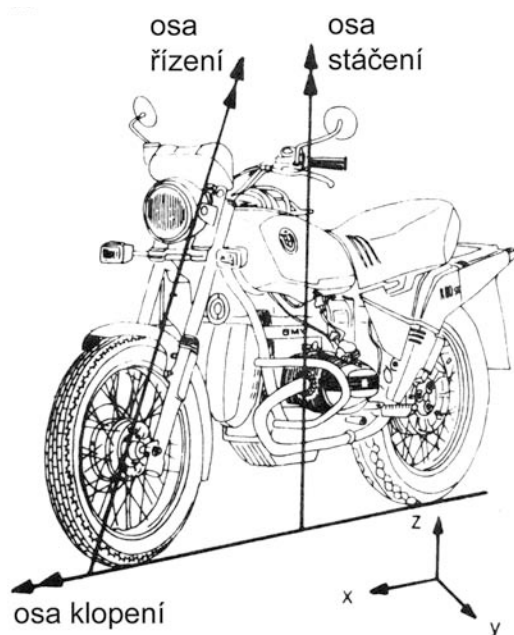


Podvozek každého jednostraného vozidla sestává ze dvou podvozkových podsystémů otočných kolem společné osy. Jeden podsystém tvoří přední vidlice s předním kolem, brzdou, světlometem a řídítky. Druhý podsystém je tvořen rámem, motorem s převodovkou, zadní vidlicí se zadní brzdou, zadním kolem a sedadlem jezdce. Společnou osu obou podsystémů tvoří osa otočné hlavy řídicí, tj. osa otáčení přední vidlice. Oba podsystémy mají vlastní mechanické kmitavé vlastnosti a mají být schopné co nejúčinněji tlumit rychlé výkyvy. Při špatném tlumení výkyvů může od určité rychlosti a v určitých režimech (např. při rychlém projíždění táhlé zatáčky na dálnici) dojít k nebezpečnému podélnému rozkývání motocyklu. Při velmi malých rychlostech, když se ještě neprojeví gyroskopické momenty, závisí rovnováha především na umění jezdce, na geometrii podvozku, poloze těžiště a hmotnosti vozidla. Při vyšších rychlostech hraje umění řidiče menší roli; rovnováha je potom více a více udržována gyroskopickými účinky kol.

1. ÚVOD

Při natáčení řídicí motocyklu se přední kolo natáčí kolem osy řízení, motocykl se otáčí kolem osy stáčení a v zatáčce se naklápí kolem osy klopení, obr. 1.



Obr. 1 Pohyby motocyklu při jeho řízení.

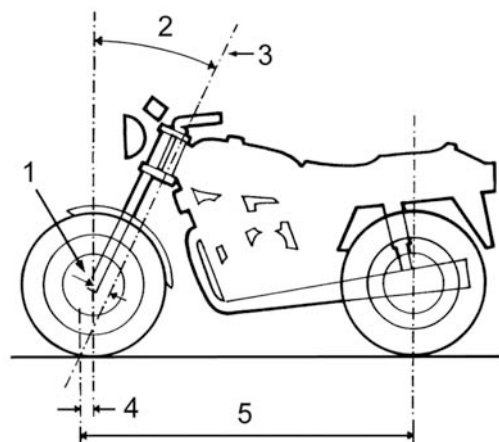
Na obr. 2 jsou znázorněny rozměry motocyklu důležité z hlediska řízení a jízdní stability.

Na jízdní vlastnosti mají největší vliv dva nestabilní stavy při jízdě:

- chvění řídicí,
 - kývání motocyklu okolo podélné a příčné osy.

Chvění řídicí je způsobeno kmitáním (třepáním) přední vidlice okolo osy otáčení. Toto kmitání většinou nastává při rychlosti 40–90 km/h. Jezdec přitom musí pevně držet řídicí. Frekvence kmitání vidlice se mění podle rychlosti jízdy a může dosahovat zhruba 2–10 výkyvů za sekundu. Chvění řídicí se u většiny motocyklů odstraňuje použitím vhodné konstrukce podvozku, pouze zřídka se sériově používají tlumiče řízení. Příčinou chvění řídicí může být i malý tlak v pneumatikách nebo špatné rozložení nákladu. Pokud je podvozek motocyklu v pořádku, musí být schopen během 2–3 s utlumit výkyvy způsobené vychýlením řídicí a nerovnostmi na vozovce.

Kývání okolo příčné a podélné osy (nastává při rychlosti asi 100 km/h) se projevuje výkyvy opakujícími se dvakrát až třikrát za sekundu. Přitom motocykl kývá zepředu dozadu a do stran. Přitom může dojít ke spojení výkyvů v různých rovinách a za určitých okolností může motocykl ztratit stabilitu a spadnout. Na kývání mají např. vliv nesprávně seřazené tlumiče, nevhodné pneumatiky, netěsný tlumič odpružení, nesprávné uložení řídicí, špatně seřazené uložení zadní vidlice.



Obr. 2 Rozměry motocyklu důležité z hlediska řízení: 1 – vzdálenost osy kola od osy řízení; 2 – úhel řízení (sklon osy přední vidlice); 3 – osa řízení (osa přední vidlice); 4 – zavlsek předního kola; 5 – zavlsek zadního kola; rozvor = (5) – (4).

Kývání motocyklu vyvolané nerovnostmi vozovky nebo chováním jezdce se musí při dobrém stavu podvozku za 3–5 s utlumit. Proti tomuto kývání nezmohou nic tlumiče řízení. Tlumiče řízení jsou totiž zkonstruované na tlumení větších výkyvů.

2. GYROSKOPICKÉ MOMENTY

Gyroskop – v podstatě nic jiného než rychle rotující kolo – má velmi vysokou osovou stabilitu, tzn. silnou tendenci, zachovávat si polohu své roviny rotace v prostoru. Jinak řečeno: nechá se sice snadno pohybovat ve směru své osy, klade však odpor při snaze naklopit jej do určitého směru. Jakmile je gyroskop nakloněn, provádí rozhodující vyhybací pohyb ve své rovině, která svírá úhel 90° s původní rovinou klopení. Působící síly se přitom pro vyšší rychlost rotace rychle zvětšují.

V tomto smyslu působí kola motocyklu jako gyroskop, které tím udržují stroj vzpříma a v přímém směru – podobně jako dětská hračka „vlk“ – který může v jednom bodě udržovat rovnováhu, jakmile se dostatečně rychle otáčí, ale spadne, jakmile se otáčí pomalu nebo se zastaví. Popsaná reakci setrvačnicku na náklon jeho osy se nazývá precese.

Pro gyroskopický moment vzhledem k podélné ose x (obr. 3) platí

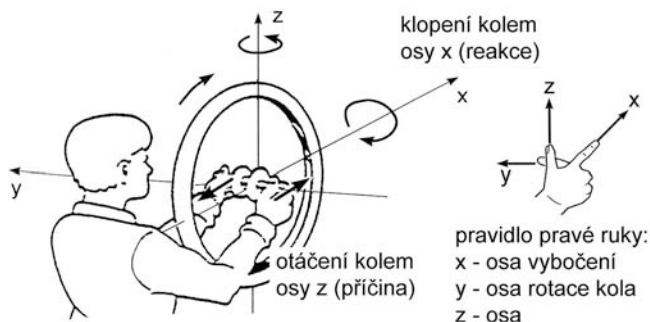
$$M_{Gx} = J \cdot \omega_y \cdot \omega_z,$$

kde J je hmotnostní moment setrvačnosti kola vzhledem k ose otáčení, ω_y je úhlová rychlost otáčení kola a ω_z je úhlová rychlost natáčení kola kolem svislé osy z (řídící pohyb kola). Gyroskopický moment způsobuje naklápění kola kolem osy x . Gyroskopický moment nevychyluje ve směru rušivého momentu, ale kolmo k němu (rovina, v níž působí gyroskopický moment, je kolmá na rovinu. V níž je osa vychylována. Smysl působení gyroskopického momentu je například takový, že natočí-li se řídítka vlevo, gyroskopický moment se snaží naklopit stroj vpravo (obr. 3 a 4). Klopí-li se stroj vlevo, jsou gyroskopickým momentem řídítka natáčena také doleva.

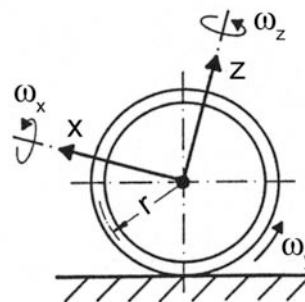
Kolo se také naklápí úhlovou rychlostí ω_x kolem osy (obr. 4) čímž vzniká gyroskopický moment vzhledem k ose z :

$$M_{Gz} = J \cdot \omega_y \cdot \omega_x.$$

Tento gyroskopický moment ovlivňuje úhel natočení předního kola (zmenšuje úhel řízení).



Obr. 3 Klopení rotujícího kola při natáčení kolem svislé osy z : Natočením kola doleva vznikne jako reakce klopení kola doprava.



Obr. 4 Gyroskopické momenty a jejich účinek: moment setrvačnosti: $J = \int r^2 dm$; úhlová rychlost otáčení kola: $\omega_y = \frac{v}{r}$; gyroskopický moment: $M_{Gz} = J \cdot \omega_y \cdot \omega_x$.

3. STABILITA PŘI PŘÍMÉ JÍZDĚ

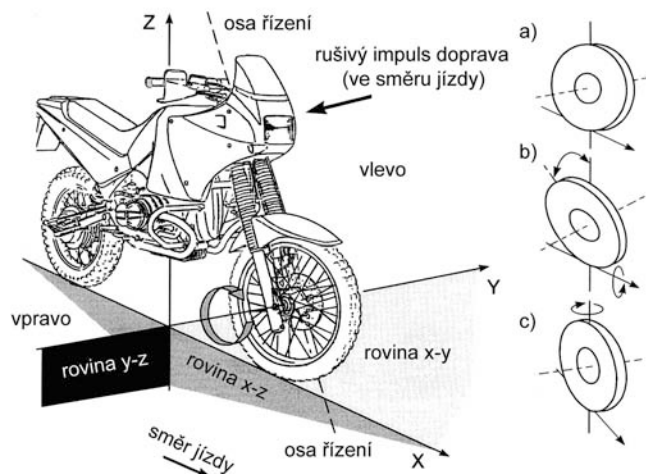
Vyšetříme nyní chování motocyklu jedoucího v přímém směru při účinku nějaké vnější poruchy (např. nerovnost vozovky, náhlý boční vítr), obr. 5. V důsledku poruchy se motocykl naklopí trochu **doprava** (ve směru směru jízdy) a zaujme šikmou polohu. Ze zkušenosti víme, že motocykl se potom velmi rychle sám stabilizuje. Při přesnějším pozorování se spustí komplexní proces, který pochází s gyroskopického účinku předního kola a postupně se opakuje.

Jestliže se motocykl na vozovce (rovina x - y) naklopí ve směru jízdy doprava, je to možno chápat také jako natáčení předního kola kolem osy x v jeho bodu styku s vozovkou. Osa x je potom pro gyroskopický systém předního kola osou poruchy vynuceného pohybu. Vyhybací pohyb gyroskopického systému je otáčení doprava kolem svislé osy (osa vyhybání). Následkem toho se přední kolo jako reakce na rušivý impuls natočí o určitý úhel řízení doprava (viděno ve směru jízdy).

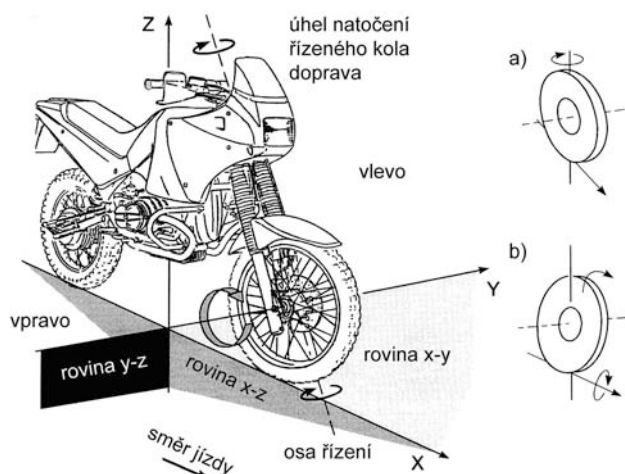
Pro první reakci (fáze I) na boční poruchu tedy platí:

Boční klopení motocyklu (přední kolo) **doprava** (ve směru jízdy) má za následek **natočení řízeného kola** (úhel rejdu) rovněž **doprava** (ve směru jízdy).

Úhel řízení nyní působí jako nová rušivá veličina pro gyroskopický pohyb, neboť přednímu kolu je vnucen úhel řízení



Obr. 5 Stabilita motocyklu: a – přímá jízda, b – naklápění kola, c – natočení řízeného kola (fáze I).



Obr. 6 Stabilizace přímé jízdy motocyklu: a – natočení řízeného předního kola, b – naklápění kola tj. napřímění motocyklu (fáze II).

(přítom nehraje roli, že tento vynucený pohyb byl způsoben samotným systémem), obr. 6.

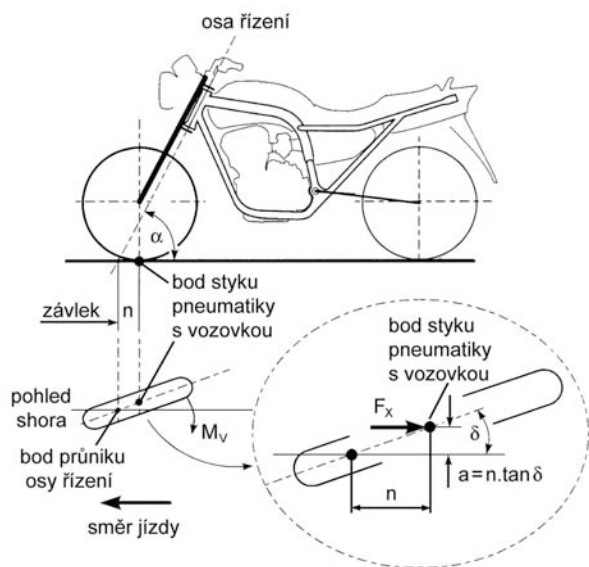
Z důvodu natočení předního kola o úhel řízení se nyní osa otáčení předního kola otáčet ve směru osy poruchy. Nyní reakce na natočení kola (úhel rejdu) vznikne klopení předního kola na vozovce, tj. kolem osy x **doleva** (viděno ve směru jízdy). Přední kolo a s ním celý motocykl se napřímují z předchozí, naklonené polohy (fáze II).

Pro druhou reakci (fáze II) na boční poruchu tedy platí:

Natočení řízeného kola (úhel rejdu) **doprava** (ve směru jízdy) má za následek **boční naklápění** motocyklu **doleva** (ve směru jízdy).

Stabilizace jízdy po boční poruše se tedy skládá ze dvou fází, úhlu natočení předního kola (úhlu řízení) ve směru klopení a navazujícího napřímění z naklonené polohy.

Pro jízdní stabilitu motocyklu má velký význam **závlek řízení**. Závlak vznikne na předním kole jestliže bod styku kola s vozovkou (kolmice na vozovku ze středu kola) a prodloužení šikmé osy řízení (osy přední vidlice) se neshodují. Závlak je tím větší, čím menší je úhel osy řízení α (čím plošší je osa přední vidlice).



Obr. 7 Stabilizující účinek závleku kola.

Stabilizující účinek závleku znázorňuje obr. 7. Pokud se přední kolo natočí z přímého směru o úhel řízení δ , posune se bod styku kola s vozovkou v bočním směru, protože kolo se otáčí kolem osy řízení a ne kolem bodu styku kola s vozovkou. Následkem šikmé polohy osy řízení se natáčí kolo po zakřivené dráze a postaví se šikmo (odklon kola). Toto zanedbáme stejně jako skutečnost, že s tím se přesně vzato mění také poloha těžiště motocyklu. Skutečné postavení kola při natočení o úhel rejdu d je možno reprodukovat na motocyklu, který stojí na stojanu.

Podle obr. 7 plyne pro malé úhly (kruhový pohyb natáčení kola o úhel řízení δ nahradíme přímkou):

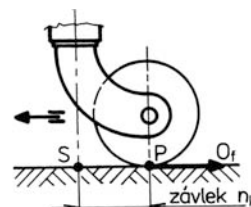
$$a = n \cdot \text{tg} \delta.$$

Protože všechny síly mezi pneumatikou a vozovkou působí vždy v bodu styku pneumatiky s vozovkou, způsobují podélné síly F_x , které působí proti směru jízdy (brzdná síla, valivý odpor) společně s ramenem a vratný moment

$$M_V = F_x \cdot a.$$

Tento vratný moment natáčí přední kolo kolem osy řízení do jeho původní přímé polohy. Působí tedy proti vychýlení kola a tím samočinně stabilizuje přímou polohu předního kola. S větším závlekem je rameno větší a tím také vratný stabilizující moment.

Účinek závleku na vracení kola do přímého směru je znám z konstrukce koleček servírovacího stolku, obr. 8. Kolečko je vlivem závleku vlečeno, nikoliv tlačeno. Jestliže je kolečko taženo ve směru šipky, pak bod P leží za bodem S . Působí-li valivý odpor O_f za rejdovou osou (osou řízení) o , pak při tažení stolku se kolečko odvaluje ve směru tažné síly.

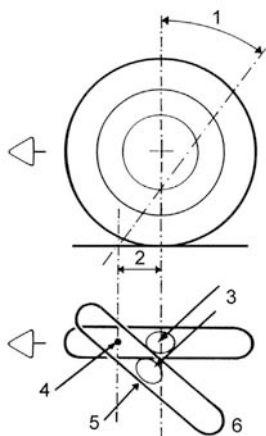


Obr. 8 Kolečko servírovacího stolku k vysvětlení účinku závleku.

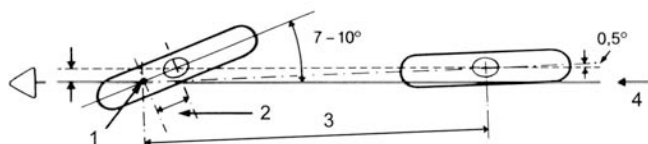
Obr. 9 znázorňuje účinek kladného závleku. Jakmile se změnila poloha předního kola vlivem nějaké poruchy (např. nerovnost vozovky), působí pozitivní závlak samočinně proti této poruše a představuje tím měřítko pro stabilitu při přímé jízdě. Závlak doplňuje stabilizující účinek gyroskopických momentů.

Jestliže se bod styku kola s vozovkou nacházel před osou řízení (negativní závlak), pak by vznikající moment poruchou vzniklá úhel řízení ještě zvětšoval a vozidlo by se chovalo ve směru nestability.

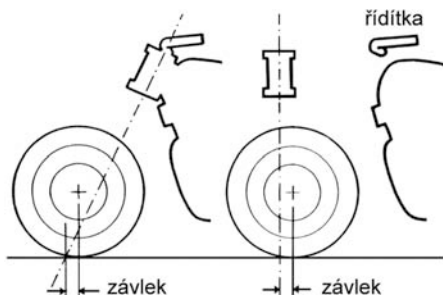
Domněnka, že zadní kolo z důvodu mnohem většího závleku (obvykle závlak předního kola je 55–105 mm, zadního kola 1400–1525 mm) vede více k nestabilitě není správná. Je tomu právě naopak, jak znázorňuje obr. 10. Přes mnohem delší závlak zadního kola je jeho úhel vychýlení při zadaném vyosení stopy podstatně menší než úhel vychýlení předního kola; proto jak rušivý efekt, tak vratný moment zadního kola nemají praktický význam.



Obr. 9 Kladný závlek řízení a boční silová složka (která závisí na stupni bočního vychýlení) vytvářejí vratný moment, který obnoví narušenou přímou jízdu: 1 – úhel hlavy řízení; 2 – závlek řízení; 3 – síly ve stykové ploše pneumatiky s vozovkou; 4 – průsečík osy řízení s rovinou vozovky; 5 – boční silový účinek vlivem vychýleného kola; 6 – šikmo stojící přední kolo.



Obr. 10 Přes mnoho delší závlek zadního kola je jeho úhel vychýlení při zadaném vyosení stopy podstatně menší než úhel vychýlení předního kola; proto jak rušivý efekt, tak vratný moment zadního kola nemají praktický význam: 1 – průsečík osy řízení s rovinou vozovky; 2 – závlek předního kola; 3 – závlek zadního kola; 4 – stopa (dráha) motocyklu.

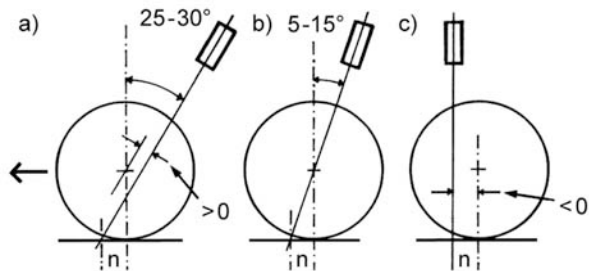


Obr. 11 U konvenční vysoko umístěné hlavy řízení má normální úhel hlavy řízení přednost jak pro konstrukci rámu, tak pro jednodušší přímou montáž řídítek. U stejného závleku, ale kolmo stojící hlavy řízení je obojí problematictější.

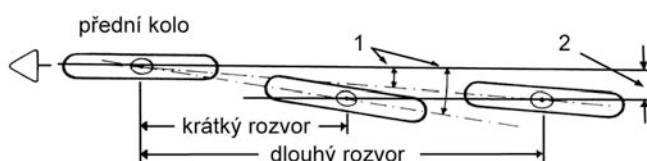
Závlek řízení vznikne, i když sklon osy řízení je 0° (obr. 11). Přesto se v praxi používá sklonění přední vidlice o úhel v rozmezí 25 až 30° . Je to z důvodu konstrukčních předností i konzervativního přístupu.

Tři různé úhly sklonu hlavy řízení (sloupku řízení) při stejném závleku znázorňuje obr. 12. U sklonu osy řízení 5 až 15° prochází osa řízení středem otáčení kola. Toto uspořádání (osa řízení má sklon 0°) se používá u systémů řízení motocyklu s natáčením hlavy („náboje“) předního kola.

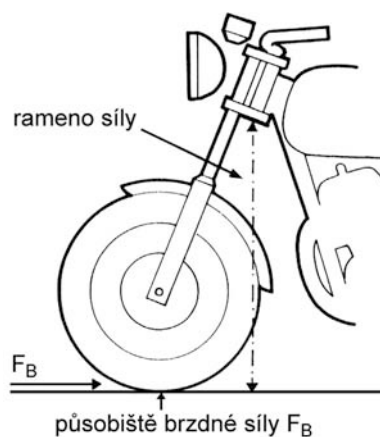
Rozvor, neboli vzdálenost mezi předním a zadním kolem motocyklu, má několik účinků. Obecně však platí, že s rozvorem



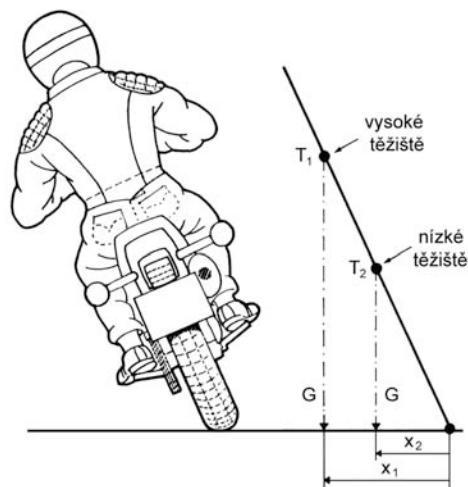
Obr. 12 Různé sklony osy řízení při stejném závleku: a – konvenční uspořádání; b – osa řízení prochází středem kola; c – kolmá osa řízení.



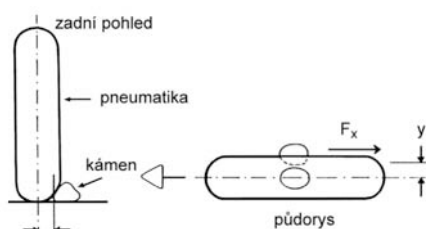
Obr. 13 Vliv rozvoru na směrovou stabilitu: 1 – úhel vychýleného zadního kola; 2 – zadané vybočení (posunutí stopy).



Obr. 14 Brzdná síla má velké rameno vzhledem ke sloupku řízení, což může vést k třepetání a skákání předního kola.



Obr. 15 Destabilizující moment je dán součinem $G \cdot x$. Protože délka ramene x je úměrná výšce těžiště, znamená vyšší těžiště silnější destabilizující účinek.



Obr. 16 Rušivý moment vlivem cizího tělesa na povrchu vozovky: F_x – vlivem kamene vznikne podélná síla; y – účinné rameno rušivého momentu.

se zvětšuje jak směrová stabilita tak také námaha jezdce při vjezdu do zatáčky. To má tři důvody:

- čím větší je rozvor, tím větší je potřebný úhel rejdu, čímž vzrůstá námaha jezdce,
- u velkého rozvoru boční vychýlení zadního kola vyvolá menší úhel ke směru pohybu motocyklu (obr. 13), což příznivě ovlivňuje směrovou stabilitu.

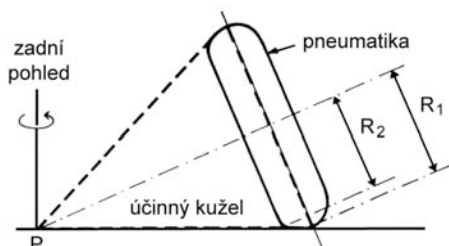
Teleskopické vidlice, které jsou uloženy v konvenční vysoké hlavě řízení, nemají obvykle dostatečnou tuhost v podélném směru. To celkem nevádí s výjimkou brzdění (obr. 14). Dlouhé rameno brzdné síly vzhledem k hlavě řízení vyvolává vysoké ohybové momenty ve vidlici, tím může vznikne třepetání a skákání předního kola.

Hmotnost motocyklu má mít co nejmenší. To neznamená jen schopnost lepší akcelerace (svěžší jízda při stejném výkonu motoru), ale také, že stroj lépe odpovídá na příkazy jezdce.

Jak menší hmotnost, tak také nižší těžiště usnadňují udržovat motocykl v rovnováze. Obr. 15 ukazuje, že v šikmé poloze jsou destabilizující síly přímo úměrné hmotnosti a výšce těžiště.

K vychýlení řízeného kola dochází také vlivem nerovností vozovky. Obr. 16 ukazuje, jak například kámen vytváří moment, který kolo bočně vychýlí. Přitom u větší pneumatiky je vybočení větší.

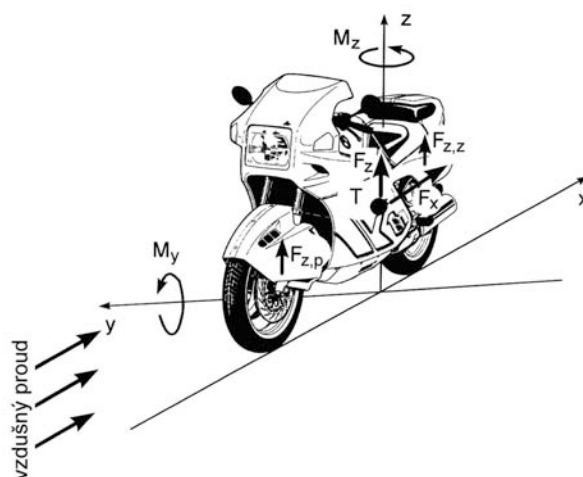
Silnější příčný průřez pneumatiky zvětšuje samořídící účinek pneumatiky. Pneumatika se chová jako valící se komolý kužel, poněvadž vnitřní hrana stykové plochy má menší poloměr k ose otáčení pneumatiky než vnější hrana (obr. 17).



Obr. 17 Samořídící tendence šikmo se odvalující pneumatiky (efekt valivého kužele).

4. AERODYNAMICKÁ STABILITA

Aerodynamické síly a momenty působící na motocykl znázorňuje obr. 18. Podélná síla F_x odpovídá vzdušnému odporu. Vzdušný odpor, který závisí na součiniteli vzdušného odporu c_x a čelní ploše motocyklu (příčná povrchová křivka příp. projekční plocha), byl již vysvětlen dříve.



Obr. 18 Aerodynamické síly a momenty působící na motocykl: F_x – vzdušný odpor v těžišti T ; F_z – vzlak v těžišti T ; $F_{z,p}$ – vzlak na předním kole; $F_{z,z}$ – vzlak na zadním kole; M_y – klonivý moment; M_z – stáčívací moment.

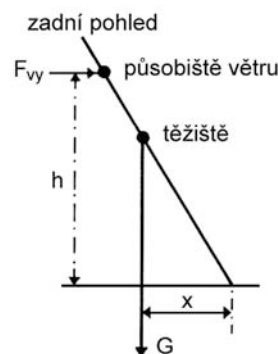
Příčná vzdušná síla má význam pro citlivost motocyklu na boční vítr a měří se ve vzdušném kanálu prostřednictvím šikmého náběhového proudění motocyklu.

Pro jízdní stabilitu mají velký význam také svislé vzdušné síly (vzlaky). Obvykle se tyto síly vyšetřují odděleně pro přední a zadní kolo. Svislé síly vznikají při podélném náběhovém proudění vozidla na základě zákonů o proudění.

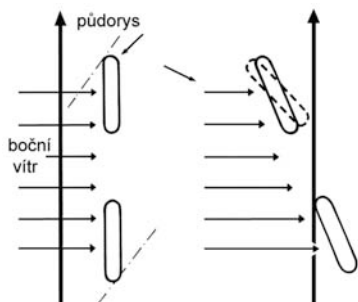
Boční vítr působí na motocykl buď trvale nebo střídavě. Při jízdě s rovnoměrně silným bočním větrem působí konstantní boční vzdušná síla v působišti bočního větru. Způsobuje klonný moment vzhledem ke stykové přímce kol s vozovkou, který se musí vyrovnat šikmou polohou motocyklu vzhledem k větru. Aby tato šikmá poloha bylo co možná nejmenší, je nutné nízko položené působišti větru a co nejvyšší poloha těžiště (obr. 19).

Aby boční vítr nezpůsobil odchylení motocyklu z původního přímého směru, musí jezdec v proudě bočního větru protířdit.

Střídavý účinek bočního větru může vzniknout při bouřlivém počasí, při projíždění souvislého pásma budov, při výjezdu z tunelu nebo při předjíždění velkého nákladního automobilu. Stejně jako u trvale působícího větru je v tomto případě nutné protířdit, aby se zachoval kurs. Bez protířzení je stroj pozvolna snášen větrem v bočním směru (obr. 20).



Obr. 19 K vyrovnání obou momentů musí být $G \cdot x = N \cdot h$. Pro zmenšení šikmé polohy motocyklu je zapotřebí vysoká hodnota součinu $G \cdot x$, tzn. velká tíha a vysoká poloha těžiště. Při středním úhlech náklonu je x přibližně úměrné šikmé poloze.



Obr. 20 Chování motocyklu při působení bočního větru: bez protiřazení je stroj povolna snášen větrem v bočním směru.

5. USTÁLENÁ JÍZDA PO KRUHOVÉ DRÁZE

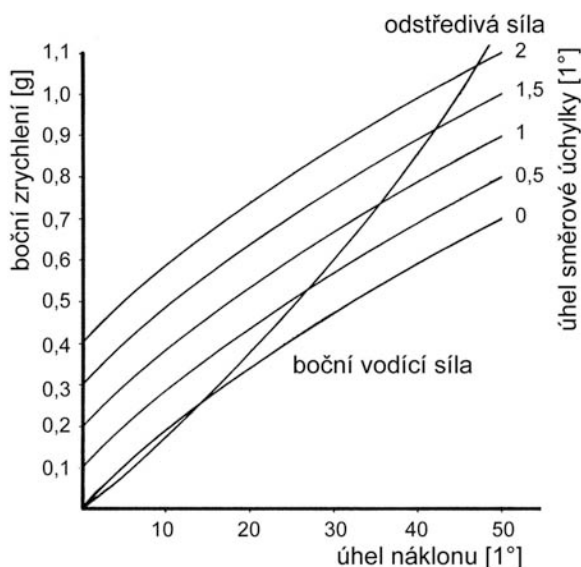
Na obr. 21 je ukázán vliv bočního zrychlení a náklonu motocyklu na průběh boční vodící síly motocyklové pneumatiky. Boční vodící síla pneumatiky se zvětšuje vlivem úhlu náklonu motocyklu (tj. úhlu náklonu/odklonu kola) a vlivem úhlu směrové úchyvky pneumatiky.

Rovnováha motocyklu v zatáčce je dosažena, jestliže výslednice z odstředivé síly a tíhy motocyklu s jezdcem (obě síly působí v těžišti) prochází spojovací přímkou mezi stykovými body přední a zadní pneumatiky s jízdní dráhou, obr. 22.

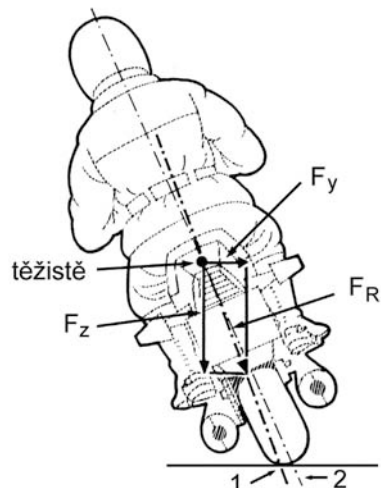
Odstředivá síla závisí vedle hmotnosti motocyklu s jezdcem na rychlosti jízdy a poloměru zatáčky

$$F = m \cdot \frac{v^2}{R},$$

kde m je hmotnost [kg], v rychlost [m/s] a R poloměr zatáčky [m]. Aby nedošlo k pádu vlivem odstředivé síly, je nutné naklopení



Obr. 21 Vliv bočního zrychlení a náklonu motocyklu na průběh boční vodící síly pneumatiky 3,50-S 18". Pro jisté zvládnutí zatáčky se zvětšuje boční vodící síla především vlivem úhlu směrové úchyvky pneumatiky.



Obr. 22 Rovnováha motocyklu v zatáčce: F_y – odstředivá síla; F_z – celková tíha; F_R – výslednice; 1 – okamžitá osa styku kola s vozovkou; 2 – střední osa stroje.

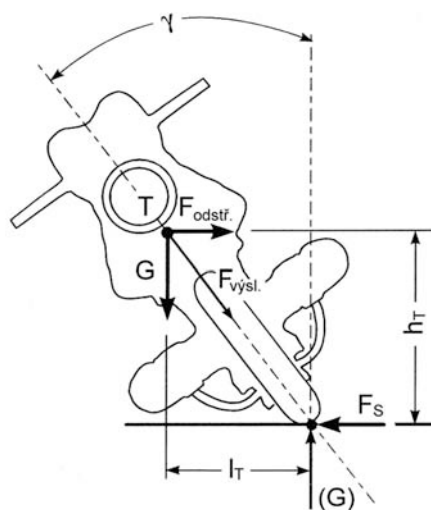
motocyklu takové, aby spojnice těžiště soustavy stroj – jezdec se stykovou přímkou kol s jízdní dráhou svírala úhel γ (obr. 23 a obr. 24) pro nějž platí

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{F}{G} = \frac{m \cdot v^2}{R \cdot m \cdot g} = \frac{v^2}{R \cdot g}$$

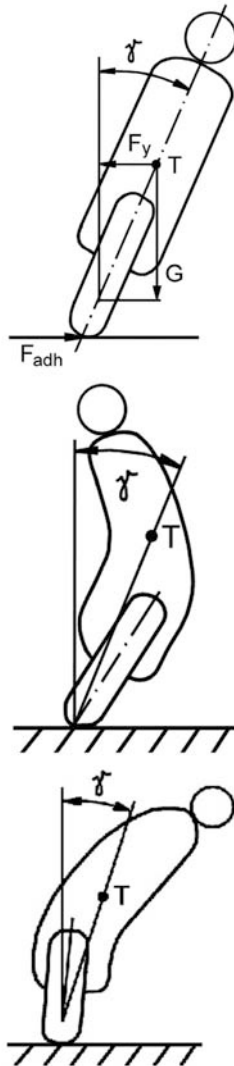
neboli potřebný boční náklon

$$\gamma = \operatorname{arctg} \frac{F}{G} = \operatorname{arctg} \frac{v^2}{R \cdot g}$$

Tento vztah platí pro nekonečně úzké kolo.



Obr. 23 Rovnováha síla a momentů při jízdě v zatáčce konstantní rychlosti (ustálené zatáčení): $F_{odstf.}$ – odstředivá síla; G – tíha motocyklu s jezdcem; F_s – výsledná boční vodící síla přední a zadní pneumatiky; h_T – výška těžiště T ; L_T – vzdálenost těžiště T motocyklu naklopaného o úhel γ od přímky styku kol s vozovkou (předpoklad: přímka styku kol leží ve střední rovině pneumatik – to platí přesně pouze pro nekonečně úzké pneumatiky).



Obr. 24 Nutné naklopení motocyklu aby nedošlo k pádu vlivem odstředivé síly: spojnice těžiště soustavy stroj – jezdec se stykovou přímkou kol s jízdní dráhou musí svírat úhel γ .

Pro dosažení správného úhlu γ není rozhodující, jaký odklon od vozovky mají samotná kola, jak se někdy nesprávně soudí, ale rozhodující je jen poloha společného těžiště stroje a jezdce. Stejného úhlu jako na obr. 24 vlevo je možno dosáhnout také způsobem naklonu naznačeným na obr. 24 uprostřed a vpravo.

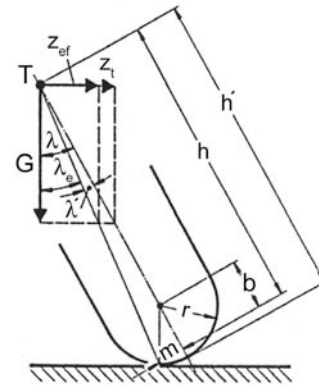
V krajním případě může odstředivá síla dosáhnout hodnoty boční síly adhezní, takže bude

$$\operatorname{tg} \gamma_{\max} = \frac{F_{\max}}{G} = \frac{F_{adh}}{G} = \frac{G \cdot \mu_y}{G} = \mu_y,$$

kde je součinitel dosažitelné boční adheze. Zároveň můžeme psát

$$\operatorname{tg} \gamma_{\max} = \mu_y = \frac{m \cdot v_{\max}^2}{R \cdot m \cdot g} = \frac{v_{\max}^2}{R \cdot g}$$

čímž dostaneme pro maximální rychlost vztah



Obr. 25 Vliv šířky pneumatiky a jejího zaoblení na náklon

$$\lambda' = \operatorname{arctg} \frac{m}{h'} = \operatorname{arctg} \frac{r \cdot \sin \lambda}{h - r(1 - \cos \lambda)}.$$

$$v_{\max} = \sqrt{R \cdot g \cdot \operatorname{tg} \gamma_{\max}} = v_{\max} = \sqrt{R \cdot g \cdot \mu_y}.$$

Uvážíme-li, že styková plocha pneumatiky s vozovkou kolem periférie pneumatiky se přemísťuje ve směru do středu zatáčky, dostaneme zmenšení efektivního úhlu náklonu λ_e

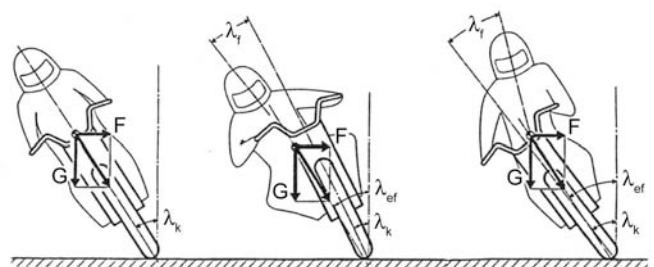
$$\lambda_e = \lambda - \lambda',$$

$$Z_e = G \cdot \operatorname{tg} \lambda_e.$$

Náklon podle toho není již nezávislý na datech vozidla a řidiče.

Motocykl se širokými pneumatikami a nízkým těžištěm (skútr) se musí více naklonit než motocykl s úzkými pneumatikami a vysokým těžištěm (závodní motocykl).

Do nutného náklonu motocyklu vstupuje jednak vliv dat jezdce, ale také styl, obr. 26. Pokud jezdec sedí v rovině těžiště motocyklu, pak platí výše uvedené jednoduché vztahy.

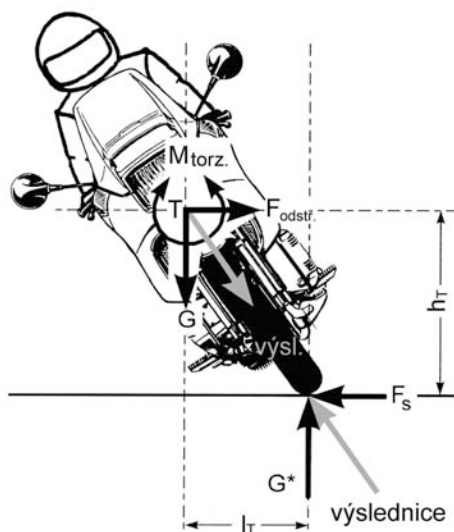


Obr. 26 Vliv stylu jízdy na úhel náklonu motocyklu λ_e (λ_r je náklon jezdce, λ_k je náklon stroje).

Při zatáčení motocyklu vyvolávají síly z bodů styku pneumatik s vozovkou torzní moment, protože jejich činná rovina se neshoduje s rovinou těžiště motocyklu, obr. 27.

Rychlé projíždění zatáček, zejména tvaru písmene „S“, vyžaduje velmi pohotové klopení stroje jezdce. Náročnost tohoto úhonu vysvětlí následující úvaha.

Předpokládejme, že poloměr zatáčky, kterou má stroj projet určitou rychlostí, vyžaduje naklopení o úhel γ , jak bylo odvozeno výše. Naklopení musí proběhnout za dobu t a s určitým zjednodušením



Obr. 27 Torzní moment působící na podvozek motocyklu v zatáčce.

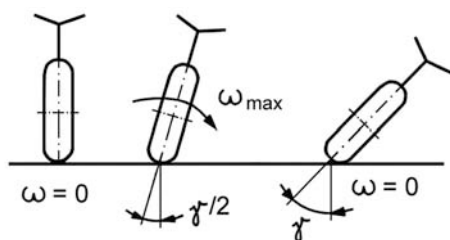
uvažujme, že úhlová rychlost naklápění ω roste lineárně od hodnoty 0 do hodnoty ω_{max} , které dosáhne za dobu $t/2$ a pak opět lineárně klesá k 0 (obr. 28 a 29).

Střední úhlová rychlost naklápění bude

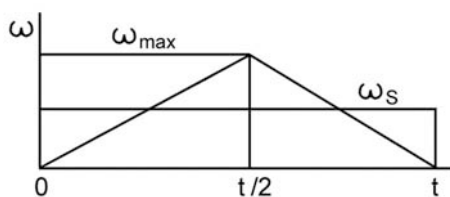
$$\omega_s = \frac{\omega_{max}}{2} = \frac{\gamma}{t} \Rightarrow \omega_{max} = \frac{2\gamma}{t}.$$

Maximální rychlost naklápění bude dosažena za dobu $t/2$ při působení konstantního úhlového zrychlení ε . Platí tedy

$$\omega_{max} = \varepsilon \frac{t}{2}$$



Obr. 28 Předpokládaná úhlová rychlost naklápění motocyklu (Kovařík).



Obr. 29 Časový průběh úhlové rychlosti naklápění motocyklu (Kovařík).

neboli

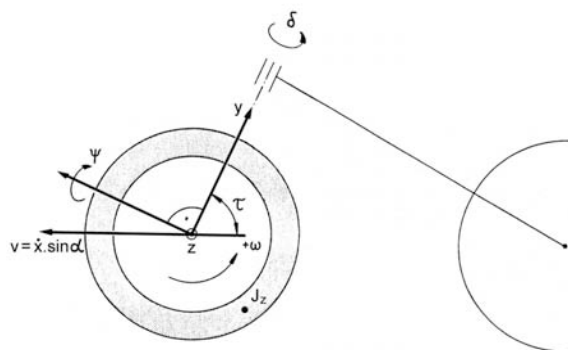
$$\varepsilon \frac{t}{2} = \frac{2\gamma}{t} \Rightarrow \varepsilon = \frac{4\gamma}{t^2}.$$

Hmotnostní moment setrvačnosti motocyklu vzhledem ke styčné ose obou kol s jízdní dráho označíme J_M . Moment M_{klop} , kterým musí jezdec naklápět motocykl, aby jej za dobu t naklopil o úhel γ bude tedy

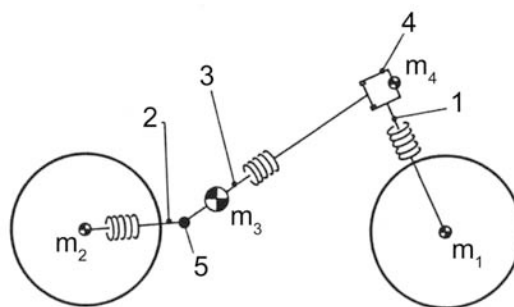
$$M_{klop} = J_M \cdot \varepsilon = J_M \frac{4\gamma}{t^2}.$$

Klopný moment je tedy přímo úměrný velikosti úhlu γ a nepřímo úměrný čtverci doby naklápění. Protože potřebný úhel naklonění γ je úměrný čtverci rychlosti a doba sklápění je nepřímo úměrná rychlosti, znamená to, že pro projetí dané zatáčky dvakrát vyšší rychlostí musí jezdec vyvinout šestnáctkrát větší klopný moment. Jedná-li se o zatáčku tvaru S, kde je nutno přejít z plného naklonění na jednu stranu do plného naklonění opačného, tedy změnit polohu stroje o úhel 2γ , je zřejmé, že rychlé projíždění zatáček klade vysoké nároky na jezdecké schopnosti řidiče, zejména jedná-li se o jízdu s tandemistou, který při naklápění stroje nespolupracuje.

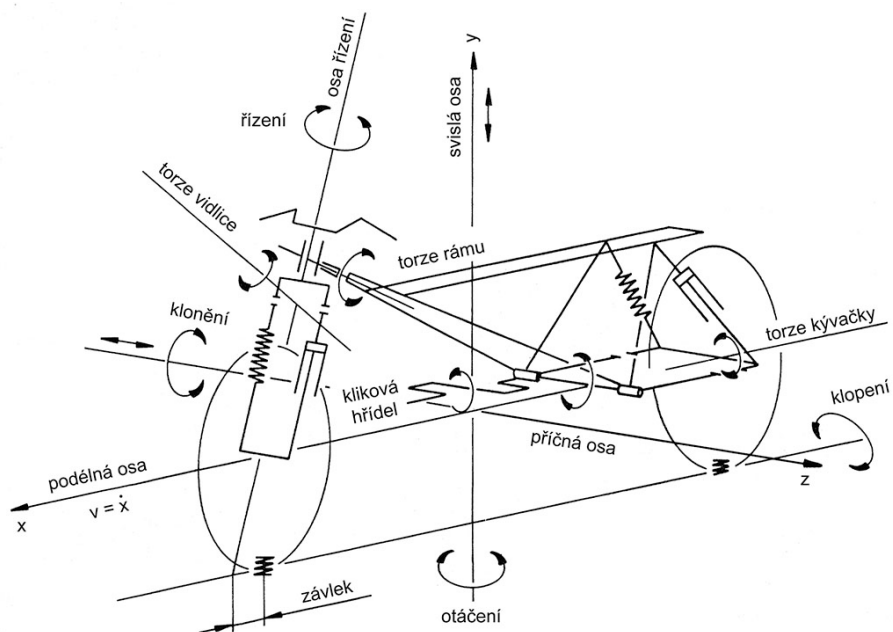
Na obr. 30 až 32 jsou ukázány dynamické modely pro simulování jízdních vlastností motocyklu.



Obr. 30 Jednoduchý model pro posouzení stability jednostopého vozidla se skládá ze systému předního kola a systému zadního kola kloubově spojeným se sloupkem řízení: τ – úhel osy řízení; ω – úhlová rychlost kola; J_z – moment setrvačnosti kola.



Obr. 31 Dynamický model torzních vlastností motocyklu: 1 – přední vidlice; 2 – zadní kyvná vidlice; 3 – zadní rám; 4 – hlava řízení; 5 – uložení kyvné vidlice; m_1 – hmotnost kola; m_2 – hmotnost kyvné vidlice a části pohonu; m_3 – hmotnost kola a zadního rámu; m_4 – hmotnost řídítek, světlometu a přední kapotáže.



Obr. 32 Komplexní model pro simulování různých forem kmitání vznikajících při jízdě motocyklu.

6. LITERATURA

- [1] VLK, F.: Automobilová technická příručka. Vlastním nákladem, Brno, 2003.
- [2] VLK, F.: Teorie a konstrukce motocyklů. Vlastním nákladem, Brno, 2004.