

Př.: V příloze deníku Právo ze dne 2.12.2010 se objevil text o supersonickém voze Bloodhound SSC, který by měl v r. 2012 překonat platný rychlostní rekord. Maximální okamžitá rychlost vozu by měla být cca 1690 km/h. Další info viz příložený článek.

ZADÁNÍ: V textu (viz červeně zatržené části) se objevila informace o důležitosti kol vozu, jež budou při srazce o překonání rychlostního rekordu značně namáhána. K jejich výrobě bude využito Al slitiny a zatížení na povrchu kola by mělo dosáhnout až 150 MPa. Ověřte, tuto pásáž vypočtem.

max. rychlost $v = 1690 \text{ km/h}$

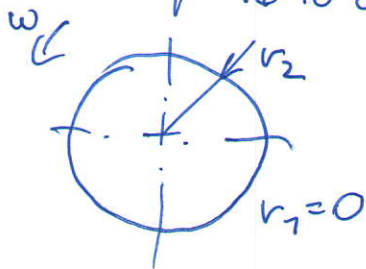
φ kola $d = 0,9 \text{ m} \Rightarrow R = 0,45 \text{ m}$

materiál Al slitina - v textu není konkrétně zováno, ale předpokládáme, že to bude dural 7075 jež se pro vysoce namáhané součásti hodí ($\rho = 2800 \text{ kg/m}^3$; $\nu = 0,34$)

$$v = \omega \cdot R \Rightarrow \omega = \frac{v}{R} = \frac{1690 \cdot 10^3}{3600 \cdot 0,45} = 1043,2 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\omega = 2\pi n \Rightarrow n = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1043,2}{2\pi} = 166 \text{ s}^{-1}$$

Předpokládáme v dalších (na rozdíl od reality), že kolo má tvar plného disku. Potom:



OP: $r = r_2: \tau_r = 0$

$r = 0: \tau_r = A$

$$* \tau_r = A - \frac{B}{r^2} - \frac{3+\nu}{8} \rho \omega^2 r^2$$

- pro $r=0: \tau_r = A - \frac{B}{0^2} - \frac{3+\nu}{8} \rho \omega^2 \cdot 0^2$

aby $\tau_r(r=0)$ bylo reálné číslo, musí být konstanta $B=0$

- pro $r=r_2: \tau_r = A - \frac{3+\nu}{8} \rho \omega^2 r_2^2 = 0$

$$A = \frac{3+\nu}{8} \rho \omega^2 r_2^2$$

(1)

$$A = \frac{3+0,34}{8} \cdot 2800 \cdot 1043,2^2 \cdot 0,45^2 = 258 \text{ MPa}$$

$\sigma_n (v=v_2) = 0$ - hodnota vozu a interakce s povrchem byla zanedbalna

$$\begin{aligned} \sigma_{\pm} (v=v_2) &= A - \frac{1+3\nu}{8} \rho \omega^2 \cdot v_2^2 = 258 - \frac{1+3 \cdot 0,34}{8} \cdot 2800 \cdot 1043,2^2 \cdot 0,45^2 = \\ &= 258 - 155,8 = \underline{\underline{102,2 \text{ MPa}}} \end{aligned}$$

$$\underline{\underline{\sigma_{\pm} = 0 \text{ MPa}}}$$

Redukovaná napětí na povrchu kola podle zákona HMT i max $\tilde{\sigma}$ dosáhne hodnoty 102,2 MPa. Naši uypočítaná hodnota je nižší než ta uvedená v textu (150 MPa). Rozdíl můžeme přičíst na vub zjednodušené geometrii, kterou jsme uvažovali při výpočtu a také dalších podmínkách, jenž jsme do výpočtu nezahrnuli (např. interakci kola s povrchem pouště). V tomto světle se javí hodnota 150 MPa jako nepravdivý údaj.

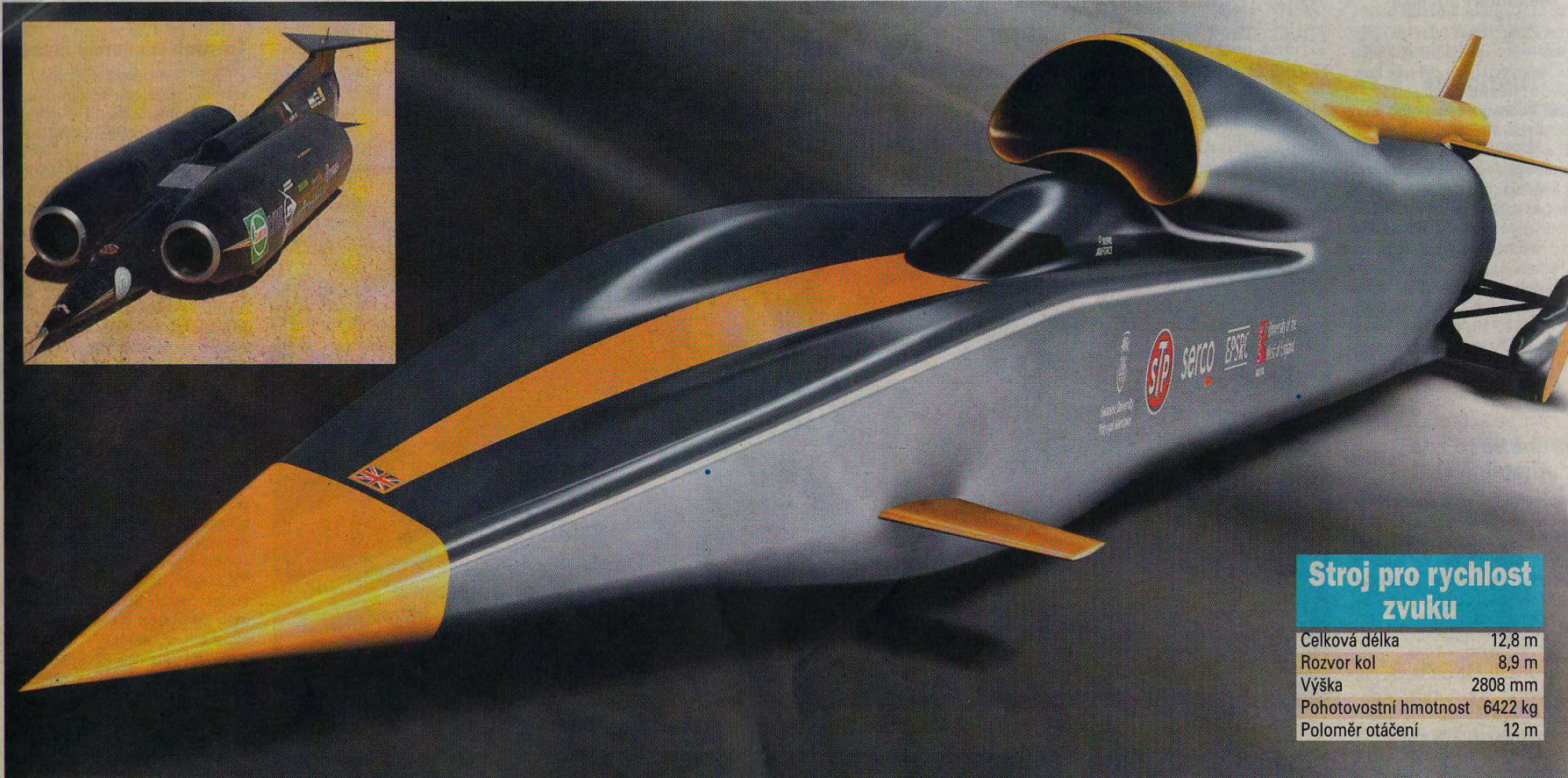
Odhadovaná nyní navíc ještě max. zatížení kola v kritických místech, tj. pro $v=0$:

$$\sigma_n (v=0) = \sigma_{\pm} (v=0) = A = \underline{\underline{258 \text{ MPa}}}$$

$$\sigma_{\text{max}} = \sigma_1 - \sigma_3 = \sigma_n (v=0) - \sigma_{\pm} = \underline{\underline{258 \text{ MPa}}}$$

258 MPa je již značné zatížení uvažíme-li, že max povrchová pevnost tohoto materiálu může být cca 575-600 MPa. Navíc v neakčném kole budou otvory pro uchycení desky kola k ose. Uvažíme-li tento fakt, pak výsledná bezpečnost kola uzhledom k m.s. pevnosti bude jistě o dost menší než 2. To by jistě nebyla uklidňující informace pro pilota rekondního vozu :-)

Supersonické auto už má kola



Stroj pro rychlost zvuku

Celková délka	12,8 m
Rozvor kol	8,9 m
Výška	2808 mm
Pohotovostní hmotnost	6422 kg
Poloměr otáčení	12 m

Nadzvukový automobil Bloodhound SSC má překonat světový rekord vozu Thrust SuperSonic Car (ve výřezu).

Alexandr Petrželka

Bloodhound SSC není obyčejné závodní auto a tak nepřekvapí, že má kola z tryskových letadla. Na automobilo-

budou kola pro jízdy „naostro“, ale ke zkouškám stability auta budou plně vyhovovat kola z britského vojenského letadla Lightning. Dvanáct párů kol stíhačky, používané v 60. až 80. letech mi-



renci v Londýně, na které už lit taktiku rekordní jízdy.

Požene ho stíhačka na raketě

Auto se rozjede nejdřív m

traf, nevychutnali byste si to: pojede rychlostí 1600 kilometrů za hodinu – rychleji než zvuk.

„Nabízím žádnou mzdu, namáhavou práci za úmorného horka v odlehle, ale krásné poušti Hakskeen Pan. Pozor, mohou tam být štíři. Odměnou inspirace pro budoucí inženýry,“ to bylo znění inzerátu, který vyšel přede dvěma týdny v londýnském deníku Times.

Britové jsou hrdý národ, a proto projektu pomáhá vláda, která zapůjčila dva motory ze stíhačky

Zadavatelem byl Richard Noble, ředitel britského projektu nadzvukového auta Bloodhound. Inspiroval se výzvou Ernesta Shackletona, který před sto lety podobně hledal lidi na výpravu do Antarktidy. „Bezpečný návrat nezaručuji, dobrodružství ano,“ napsal tehdy polárník.

Dráha v poušti

Hakskeen Pan je dno dávno vyschlého jezera v jihoafrické provincii Severní Kapsko. Inzerát hledal další dobrovolníky k asi třem stovkám nadšenců z řad místních obyvatel, jejichž cílem je vysbírat všechny větší kameny z pruhu pouště o délce 20 kilometrů a šířce 1500 metrů. Tam se příští rok Bloodhound pokusí jako první automobil na kolech překonat rychlost zvuku. Každý oblázek, na který by auto mohlo najet, by v důsledku rychlosti mohl způsobit mikroskopickou prasklinu v disku. Při rychlosti otáčení by to znamenalo roztržení kola. Kdyby narazil do podvozku, způsobil by škodu jako kulometná střela. Dráha proto musí být dokonale hladká.

Kola, o kterých byla v úvodu řeč, jsou jen pro testovací jízdy.

metrů menší než ta navržená pro supersonické auto, ale dostatečně štíhlá. „Stíhačka je musela zatáhnout do tenkého profilu křídla i s pneumatikami,“ připomněl David Barker, šéfprojektant letecké sekce gumáren Dunlop.

Místo pneumatik hliníkové disky

S těmito koly má Bloodhound absolvovat zkušební jízdy rych-



Plné hliníkové kolo má odolat tlaku 15 tun na čtvereční centimetr.

lostí kolem 320 km/h ještě v Británii. Ta „pravá“ kola dostane až v Jihoafrické republice, až půjde „do tuhého“.

Budou mít průměr 90 cm a hmotnost 97 kilogramů. Vyvinula je na bázi hliníkové slitiny společnost Hampson Industries. Budou bez pneumatik, protože při rychlosti otáčení 10 200 otáček za minutu by odstředivé síly každou pryž roztrhaly na kusy.

„170 otoček za vteřinu vytvoří na obvodu kola sílu 150 megapascalů,“ upozornil Glenn Miles ze zbrojovky Lockheed Martin, která na projektu spolupracuje. „Narušení povrchu kol je nevyhnutelné, protože budou v přímém kontaktu se zemí, ale musíme vyloučit, aby došlo k velkým změnám. Pukliny nebo deformace by v té rychlosti znamenaly katastrofu a to musíme vyloučit za každou cenu.“



Richard Noble (vlevo) a Andy Green u modelu auta Bloodhound SSC.



Studie rázové vlny při nadzvukové rychlosti.

kové, aby auto mohlo absolvovat i druhé kolo,“ dodal.

Tam a zase zpátky

Pravidla pro uznání rekordů vyžadují, aby soutěžící stroj absolvoval během hodiny dvě jízdy a počítá se průměrná rychlost. To vyžaduje nejen velké zrychlení, ale i minimalizaci dalších činností od brzdění přes doplnění paliva a případné přezutí před druhou jízdou. Bloodhound bude muset stihnout i kompletní výměnu motoru – bude mít totiž dva.

Bloodhound má překonat světový rychlostní rekord, který drží právě Noble. V roce 1997 dosáhl jako pilot vozu Thrust SuperSonic Car rychlosti 1228 km za hodinu,

km/h, pak pilot zazenel raketu, takže zrychlení přesáhne 2 G. Než raketový motor vyčerpá palivo, dosáhne Bloodhound maximální rychlosti 1689,811 km/h, ale tryskový motor poběží dál. Přetížení v této fázi jízdy klesne do záporné hodnoty 1,5 G a po vypnutí i druhého motoru dokonce až k -3 G. To ale vůz pořád pojede nadzvukovou rychlostí. Až vlivem valivého tření a odporu vzduchu zpomalí na podzvukovou rychlost, tedy pod 1236 km/h, postupně se otevřou dva brzdící padáky. Teprve při rychlosti 321,8 km/h bude moci Green aktivovat hydraulické kotoučové brzdy.

Každý oblázek, na který by auto mohlo najet, by v důsledku rychlosti mohl způsobit mikroskopickou prasklinu v disku. Při rychlosti otáčení by to znamenalo roztržení kola

Britové jsou hrdý národ, a proto projektu pomáhá vláda, která zapůjčila dva motory ze stíhačky, a řada předních průmyslových firem. Kromě Cambridgeské univerzity a zbrojovky Lockheed Martin to je například výrobce motorů pro rakety Falcon-1 firma Cosworth, která pro raketový motor Bloodhoundu vyvinula čerpadla na vstřikování kyslíčkovadla.

„Hlásí se nám společnosti z celého světa, které se chtějí na projektu podílet nebo nás sponzorovat,“ pochlubil se před měsícem Noble. „Zájemeť je víc, než bychom mohli na trup stroje umístit. V lednu příštího roku začneme vůz stavět a já věřím, že roku 2012