

Vyvážení motoru.

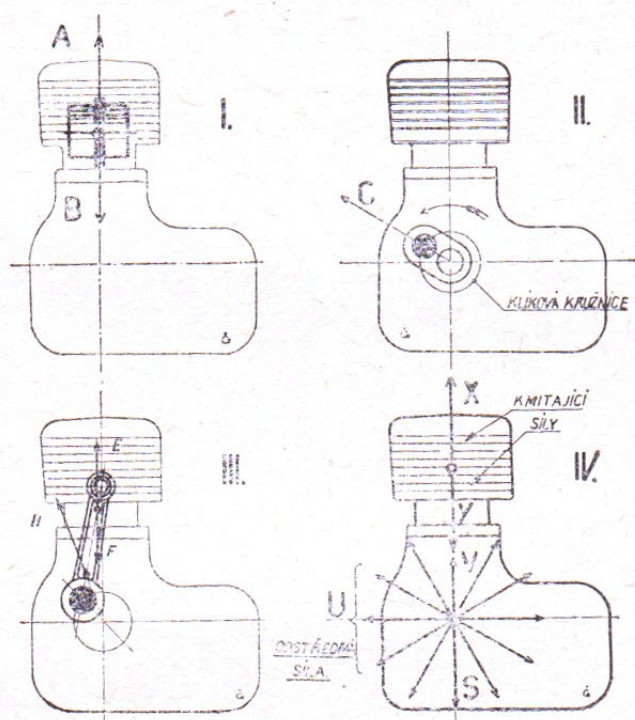
Motocyklový motor má několik částí, které se pohybují točivým nebo přímočaře kývavým pohybem; jejich hmota vyvolává při tom mnohé síly, které kdyby nebyly zachyceny, způsobily by silné otřásání motoru. Těmito otřesy způsobí se nejen zvýšené namáhání materiálu a uvolnění spojů, nýbrž i nepříjemný pocit při jízdě. Pravidelné otřesy, rychle za sebou následující, vyvolají chvění některých dílů (stupaček, řidítek, rámu atd.) a po případě působí i na řízení motocyklu. Proto musí býti každý motor, který je vmontován do moderního motocyklu, *řádně vyvážen*. Vniknouti do principu vyvážení je pro netechnika značně obtížno a proto omezíme se jen na základní zjevy, i tak dosti nesnadné k vysvětlení. Abychom došli k výsledku, musíme si nejdříve uvědomiti, které síly vlastně tyto otřesy působí.

Předně pohybující se hmoty v motoru vyvozují síly setrvačné, povstávající ze zrychlování a zabrzdování jejich pohybu; jest to totéž jako při cvičení s těžkým závažím, kdy při rychlém pohybu uvádí závaží naše tělo do výkyvů. Za druhé působí výbuchy ve válci na odkloněnou ojnici a ta vyvede postranní tlaky na válec, (viz str. 187). Tato síla hledí motor překloupat a poněvadž jej rám pevně drží, vznikne tak jistý otřes, který u jednoválcového stroje je značný. To pozorujeme nejlépe, spustíme-li stroj na stojánku při pozdním zápalu a větším otevření karburátoru, ale nepřiliš rychle. Při každém výbuchu je zřejmě viděti, jak se celý motocykl nadzdvihne. Při rychlém běhu vznikne řada impulsů následujících rychle za sebou, které resultují v sílu, jež celým motocyklem postrkuje dozadu. Tato síla se dá velmi těžce vyvážit a u motocyklového motoru ani na to nemyslíme, poněvadž se s její přítomností smiřujeme, nechťce stroj komplikovati. Ostatně její účinek je tím menší, čím je větší hmota motocyklu a čím je v něm menší motor. Větší počet menších válců je, jak vidět v tomto případě, výhodnější.

Tato síla skládá se s volnými silami, vzniklými z ne zcela vyvážených hmot s pohybem vratným a jiným ve výslednice a poněvadž doby jejich kmitů jsou nestejně, vznikají tím větší otřesy, provázené jemnějšími výchvěvy o mnohem větší rychlosti. Základní otřes je provázen t. zv. vyššími harmonickými. Podobnost

zjevu vyplyne na př. při srovnání úhozu na dlouhé železné zábradlí, kdy seznáme, že vedle velkých vln kmitů vznikne ještě velmi rychlé vlnění, které rozechvěje zábradlí do tónu. Jsou-li na motocyklu části, které mají dobu kyvu v určitém poměru k těmto kombinovaným otřesům, rozechvějí se také a mohou být příčinou různých poruch. To platí na př. o řídlkách, stupačkách, spojovacích trubkách atd.

Je zřejmo, že otřesy pohybující tak velkými hmotami vyžadují pro sebe část výkonu a přenášejí se do ložisek a na třecí plochy. Z toho je vidět, že špatně vyvážený motor značí

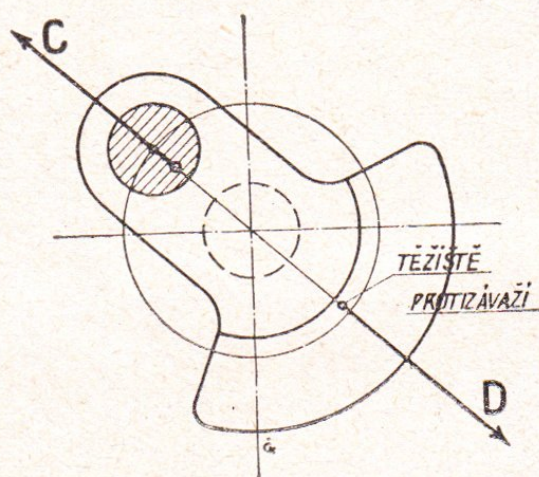


Obr. 394. Síly působící v motoru.

nejen ztrátu na síle, ale také značné opotřebení ložisek. Mimo to mnohé materiály trpí střídajícími se napětími otřesů, mění svou strukturu v krystalinickou a tím trpí pevnost dílů do té míry, že může nastati lom. Každý moderní motor je vyvážen, pokud to jde, úplného vyvážení nedá se u běžných typů dosáhnouti, ale chce-li někdo zlepšiti vyvážení svého motoru, musí se obeznámiti se základy teorie. Mnohý z amatérů, který provede záměnu pístu litinového za hliníkový, netuší, že tím uvedl vyvážení motoru do nepořádku a že tím nadělal více škod nežli získal.

Při vyvážení přihlížíme jen k hlavním dílům, jež se pohybují, k pístům s příslušenstvím, ojnicím, klikovému hřídeli a setrvačníku. Některé z nich mají pohyb přímočaře vratný, jiné rotují a třetí mají pohyb složený z obou. Píst s čepem pohybuje se nahoru a dolů, při dosažení krajních poloh hledí setrvačností přeběhnouti a vyvozuje směrem nahoru setrvačnou sílu **A**, směrem dolů sílu **B**. Tyto síly nejsou stejně veliké, síla **A** je větší (obr. 394, díl I.).

Klikový čep s rameny opisuje kružnici a vyvozuje odstředivou sílu **C**, známou z fyziky (obr. 394, díl II.). Tato síla působí vždy od středu směrem poloměru a jejím účinkem má motor



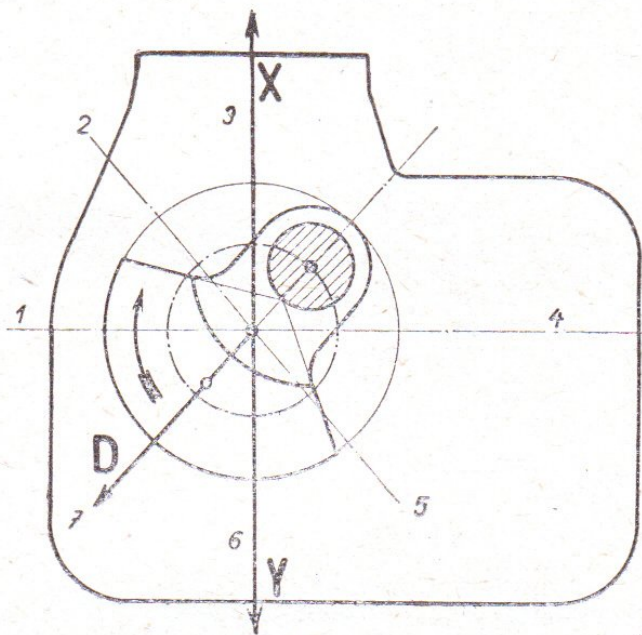
Obr. 395. Vyvážení klikového čepu s ramenem.

snahu, pohybovati se v kružnici, kdežto střídavé síly **A** a **B** snaží se ho uvést do pohybu směrem nahoru a dolů (směrem osy válce). Odstředivou sílu **C** můžeme velmi dobře vyvážit protizávažím, připevněným na rameno kliky, jak ukazuje obr. 395. Protizávaží vyvozuje svou odstředivou sílu **D**, která působí proti původní síle **C** a ruší ji. Klikový hřídel sám o sobě můžeme tedy úplně vyvážit.

Ojnice má pohyb složitý; podle obr. 394, díl III. pohybuje se část na klikovém čepu v kružnici a vyvozuje tedy sílu odstředivou **H**. Část táhla a oko pro pístní čep má spíše pohyb přímočaře kývavý a chová se v účinku jako píst. Pro vyvážení děláme to tak, že jednu třetinu váhy ojnice připojíme k váze pístu a ostatek ke klikovému čepu, jako by $\frac{2}{3}$ její váhy se pohybovaly v kruhu

a $\frac{1}{3}$ kmitala s pístem. Spodek vyvozuje odstředivou sílu **H**, hořejšek kmitavé síly **E** a **F**. Setrvačník musí býti sám sebou pečlivě vyvážen vůči odstředivým silám.

Všechny odstředivé síly můžeme tedy vyvážit protizávažím, ale zbývají kmitavé síly od hmot vratných a ty se nedají vyvážit jednoduchým způsobem. Sledujme věc nejdříve u jednoválce. Tam se vyvážení děje tím, že se protizávaží kliky dělá *větší, než odpovídá vyvážení jen sil odstředivých*. Pak působí v motoru kmitající síly **X**, **Y** nahoru a dolů a vedle toho na všechny strany

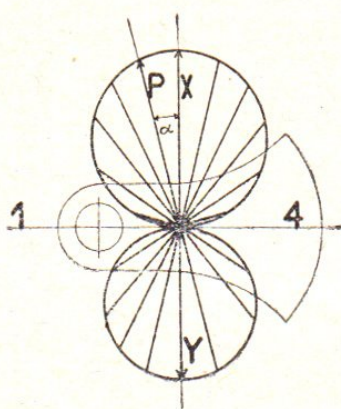


Obr. 396. Síly, které působí v motoru při odchýlené poloze kliky.

(radiálně) odstředivá síla podle směru klikového čepu (**obr. 394**). Je-li píst zcela nahoře, vyvodí setrvačnou sílu **X** směrem nahoru, ale proti tomu působí odstředivá síla protizávaží **S**, které je zatím dole. Když bude odstředivá síla stejně veliká jako **X**, pak se účinek pístu zruší. Totéž platí o dolní poloze; dole vyvodí píst setrvačnou sílu **Y** a proti ní jde odstředivá síla protizávaží **V**. Poněvadž je síla **Y** menší než **X**, zbývá ze síly **V** jistý zbytek a ten má snahu hoditi motorem směrem nahoru (**obr. 394**, díl IV.).

Když se klika otočí do jiných poloh (**obr. 396**), tu v každé poloze vznikne odstředivá síla **D** a ta se kombinuje s některou ze sil **X** nebo **Y**, jejichž velikost se ovšem zatím změnila. Ale

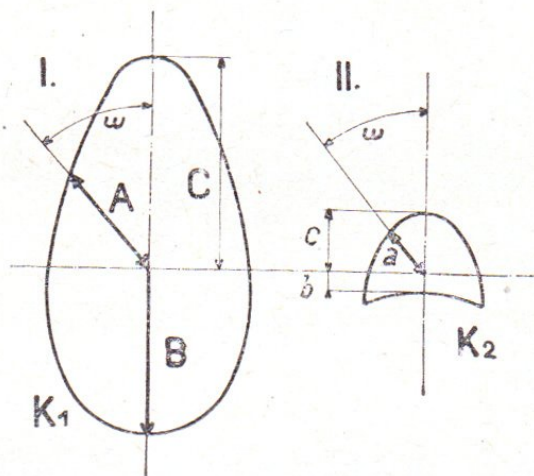
vždy dostaneme nějakou výslední sílu (geometrickým součtem); odstředivá síla je stále stejná, ale síly kmitavé, vzniklé od pístů, se bohužel mění a tím se vyvážení velmi ztěžuje. Průběh kmitavých sil udává diagram v **obr. 397**. Tam jsou naznačeny dvě křivky skoro kruhového tvaru, které omezují velikost kmitavé síly pro příslušnou polohu kliky (nikoliv směr, ten je vždy buď nahoru nebo dolů). Když se klika vychýlí o úhel α , má kmitavá síla velikost P a menší se. Čím více se klika otáčí do vodorovné polohy, tím více se tato síla zmenšuje, až konečně ve skoro vodorovných polohách (vzhledem ke stojatému motoru) kmitavá síla *úplně zmizí*.



Obr. 397. Diagram kmitajících sil.

Z toho je vidět, že *jednoduchým protizávažím se nedá jednoválcový motor úplně vyvážit*. Buďto se zruší protizávažím kmitavé síly X a Y skoro úplně a pak zbývá volná odstředivá síla ve směrech **1** a **4**, a ta třese pak motorem ve směru vodorovném. Kdyby se udělalo protizávaží zase malé nebo žádné, třese motor nahoru a dolů. Jak vidět, zbývá pouze jistá střední cesta. Zkouškami a grafickým řešením se seznalo, že nejlepší vyvážení jednoválcového motoru se dostane tehdy, když se protizávažím vyváží všechny odstředivé síly (klika, klikový čep, $\frac{2}{3}$ váhy ojnice) a hmoty s pohybem vratným vyváží se jen *z polovice*. Pak třese sice motor ve všech směrech, ale jen malou měrou. Je tedy patrné, že o nějakém naprosto dokonalém vyvážení nemůže být ani řeči a proto všechny chvály v továrních prospektech nebo úsudky jezdců jsou vždy problematické ceny.

Výsledek podává diagram na **obr. 398**. Tam je nalevo znázorněn průběh nevyvážených sil u motoru, který by neměl vůbec žádného protizávaží a napravo motor vyvážený podle nyní uvedeného pravidla. Oba diagramy jsou ve stejném měřítku. Když se u obou motorů vychýlí kliky o úhel ω , je nevyvážená síla v prvním případě **A** mnohem větší než v případě vyvážení, kde činí pouze **a**. Nejvíce je to vidět v krajních polohách; když je píst nahoře (síly **C** a **c**) a ještě více dole, je rozdíl velmi nápadný (**B** a **b**). V uvedených diagramech jsou směry kliky zároveň směry sil. Volně zavěšený nevyvážený motor jednoválcový bude míti snahu opisovati velikou křivku **K₁**, správně vyvážený jen malou křivku **K₂**.



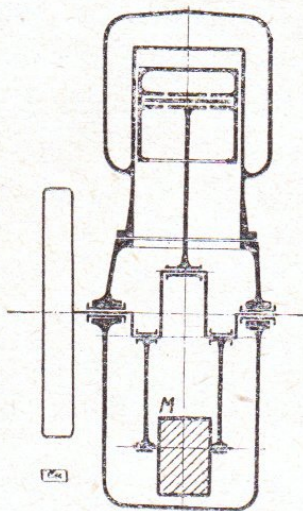
Obr. 398. Diagram motoru nevyváženého a dobře vyváženého (jednoválec).

Kdybychom chtěli jednoválec úplně vyvážit, musili bychom použití jiného způsobu než protizávaží; jedním z nich je protiběžné kmitající závaží hnané zalomeným hřídelem (**obr. 399**). Ojničky závaží musí pak míti určitou délku a motor se tím značně zkomplikuje. Pro nejlepší vyvážení jednoválce platí tedy následující:

1. Pokud možno nejlehčí hmoty s pohybem vratným (píst s kroužky, čepem a pojištěním, lehká horní část ojnice).
2. Tyto hmoty vyváží se protizávažím jen do polovice.
3. Všechny rotující hmoty musí býti co nejpečlivěji vyváženy; setrvačnik musí přesně běžeti, čepy nesmí házet. Jak velké jsou odstředivé síly v motocyklovém motoru, je nejlépe

vidět z toho, že zmíněné protizávaží vyvozuje při 4000 otáčkách asi 170 *kg* síly.

Rovněž vysoké jsou kmitavé síly, vznikající setrvačností v krajních polohách; tak ku př. u motoru o vrtání asi 80 *mm* mohou nabýti při 3000 otáčkách velikosti přes 600 *kg*! Tyto síly se přenášejí do ojnice.



Obr. 399. Úplně vyvážený jednoválec.

Postup při vyvažování jednoválce.

Na základě předešlé kapitoly postupuje se při vyvažování jednoválce takto:

Setrvačníky s klikovým mechanismem se upnou mezi hroty soustruhu a kontroluje se přesný běh, *který je podmínkou*. Pak se zváží ojnice, udělá se olověný prsten o určité váze a ten se po rozříznutí navlékne na klikový čep. Celý mechanismus se potom položí na ostré, přesně vodorovné hrany dvou pravítek a zkouší se, zda je v rovnováze. Při zhotovení olověného prstenu pokračuje se takto:

Nejdříve si najdeme, jak veliké závaží je zapotřebí k tomu, aby se klikový mechanismus bez ojnice udržel v rovnováze. To se děje zkusmo kusem železa na klikovém čepu. K této váze připočteme $\frac{1}{2}$ váhy pístu s celým jeho příslušenstvím a váhu $\frac{1}{3}$ ojnice, což dá váhu zmíněného prstenu. Tento způsob je

dobry jen tehdy, je-li težiště protizávaží od osy právě tak daleko, jako klikový čep; obyčejně tomu tak bývá. Není-li tomu tak, pak se musí zmíněná $\frac{1}{3}$ váhy ojnice přepočísti. Je-li ono težiště dále, zmenší se, je-li blíže, zvětší se tato váha v témže poměru.

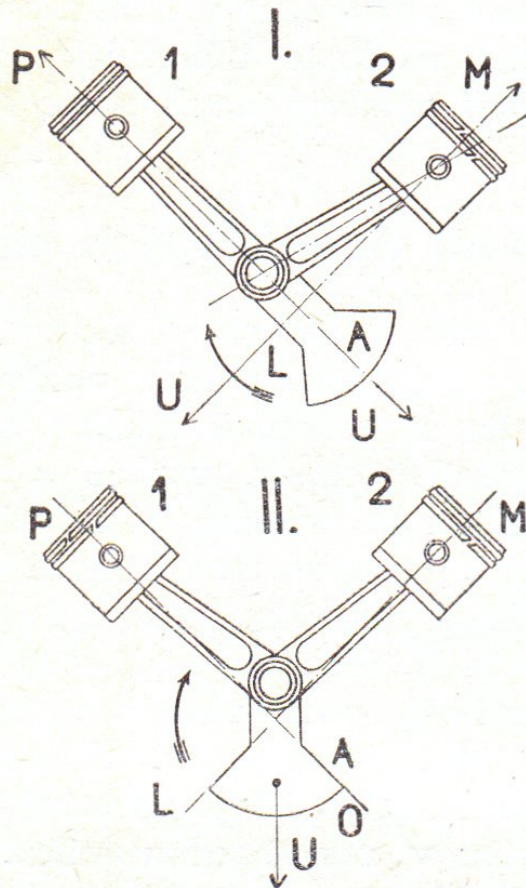
Vyvážení dvoutaktního jednoválce je o něco příznivější, poněvadž při každém zdvihu pístu směrem nahoru zachycuje se jeho hmota kompresí a tím se ložiska kliky částečně odlehčí. Jak je z uvedeného vidět, nelze na vyvážení účinků výbuchů při jednoválci pomysleti, a protože i vyvážení hmot setrvačných není úplné, nutno pohlížeti na tento motor jako na nedokonale vyvážený. Mnohem lepší poměry panují u víceválcových typů.

Vyvážení víceválcových motorů.

Vyvážení setrvačných hmot u těchto strojů bude vždy lepší než u stejně silného jednoválce, poněvadž pohybující se mechanismus je složen z jednotlivě lehčích dílů a protože jsou písty menší, jsou menší i otřesy, vzniklé z působení tlaku na píst při výbuchu. Mimo to zvláštní poloha válců může býti vyvážení zvlášť příznivá. Po vysvětlení základů v předešlé kapitole pochopíme, že vyvážení řadového motoru dvouválcového nebude zvlášť skvělé (**obr. 383**). Mnohem lepší je to u motoru flat-twin. Tam směřují kmitavé síly obou pístů proti sobě a kdyby byly válce v jedné ose, úplně by se rušily. Poněvadž jsou válce od sebe vzdáleny o míru e (**obr. 384**), povstává tím jistý moment, který otřásá motorem v rovině obou válců. Vyvážení tohoto motoru je tím lepší, čím je menší míra e ; ovšem proti jednoválci je tento stroj vyvážen daleko lépe.

Celkem dobré poměry jsou u motoru V. Vhodně velikými protizávažím zmírňuje se do jisté meze účinek setrvačných hmot tím větší měrou, čím větší je úhel válců. Nejlepší poměry obdržíme při úhlu 90° . Křivka nevyvážených sil má mnohem pravidelnější tvar a její velikost se zmenší tou měrou, že za mnohých okolností je tento motor lépe vyvážen než motor flat-twin. Protizávaží musí však býti poměrně značné, jak plyne z **obr. 400**. Je-li každý z pístu v poloze I, tu levý píst vyvodí

setrvačnou sílu P , která jde podle šipky nahoru; proti ní působí odstředivá síla U od protizávaží. Budou-li tyto síly stejně veliké, zruší se vzájemně a pak se ukáže přebytek odstředivé síly, když se klika otočí do polohy $L-M$ o 90° , podle II. Pak ale půjde táž odstředivá síla proti setrvačné síle druhého pístu M a zruší ji. To, co u jednoválce vadilo, je zde krátce na prospěch (viz **obr. 398**); ovšem protizávaží musí býti větší. Zároveň je z toho viděti, že také tříválcový radiální motor musí býti dobře vyvážen.

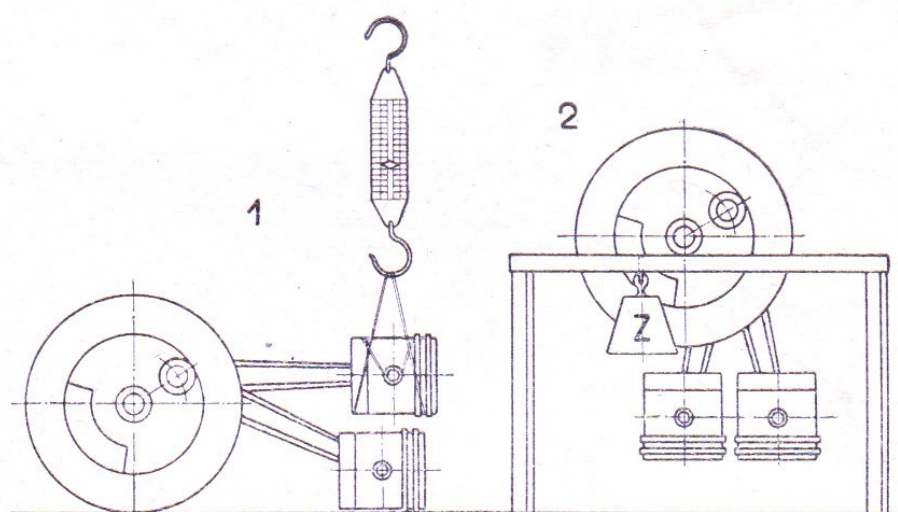


Obr. 400. Schema vyvážení motoru V s válci na 90° .

Rychlou kontrolu vyvážení obyčejného motoru V provedeme podle **obr. 401**. Pružinovou váhou zjistí se při vodorovně položené ojnici dosti správně váha setrvačných hmot. Pak se setrvačníky položí na vyvažovací pravítka přesně vodorovná a zjistí se velikost závaží Z , které podmiňuje rovnováhu. Toto závaží musí se dáti do téže vzdálenosti od osy, jakou má klikový čep a za tím účelem vyvrtá se tam malá dírka o průměru asi 4 mm a závaží se zavěsí na tenký drát. Jeho váha musí se rovnati váze jednoho

pístu s příslušenstvím a $\frac{1}{3}$ váhy ojnice. Není-li rovnováhy, odvrstává se na vhodných místech setrvačnicků materiál, až se dosáhne rovnováhy. Teorie i praxe ukazuje, že vyvážení setrvačných hmot je tím lepší, čím je delší ojnice.

Velmi dobře je vyvážen i čtyřválcový řadový motor; tam běží dva krajní písty proti dvěma středním a následkem toho se účinek setrvačných sil skoro ruší a tento účinek je tím lepší, čím jsou delší ojnice. Podmínkou dobrého vyvážení čtyřválcového je však dokonale vyvážení odstředivých sil na klikovém hřídeli. Ještě lépe je vyvážen čtyřválec, složený ze dvou motorů flat-twin,



Obr. 401. Kontrola vyvážení obyč. motoru V.

souměrně uložených vzhledem ke střední ose tak, aby vnitřní písty běžely proti krajním. Tam je odstraněn i vliv krátkých ojníc.

Motory strojů cestovních.

Pro cestovní stroj hodí se nejlépe motor s nižší kompresí a s ventily upravenými po straně nebo nad sebou; i ventily shora řízené se dobře osvědčují, jsou-li častěji revidovány. Hlavním požadavkem je dobrý výkon a hlavně robustnost provedení. Dnes se neohlížíme na to, váží-li motor o několik kilogramů více, poněvadž váha je nepřítelem jen v určitých případech. Chceme však, aby motor bez oprav vydržel několik sezon. Pro začátečníka je