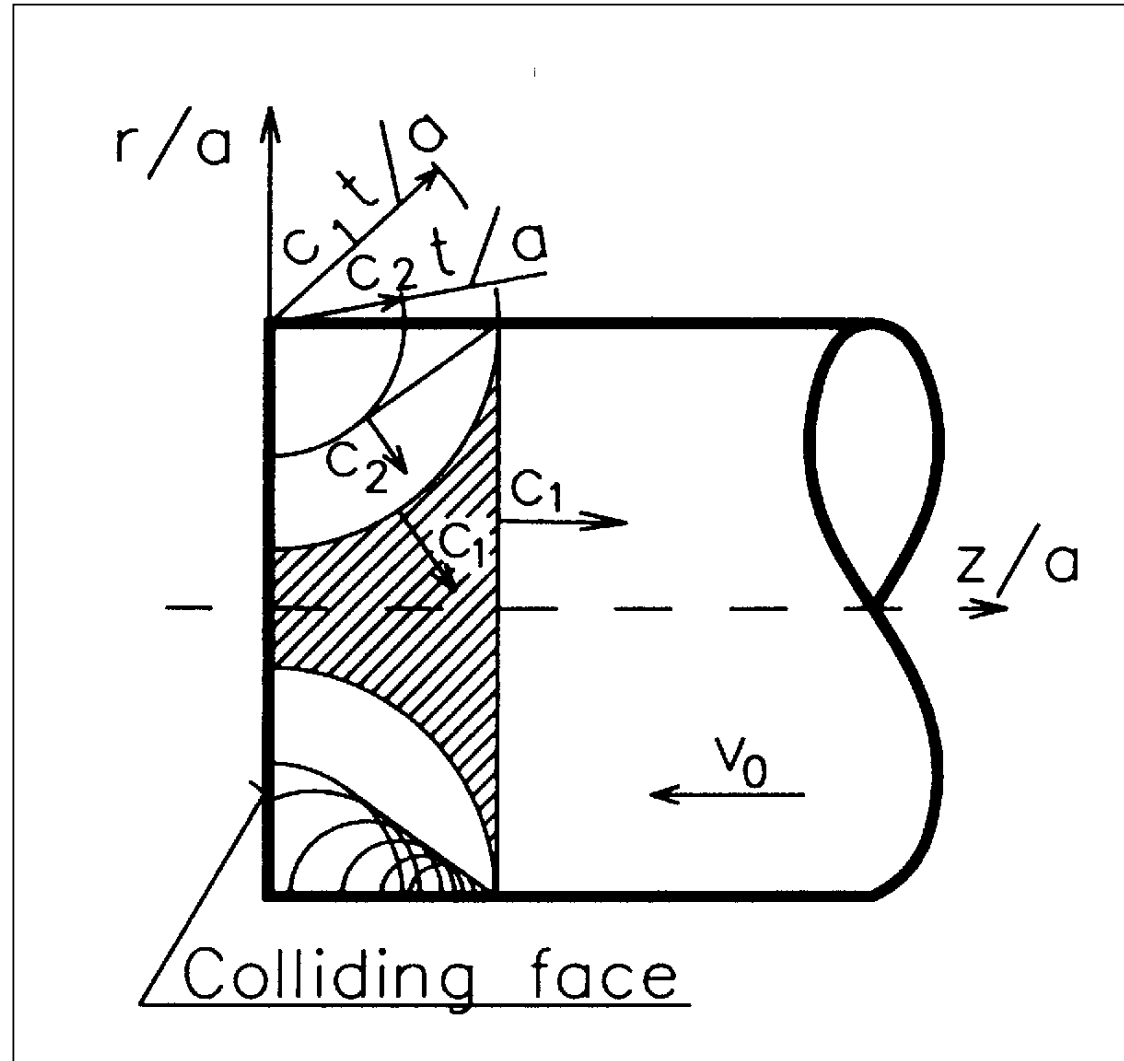
Pár triviálních slov závěrem. Pokusme se slovy nakládat obezřetně tak, aby naše sdělení byla jasná, zřetelná, adekvátní a symbolická i intuitivní. V našem řemesle jsou však encyklopedicky „přesná“ a gramaticky a syntakticky „správná“ slova pro smysluplné sdělení jen podmínkou nutnou. Musí být doplněna inženýrskými dovednostmi – formálně přesná definice kmitajícího systému s n stupni volnosti nestačí k určení vlastních frekvencí a vlastních tvarů kmitu mechanické soustavy tvořené např. turbinou a generátorem.

Inženýrské dovednosti 3

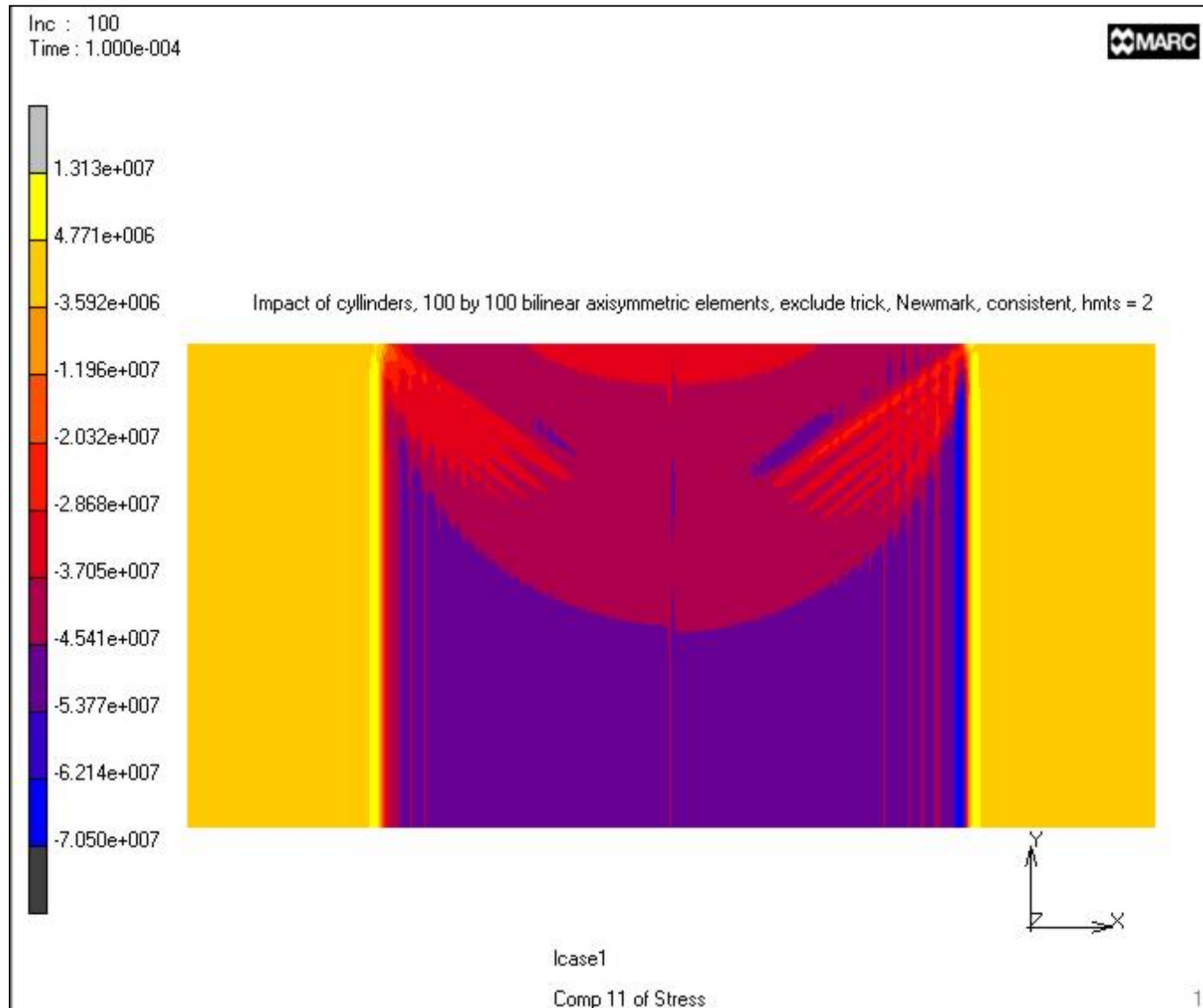
Hledání pravdy

Impact of cylinders

Theory is always a good benchmark

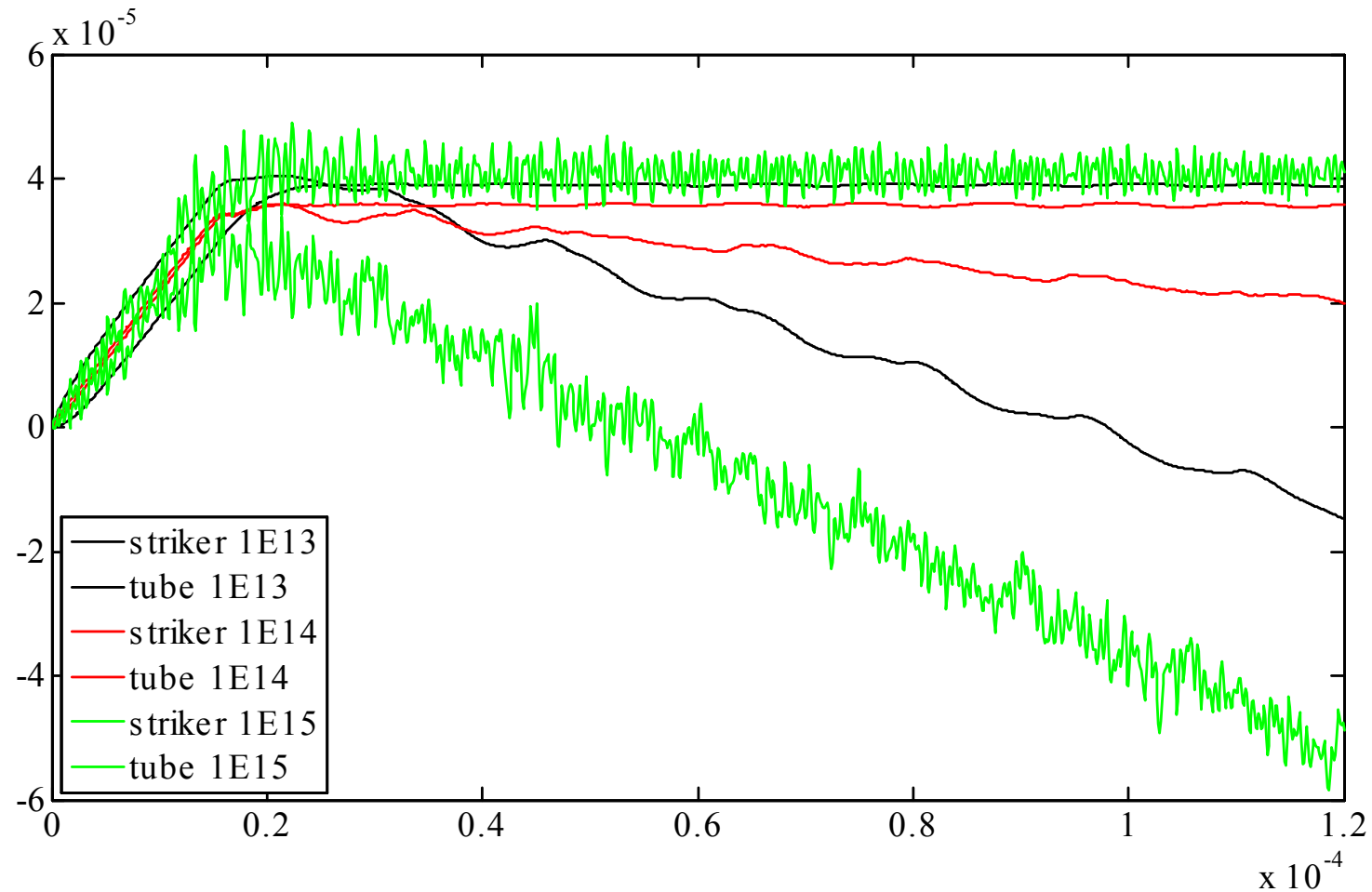


Impact of cylinders – FE analysis



How to find a correct penalty value?

Striker (solid) and tube (dashed) were just separated



Striker velocity (i.e. the slope of ax. displacements vs, time) depends on the penalty value
It is evidently wrong – but is it acceptable? Furthermore, penalty consumes energy.

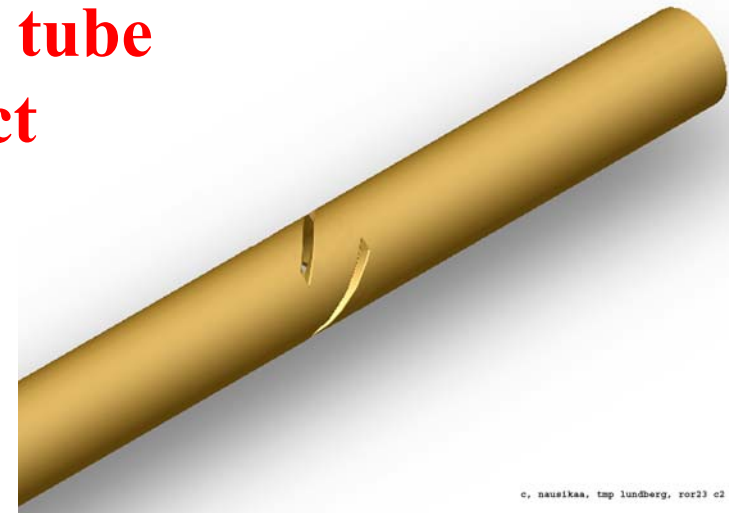
And now, from intellectual clouds to engineering reality

Impact induced stress wave energy flux

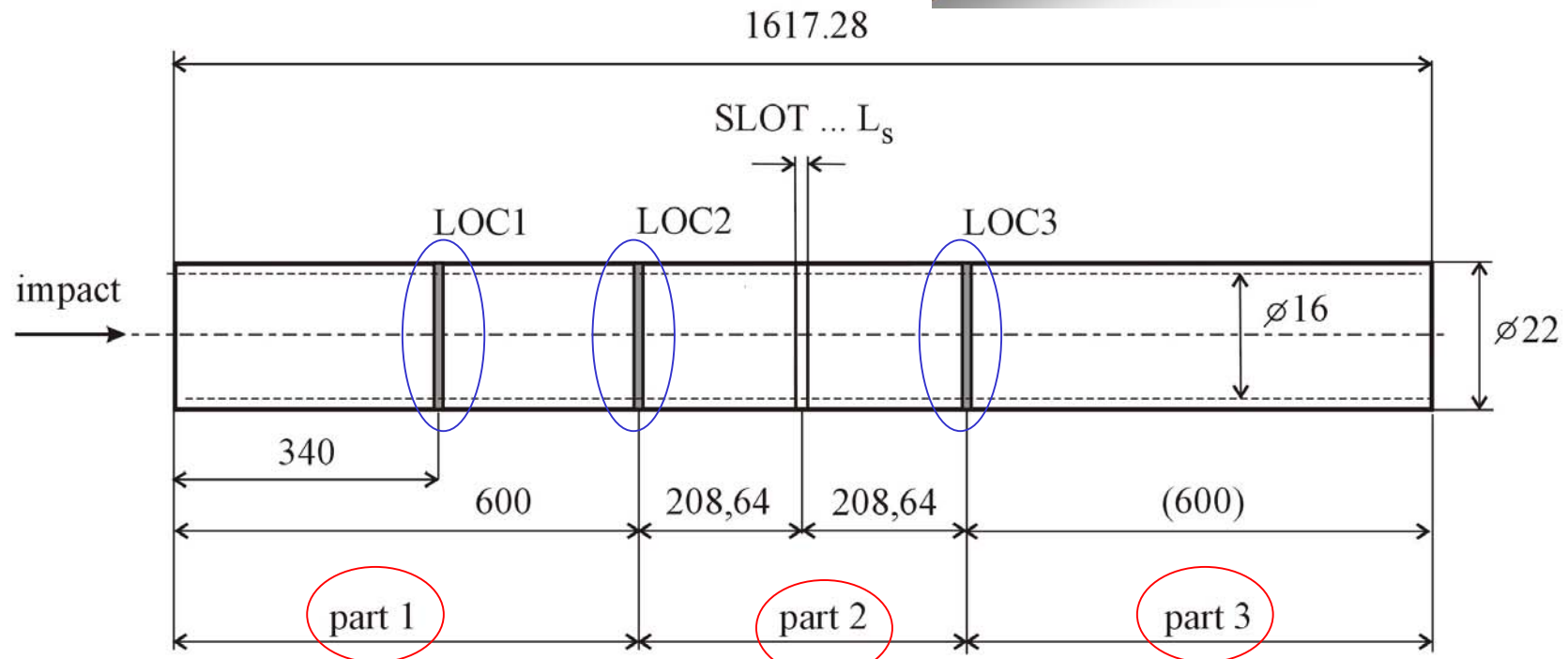
Validation of numerical and experimental approaches

Stress wave energy flux through the spiral slot of a tube induced by axial impact

Tube with a spiral slot – its dimensions in [mm]
and three surface locations of interest



c. nausikas, tmp lundberg, ror23 c2.tif



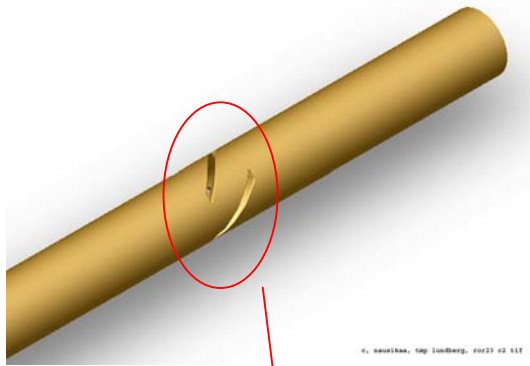
Notice that **three body parts** are considered for FE analysis

NOT TO SCALE

Two types of spiral slots, i.e **L90** and **2L180**, were considered

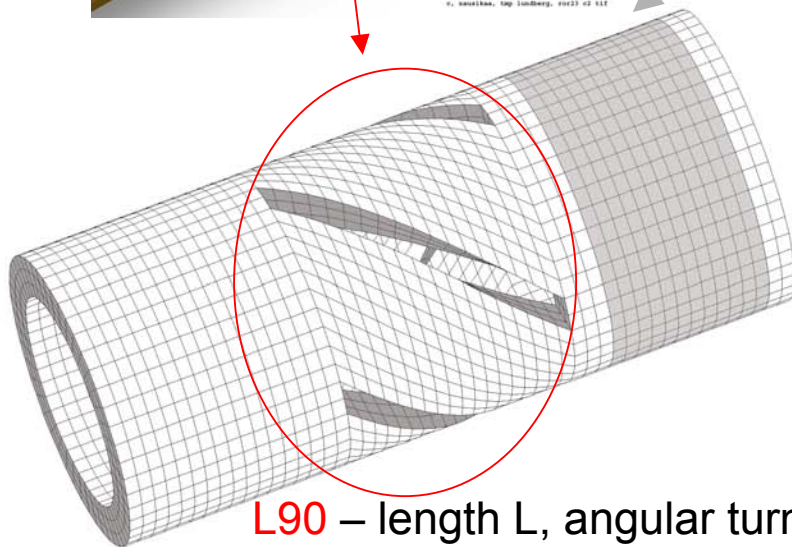
The coarse mesh and dimensions of a typical surface 'location' are depicted

Only a middle part of the mesh assembly is depicted

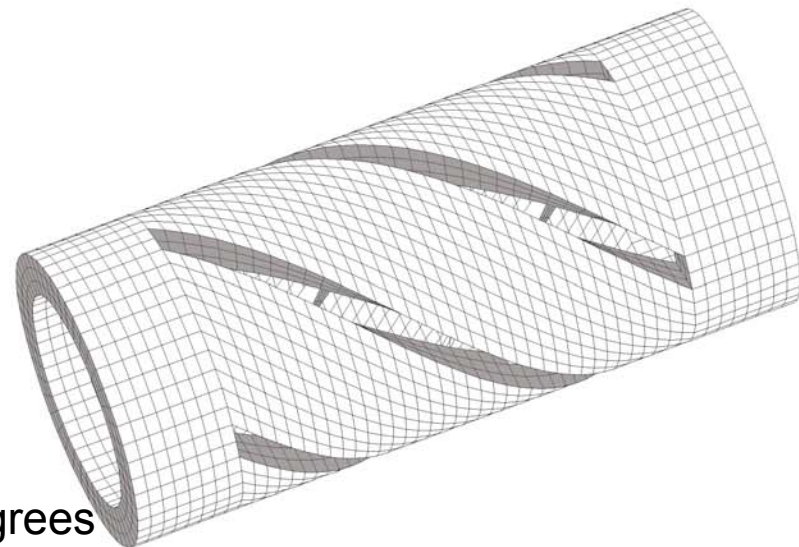


Later, we will talk about quantities distributed at the unfold surface (gray shaded area)

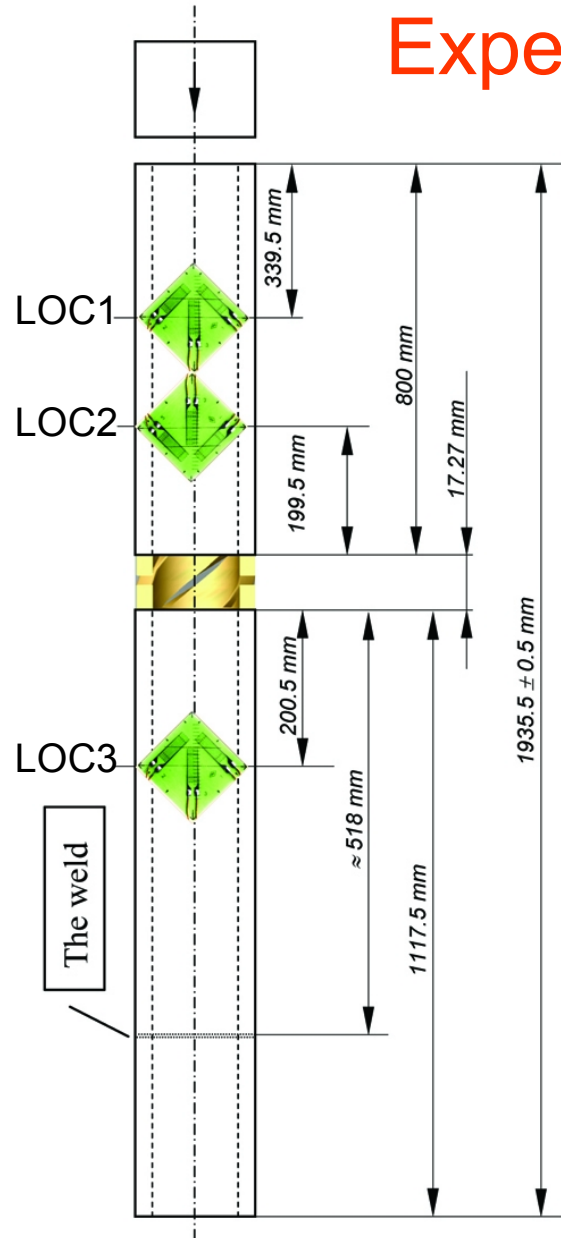
2L180 – length $2L$, angular turn 180 degrees



L90 – length L , angular turn 90 degrees



Experimental considerations



There are three axial strain signals associated with the longitudinal energy constituents

IL incident longitudinal,
 RL reflected longitudinal,
 TL transmitted longitudinal,

and two shear signals associated with torsional reflected and transmitted energy constituents.

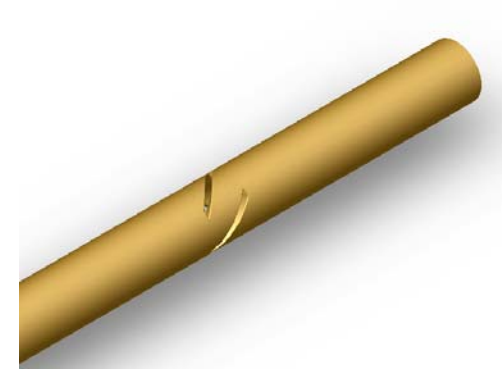
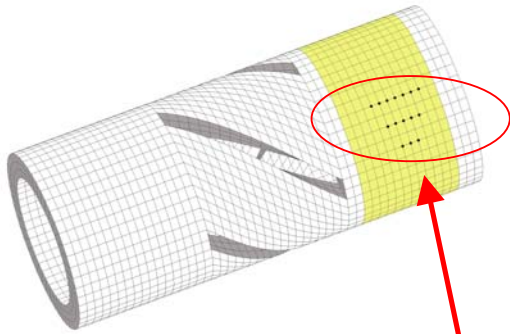
RT reflected torsional,
 TT transmitted torsional.

Experimental energy evaluation is based on 1D theory

$$T_L = \frac{1}{Z} \int_{t_1}^{t_2} N^2 dt = A E c_0 \int_{t_1}^{t_2} \varepsilon_L^2 dt$$

$$T_T = \frac{1}{Z_T} \int_{t_1}^{t_2} M^2 dt = 4 G k c_T / b^2 \int_{t_1}^{t_2} \varepsilon_T^2 dt$$

Experiment relies on surface strains only – they are considered to be uniformly distributed across the whole cross sectional surface

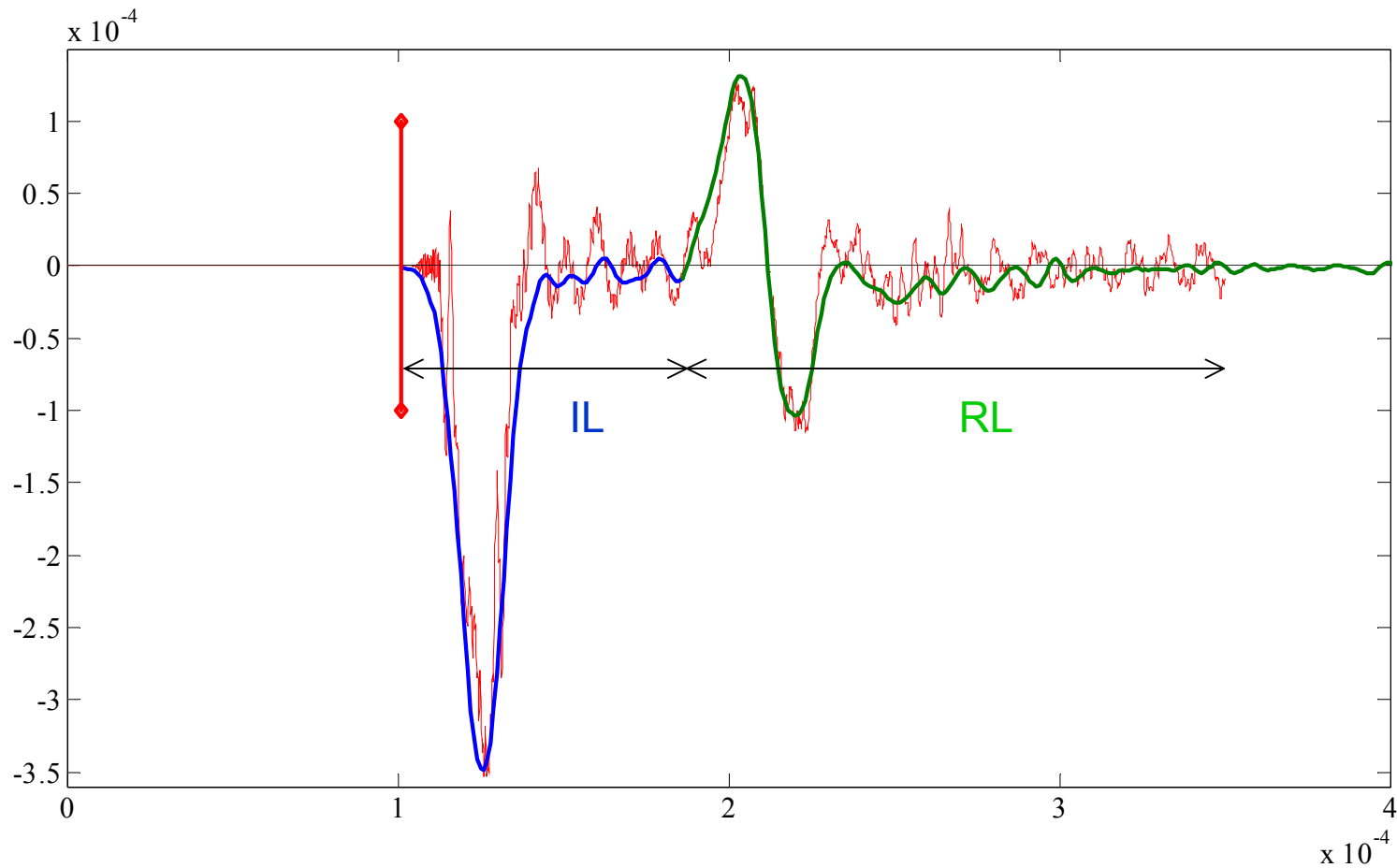


Thinking about good and bad agreements
of surface strains obtained by means of
experiment and FE analysis

Example: Surface axial strains at **LOC 2** – FE vs. experiment

One experimental signal has to be attributed to two (**IL** and **RL**) strains

Do **IL** (Incident Longitudinal) and **RL** (Reflected Longitudinal) signals overlap or not?



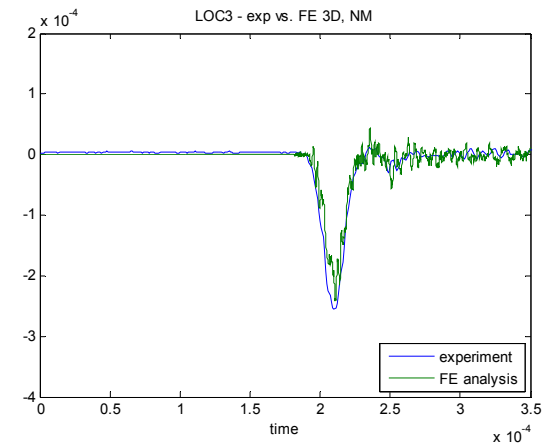
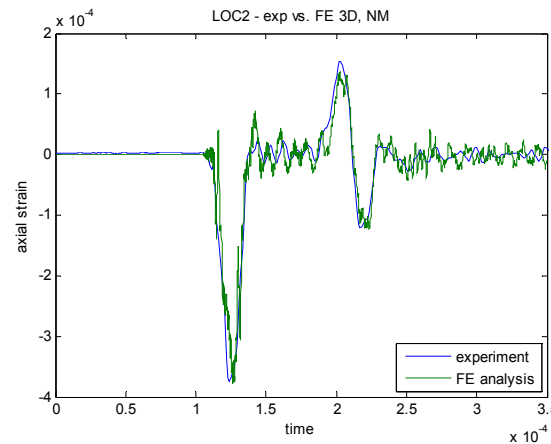
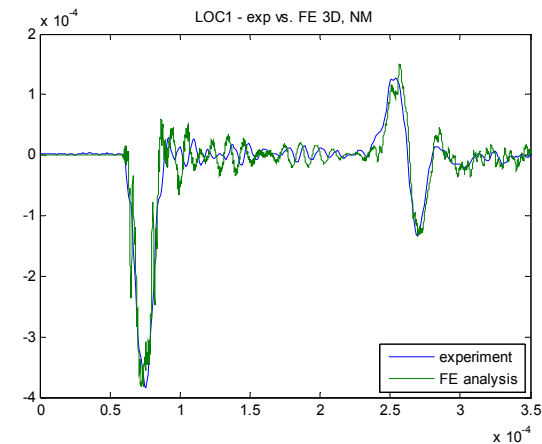
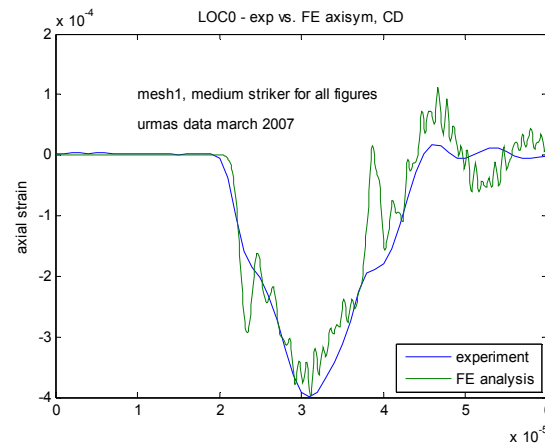
Raw comparison – no tricks

The cut-off frequency of experimental setup had the value of

0.1 MHz

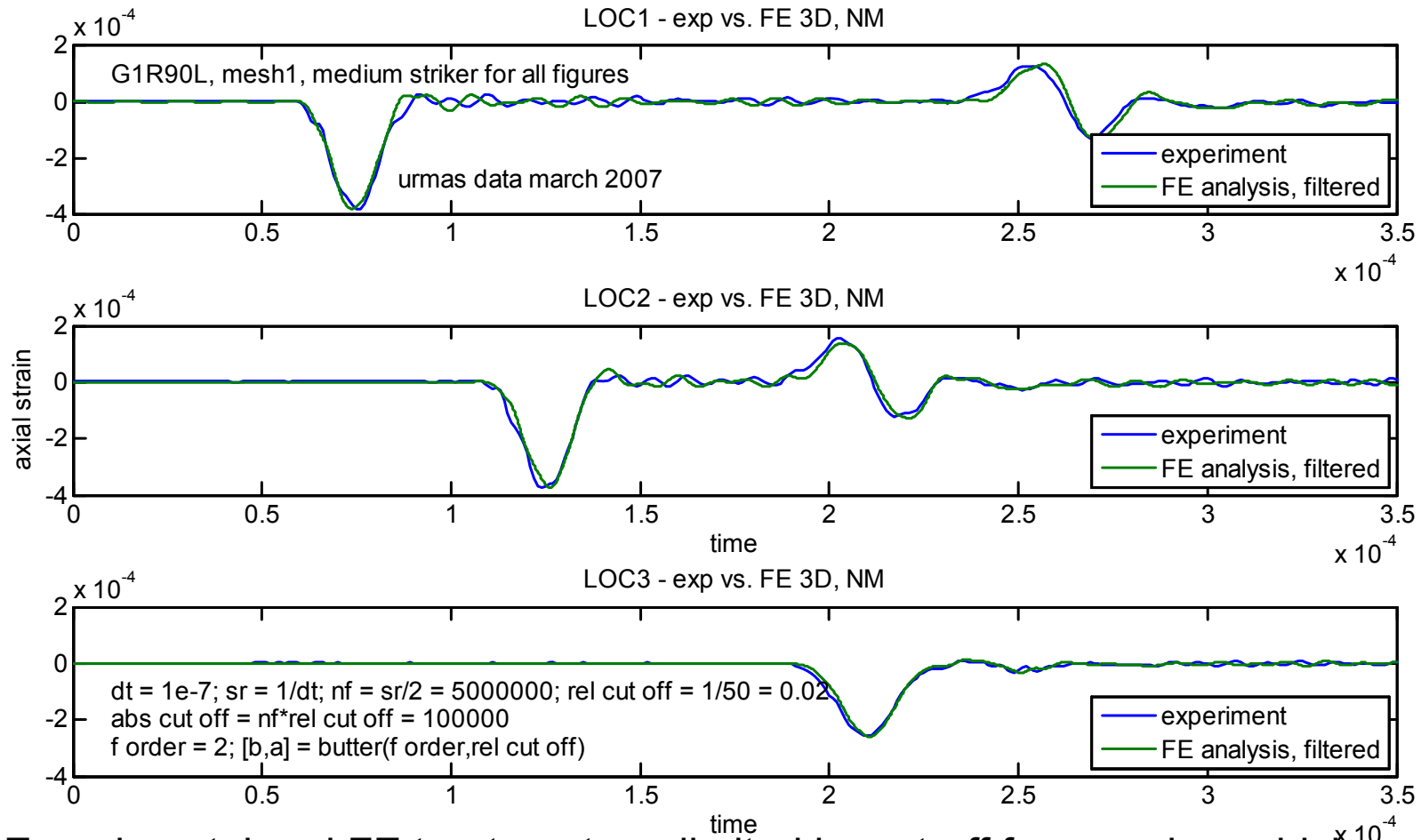
The Nyquist frequency for the FE analysis, based on the integration timestep – which is a sort of sampling interval – is

0.5 MHz



Is it a bad or good agreement? Is experiment or FEA closer to reality? Where is the truth? Experimental people often say to FE analysts: All your high frequency components are just a numerical noise.

A 'good agreement' of experimental and FE results



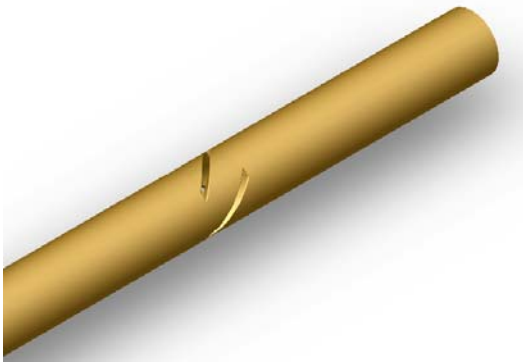
Experimental and FE treatment are limited by cut-off frequencies, which are generally different – in this case the filter applied on FE results has the same frequency limit as raw experimental data.

But can all high-frequency components be attributed to numerical noise?

When experimental and FE results are compared two questions should be considered

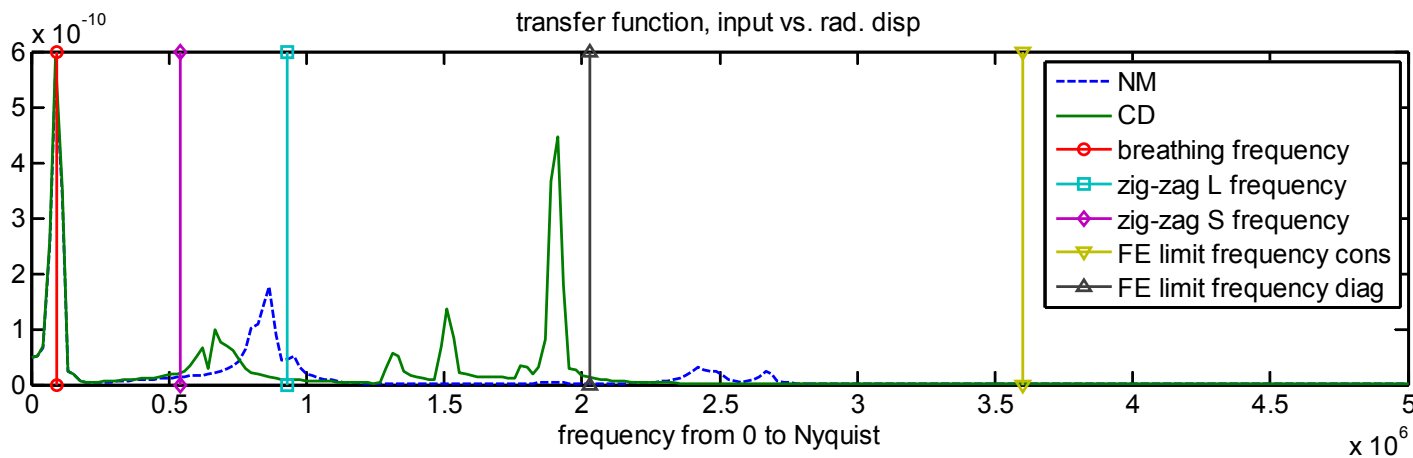
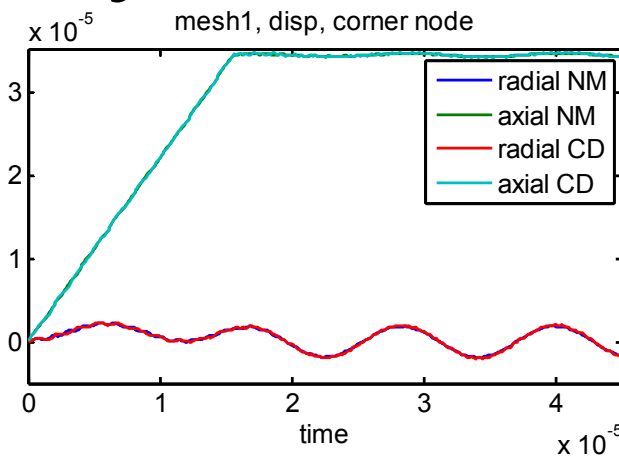
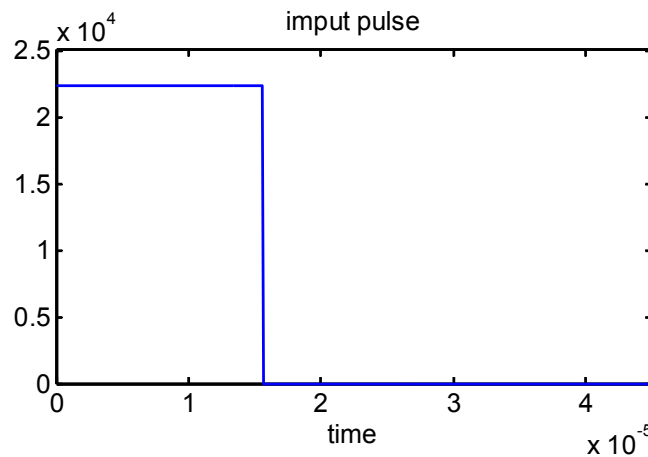
First. What are the experimental limits?

- Only axial and shear strains are measured – radial ones are not
- The values of measured surface quantities (displacements, strains, velocities) are attributed to the whole cross-sectional area
- 1D wave theory is used
- smaller frequency sampling rate

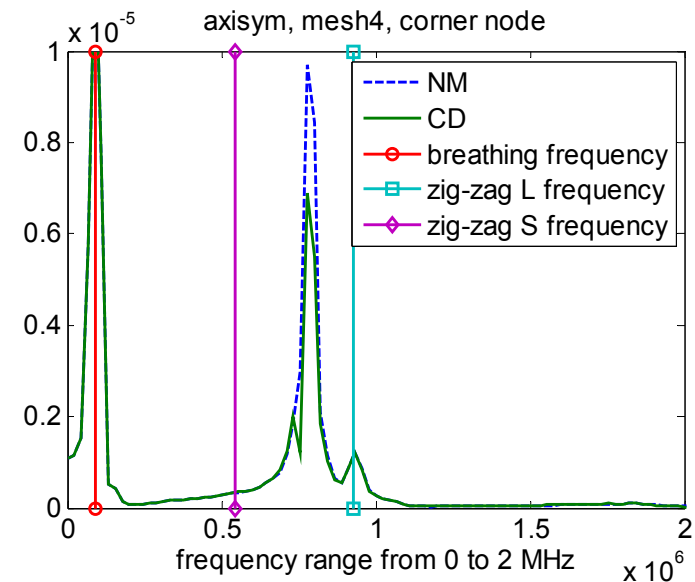
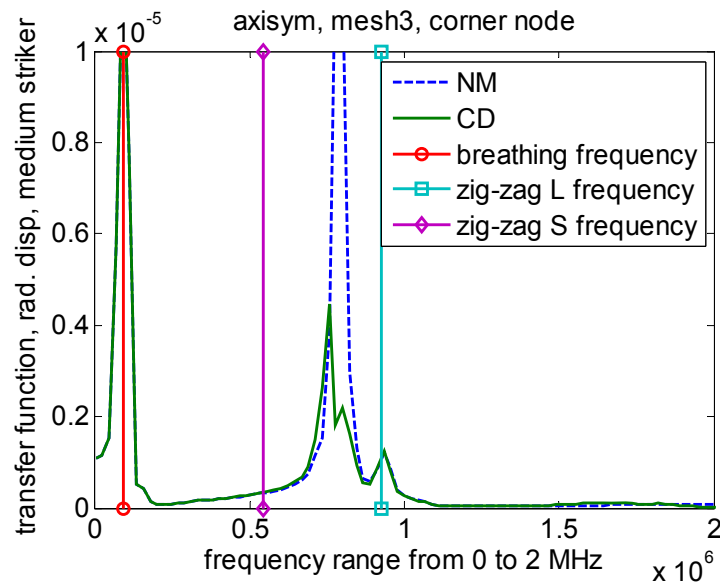
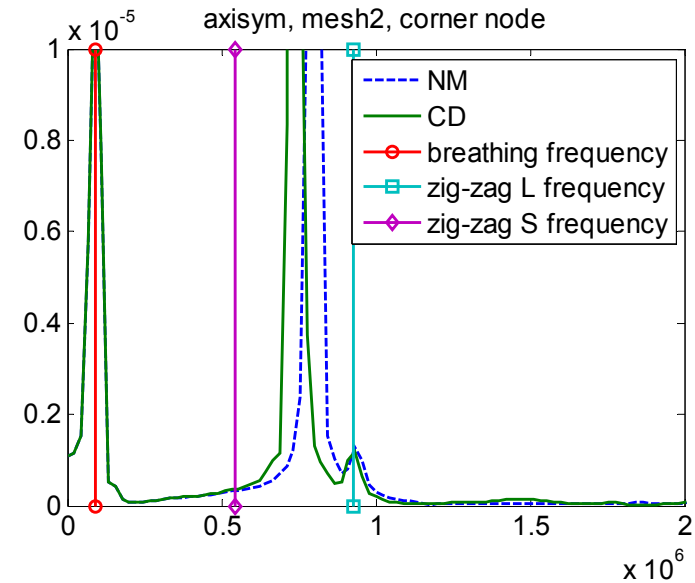
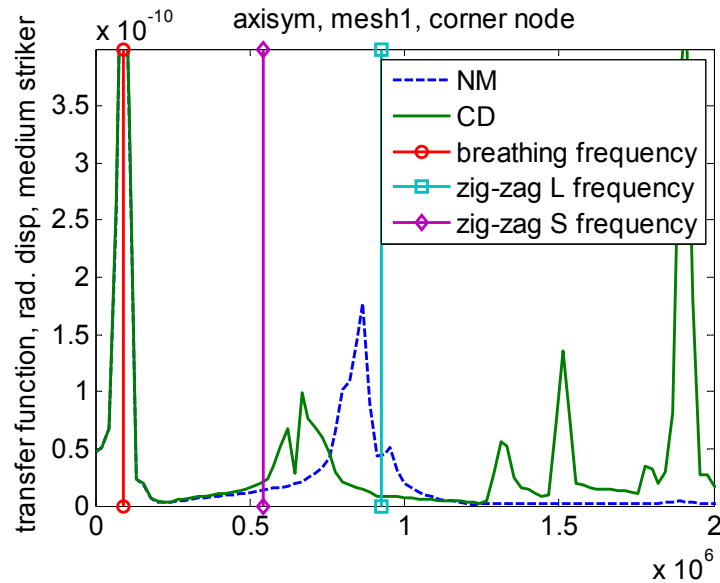


Assessment of FEA by frequency analysis

Explain the
breathing,
zig-zag,
five-element
and FE-limit
frequencies



FEA validity **self-assessments**, Mesh- and timestep refinement, Transfer functions of four meshes are compared



- As far as the mesh- and timestep-refinement is concerned, one can draw **the following conclusions**
- A distinct indication of the breathing and zig-zag frequencies,
- the ‘convergence’ of CD and NM responses,
- subsequent disappearance of ‘false’ CD responses,
- ‘false’ CD frequency peaks do not have their counterparts in NM responses.

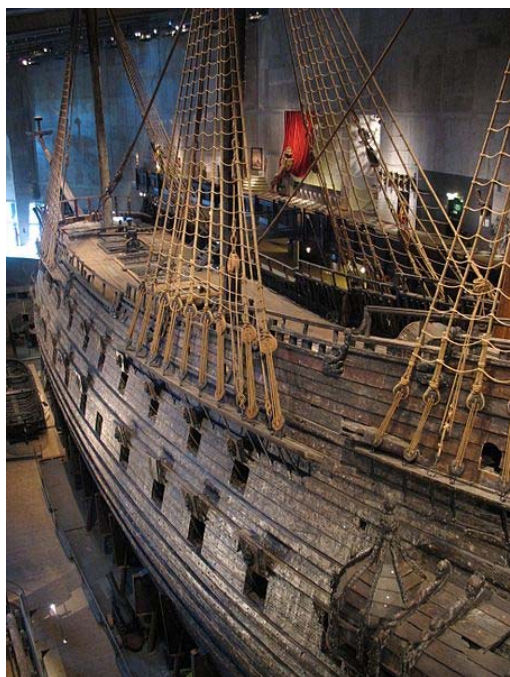
To reveal the true nature of reality good-agreement solutions have to be analyzed. How?

- Avoid crude mistakes and omissions
- Avoid blunders – poor judgment
- The ‘sameness’ of close solutions should be assessed by statistical tools
- Employed models should be robust, which means they should be able to give warning of their misuse. This is a pretty demanding task. Presently, the robustness can only be achieved indirectly by means of a posteriori checks by
 - Comparing results obtained by different variants of the employed model (coarse and fine meshes, different types of elements, coarse and fine timesteps, different integration methods, etc)
 - Analyzing the frequency contents of signals by Fourier analysis
- Results obtained by models should be checked by other models and/or by experiments
- Since the experiment is just another tool for revealing the true nature of reality, its results have to be viewed by the prism of its validity limits

Doktorand je tedy člověk vynalézavý

- Zná společenskou a inženýrskou násobilku.
- Umí
 - vidět věci v souvislostech,
 - rozlišit podstatné od nepodstatného,
 - přicházet věcem na kloub,
 - a v důsledku toho předvídat.
- Nepřestává poznávat svět a učit se.

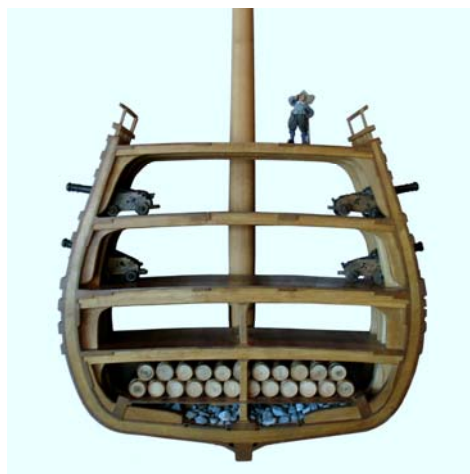
Inženýr a politika



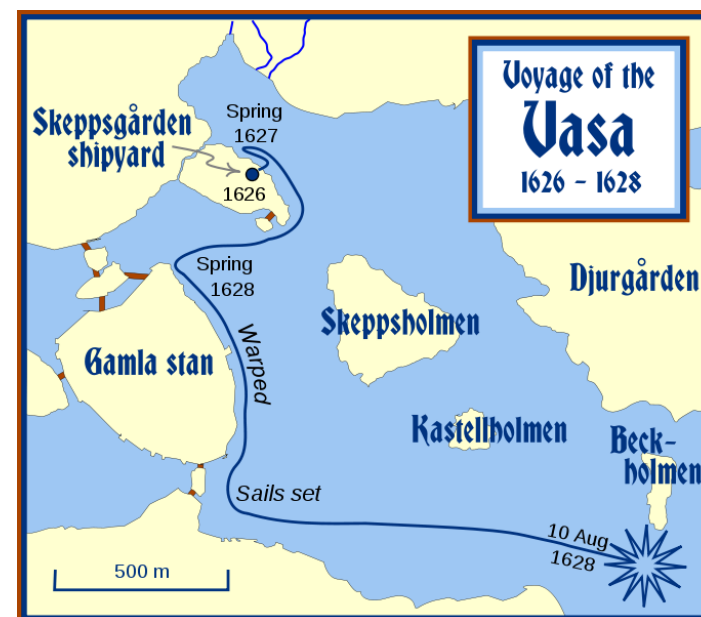
Švédská válečná loď Vasa, postavena 1626 – 1628

Potopila se při své první plavbě dlouhé pouhých 1300 m

Vyzvednuta v roce 1963, [Vasa Museum](#) in Stockholm



Tehdejší švédský král Gustav Adolf v průběhu stavby lodi přikázal přidat druhou dělovou palubu. Tím se těžiště lodi podstatně podstatně zvýšilo a v souhře s nedostatečnou balastní zátěží a otevřenými střílnami vedlo při náhlém poryvu větru k náklonu lodi a k jejímu potopení.



Po katastrofě byla zřízena vyšetřovací komise. In the end, no one was punished or found guilty for negligence, and the sinking was explained as an act of God.

A šťastný doktorand?

Americký sociolog Charles Murray v jedné ze svých přednášek (On happiness of people) identifikoval čtyři podmínky potřebné k tomu, aby lidé mohli považovat svůj život za dlouhodobě šťastný:

- smysluplná práce,
- soudržná rodina,
- dobří přátelé a
- víra v něco pozitivního.

Český sociolog Milan Petrušek v neformálním rozhovoru pravil:

Prostě jedni makaj, vydělávaj a jsou šťastný.

Jiní konzumujou, nadávaj na to jaký mají platy a jsou nešťastný.

LN 19. 10. 2013

Ani jeden z nich nemluvil o doktorandech, ale ...

Allow me to share with you a few of my favored books.
I recommend them for your bedside reading

Horgan, J.: The End of Science. Addison Wesley, 1996.

Covenney, P. and Highfield R.: The Arrow of Time. Flamengo, 1990.

Gree, B.: The Fabric of Cosmos. Penguin Books, 2004.

Barrow, J.D.: The Book of Nothing. Vintage, 2001.

Barrow, J.D.: The Infinite Book. Vintage, 2005.

Barrow, J.D.: The Artful Universe Expanded, Oxford University Press, 2005.

Kehlmann, D.: Measuring of World. Rowohlt Verlag, 2005.

Bardi, J.S.: The Calculus Wars, High Stakes Publishing, 2006.

Davies, P.: The last three minutes, The Guernsey Press, 1995.

Weinberg, S.: The first three minutes, Basic Books, 1988.

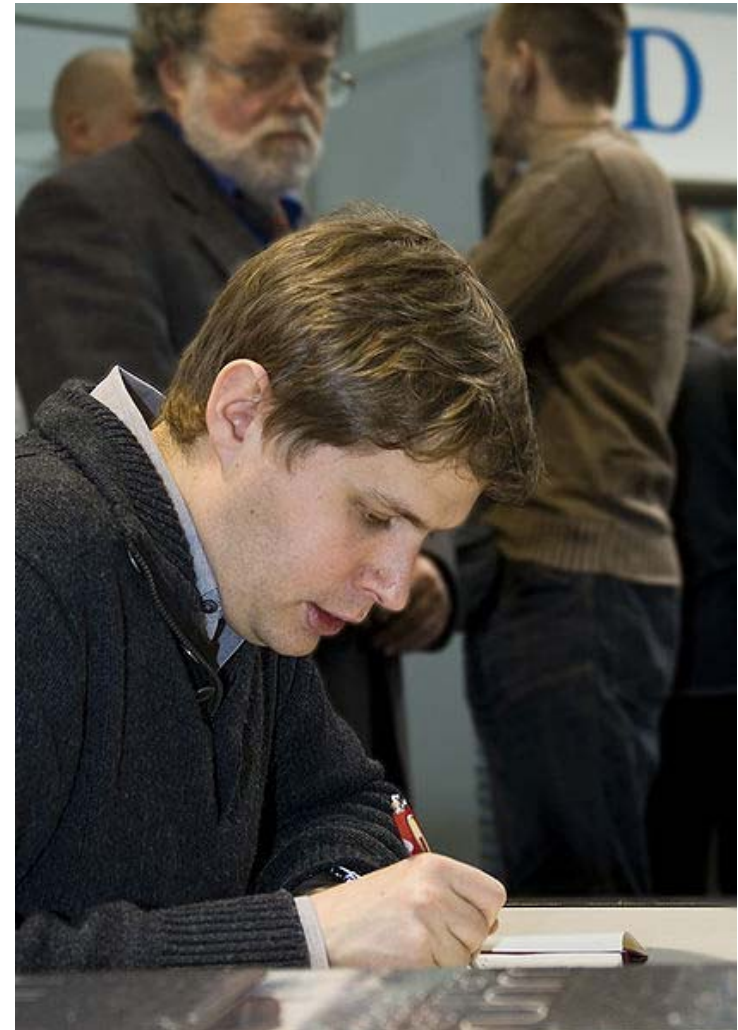
Among the mentioned books
there is one requiring a special attention

Measuring the World

(*Die Vermessung der Welt*) is a
2005 novel by German author
Daniel Kehlmann.

The English translation is by
Carol Brown Janeway,
November 2006.

The book describes the destiny of
two famous scientists.



Daniel Kehlmann: Measuring the World

German naturalist **Alexandr von Humboldt** (1769 – 1859) made an adventurous trip to South America in 1802. In Equator, he successfully scaled the peak of Chimborazo, elevation of **6,310 m**, wearing low shoes not reaching above his ankles and carrying all his scientific instruments in rucksacks. He estimated the altitude of Chimborazo by two independent methods

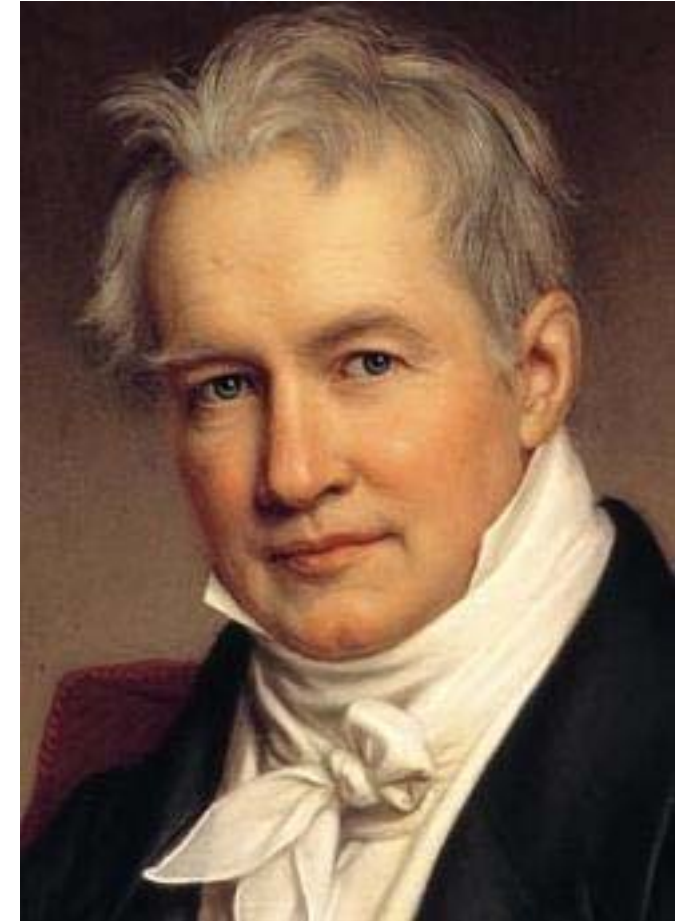
- i) by measuring the atmospheric pressure,
- ii) by measuring the boiling point of water.

Semi-conscious and covered by ice he came to the value of **18 690 m**.

He should not be blamed for this discrepancy. He did not have resources to do better – his lively passion and zest for the passion of finding things out is to be admired and appreciated



Compared to our life style, both gentlemen worked incredibly hard.



Carl Friedrich Gauss (1777 – 1855) stays always at home, but travels through immense spaces of his mind trying to find out the essence of things, world, nature ...

In 1828 these two, rather extravagant and already old, gentlemen had met in Berlin for the first time.

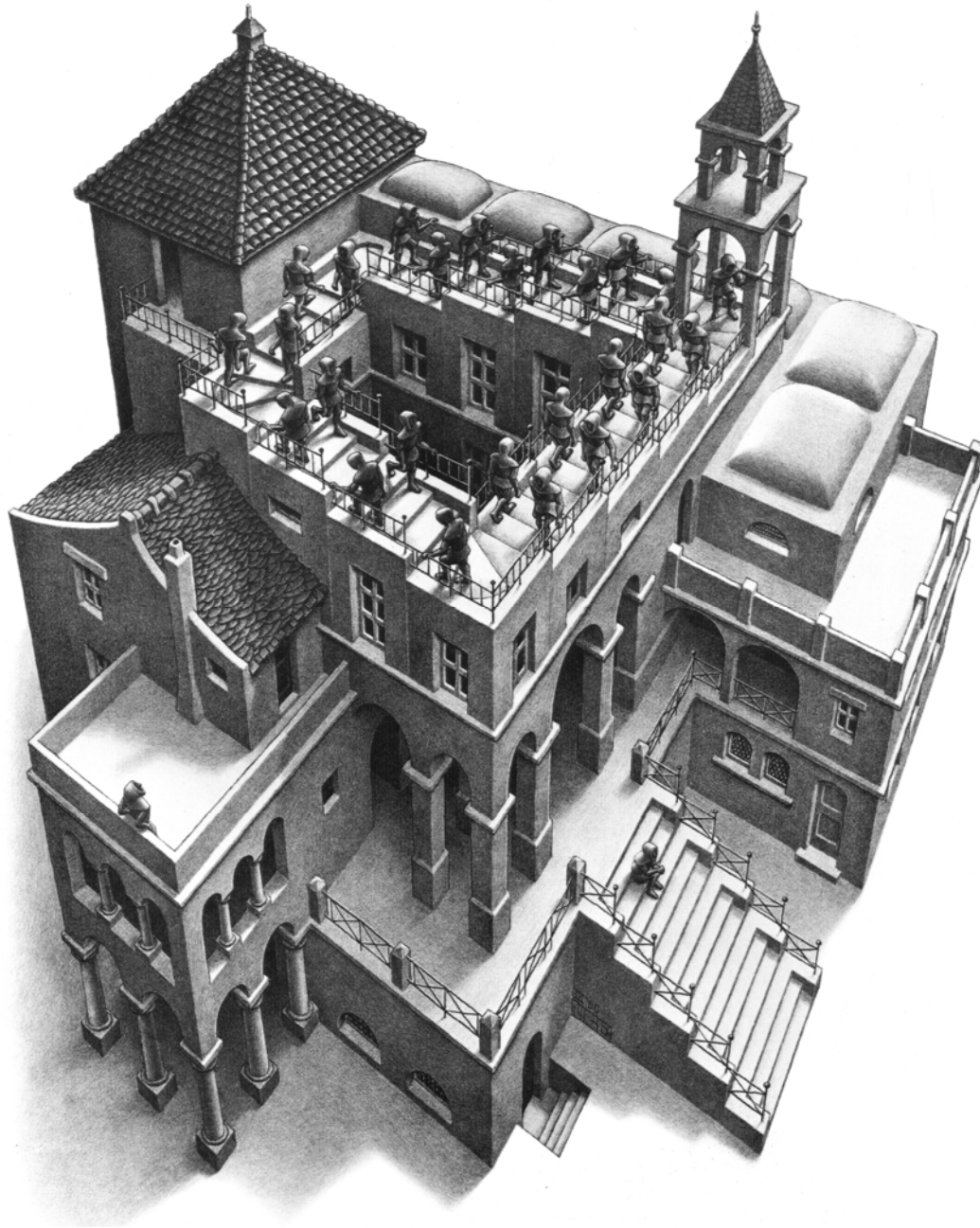
Having finished reading that book one of Leibniz statements,
We live in the best of all possible worlds,
immediately come to reader's mind,
followed by persistent questions



Are we working hard enough?

Are we still able to be amazed at
marvels of the world around us?

Děkuji za pozornost



A přeji Vám at'
se daří při
studiu
i v osobním
životě