Slovutnému a velectěnému

**Pánu, Panu**

# KARLU VÁCLAVU ZENGEROVI,

řádnému professoru fysiky na českém polytechnickém ústavě v Praze, mimořádnému členu k. české učené společnosti, dopisujícímu členu c. k. říšského geologického ústavu ve Vídni, členu české průmyslové jednoty, členu českého musea a členu pro vědecké vyskoumání Čech, členu zkušební komise pro kandidáty učitelství realního, členu mnoha vědeckých spolků, a t. d., a t. d.

důkazem zvláštní i neobmezené vážnosti a úcty

věnuje

**spisovatel.**

# Obsah.

## Úvod.

# Tabulky.

# Předmluva.

Knížka tato vznikla z potřeby. Jsa učitelem na průmyslové škole v Ml. Boleslavi, kdež žákům druhého ročníku (z fysiky) o mechanice přednáším, shledal jsem, že o pevnosti v knihách učebných, o fysice jednajících, pro obmezenosť místa málo jest pověděno. A přec je nauka o pevnosti pro řemesla strojnická a stavitelská tak důležitou.

Aby tomuto nedostatku aspoň poněkud bylo odpomoženo, sepsal jsem, uživ některých cizojazyčných spisů, krátký spisek tento.

Má sloužiti hlavně žákům škol průmyslových, nastávajícím to řemeslníkům, kteří ze školy hned k praktickému zaměstnání vstupujíce nikdy již příležitosti nemají, o věci této čeho slyšeti. Z téže příčiny myslím, že hodí se spisek tento i žákům škol občanských a realných, kteří se míní po odbytí škol těch hned praxi věnovati.

Aby však se stala knížka tato přístupnější i kruhům řemeslnickým, kde známostí algebraických předpokládati nelze, vyznačil jsem tiskem pravidla důležitější, kterých může každý řemeslník obyčejných počtů znalý užiti. Mimo to provedl jsem za lepším pochopením u každého skoro pravidla několik příkladů z praxe vzatých, chtěje jimi docílit i toho, aby zřejmo bylo, kdy a kde které formule použiti možno.

Zdali spisek tento účelu svému vyhoví ponechávám soudu svých p. p. kolegů a žádám by o vadách, které snad tu a tam budou nalezeny, souzeno bylo shovívavě.

Ku konci provázím spisek tento, dobrou vůlí sepsaný tím srdečným přáním, aby vydal užitek zvláště těm kruhům, pro něž psán jest; kruhů těch nalezám v řemeslnictvu českém, k němuž co syn řemeslníka českého povždy s vřelou láskou lnu.

V Ml. Boleslavi, dne 15. dubna 1874.

**Josef Zafouk.**

# Úvod.

## O pevnosti vůbec.

### §. 1.

Chce-li stavitel svému úkolu dostáti, musí hleděti k tomu, aby stavba, kterouž řídí, vyhovovala 1) úplně určenému účelu; 2) aby byla stavěna dle pravidel aesthetických a konečně 3) aby byla pevná. — Že každý jiný řemeslník musí při pracích svých hověti těmto třem podmínkám, chce-li, aby výrobky jeho měly odbyt, jest na bíle dni. — Jednu z těchto vlastností obral jsem sobě ku zpracování pojednání tohoto, totiž poslední ze jmenovaných tří — p e v n o s ť.

Stanoviti určitě odpor, jakým rozličné látky silám na ně účinkujícím vstříc se staví, jest pro rozmanitosť těchto látek věcí velmi obtížnou. Zkušeností však domohli jsme se určitých koeficientů, formulí a pravidel, jimiž vždy pevnosť věci, která jistému účelu vyhovovati má, vypočísti možno. Ač výpočty takovými pevnosti zcela zevrubně určiti nelze, bývají přec výpadky počtů takových skutečnosti co možná nejbližší. Pravidla a formule v tomto pojednání udaná jsou takové, že jimi největší odpor vypočísti možno, kterým hmoty silám vzdorují, aby se nebylo obávati, že se zlomí aneb jinak poškodí.

U každého těla, které svou podobu nemění, jsou jeho nejmenší částečky či molekuly v rovnováze; jakmile změní částečky tuto rovnováhu, nastane změna i v podobě hmoty. Změna tato může býti dvojí. Jednou vrací se totiž pošinuté částečky nějakého těla, když síla na ně působiti přestala, do dřívějšího svého postavení a tělo nabývá dřívější podoby; jindy však změna v podobě zůstane, i když již síla působiti přestala.

Vlastnosť těl, že nějakou vnější silou podobu svou mění, a že se opět do podoby dřívější vrací, když účinek síly přestal, slove pružností.

Ona jest u rozdílných těl velmi rozdílna a pohybuje se přirozeně jen v jistých určitých mezích. Maximum změny v rovnováze molekul, kde se do dřívější polohy své ještě vrátiti mohou, slove mezí úplné pružnosti.

Přestoupí-li se tato mez, tu nastane stálá změna v podobě; molekuly přejdou do jiné rovnovážné polohy; nastane stálé prodloužení, prohnutí, stlačení, roztržení atd.

Síla, kterou hmota jakémukoli oddělení částeček vzdoruje, slove pevností té hmoty a měří se silou, kterou oddělení takové se uskutečňuje. Jedna a táž hmota může míti, dle toho v jakém směru síla na ni působí, rozličnou pevnosť.

Tak rozeznávají se tyto druhy pevnosti:

1) pevnosť v tahu,
2) pevnosť v tlaku,
3) pevnosť v lomu,
4) pevnosť v odsuvu a
5) pevnosť v krutu.

---

# Hlava první.

## Pevnosť v tahu či absolutní.

§. 2.

Zkušenosť ukázala, že pevnosť v tahu t. j. síla vzdorující roztržení nějaké hmoty, tím větší jest, čím větší je plocha průřezu hmoty té; z čehož patrno, že pevnosti absolutní rozličných těl mají se k sobě jako jich průřezy. Znamenáli tedy a a a′ průřezy hmot které se vahou p a p′ právě trhají, jest

$$p : p' = a : a' \text{ z čehož}$$

$$p = \frac{p'}{a'} \cdot a \text{ vyplývá.}$$

Poznamenáme-li a′ jednici průřezu a určíme-li pokusem váhu p′, kterou se tyč z jisté látky mající jednici průřezu roztrhne; tu můžeme psáti

$$\frac{p'}{a'} = m, \text{ což pak } \textit{koeficientem}$$

pevnosti v tahu nazýváme. Dosadíme-li toto m do výrazu hořejšího obdržíme

$$p = m \cdot a$$

t. j. pevnost v tahu nějaké hmoty se vypočítá, když se průřez její koeficientem pevnosti té znásobí.

Mnohdy přispívá váha těla samého nemálo k sile působící, jak to vidíme na věži obr. 1., kde mimo váhu p ještě i samotná váha trámce c na profil m n působí. V případech takovýchto nutno tedy zření míti k vlastní váze předmětu. Označíme-li váhu tuto q, tu jest

$$p + q = m \, . \, a$$

z čehož vychází na jevo, že se hmota svou vlastní tíží přetrhne, když $q = m.a$; dále jde z téže formule, že

$$p = m\,a - q$$ t. j.

od vypočtěné pevnosti v tahu nutno ještě váhu předmětu samého odečísti.

V strojnictví jakož i ve stavitelství béře se k vůli jistotě pro pevnost vždy menší číslo, než jaké se počtem obdrželo; dělají se totiž předměty z kovu 6kráte, ze dřeva a z kamene 10kráte, provazy řemeny a řetězy obyčejně 5kráte pevnější.

Následující tabulka jest již tak vypočtěna, že v ní koeficienty pevnosti v tahu pro každý čtvercový centimetr v kilogramech s jistotou 10, 5 neb 6násobnou udány jsou; násobíme-li tyto koeficienty dle toho, zda pro kov, dřevo a kámen nebo pro řetězy a provazy udány jsou, 6, 10 nebo 5, obdržíme sílu, která jest dosti mocná, by předmět přetrhla.

# I. Tabulka obsahující koeficienty tahu.

| | Jméno látky | Koeficient v kilogramech |
|---|---|---|
| Kámen | Velmi tvrdá cihla | 2 |
| | Baralt | 7·5 |
| | Mramor | 13·6 |
| Řetězy provazy a řem. | Provaz konopný 0—$2\frac{1}{2}$ centm. | 123 |
| | „ „ $2\frac{1}{2}$—$7\frac{1}{2}$ centm. | 95 |
| | „ „ přes $7\frac{1}{2}$ centm. | 68 |
| | „ „ therovaný | 95 |
| | Řemen z černé kůže | 25 |
| | „ obyčejný | 11 |
| | Řetěz s podélnými články | 400 |
| | Provaz drátěný (železný) | 500 |
| Dřevo | dubové | 80 |
| | jedlové | 80 |
| | smrkové | 80 |
| | borové | 100 |
| | modřínové | 113 |
| | jasanové | 120 |
| Kovy | Železo (kujné) slabé a drát nejlepší jakosti | 1000 |
| | Železo (kujné) prostřední tlouštky | 650 |
| | Železo kujné, silné | 400 |
| | Měkké železo v proužkách | 600 |
| | Nejlepší ocel | 1500 |
| | Ocel prostřední jakosti | 1250 |
| | Ocel špatná | 600 |
| | Dělovina | 383 |
| | Měděný drát nevypálený 1 m. m. | 1167 |
| | Tentýž od 1—2 mil, m. | 833 |
| | Valcovaná měď | 350 |
| | Litá měď | 230 |
| | Bílá litina, měkká | 220 |
| | Valcovaný zinek | 83 |
| | Valcované olovo | 22 |
| | Litý cín | 50 |

## Nejslabší profil.

§. 3.

Táhne-li nějaká síla S na tělese obr. 2., tu jest v jistém profilu ab jehož plocha jest p centm. velikosť tahu na 1□ centm.

$$t = \frac{S}{p}$$

Myslíme-li sobě celé tělo složené ze samých vláken, nazýváme pak velikosť tahu na 1□ centm. vlákenní napjatostí (Faserspannung).

Nejslabší místo na nějakém těle jest onen profil, v němžto vlákenní napjetí jest největší. Poněvadž

$t = \frac{S}{p}$ jest, bude hledíc k vlastní tíži tělesa neb jen k části její q při účinku síly S

$$t = \frac{S + q}{p}$$

Ač místo nejslabší mnohdy již pouhým pohledem poznati lze, nutno je častokráte opět počtem vyhledati.

Při spojkách, jichž váha spolu neúčinkuje, jako na př. u krátkého táhla vodorovného (obr. 3.) jest nejslabší ono místo, kde profil tyče jest nejslabší.

Při svislých konstrukčních částkách, stejně silných (obr. 4.) jest profil nejslabší na hořejší části mn.

Při zdvojeném věšáku (obr. 5.) nedá se již pouhým pohledem určiti, zda nejslabší místo jest u m nebo u n. U n zdálo by se slabší, poněvadž jest více dřeva vybráno než u m, avšak u m působí opět větší váha. Zde rozhoduje pouze počet, tam kde obdržíme

pro výraz $\frac{S + q}{p}$

větší číslo jest slabší profil.

Určujeme-li pevnosť v tahu nějakého tělesa, vztahuje se vždy na jeho nejslabší místo.

---

## Určení rozměrů konstruktivních částek.

§. 4.

Formule

$$p = m\,a - q$$

poslouží nám též velmi dobře tehda, když máme určiti, jakých rozměrů jistá částka konstruktivní dostati musí, aby mohla vzdorovati síle, která má na ni v tahu působiti. Z rovnice

$$p = ma - q \text{ obdržíme totiž}$$

$$a = \frac{p + q}{m} \text{ t. j.}$$

p r o d a n o u s i l u v y p o č t e m e v e l i k o s ť n e j s l a b š í h o p r o f i l u n a p ř e d m ě t u n ě j a k é m, k d y ž s i l u t u o v l a s t n í v á h u p ř e d m ě t u z v ě t š í m e a k o e f i c i e n t e m t a h u r o z d ě l í m e.

Je-li síla, kterou se roztahují stěny kamen horkem $= p$, vlastní, tahem působící váha $q = o$, bude průřez spon $a = \frac{p}{m}$ □cent. (obr. 6.)

Z velikosti profilu možno dále větami geometrickými ostatní rozměry vypočítati.

Jest patrno, že nejvýhodnější konstrukce předmětu jest ta, která nemá nikde nejslabšího profilu, u které totiž napjetí vlákenní ve všech profilech stejným zůstává. V praxi však případ takový málo přicházívá, poněvadž nelze vyhnouti se zářezům, provrtávání, prořezávání atd.

Působí-li síla tažná na tělo směrem svislým, nutno tělu tomu dáti podobu obr. 7., při čemž se velikosť jednotlivých průřezů ab, a' b' atd. postupně počtem stanoví. Stává se tak jen při délkách velmi značných, při délkách však obyčejných se na váhu těla samého nehledí, an ku přetržení značně nepřispívá.

Příklady.

1. Jakou váhu unesla by tyč, mající na průřezu obdélník 0·05 métru dlouhý a 0·03 métru široký?

Průřez jest $5 \times 3 = 15 \square$ centimetrům, koeficient pevnosti v tahu při železe jest (viz tab. I.) 650, tedy bude $15 \times 650 = 9750$ kilogr. váha, kterou by tyč unesla a se nepřetrhla. Kdybychom chtěli věděti váhu, kterou by se tyč přetrhla, potřebovali bychom v tabulce udaného koeficienta jen 6 znásobiti, což by dalo váhu $15 \times 650 \times 6 = 58500$ kilogr.

2. Jaký bude průřez tyče železné, která má unesti, nepřetrhnouc se, 9750 kilogr?

**Poznámka.** Příklady tyto jsou počítány bez ohledu na vlastní váhu tyčí.

Dle formule $a = \frac{p + q}{m}$ bude, nehledě ku q $\frac{9750}{650} = 15\square$ cent. hledaný průřez.

Má-li průřez tento býti obdélník 5 cent. dlouhý, bude šířka jeho $= \frac{15}{5} = 3$ centm.; má-li však býti čtvercový, tu obdržíme délku jedné strany, vypočteme-li z daného průřezu druhou odmocninu. Tak bude zde $\sqrt{15} = 3{\cdot}87$ centm. délka jedné strany.

3. Má se stanoviti váha, kterou by unesla kulatá tyč železná bez poškození, je-li průměr její 2·5 centm.

Kruhovitý průřez této tyče bude

$\frac{\pi d^2}{4}$ nebo $0{\cdot}785 \times (2{\cdot}5^2) = 4{\cdot}90\square$ centm.;

z čehož patrno, že tyč ta snese váhu $4{\cdot}90 \times 650 = 3185$ kilogr.

Známe-li silu 3185 kilogr., která má účinkovati na tyč, tu by se průřez kruhový pro ni vypočetl, když bychom 3185 dělili 650, čímž se plocha průřezu velikosti 4·90$\square$ centm. objeví. Průměr plochy té obdržíme takto:

Průřez rozdělíme číslem 0·78 a z podílu vypočteme druhou odmocninu; tedy musí míti tyč ta průměr

$d = \sqrt{\frac{4{\cdot}90}{0{\cdot}785}} = 2{\cdot}5$ centm.

4. Strojník by měl přidělati na válec parního stroje příklop 4mi svorníky (Bolzen);

jaký museli by tyto míti průměr, když tlak na plochu válce jest 15000 kilogr?

Každý svorník snáší čtvrtinu tlaku, tedy $\frac{15000}{4} = 3750$ kilogr., z čehož vychází pro plochu průřezu jednotlivého svorníků

$$\frac{3750}{650} = 5\cdot77 \square \text{ centm. a pro}$$

průměr

$$d = \sqrt{\frac{5\cdot77}{0\cdot785}} = 2\cdot71 \text{ centm.}$$

**Poznámka.**

Je-li svorník šroubovitý bývá průměr vřetena obyčejně $^5/_6$ průměru závitu, při čemž se výška matice rovná jednoduchému a průměr její 2násobnému průměru svorníku.

5. Jaké velikosti bude nejslabší profil 2m. dlouhého věšáku z dobré jedle (na věži obr. 1.) když mimo břemene 8640 kilgr. i vlastní váha jeho na přetržení působí?

Zde určíme nejprvé průřez nehledíce k vlastní váze věšáku, bude totiž

$$\frac{8640 \text{ kilogr.}}{80 \text{ kilogr.}} = 108 \square \text{ centm.}$$

Má-li býti průřez čtvercový, bude jedna jeho strana $= \sqrt{108} = 10\cdot39$ centm.

Počítáme-li z každé strany 5 cent. na zub musíme vzíti trámec, jehož strana má 20·39 centm. váha tohoto trámce bude pak*)
$2\cdot039 \times 2\cdot039 \times 20 \times 0\cdot498 = 46\cdot41$ kilogr.

Bude tedy průřez nejslabšího profilu

$$= \frac{8640 + 46\cdot41}{80} = 108.58 \square \text{ centm.}$$

*) Viz dodatek.

což dá stranu čtverce
$\sqrt{108{\cdot}58} = 10{\cdot}42$ centm. dlouhou.

Viděti z toho, že se strana sloupce, která má 20·39 centm., zářezem oboustranným jen o $20{\cdot}39 - 10{\cdot}42 = 9{\cdot}97$ centm. zmenšiti může. Zářez jeden bude tedy $9{\cdot}97 : 2 = 4{\cdot}98$ centm. činiti.

---

# Hlava druhá.

## Pevnosť v tlaku.

### §. 5.

Pevnosť v tlaku jest ona velikosť odporu, kterým hmota vzdoruje síle jí stlačující. Zkušenosť nás poučuje, že velikosť této pevnosti jest též poměrna průřezu. Ze zkušenosti této nalezneme podobným spůsobem formuli

$$p = m \cdot a$$

kdež p opět pevnosť, a průřez hmoty a m koeficienta této pevnosti znamenaná. Slovy vyjádřená zní formule ta takto: Pevnosť v tlaku vypočítáme, když její koeficienta velikostí průřezu hmoty znásobíme. Hledíme-li i zde k vlastní tíži předmětu q, bude i zde

$$p = m\,a - q$$

Jako u pevnosti v tahu, vztahují se i zde všechny výpočty vždy na profil nej-

slabší. Tento jest u hmot všud
ných na základně. Dále jest nej
u stojanu prodlabaných při dole
poněvadž zde počtem

$$t = \frac{S + q}{p}$$ největším se

Jako u pevnosti v tahu, n
velikosť nejslabšího profilu pro
napřed určiti. Nalezneme ji z form

$$a = \frac{p + q}{m}$$

Při klenutí bude na př. tla
ném kameni = p, vlastní koln
jeho váha = 0, z čehož vyjde p

$$a = \frac{p}{m} \square$$

Z průřezu vypočítají se osta
konstruktivní větami geometrický

Tělo kolmo či svisle tlače
od hůry dolu úžiti (obr. 8.), při
tlivé profily dle vlastní váhy těla
počísti dlužno.

Určujíce koeficient této pe
síme hleděti k délce předmětu. P
čilo se, že čím větší délka, tím
vnosť v tlaku. V následující t
udány koeficienty hmot jednotlivýc
která jest menší než dvanácteronás
ka tělesa.

---

## II. Tabulka.

| | Předmět | Koef. v kilogr. |
|---|---|---|
| Kámen | Velmi tvrdý pískovec . . . . | 90 |
| | Velmi tvrdý mramor . . . . | 100 |
| | Měkký pískovec . . . . . . . | 0·40 |
| | Bílý žilkovaný mramor . . . . | 30 |
| | Velmi tvrdá cihla . . . . . . | 15 |
| | Obyčejná cihla . . . . . . . | 4 |
| | Sádra . . . . . . . . . . . | 6 |
| | Beton neb dobrá 18měsíční malta | 2·50 |
| | Tvrdý vápenec . . . . . . . | 50 |
| | Tvrdý granit . . . . . . . . | 40 |
| Dřevo | dubové výborné jakosti . . . . | 30 |
| | „ střední „ . . . . | 19 |
| | jedlové výborné jakosti . . . . | 37·50 |
| | „ střední „ . . . . | 9·7 |
| | borové . . . . . . . . . . | 25 |
| | smrkové . . . . . . . . . . | 25 |
| Kovy | Kujné železo slabé . . . . . . | 1000 |
| | Litina bílá měkká . . . . . . | 220 |

Též tato tabulka jest pro kámen, dřevo neb kov s jistotou 10, 5 neb 4násobnou vypočtěna.

**Příklad.** Jakou váhu snese sloup dubový bez nebezpečí, že se rozmačká, když čtvercový jeho průřez 16 centm. dlouhou stranu má a když délka jeho menší jest než 12teronásobná tloušťka? Průřez = $16 \times 16 = 256 \square$ centm. snese tedy sloup váhu $256 \times 30 = 7680$ kilogramu.

## §. 6.

Je-li délka předmětů proti jeho tloušťce příliš velká, t. j. je-li předmět dlouhý a slabý, tu se účinkem tlaku nejen rozmačkává nýbrž i láme. Mnozí nazvali pevnosť za takovýchto poměrů tlakolomou (Zerknikkungsfestigkeit.) Theorie pevnosti této není ještě přesně určena a nezbývá praktikovi jiné pomoci, než držeti se v takových případech experimentálně nalezených formulí Angličana Hodgkinsona, který mimo to pozoroval že pevnosť jest tehda větší, když těleso jest na obou koncích zapuštěné (obr. 9. c) menší, když kulatě v jamkách (obr. 9. b) anebo krátkými čepy upevněno jest (obr. 9. a).

Výsledky zkoušek Hodgkinsonových sestaveny jsou v této tabulce, kdež D délku předmětu v metrech, l délku a d stranu neb průměr v centimetrech udává.

## III. Tabulka.

| Trámec podoby | z | Konce trámce kulaté, krátkým čepem zapuštěné neb kolem svorníku otáčivé. $l > 15d$ | Konce trámce upevněné neb kolmo k ose uříznuté $l > 30\,d$ |
|---|---|---|---|
| | | zlomí se když bude v kilogramech $P =$ | |
| masivního válce průměru d | litiny | $60\,\frac{d^{3\cdot76}}{D1\cdot7}$ | $218\frac{d^{3\cdot55}}{D^{1\cdot7}}$ |
| | kujn. železa | $121\frac{d^{3\cdot76}}{D^2}$ | $461\frac{d^{3\cdot55}}{D^2}$ |
| dutého válce zevního průměru d a vnitřního d. | litiny | $53\,\frac{d^{3\cdot76}-d_1^{3\cdot76}}{D^{1\cdot7}}$ | $218\frac{d^{3\cdot55}-d_1^{3\cdot55}}{D^{1\cdot7}}$ |
| trámce 4stěnné kde strana čtvercového průřezu d | dubového dřeva | — — | $25\,\frac{d^4}{D^2}$ |
| | dřeva smrkového | — — | $18\,\frac{d^4}{D^2}$ |

Pro případy, kde l menší jest než 15d aneb 30d, udává Hodgkinson tuto empirickou formuli:

$$P = \frac{P_1\ P_2}{P_1 + {}^3/_4 P_2}$$

v níž $P_1$ pouhou pevnosť v tlaku a $P_2$ pouhou pevnosť tlakomou znamená.

Hodgkinson nalezl též, že lité sloupy, které u prostřed délky $1\frac{1}{2}$ až 2krát tak silny jsou jako na koncích, skorem o $\frac{1}{8}$ více unesou než válcovité trámce téže délky a váhy; dále nalezl, že duté sloupy za zcela stejných podmínek vždy víc unesou, než stejně těžké sloupy průřezu mnohostranného nebo hvězdovitého. Dále má býti dle něho únosnosť suchého dřeva dvakrát větší než vlhkého.

Při užití těchto Hodgkinsových formulí jest vždy potřebí, počítati při litině s jistotou šesteronásobnou, při železe kujném s 4násobnou a při dřevě dvanácteronásobnou.

Jak velikosti koeficienta pevnosti v tlaku s přibýváním délky ubývá, shledáme v této tabulce:

## IV. Tabulka.

| Jméno | Koeficient. Je-li poměr tlouštky k délce jako: | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 1 : 12 kilogr. | 1 : 24 kilogr. | 1 : 48 kilogr. | 1 : 60 kilogr. |
| Výborný dub . . | 25·0 | 15·0 | 5·0 | 2·5 |
| dub střední jakosti | 8·4 | 5·6 | — | — |
| výborná jedle . . | 31·0 | 18·7 | 7·5 | — |
| jedle prostřed jakosti | 8·2 | 4·9 | — | — |
| Slabé kujné železo | 8350 | 500·0 | 167·0 | 84·0 |
| Měkká litina . . | 1670·0 | 1000·0 | 333·0 | 167·0 |

Příklady.

1. Vezmeme-li z příkladu na stránce 13. délku sloupu 24krát větší, než je strana čtvercového průřezu, bude koeficient pevnosti dle tabule IV. jen 15 kilgr., a tedy by snesl sloup ten jen $256 \times 15 = 3840$ kilogr.

2. Máme vypočísti nosivosť masivního litého sloupu, jehož průměr je 15 centm., a jehož délka rozměr tento 48krát převyšuje.

Koeficient pevnosti jest dle tab. IV. = 333 klgr., kruhový průřez sloupu $= 0{\cdot}785 \times 15^2 = 176{\cdot}6\square$ centm., jest tedy nosivosť sloupu rovná $176{\cdot}6 \times 333 = 58807{\cdot}8$ klgr.

3. Jaký průřez a tudy i průměr měl by litý sloup, jehož délka 48krát větší býti má než průměr průřezu, aby snesl s jistotou 58807·8 kilogr ?

$\frac{58807{\cdot}8}{333} = 176{\cdot}6\square$ centm. jest průřez sloupu

a $\sqrt{\frac{176{\cdot}6}{0{\cdot}785}} = 15$ centm jeho průměr.

4. Jaké břímě unese s jistotou masivní litý sloup 8 centm. v průměru mající, má-li býti 3·84 metru zvýší?

Poměr výšky k průměru jest $384 : 8 = 48 : 1$, náležitý koeficient byl by tedy dle tab. IV. 333; dělal by tudy průřez

$$0{\cdot}785 \times 8^2 = 50{\cdot}24\square \text{ centm.}$$

Násobíme-li tento průřez koeficientem 333 obdržíme váhu 16730 kilogr., kterou sloup s jistotou nésti může.

Ve skladištích a krámech dělávají stavitelové na místě zděných pilířů obyčejně dvojsloupí, by uspořili místa. Oba tyto sloupy unesly by za týchže rozměrů, jaké měl sloup v úloze předcházející, více než 33000 kilogr. a vážily by $2 \times 0{\cdot}785 \times (0{\cdot}08 \text{ met.}) \times 3{\cdot}84 \times 7200$ (váha 1□ metr litiny) = 2780 kilogr.

Kdybychom na místě onoho dvojsloupí vzali jen jeden dutý sloup, který by však měl 16 centm. v průměru pro touže váhu 33000 kilogr., zmenšili bychom váhu sloupu velmi značně. Poněvadž průměr jest 16 na místě 8 centm. jest i poměr výšky k průměru 24 : 1 místo 48 : 1.

Musíme zde tedy vzíti koeficienta zcela jiného než dříve a sice ze druhého sloupce tab. IV. a ten jest 1000 kilogr. místo 333.

33000 : 1000 = 33□ centm.

bude pak průřez masivního sloupu nebo onoho, jehož tloušťku hledáme. Ale poněvadž průměr poslednějšího je 16 centm., bude jeho průřez $0{\cdot}785 \times 16^2 = 201$□ centm.

Odečteme-li od průřezu tohoto nalezený již 33tí centm., tu obdržíme 168·00□ centm. pro vnitřní průřez vytčeného dutého sloupu.

Průměr, který by průřezu tomuto přináležel byl by

$$P = \sqrt{\frac{168\square\ \text{centm.}}{0{\cdot}785}} = 14{\cdot}76 \text{ centm.}$$

Síla dutého sloupu bude tedy 16—14·75 = 1·25 centm., a váha jeho při výši 3·84 metrů = $0{\cdot}785 \times (16-14{\cdot}75)^2 \times 3{\cdot}84 \times 0{\cdot}7200 = 82{\cdot}94$ kilogr.

Výsledek tento zřejmě ukazuje, jak velké úspory látky docíliti možno užitím sloupů dutých na místě masivních.

Zde jsme ovšem neohlédali se na římsy

a jiné snad okrasy, jakož i na šíření se sloupu ku spodu. Změnami těmi přibývá sloupu na váze as $^1/_{10}$ váhy vypočítané.

Poznámka. Pominul jsem zde příkladů dle formulí Hodkingksonových, jsa toho domnění, že čtenář v logaritmech zběhlý dle formulí těch snadno počítati dovede a uvedl jsem, maje zřetel spíše na slabší počtáře jen příklady, které lze snadnějším spůsobem a to tabulkou IV. vypočítati. Přišlo-li by nám počítati s poměrem jiným, než jaké na tabulce udány jsou, vzali bychom do počtu poměr nejblíže vyšší v tabulce udaný.

---

## Zdi domovní.

### §. 7.

Pevnosť nějaké zdi vyžaduje, aby kolmice procházející těžištěm té zdi, procházela některým bodem půdice, jakož i to, aby půda na níž půdice ta rozložena jest, byla pevna a tlaku úplně vzdorující. Nutno tedy vždy k tomu hleděti, by se dělaly základy tak hluboké, až se přijde na pevnou, nepodajnou půdu. Tloušťka základů převyšuje obyčejně o $^1/_5$, $^1/_4$ ba i o polovinu tloušťku zdí. Ale poněvadž se váha zdi rozděluje na všechny body půdice stejnoměrně, tu se bude zeď sesazovati tím méně, čím větší bude plocha té půdice.

Váhu kterou musí zdi udržovati, spůsobují trámy a střecha; odkudž se zeď stává tím méně pevnou, čím více výše její přibývá.

Závisí tedy tloušťka zdí na výšce, neb čím větší tato jest, tím větší musí býti i tlak, který vrstvy vyšší na nižších vrstvách spůsobují a tím menší jest i stálost polohy. Aby se váha tato poněkud umenšila a aby se zároveň i materialu uspořilo, měla by se zeď čím výše jde, na průřezu tím slabší dělati, (dle obr. 8.), čímž by vznikla jaksi forma zdí jehlancovitá (obr. 10.) Takováto zeď dělala by však nejen práci obtížnou, nybrž i neúhledný zevnějšek, který by dešťové vodě i sněhu neposkytoval takového odpadu jako zeď kolmá. Z příčin těch dávají zdi při těch samých šířkách jinou formu než jehlancovitou a to tak, že dělají zevnější líc zcela kolmým, líc zadní však stupňovitým. Stupňů těchto dělávají tolik, kolik jest pater v stavení a líc jejich dělají též úplně kolmým (obr. 11.)

Rondolet, který se pevností zdí nejvíce zabýval, určuje tloušťku zdí z kamene tesaného a cihel při budovách obyčejných těmito formulemi, v nichž T potřebnou tloušťku zdi. Š šířku stavení neb vzdálenost osy jedné zdi (rovnoběžné) od druhé a V výšku zdi značí:

$$T = \frac{Š + \frac{1}{2} V}{24}$$

Formule tato udává nejmenší tloušťku, které jest při obyčejných staveních nutno a zní ve slovích takto:

K šířce zdi připočte se polovina její výšky a součet dělí se 24. Podíl naznačuje žádanou šířku zdi.

Objasniž to příklad!

1. Jak silná musí býti zevní zeď (Frontmauer) jednoduché budovy, když výška její 9 a šířka 12 metrů býti má?

$$T = \frac{12 + 9/_2}{24} = 0{\cdot}68 \text{ metrů}$$

2. Formuli k určení tloušťky zdí při staveních složitějších udává Rondolet takto:

$$T = \frac{Š + V}{48}$$

3. Formule však kterou stanovil pro počítání tloušťky zdí středních a příčních jest takováto:

$$T = \frac{š + v}{36}$$

kdež š šířku a v výšku zdí středních znamená.

Za příklad určeme si tloušťku zdí zevnějších při stavení dvoupatrovém, 11 metrů širokém a v celku 10 metrů vysokém a sice v těchto oddílech:

| | | |
|---|---|---|
| přízemek | = | 5·00 metrů |
| 1 patro | = | 2·05 „ |
| 2 „ | = | 2·05 „ |

V celku tedy 10 metrů.

Tlak na zeď přízemní spůsobuje zeď celých 10 metrů zvýší, kdežto na první patro působí tlak zdí jen 5 m. a na druhé jen 2·5 metru zvýší; z čehož se do formulí na místě V v přízemku 10, v prvním patře 5 a v druhém 2·5 dosaditi musí. Bude tedy tloušťka

zdi v přízemku $T = \frac{11 + 10}{48} = 0{\cdot}44$ m.

v prvním patře $T = \frac{11 + 5}{48} = 0{\cdot}38$ m.

a konečně v druhém patře

$$T = \frac{11 + 2{\cdot}50}{48} = 0{\cdot}28 \text{ m.}$$

Tloušťka zdí ohradních dělá dle Rondoleta $^1/_{11}$ až $^1/_{16}$ jich výšky a tloušťka zdí budovních nemá sestoupiti pod $^1/_{24}$ šíře stavení.

Dle jeho pozorování jest tato tabulka sestavena:

## V. Tabulka.

| Stavba | Tloušťka zevních zdí metrů | Tloušťka středn. zdí metrů | Tloušťka příčních zdí metrů |
|---|---|---|---|
| domy privatní | 0·41—0·65 | 0·43—0·54 | 0·32—0·48 |
| větší budovy | 0·65—0·95 | 0·54—0.65 | 0·41—0·54 |
| velké budovy veřejné | 1·30—2·90 | 0·65—1·90 | 0·65—1,95 |

---

# Hlava třetí.

## Pevnosť odsuvná.

(Abscheerungsfestigkeit.)

### §. 8.

Účinkují-li na nějaké tělo velmi blízké rovnoběžné síly, avšak směrem protivným, hledíce částky jeho jaksi od sebe odsouvnouti (obr. 12), vzdoruje tělo to pevností odsuvnou. Stává se tak při stříhání nůžkama, při prorážení děr do plechu, při rozřezávání dříví, kamene, železa atd. Pevností odsuvnou vzdorují z největší části železné svorníky a hřebíky, skorem všechny čepy a pláty, jakož i všechna zapuštění.

Také u pevnosti této není theorie ještě

určitě vyskoumána, ač jest pro praxi velmi důležitou. Hleděli dokázati, že u hmot krystalinických (nevláknitých) koeficient této pevnosti m‴ se rovná druhé odmocnině ze součinu koeficienta v tahu a tlaku, tedy

$$m''' = \sqrt{m.m''}$$

znamená-li m. koeficienta v tahu a m″ v tlaku.

Dále hleděli dokázati, že prý pevnosť odsuvná poměrna jest průřezu hmoty. Oboje není však zcela zjištěno.

Při menších průřezech, jakéž obyčejně v praxi přicházejí, můžeme použiti druhého pravidla a napsati

$$P = m.a,$$

kdež m jak obyčejně koeficienta a a průřez těla znamená. Tento koeficient byl zkušeností určen takto:

## VI. Tabulka.

| | | |
|---|---|---|
| U železa holového . . . | 5·25 | klgr. na 1 čt. mm. |
| „ železného plechu . . | 5·25 | „ |
| „ litiny . . . . . . . | 1·9 | „ |
| „ cementové ocele . . . | 10·— | „ |
| „ ocele lité . . . . . | 22 | „ |
| „ měď. plechu kovaného | 5 | „ |
| „ „ „ vypáleného | 1·5 | „ |
| „ mosazi . . . . . . | 1·9 | „ |
| „ děloviny . . . . . | 1·5 | „ |
| „ dubového dřeva ‖ . . | 0·07 | „ |
| „ bukového ‖ . . . . | 0·06 | „ |
| „ smrkového ‖ . . . . | 0·04 | „ |
| „ borového ⊥ . . . . | 5,25 | „ |
| „ smrkového ⊥ . . . | 4·04 | „ |
| „ jedlového ⊥ . . . . | 4·85 | „ |

U dřev jest pevnosť odsuvná rozdílna dle toho, působí-li síly rovnoběžně ( || ) (obr. 14.) aneb kolmo (⊥) (obr. 13.) ku směru vláken. V prvnějším případě jest (je-li málo dřeva před silou) pevnosť velmi mala.

Nýty a svorníky šroubové odporují silám nejen pevností odsuvnou, nýbrž i třením, které způsobují hlavy jich utažením na plochách spojujících (obr. 15. 16.) Dle Edvina Clarké-ho jest třením u nýtu 1242·5 klgrm. pro 1 □ Cmtr.

K vůli jistotě nemá však síla na odsunutí částí nýtových působící býti větší než 731 klgrm na 1 □ centm.

---

# Hlava čtvrtá.

## Pevnosť v lomu či relativní.

### §. 9.

Pevnosť v lomu či relativní jest odpor, kterým vzdorují hmoty přelomení. Břímě působí zde vždy směrem kolmým na délku předmětu jak to u př. často na trámech, pakách, váhadlech a j. vidíváme.

Pevnosť v lomu může se jeviti rozličným způsobem. Předmět může, když naň síla působí, připevněn býti jen na jednom konci nebo může býti podepřen ve středu a na obou koncích obtěžkán; aneb může býti upevněn na obou koncích a v středu neb i v jiném místě obtěžkán.

## A) Trámec na jednom konci upevněn, na druhém zatížen.

§. 10.

Pozorujme nejprvé případ první, kde jest těleso na jednom konci připevněno a na druhém obtěžkáno (obr. 17)

Zkušeností jest dokázáno, že se pevnosť v lomu všemi rozměry trámce mění, buďsi trámec jakkoli upevněný a jakkoli zatížený.

Má-li trámec podobu rovnoběžnostěnu bude vždy za výšky b. neb b′, šířky a. neb a′, a délky l. neb l′ platiti proporce

$$P.: P' = \frac{ab^2}{l} : \frac{a'b'^2}{l'}$$

při čemž P a P′ pevnosť či držebnosť a b a b′ onen rozměr trámce znamená, který jde rovnoběžně se směrem síly P.

Znamenáme-li váhu P, kterou se tělo délky l′ = 1, šířky a′ = 1 a výšky b′ = 1 právě zláme, písmenem m′, kteréž opět znamená koeficienta (lomu), změní se hořejší proporce v tuto:

$$P : m = \frac{ab^2}{l} : 1$$

z čehož jde:

$$P = m\frac{ab^2}{l}$$

Při výpočtech praktických brávají však jen $1/_6$ tohoto, a proto bude pro hranolový trámec, který jest na jednom konci upevněný

$$P = 1/_6\, m\, \frac{ab^2}{l} = \frac{m \times ab}{6l}$$

Nebudu zde udávati koeficienta všech látek, nýbrž jenom tří v praxi řemeslné nejdůležitějších, totiž: železa $= 600$
litiny $= 750$
dubu a jedle $= 60$

Dosadíme-li tyto hodnoty za m do svrchu udané formule, tu obdržíme pro hranolové trámce

železné

$$P = \frac{600 \times ab^2}{6\ l} \text{ neb jednodušeji } P = \frac{100 \times ab^2}{l}$$

lité

$$P = \frac{750 \times ab^2}{6\ l} \quad \text{„} \quad \text{„} \quad P = \frac{125 \times ab^2}{l}$$

dřevěné

$$P = \frac{60 \times ab^2}{6\ l} \quad \text{„} \quad \text{„} \quad P = \frac{10 \times ab^2}{l}$$

Z formulí těchto vychází pravidlo toto: Jeli vypočísti váhu, kterou snese hranolový na jednom konci zazděný trámec, musíme šířku jeho centimetry udanou čtvercem výšky jeho též centimetry udané a změněným koeficienten znásobiti a součin tím vzniklý délkou centimetry vyjádřenou děliti.

Objasniž to příklad:

1. Jakou váhu snese železná 150 centm. dlouhá týč (délka měřená od čáry, kde jest týč upevněna), mající průřez 3 centm. široký a 4 centm. vysoký?

$$P = \frac{100 \times 3 \times 4^2}{150} = 32 \text{ kilog.}$$

2. Výpadek tento obdrželi jsme při poloze, kde výška byla většího rozměru, nežli šířka. Která však by byla váha, již by unesl týž trámec, jsa položen však na plochu širší?

$$P = \frac{100 \times 4 \times 3^2}{150} = 24 \text{ kilogr}$$

Z příkladů těchto jest zároveň patrno, že jest vždy výhodnější upevňovati trámce tak, by měly výšku co možná největší. V praxi přisekávají trámce ze špalků tak, že je dělají vyššími a obtěžkávají směrem strany větší. Shledáno zkušeností, že se docílí trámců největší držebnosti a že se dříví nejlépe zužitkuje když

$$a : b = 1 : \sqrt{2} = 5 : 7.$$

Poměr tento obdržíme takto:

Rozdělíme průměr špalku na tři stejné díly (obr. 18.) a v bodech dělících m a n sestrojíme kolmice v protivných směrech. Spojíme-li nyní konečné body A, B, průměru s konečnými body C, D, kolmic obdržíme průřez trámce.

Poněvadž:

$a^2 = AD^2 = Am \times AB$ a

$b^2 = BD^2 = Bm \times AB$ bude

$a^2 : b^2 = Am : Bm = 1 : 2$ či jinak

$a : b = 1 : \sqrt{2} = 1 : 1{\cdot}4 = 10 : 14 = 5 : 7.$

U trámců ze železa kujného aneb u trámců litých, kde možno poměr šířky k výšce dovolně zvětšiti, není se třeba říditi tímto pravidlem; možno udělati trámce takové 4—6 kráte vyššími než jest šířka jich čímž se pro touže pevnost o mnoho lehčími a též i lacinějšími stanou. Takovýmto zvyšováním a zúžováním trámců zároveň, stávají se tyto ze stran příliš slabými; aby se slabost tato umenšila, dávají jim na hoře, u prostřed a i dole žebra, odkudž ony mnohonásobné podoby tyčí a trámců litých.

Má-li trámec průřez čtvercový na místě obdélníkového tu bude

$$a = b \text{ a } ab^2 = b.\ b^2 = b^3,$$

což se dá do formule udané snadno dosaditi.

Při průřezu kruhovitém brávají pro větší jistotu jen $^1/_{10}$m. do počtu, dosadíme-li jí tedy do rovnice dřívější, jakož i průměr (d.) průřezu na místě obou rozměrů (a a b), obdržíme formuli

$$P = {}^1/_{10}\,\frac{m\,d \times d^2}{l} = \frac{md^3}{10\,l} \text{ proto bude}$$

$$\text{pro železo } P = \frac{60 \times d^3}{l},$$

$$\text{pro litinu } P = \frac{75 \times d^3}{l},$$

$$\text{pro dřevo } P = \frac{6 \times d^3}{l}.$$

Z udaných tuto formulí můžeme velmi snadno odvoditi formulí jiných, jimiž velmi snadno lze vypočítati, jaký průřez musí obdržeti trámce na jednom konci upevněné, aby unesly jistou váhu na konci druhém.

Tato tabulka udává formule tyto již sestavené.

## VII. Tabulka.

| Trámec | Průřez | | |
|---|---|---|---|
| | obdélníkový | čtvercový | kruhový |
| železný | $b = \sqrt{\frac{Pl}{100a}}$ | $b = \sqrt[3]{\frac{Pl}{100}}$ | $d = \sqrt[3]{\frac{Pl}{60}}$ |
| litý | $b = \sqrt{\frac{Pl}{125a}}$ | $b = \sqrt[3]{\frac{Pl}{125}}$ | $d = \sqrt[3]{\frac{Pl}{75}}$ |
| dřevěný | $b = \sqrt{\frac{Pl}{10a}}$ | $b = \sqrt[3]{\frac{Pl}{10}}$ | $d = \sqrt[3]{\frac{Pl}{6}}$ |

Formule tyto určují toto všeobecné pravidlo:

Má-li se udati velikosť průřezu nějakého trámce, který by měl danou váhu s jistotou unesti, znásobí se váha ta délkou trámce udanou v centimetrech, součin rozdělí se náležitým (změněným pro jistotu) koeficientem, (při průřezu obdélníkovém též délkou jedné strany) a z podílu obdrženého vypočítá se pro obdélník druhá, pro čtverec a kruh třetí odmocnina.

Příklady nechť to objasní.

Jak velký bude obdélníkový průřez železné týče, která má ve vzdálenosti 1·50 metru od bodu upevnění 32 kilgr. nésti a větším rozměrem do výše čeliti?

Vezme-li se libovolně a = 2 centim. bude dle rovnice

$$b = \sqrt{\frac{Pl}{100\,a}},\ b = \sqrt{\frac{32 \times 150}{200}} = 4{\cdot}47\ \text{ctm.}$$

2. Jakých rozměrů měl by průřez téže tyče, měl-li by býti čtverečný? Dle formule

$$b = \sqrt[3]{\frac{Pl}{100}}\ \text{bude}$$

$$b = \sqrt{\frac{32 \times 150}{100}} = \sqrt[3]{48} = 3{\cdot}6\ \text{centim.}$$

---

## Zření k vlastní váze trámců.

### §. 11.

Až doposud nevšímali jsme si naprosto váhy tělesa, o jehož pevnosť běží, a také jsme neurčili, zdaž pravidla posud udaná platí i tehda, když je váha po celé délce tyče stejně rozdělena.

Hledě k podmínce první stůjž zde toto vysvětlení: Poněvadž jest trámec těleso pravidelné, bude váha jeho soustředěna ve středu té části trámce, která svou váhou na zlomení působí t. j. v bodu m. (obr. 17.); tím působí však váha na rameni páky o polovici kratším a bude zde účinek její též o polovici menším než na konci, tedy

$$\frac{P}{2}.$$

Dle toho můžeme určiti průřez tyče nějaké, hledíme-li i k její váze, při daném břemení takto:

Průřez určí se napřed beze zření k váze tyče dle daného břemene; tímto průřezem vypočte se váha tyče z upevnění vynikající a polovice této váhy připočte se pak k danému břemeni, z kteréhož se patřičný průřez ustanoví.

Totéž platí hledě k podmínce druhé. Je-li trámec po celé délce stejně obtěžkán, bude těžiště a proto i působiště celého břemene u prostřed trámce, čímž se délka jeho či vzdálenost od upevnění změní na $\frac{1}{2}l$; dosadíme-li to do dřívějších formulí, obdržíme při průřezu obdélníkovém

$$P' = \frac{m \times ab^2}{6\frac{l}{2}} = \frac{2\,m \times ab^2}{6\,l} = 2\ P,$$

při čtvercovém

$$P' = \frac{m \times b^3}{6\,\frac{l}{2}} = \frac{2\ m \times b^3}{l} = 2\ P,$$

a při kruhovém

$$P' = \frac{md^3}{10\,\frac{l}{2}} = \frac{2\,md^3}{10\,l} = 2\ P,$$

t. j. při stejně rozloženém břemeni jest držebnost trámu větší než tehdá, když působí totéž břímě na témže trámu, avšak na konci. Připočte-li se i zde poloviční váha trámce k břemeni, lze spůsobem předešlým též určiti průřez, jakýž trámec při jistém stejnoměrně rozděleném břemeni míti musí.

Trámec na jednom konci upevněný a na druhém zatížený zláme se jen v ploše upevnění, poněvadž zde účinek síly na páku největším se jeví. Když jsme určili dle formulí již udaných výšku průřezu, můžeme k vůli úspoře materialu a k vůli umenšení váhy trámce samého výšku tu pro ostatní délku trámce zmenšiti tak, že může býti čím dále od čáry upevnění tím menší.

Znamenejž zde libovolnou vzdálenost od působiště síly písmě x, výšku průřezu síle té přiměřenou písmě y a šířku z, tu musí býti, poněvadž tento průřez při délce x touže pevnost míti má, jako průřez šířky a a výšky b při délce l

$$\frac{ab^2}{l} = \frac{zy^2}{x},$$

Trámce tak pracované, že této rovnici vyhovují, slovou trámce *stejné držebnosti či nosivosti*.

Jeli těleso (obr. 19.) všude stejné šířky jednou stranou upevněno a působí-li na druhém konci síla q, tu jest hledě k hořejší rovnici

$$\frac{ab^2}{l} = \frac{ay^2}{x}, \text{ z čehož jde}$$

$$y^2 = \frac{b^2}{l}\, x.$$

Formule tato značí rovnici paraboly, jest zde tedy čára podélný řez trámce z jedné strany omezující parabola, jejíž vrchol působiště síly q a jejíž parametr $\frac{b^2}{l}$ jest. Křivku tuto možno narýsovati takto:

Budiž L délka z upevnění vynikajícího

kusu (obr. 20.) a cd výška na ploše upevnění. Délka tato dělí se ve více stejných dílů n. př. 5 v bodech 1, 2, 3, 4, 5. Výšku cd rozdělme v tolikéž rovných dílců a pak ji prodlužme celou její délkou do a. Nyní táhneme od každého dělícího bodu výšky cd rovnoběžku s L, bodem pak a, a dělícími body délky L protáhněme přímky tak, aby všechny rovnoběžky přetínaly. Průsečníky 1′, 2′, 3′, 4′, které tímto způsobem na rovnoběžkách vzniknou, jsou body paraboly, kterou spojením jich narýsovati možno.

Že úspora materialu a umenšení váhy, které se touto formou u trámců docílí, nijak rodržebnosti jich nezmenšuje, jest z hořejší rovnice jasno; neboť v každém bodu délky trámové klade průřez jeho stejný odpor. Balancierům parostrojů dává se takováto podoba, která spůsobu jich účinku výhodnou jest.

Je-li za stejných okolností q po celém trámci stejnoměrně rozloženo (obr. 21.) a připadne-li na jednici délky váha v, jest pro celou délku $\frac{vl}{2} = m \frac{ab^2}{l}$ a pro délku x

$$\frac{vx}{2} = m \frac{ay^2}{x}$$

Z rovnice první jde $\frac{v}{2} = m \frac{ab^2}{l^2}$

z druhé $\frac{v}{2} = m \frac{ay^2}{x^2}$.

Budeť tedy $\frac{m.a.b^2}{l^2} = \frac{m.a.y^2}{x^2}$ či $\frac{b^2}{l^2} = \frac{y^2}{x^2}$

z čehož pak vychází pro výšku $y = \frac{b}{l}$ x.

Formule tato jest rovnicí přímky a dává na jevo, že můžeme každý podélný řez trámce omeziti přímkou, která spodem přepíná délku a výšku trámce. Bývá to tak u pavlanů a j. stavitelských i strojnických prací.

## B) Trámce u prostřed podepřené a na koncích zatížené a naopak.

### Zatížení působí jen na jistém místě.

### §. 12.

Budiž trámec podepřen v bodu m a zatížen na jednom konci silou $q_1$ (obr. 22) a na druhém s $q_2$. Váhy ty usilují trámec v bodu m zlomiti a musí tedy býti dle známé již formule

$$q_1 = m \frac{ab^2}{l_1}; \quad q_2 = m \frac{ab^2}{l_2},$$

kdež a, b a m týž mají význam, jako tam. Spojíme-li oba výrazy tyto, obdržíme:

$$P = q_1 + q_2 = m \frac{ab^2}{l_1} + m \frac{ab^2}{l^2} =$$

$$\frac{ml_2 ab^2 + ml_1 ab^2}{l_1 \; l_2} = m \frac{(l_2 + l_1)(ab^2)}{l_1 \, l_2} =$$

$$m \frac{a \, L \, b^2}{l_1 \; l_2} \text{ (kdež } L = l_2 + l_1).$$

Poznamenejmo vzdálenosť bodu m od středu trámce písmenem $a_1$ tu obdržíme

$$l_1 = \tfrac{1}{2}L - a; \; l_2 = \tfrac{1}{2}L + a$$

což do hoření rovnice dosazeno, ji změní ve

$$P = m \frac{a \, L \, b^2}{(\tfrac{1}{2}L - a_1)(\tfrac{1}{2}L + a_1)} = 4 \, m \frac{a \, Lb^2}{L^2 - a_1{}^2}.$$

Je-li $a = o$ t. j. je-li podepřen trámec právě ve středu délky tu jest

$$P = 4\,m\,\frac{ab^2}{L}$$

t. j. je-li trámec u prostřed upevněn a působí-li břímě na obou jeho koncích, jest držebnosť jeho 4kráte větší než kdyby byl na jednom konci upevněn a na druhém zatížen.

Podobně dalo by se dokázati pro trámec na obou koncích volně opřený a u prostřed zatížený, že

$$P = 4\,m\,\frac{ab^2}{L} \quad \text{(obr. 23.)}$$

Šlo-li by o to, aby se určila v tomto druhém případě váha, jakou trámec tlačí na obě podpory, tu bychom si odvodili formule váhy ty vyznačující takto. Váha $q$ která působí v bodu $m$ na trámec ve vzdálenosti $l_1$ od konce levého a ve vzdálenosti $l_2$, od konce pravého, bude tlačiti na levou podporu váhou $q_1$ a na pravou vahou $q_2$. Po zákonu o páce bude pro rovnováhu

$$l_1\,q_1 = l_2\,q_2 \text{ z čehož } q_1 = \frac{l_2}{l_1}\,q_2;$$

$$q_2 = \frac{l_1}{l_2}\,q_1 \text{ poněvadž ale } q_1 + q_2 = q$$

bude $q_1 = q - q_2$; $q_2 = q - q_1$ což do hořejších rovnic dosazeno, dá

$$q_1 = \frac{l_2\,q}{l_1 + l_2};\ q_2 = \frac{l_1\,q}{l_1 + l_2}.$$

Poznamenáme-li délku trámce od podpory jedné k druhé s L, bude

$$l_1 + l_2 = L \text{ a tedy}$$

$$q_1 = \frac{l_2\,q}{L};\ q_2 = \frac{l_1\,q}{L}.$$

---

## Zření k vlastní váze trámců.

§. 13.

Hledíme-li též k váze trámce samého, kteráž budiž $= p$, přijde na $l_1$ část váhy té $p_1$ a na $l_2$ část $p_2$; pak ponese jedna podpora $\frac{1}{2}p^1$ a druhá $\frac{1}{2}p_2$, kdežto na bod m $\frac{1}{2}p_1 + \frac{1}{2}p_2 = \frac{1}{2}(p_1 + p_2) = \frac{1}{2}p$ připadne.

Toto odečténo od rovnice

$$P = m\,\frac{a\,L\,b^2}{l_1\,l_2},\ \text{dá}\ P = m\,\frac{a\,L\,b^2}{l_1\,l^2} - \frac{1}{2}p.$$

Podobně jest i u trámce u prostřed podepřeného váha, kterou hmota jeho jej v bodu podpory přelomiti usiluje, $\frac{1}{2}p_1$—, a o tuto musíme vzíti držebnosť trámce menší.

Příklady.

1. Jakou tíži snese 150 centm. dlouhá u prostřed podepřená a na koncích zatížená tyč železná, když průřez jest obdélník, jehož šířka dělá 3 centm. a výška 2·5 centm.?

$$P = \frac{4 \times 100 \times 3 \times (2{\cdot}5)^2}{150} = 50 \text{ kilogr.}$$

2. Jakou tíži snese litý hřídel ve středu své délky, která činí 2 metry, když jest strana jeho čtvercového průřezu 5 cent m. dlouhá?

$$P = \frac{4 \times 125 \times 5^3}{200} = 312{\cdot}5 \text{ kilogr.}$$

3. Mnoho-li snese trámec z příkladu 1., vezme-li se i jeho vlastní váha do počtu? Tíže = 1·50 × 0·03 × 0·025 × 7288 = 8·01 klgr. tedy P = 50—8 01 = 41·99 klgr.

Poznamenání. Čtenáře který by neznal, jak zde váha předmětu ustanovena, poukazuji na přídavek tab. IX.

4. Mnoho-li snese hřídel z druhého příkladu hledě k jeho vlastní váze? Tíže = 2 × 0 05 × 0·05 × 7207 = 36·03 kilgr., tedy P = 312·5 = 36·03 = 276·47 kilogr.

5. Jaký tlak na podpory spůsobuje hřídel tento?

Zde bude dle $q_1 = \frac{l_2\, q}{L}$

$$q_1 = \frac{1^{m.} \times 276{\cdot}47}{2^{m.}} = 138{\cdot}23 \text{ kilogr.}$$

$$q_2 = \frac{1 \times 276{\cdot}47}{2^{m.}} = 138{\cdot}23 \text{ kilgr.}$$

Ze známé nám formule $P = m \frac{a\ L\ b^2}{l_1\ l_2}$ obdržíme snadno výšku neb průměr průřezu, který se musí jisté tyči dáti, aby snesla s jistotou danou váhu, když udáno, jak daleko váha tato od každé podpory ($l_1$, $l_2$, L vzdálenosť jedné podpory od druhé.)

K usnadnění práce jsou formule k výpočtům takovým zde již udány.

## Tabulka VIII.

| Hmota | Průřez | | |
|---|---|---|---|
| | obdélník<br>a jest libovolné | čtverec<br>b strana | kruh<br>D průměr |
| železo | $b=\sqrt{\left(\frac{P\times l_1\times l_2}{100\times L\times a}\right)}$ | $b=\sqrt[3]{\left(\frac{P\times l_1\times l_2}{100\times L}\right)}$ | $D=\sqrt[3]{\left(\frac{P\times l_1\times l_2}{60\times L}\right)}$ |
| litina | $b=\sqrt{\left(\frac{P\times l_1\times l_2}{125\times L\times a}\right)}$ | $b=\sqrt[3]{\left(\frac{P\times l_1\times l_2}{125\times L}\right)}$ | $D=\sqrt[3]{\left(\frac{P\times l_1\times l_2}{75\times L}\right)}$ |
| dřevo | $b=\sqrt{\left(\frac{P\times l_1\times l_2}{10\times L\times a}\right)}$ | $b=\sqrt[3]{\left(\frac{P\times l_1\times l_2}{10\times L}\right)}$ | $D=\sqrt[3]{\left(\frac{P\times l_1\times l_2}{6\ L.}\right)}$ |

V těchto formulích jest průměr D udán jen pro hřídele obyčejné; při hřídelích vodních kol neb takových, které musí nárazy a otřásání snášeti, brávají pro větší jistotu v děliteli formulí těch na místě 60, 75, 6 jen 30, 37·5 a 3.

Příklady.

1. Jaký rozměr bude míti strana čtvercového průřezu trámce, který jest na koncích volně opřen, aby ve vzdálenosti $l_1 = 50$ centm. a $l_2 = 35$ centm od podpor váhu 5500 kilgr. s jistotou snesl?

$$b = \sqrt[3]{\left(\frac{5500 \times 50 \times 35}{10 \times 85}\right)} = \sqrt[3]{11323} =$$

22·5 centm.

2. Hřídel litého kola vodního má mezi čepy A a B (obr. 24.) délku 4 metrů, kolo, as 8000 kilgr. těžké jest 1·50 metrů od A vzdáleno; jaký tlak musí snášeti každá podpora a jaký bude průměr hřídele?

$$q_1 = \frac{l_2\ 8000}{4} = \frac{4 - 1{\cdot}5 \times 8000}{4} =$$

$\frac{2{\cdot}5 \times 8000}{4} = 5000$ klgr. t. j. tlak na podporu A. $q_2 = \frac{1{\cdot}5 \times 8000}{4} = 3000$ kilogrm. t. j. tlak na podporu B. Průměr hřídele bude

$$D = \sqrt[3]{\left(\frac{8000 \times 1{\cdot}50 \times 2{\cdot}50}{75 \times 4}\right)} = 21{\cdot}5 \text{ centm.}$$

Hledě k nárazům postaví se v děliteli na místě 7·5 jen 37·5, čímž vyjde D = 27·5 centimetrů.

## O hřídelích dutých.

### §. 14.

Aby se váha litých hřídelů, jež velké državnosti býti mají, umenšila, odlívají se hřídele duté. Tloušťka hřídelů takových činí obyčejně $^1/_5$ průměru hřídele plného.

Zevní průměr určuje se dle formule svrchu udané tehdá, je-li břímě v nestejné vzdálenosti od podpor; je-li však ve středu, tedy od obou podpor stejně daleko, tu přejde formule ta, když $l_1 = l_2$ vezmeme, v

$$D = \sqrt[3]{\left(\frac{P \,.\, l^2}{75 \,.\, L}\right)} = \sqrt[3]{\left(\frac{P \,.\, \frac{L^2}{2}}{75 \cdot L}\right)} = \sqrt[3]{\left(\frac{P \,.\, L}{150}\right)},$$

kdež L vyznačeno centimetry.

Příklady.

Jaký bude průměr a jaká tloušťka litého a dutého hřídele, který ve středu délky 2·50 metrů 3000 klgr. unesti má?

$$D = \sqrt[3]{\left(\frac{3000 \times 2 \cdot 50}{1 \cdot 50}\right)} = 17 \cdot 10 \text{ centm. a}$$

$$\text{tedy tloušťka } \frac{17 \cdot 5}{5} = 3 \cdot 7 \text{ centm.}$$

Kdyby bylo břímě místo ve středu v nestejných vzdálenostech $l_1 = 0 \cdot 80$ metrů a $l_2 = 1 \cdot 70$ metrů od podpor, byl by průměr, hledíc k otřásání,

$$D = \sqrt[3]{\left(\frac{3000 \times 80 \times 170}{37 \cdot 5 \times 250}\right)} = 16 \cdot 5 \text{ centm.}$$

$$\text{a tloušťka } \frac{16 \cdot 5}{5} = 3 \cdot 3 \text{ centm.}$$

### Zatížení působí po celé délce trámce stejnoměrně.

§. 15.

Zde probrali jsme pravidla i příklady takové, kde bylo zatížení jen v jednom místě; je-li však břímě (P) rozloženo po celé délce stejně, příjde na každou polovici trámce $\frac{P}{2}$, z čehož opět příjde polovice na podporu, kdežto druhá polovice u prostřed tramce působí. Účinkuje v tomto místě tedy

$$\frac{P}{4} + \frac{P}{4} = \frac{P}{2};$$

pro trám volně podepřený bude tedy

$$\frac{P}{2} = 4\ m\ \frac{ab^2}{l}, \quad P = 8\ m\ \frac{ab^2}{l}$$

t. j. za stejných okolností jest při stejném rozložení břemene, držebnost trámců v obou koncích podepřených a uprostřed zatížených 8krát větší, než stejného trámu avšak na jednom konci upevněného a na druhém konci zatíženého.

V těchto případech možno také použiti trámců menší váhy a stejné držebnosti. Leží-li trámec takový volně na obou koncích (obr. 25) a jeli stejně zatížen, musí býti průřez jeho u prostřed největší. Jeli šířka jeho všude = a, a znamenáli d polovici jeho délky, tu bude pro libovolnou vzdálenosť x od středu jeho délky jedna část délky d + x, druhá d — x a tedy

$$P = m \frac{a\, l\, y^2}{d^2 - x^2} \text{ z čehož výška}$$

$$y^2 = \frac{P}{m.a.l}(d^2 - x^2).$$

Postavímeli zde $x = o$ a uvážímeli, že pro ten případ $y = v$ (výšce ve středu trámce) býti musí, obdržíme

$$\frac{v^2}{d^2} = \frac{P}{m.a.l}$$

a tedy také $y^2 = \frac{v^2}{d^2}(d^2 - x_2)$.

Formule tato značí rovnici elipsy. Jest tedy čára podélný řez trámce omezující elipsou, v níž jest polovina osy velké $= d$ a osy malé $= v$.

---

## C. Trámy na obou koncích upevněné.

### §. 16.

Jeli trámec na obou koncích upevněn, n. př. (obr. 26) zazděn, musí se břemenem nejen v m nýbrž i v plochách upevnění zlomiti. Poznamenáme-li váhy na oněch třech místech působící $g_1$, $g_2$ a $g_3$ tu bude

$$g_1 = m \frac{ab^2}{l_1};\ g_2 = m \frac{ab^2}{l_2};\ g_3 = m \frac{aLb^2}{l_1 l_2}$$

poněvadž ale je $P = g_1 + g_2 + g_3$, jest také

$$P = mab^2 \left(\frac{l}{l_1} + \frac{l}{l_2} + \frac{l}{l_1 l_2}\right) \text{ či}$$

$$P = 2m \frac{a\, L\, b^2}{l_1\, l_2};$$

aneb, když jako dříve vzdálenosť bodu m od středu s a. poznamenáme,

$$P = 8m \frac{a\,L\,b^2}{L^2 - 4a_1^2} \text{ a pro } a_1 = 0$$

$$P = 8m \frac{ab^2}{L}.$$

Jesť zde tedy pevnosť 8krát větší než u stejného trámu, avšak na jednom konci upevněného a na druhém zatíženého.

Jeli břímě rozložené po celé délce stejno, ponese i zde každá podpora $\frac{P}{4}$ a střed

$$\frac{P}{4} + \frac{P}{4} = \frac{P}{2} \text{ z čehož jde, že}$$

$$\frac{P}{2} = 8m \frac{ab^2}{L}, \text{ a dále}$$

$$P = 16m \frac{ab^2}{L}.$$

Jesť tedy v tomto případě při rovnoměrném zatížení pevnosť trámce 2krát větší než u zatížení jen v jednom místě.

Jako u trámců volně podepřených a u prostřed zatížených, možno i zde určiti pro dané břímě potřebný průřez a sice z rovnice

$$P = 2m \frac{aLb^2}{l_1\ l_2}.$$

Tak bude při čtvercovém průřezu, kde $a = b$ a tedy $a \times b^2 = b^3$

$$b = \sqrt[3]{\left(\frac{P \times l_1 \times l_2}{2m \times L}\right)}$$

Užití těchto pravidel nechť osvětlí příklady.

1. Jaké břímě snese s jistotou litý hřídel ve svém středu, když strana jeho čtvercového průřezu 5 centm. dlouha a vzdálenosť L mezi podporami 200 cent. jest?

$$P = \frac{8 \times 125 \times 5^3}{200} = 625 \text{ kilogr.}$$

**Poznamenání.**

Pro určení průměrů čepů postačí tato praktická formule

$$D = 3 \sqrt[3]{P},$$

kdež P břímě v metrických centech (100 ki.
= 1 m. cent.) udává. Formule tato postačuje i k výpočtu průměrů čepů litých hřídelů, které velkou tíži při otřásání nésti mají.

Jakého průměru musí býti každý čep hřídele, který má nésti v celku 30400 kilogr. nebo 304 metr. centů?

$$D = 3\sqrt[3]{340} = 20 \text{ centm. t. j.}$$

lité čepy toho hřídele musí míti 20 centm. v průměru.

Sílu čepu železného nalezneme, když tento průměr 0·863 znásobíme. Pro hořejší příklad vyšlo by dle toho

$20 \times 0{\cdot}863 = 17{\cdot}26$ centm. co průměr železného čepu.

# Hlava pátá

## Pevnosť v krutu.

(Torsionsfestigkeit.)

### §. 17.

Účinkují-li dvě síly protivným a tangentialním směrem na tělo nějaké, by je skroutili, říkáme odporu, kterým se tělo takovému kroucení vstříc staví **pevnosť v kroucení.**

Pevnosť tato vyplývá u hřídelů ze síly, která je jedným směrem otočiti usiluje a z odporu, který tomu otáčení právě opáčně působí.

Má-li nějaký hřídel vzdorovati přelomení i překroucení zároveň, béře se za průměr onen rozměr, který byl pro větší z těchto dvou sil vypočítán.

Průměry hřídelů dělají se obyčejně o $^1/_{10}$ větší než průměry čepů. Všechny hřídele nejsou stejnou měrou podrobeny kroucení a proto se dle účinku síly je skrucující rozdělují na tři třídy.

Třída první obsahuje hřídele, které jsou kroucení nejvíce podrobeny a zároveň velká břemena nésti musí, jako to bývá u hřídelů s klikami, u hřídelů vodních kol a vůbec u všech, na které síla hnací bezprostředně působí.

Do druhé třídy náležejí hřídele, které bez otřásání ve spojení jsou s první silou pohybující a silná ozubená kola nesou.

Ve třetí třídě konečně hřídele takové, které pohyb od prvnějších zdělený dále přenášejí, obyčejně malou váhu nesou, avšak rychle se opotřebují.

Zkušeností shledalo se, že pevnosť čepů stojí v přímém poměrů se 3. mocninou průměru a v obráceném poměru s počtem otáček v minutě. Z toho vyhledána počtem (podobným jako u pevnosti v tahu) pro průměr D formule tato:

$$D = \sqrt[3]{\left(\frac{P}{O} \times m\right)}.$$

P znamená zde počet koňských sil stroje, O počet otáček hřídele v minutě a m koeficienta.

Pravidlo z formule této plynoucí zní:

Velikosť průměru čepu nějakého se vypočítá, když koeficienta (hmotě, ze které čep zhotoven býti má příslušného) koňskou silou stroje znásobíme, součin tak vzniklý počtem otáček čepu (za minutu) rozdělíme a z podílu tak vzešlého třetí odmocninu vypočítáme.

## 1. Čepy hřídelů třídy první.

### §. 18.

Koeficient, kterého jest v třídě této s jistotou užívati, je pro litinu 6800 a pro železo kůjné 4370.

Příklady:

1. Jak velký bude průměr čepu litého neb železného u hřídele první třídy, aby silu 10 koní 20 otáčkami v minutě přenášel?

$$\sqrt[3]{\left(\frac{10}{20} \times 6800\right)} = 15 \text{ centm. bude}$$

průměr čepu litého a

$$\sqrt[3]{\left(\frac{10}{20} \times 4370\right)} = 12{\cdot}9 \text{ centm. prů-}$$

měr čepu železného.

2. Jakou silu může přenášeti čep známého průměru a známé rychlosti, jakou se v minutě otáčí?

Z formule $D = \sqrt[3]{\frac{P}{O}m}$ obdržíme

$$P = \frac{D^3\,O}{m} \text{ t. j.}$$

Silu, kterou jistý čep při jisté rychlosti přenášeti může, vypočítáme, jestli třetí mocninu průměru rychlostí (v minutě) zmnožíme, a dle toho zda je čep litý neb železný 6800 nebo 4370 rozdělíme.

Vezmeme-li z příkladu 1. silu co neznámou, ostatní udaje však co známé, obdržíme:

1. $\frac{15^3 \times 20}{6800} = \frac{3375 \times 20}{6800} = 10$ koňských sil pro čep litý a též

2 $\frac{(12{\cdot}9)^3 \times 20}{4370} = 10$ pro čep železný.

## 2. Čepy hřídelů třídy druhé.

### §. 19.

Formule a pravidla jsou táž co u prvních, jen koeficienty se mění; beřeme zde totiž pro železo 2108 a pro litinu 3280.

Příklady:

Jak velký průměr bude míti čep hřídele třídy druhé, který má 24 koňských sil při 20ti otáčkách v minutě přenášeti?

Průměr čepu litého bude:

$$\sqrt[3]{\left(\frac{24}{20} \times 3280\right)} = 16 \text{ cent.};$$

průměr pak železného

$$\sqrt[3]{\left(\frac{24}{20} \times 2180\right)} = 13{\cdot}8 \text{ centm.}$$

2. Byly-li by všechny udaje známy, sila však neznáma, dala by se pravidlem u hřídelů třídy první udaným též vypočíst.

Byla by pro udaje z příkladu prvního

u litiny $\frac{16^3 \times 20}{3280} = 24$ koň. sil a tolikéž

u železa $\frac{(13{\cdot}8)^3 \times 20}{2180} = 24.$

## 3. Čepy hřídelů třídy třetí.

§. 20.

U těchto vypočítává se průměr i síla dle týchže pravidel, ale koeficient se béře u litiny jen 1640 a u železa je 1054.

Příklady.

1. Jak silný čep musí udělati strojník u hřídele 3. třídy, chceli, aby mu silu dvou koní 36krát za minutu přenesl?

Čep železný musí býti

$$\sqrt[3]{\left(\frac{2}{36} \times 1054\right)} = 3{\cdot}8 \text{ a}$$

čep litý $\sqrt[3]{\left(\frac{2}{36} \times 1640\right)} = 4{\cdot}5$ cent. silen.

2. Síla pro udaje předcházejícího příkladu by byla

u železa $\frac{3\cdot8^3 \times 36}{1054} = 2$ koňským silám

a podobně i u litiny $\frac{4\cdot5^3 \times 36}{1640} = 2.$

Porovnáme-li koeficienty u hřídelů všech tří tříd, shledáme, že je u železa koeficient vždy 1·56krát menší než u litiny. Z toho jde, že můžeme za téže podmínky velmi dobře přepočítati průměr čepu litého na průměr čepu železného.

Máme-li přepočísti průměr čepu litého na železný, musíme jej číslem 1·56 děliti; máme-li však naopak průměr železného čepu na litý převésti, musíme jej týmže číslem znásobiti.

Zkouškami dále shledáno, že za stejných okolností čepy dřevěné jen ¼ pevnosti litých činí. Bude tedy u železa

$$\frac{D^3m}{O} = P, \quad \text{u dřeva však}$$

$$\frac{D^3m}{O} = \frac{P}{4}$$

Z toho vysvítá:

$$D^3 : D^3 = 4P : P \text{ či}$$

$$D : D = \sqrt{4} : \sqrt{1} = 1\cdot6 : 1$$

t. j. **při stejných průměrech jest pevnost litého čepu 1·6krát větší dřevěného.** Chtěli-li bychom nahraditi čep litý dubovým, museli bychom jeho průměr 1·6 násobiti; naopak museli bychom však průměr dřevěného čepu 1·6 děliti, kdybychom jej chtěli na litý přeměniti.

Délka čepu dělává se vždy ¼ až ½

krát větší než průměr čepu; mnohdy dělává se však i větší.

Jak již svrchu praveno, bývá hřídel o $1/_{10}$ silnější než čep; toto sesílení může však na masivních litých hřídelcích, 2—4 metry dlouhých, až na $1/_5$ průměru čepu zvýšeno býti.

Poznámka. Koeficienty jsou ve všech případech vypočítány nejen hledě k břemeni, nýbrž i ku kroucení.

---

# Hlava šestá.

## Pevnosť stropů a vazeb.

### a) Jak ustanoviti potřebnou tloušťku trámů stropových?

### §. 21.

Trámy stropové dlužno dělati tak silnými, aby nejen vlastní tíži stropu, nýbrž i jeho obyčejné zatížení vydržely a mimo to i takové jistoty poskytovaly, při které by zlomení trámu ani v takových případech se obávati nebylo, kde trámy časem již poškozeny jsou. Stavitelství nás poučuje, že zatížení i s vlastní tíží stropu při stropech obyčejných 500 kilogr. na 1 □ m. činí; při stropech sálů, kde se velké množství lidu schází, nebo při skladištích počítají však na 1 □ m. 625 až 750 kilogrm. Je-li na stropech ještě těžká práce štukatorní, připočítává se k dřívějšímu udání ještě 500 kilogr. za každý čtver. metr.

Ježto délka trámu již napřed délkou stropu určena bývá, jde zde při určování pevnosti trámů pouze o tloušťku jich t. j. o velikosť průřezu. Poněvadž u stropů trámy vždy na obou koncích podporovány bývají, možno průřez trámů těch snadno dle formulí u pevnosti v lomu udaných vypočísti.

Příklady:

1. Jak tlusté musejí býti povaly stropu 5·688 m. v světlosti majícího, když 0·316 m. široké jsou?

Jeden poval zaujímá 5·688 × 0·316 = 1·797 □ m. plochy, a bude tedy 1·797 × 500 = 898·5 klgr. obtížen; že však tato tíže po celé jeho délce rozdělena jest, bude dle pravidla na str. 41 §. 15.

$$P = 898{\cdot}5 = \frac{8 \times 10 \times 31{\cdot}6 \times b^2}{568{\cdot}8}$$

z čehož jde

$$b^2 = 204{\cdot}10$$

tedy $b = \sqrt{204{\cdot}10} = 14{\cdot}3$ centm.

2. Jak tlusté trámy musí obdržeti trámový strop, když jeho délka v světlosti jest 5·688 m a trámy od sebe 0·948 m. vzdáleny býti mají?

Na jeden trám přijde 5·688 × 0·948 = 5·39 □ m. a tím 5·39 × 500 = 2695 kilgr. tíže; bude tedy dle pravidla 2. na str. 43

$$2695 = \frac{16 \times 10 \times ab^2}{568{\cdot}8}$$

což dá součin $ab^2 = 9580{\cdot}72$; a vezme-li se šířka na 20 centm, přijde na

$$b^2 = 479, \text{ a tedy na}$$

$$b = \sqrt{479} \doteq 24 \text{ centim.}$$

Stropy novějších spůsobů dělají z trámů 6″ širokých, což jest přiblíženě 16 centm.; jesť tedy otázka, jaké budou museť dostati výšky, když všechny ostatní výměry a tíže tytéž jsou jako u jiného trámového stropu; n. př. v příkladu právě předcházejícím?

Je-li $ab^2 = 9580{\cdot}72$ bude při 16 centimetrové šířce $b = \sqrt{598{\cdot}79} = 24{\cdot}47$.

Kdybychom v této případnosti použili trámů železných, které obyčejně buď z válcovaného železa a nebo z nejtovaného plechu zhotoveny bývají, vypadl by počet docela jinak.

Je-li zase délka trámu 5·688 m. a vzdálenosť jednoho ode druhého 0·948 m., tak že na jeden trám opět 5·39☐ m. plochy a tím $5{\cdot}39 \times 500 = 2695$ klgr. tíže přijde; tu bude

$$2695 = \frac{16 \,.\, 100 \,.\, ab^2}{568{\cdot}8},$$

což dá $ab^2 = 958{\cdot}07$. Vezme-li se pak šířka železného trámu na 15 m. m. bude $b^2 = 638{\cdot}71$ a tedy $b = \sqrt{638{\cdot}71} = 25{\cdot}27$ centm.

Poznámka. K vůli nárazům a otřásání dělává se výška o 2—3 centm. větší u trámů dřevěných i železných.

## b) Pevnosť vazeb.

### §. 22.

Udávati zde do podrobna, jak se pevnosť jednotlivých částí krovu vypočítává, bylo by v této knížce nemístno; postačí zde, udámeli jen, na čem rozměry krovu jsou závisly.

Co se délky v krovu užívaných dřev dotýká, ta závisla jest na výšce střechy, tak, že při jedné a téže šíři stavení dřev buď delších buď kratších užívati možno, dle toho, zda střecha je nízka neb vysoka. Výška nějaké střechy a tedy i její spád závislý jest hlavně na krytině, kterou střecha pokryta býti má. Nejobyčejněji dává se střechám, jmenovitě s krytinou doškovou, prkenou, šindelovou, taškovou a prejzovou spád 45$^{0}$, při čemž výška střechy právě polovici šířky celého stavení činí a krokve v hřebenu pravý úhel tvoří. Poněvadž voda po břidlici a plechu rychleji odtéká, dělají střechy s touto krytinou nižší, berouce totiž za výšku jen $^{1}/_{3}$ šířky stavení. *)

Tloušťka jednotlivých trámů řídí se dle váhy, kterou nésti mají a dle způsobu jejího působení.

Jak stavitelská zkušenost učí, připadá na 1☐ m. střechy s latováním, s krovem a s krytinou i hledě k lijáku, sněhu a silnému větru celkem asi 500 kilgr. Rozpočteli se tato tíže patřičně na jednotlivé částky krovu možno dle známých formulí vždy tloušťku jejich určiti.

---

# Hlava sedmá.

## Dodatek.

### §. 23.

Mnohdy přihodí se, že se má určiti váha nějakého předmětu, avšak nebývá buď váhy při ruce aneb jest předmět tak velký, že ho

*) Dle Jöndlova poučení o stavitelství pozemním.

ani vážiti nelze. V případě takovém prospívá nejlépe hustota hmot, t. j. váha předmětů se vztahem stejného objemu. Za míru či jednici béře se váha destillované vody u hmot pevných a kapalných a vzduch u hmot plynných. Poněvadž (při 4° C) 1 krychlový decimetr vody 1 kilogram váží, možno hustotu ostatních látek snadno seznati, ano potřeba zde jen 1 krychlový decimetr každé zvážiti.

Následující tabulka jest tímto způsobem pro důležitější hmoty určena.

## Tabulka IX.

udávající hustotu hmot pevných.

| Jméno hmoty | Váha krychl. decim. v kilogr. | Váha krychl. métrů v kylogr. |
|---|---|---|
| Korek | 0·240 | 240 |
| Topol (vyschlý) | 0·383 | 383 |
| Jedle „ | 0·498 | 498 |
| Ořech „ (vlaský) | 0·671 | 671 |
| Jabloň „ | 0·793 | 793 |
| Jasan „ | 0·845 | 845 |
| Buk „ | 0·852 | 852 |
| Pušpán „ | 0·912 | 912 |
| Dub „ | 0·925 | 925 |
| Cihla „ | 1·870 | 1870 |
| Sádra „ | 2·168 | 2168 |
| Zeď z lámaného kamene | 2·240 | 2240 |
| Litý zinek | 7·100 | 7100 |
| Litina | 7·207 | 7207 |
| Litý cín | 7·291 | 7291 |
| Železo holové | 7·788 | 7788 |
| Nekovaná ocel | 7·816 | 7816 |
| Litá měď | 8·788 | 8788 |
| Lité olovo | 11·352 | 11352 |

Užití této tabulky.

Známe-li objem, převedeme jej na krychlové decimetry nebo métry, znásobením pak tohoto v métrech nebo decimetrech udaného objemu s číslem (hmotě přináležejícím) ze sloupce druhého nebo prvního obdržíme celou váhu tělesa.

Příklady.

1. Jakou vahu má dubový trám, jehož obsah 1·25 krychl. m. obnáší?

Dle tabulky činí jeden krychlový metr dubu 925 klgr; tedy váha celého trámce

$925 \times 1{\cdot}25 = 1156{\cdot}25$ kilogr.

2. Co váží z plna ulitý válec 0·1356 krychl. m. mající?

Váha jednoho krychl. m. litiny jest dle tabulky 7207 klgr.; bude dle toho váha válce

$7207 \times 0{\cdot}1356 = 977{\cdot}26$ kilgr.

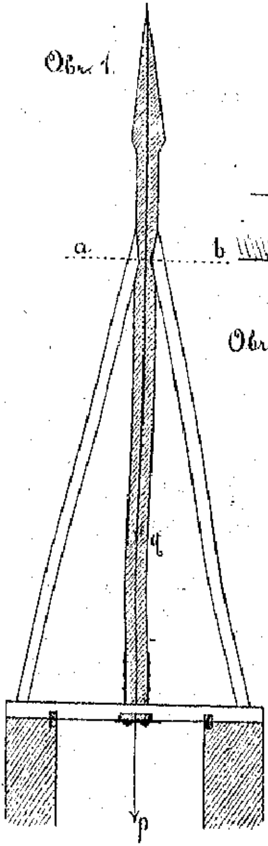
3. Má se vypočísti krychl. obsah O a váha V dutého litého válce těchto rozměrů: vnitřní průměr = 0·53 m., tloušťka = 0·06 m. a výška = 1·20 m.

Obsah krychlový =

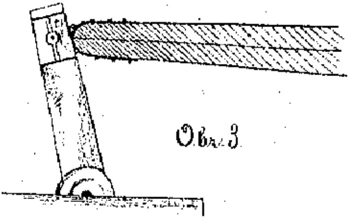
$O = (0{\cdot}36^2 - 0{\cdot}265^2) \times 3{\cdot}1416 \times 1{\cdot}2 = 0{\cdot}224$ krychl. m jest tedy váha válce toho

$0{\cdot}224 \times 7207 = 1614{\cdot}36$ klgr.

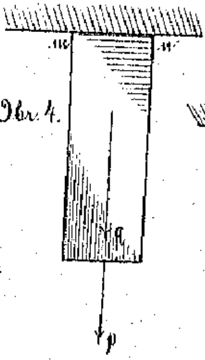
Obr. 1.



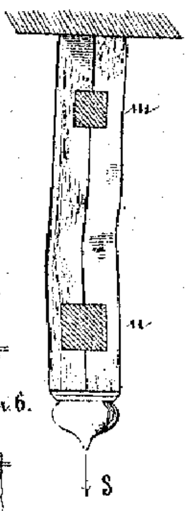

Obr. 3.



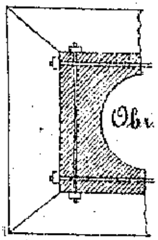
Obr. 4.



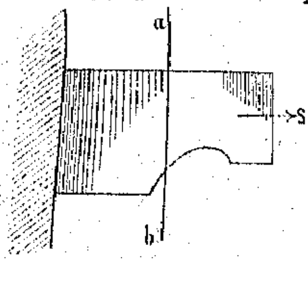

Obr. 5.



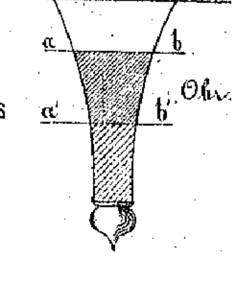

Obr. 6.



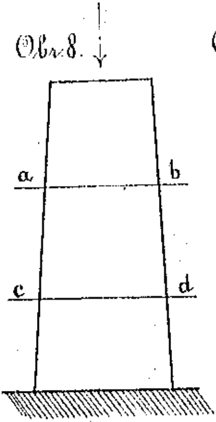
Obr. 2.




Obr. 7.

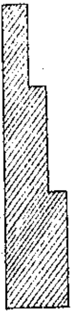


Obr. 8.

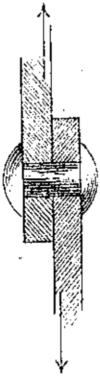



Obr. 10.

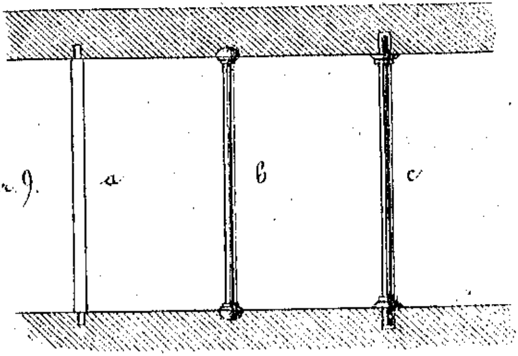
Obr. 11.



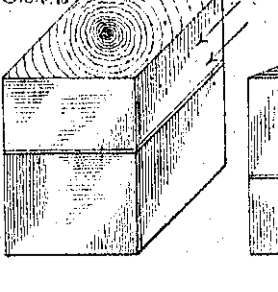
Obr. 12.



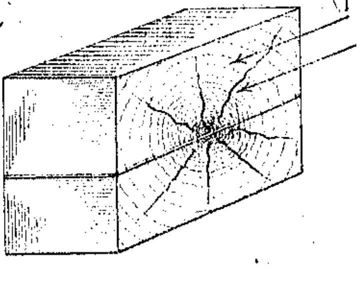
Obr. 9.



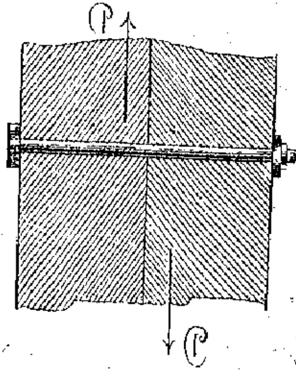

Obr. 13



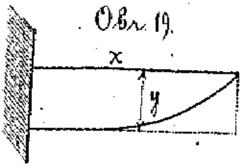

Obr. 14.



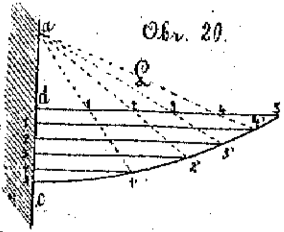
Obr. 15.



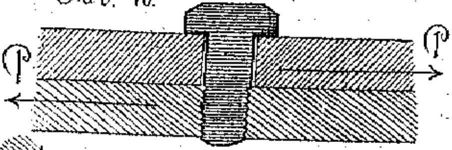

Obr. 19.



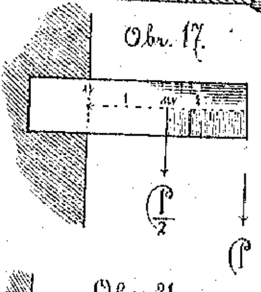

Obr. 20.



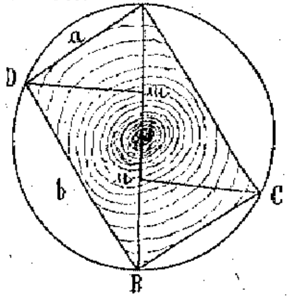

Obr. 16.



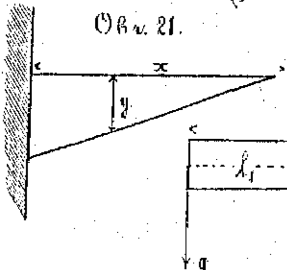

Obr. 17.

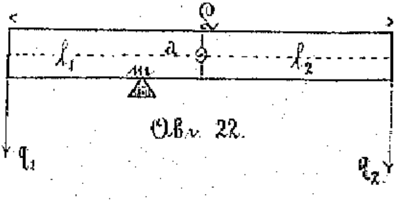



Obr. 18.

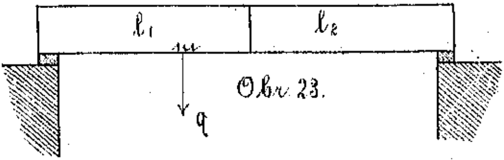



Obr. 21.

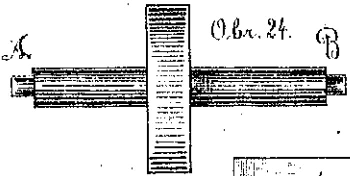



Obr. 22.

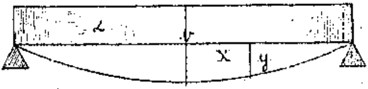


Obr. 23.



Obr. 24.

Obr. 25.




Obr. 26.