

VODNÉ ZARIADENIE NA LÚPANIE RYŽE

A. Úvod

Ryža predstavuje základnú potravinu pre väčšinu obyvateľov Vietnamu. Aby sa z úrody získala biela ryža, treba ju najskôr vylúpať zo šupky (tento proces sa nazýva lúpanie ryže) a potom oddeliť otruby. Horské oblasti severného Vietnamu sú bohaté na vodné toky. Ľudia, ktorí tam žijú, využívajú na lúpanie ryže vodné toky a ryžové mažiare poháňané vodou. Na obrázku 1 je takéto zariadenie, na obrázku 2 je znázornená jeho činnosť.

B. Vzhľad a činnosť

1. Vzhľad

Zariadenie na obrázku má nasledujúce časti:

Mažiar – ide v podstate o drevenú nádobu na ryžu.

Páka – ktorú tvorí kmeň stromu, ktorého konce majú rôzne hrúbky. Páka sa môže otáčať okolo vodorovnej osi. Palička (tĺk) je pripevnená kolmo na páku k jej užšiemu koncu. Dĺžka paličky je taká, aby sa mohla dotýkať ryže v mažiari v okamihu, keď je páka vo vodorovnej polohe. Na širšom konci páky je vydlabaná priehlbina, ktorá má tvar nádoby. Tvar nádoby je rozhodujúci pre činnosť prístroja.

2. Fázy činnosti

Zariadenie má dva módy.

Pracovný mód. V tejto fáze vykonáva zariadenie pracovný cyklus zobrazený na obrázku 2. Ryža je lúpaná vďaka práci, ktorá je vykonaná paličkou vo fáze (f) na obrázku 2. Ak sa z nejakého dôvodu palička nedotýka ryže, hovoríme, že zariadenie nepracuje.

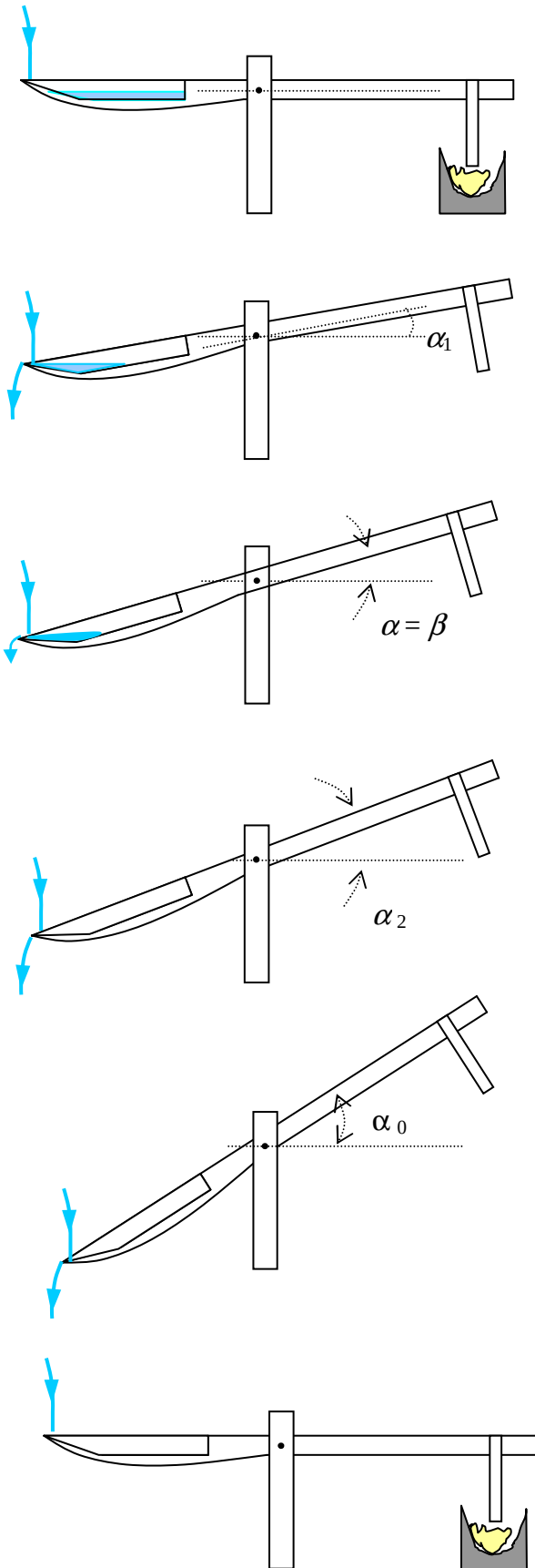
Pokojový mód so zdvihnutým ramenom. Vo fáze (c) pracovného cyklu (obr.2), keď sa uhol sklonu α zväčšuje, sa množstvo vody v nádobe znižuje. V istom okamihu je množstvo vody práve také, že vyváži páku. Označme uhol sklonu v tomto okamihu β . Ak je uhol sklonu páky β a jeho uhlová rýchlosť je nulová, zostane páka natrvalo v tejto polohe. Tomuto stavu hovoríme pokojový mód so zdvihnutým ramenom. Stabilita tejto polohy závisí od prítoku vody do nádoby Φ . Ak Φ prekročí istú hodnotu Φ_2 , je pokojový mód stabilný a zariadenie nemôže byť v pracovnom móde. Inými slovami, Φ_2 je minimálny prítok, pri ktorom zariadenie prestáva pracovať.

Theoretical Problem No. 1



Obrázok 1
Vodný mažiar na lúpanie ryže.

Theoretical Problem No. 1

Pracovný cyklus zariadenia:


- V začiatočnom okamihu v nádobe nie je voda a palička sa opiera o mažiar. Voda tečie do nádoby malou rýchlosťou, ale páka zostáva na nejaký čas vo vodorovnej polohe.
- V istom okamihu je množstvo vody v nádobe postačujúce na zodvihnutie ramena páky. Vďaka náklonu sa voda valí ku vzdialenejšiemu koncu nádoby, čím sa náklon páky zväčšuje. Voda začína vytekať pri $\alpha = \alpha_1$.
- Ako sa uhol α zväčšuje, voda vyteká z nádoby. Pri istom uhle $\alpha = \beta$ je celkový moment sily rovný nule.
- Uhol α sa zväčšuje, voda ďalej vyteká z nádoby, až kým neostane nádoba prázdna.
- V dôsledku zotrvačnosti sa uhol α ďalej zväčšuje. Vďaka tvaru nádoby voda do nej vteká a hneď z nej aj vyteká. Zotrvačný pohyb páky pokračuje dovtedy, kým α nedosiahne maximálnu hodnotu α_0 .
- Keď v nádobe už nie je voda, ťažová sila ťahá páku nazad do začiatočnej vodorovnej polohy. Palička silno udrie do mažiara, v ktorom je ryža, a začína sa nový cyklus.

Obrázok 2 a) až f)

Theoretical Problem No. 1

C. Úloha

Uvažujme zariadenie na lúpanie ryže s nasledujúcimi parametrami (obr.3):

Hmotnosť páky (vrátane paličky - tĺka, ale bez vody) je $M = 30 \text{ kg}$.

Ťažisko páky sa nachádza v bode G. Páka sa otáča okolo osi T (ktorá sa na obrázku premietne do bodu T).

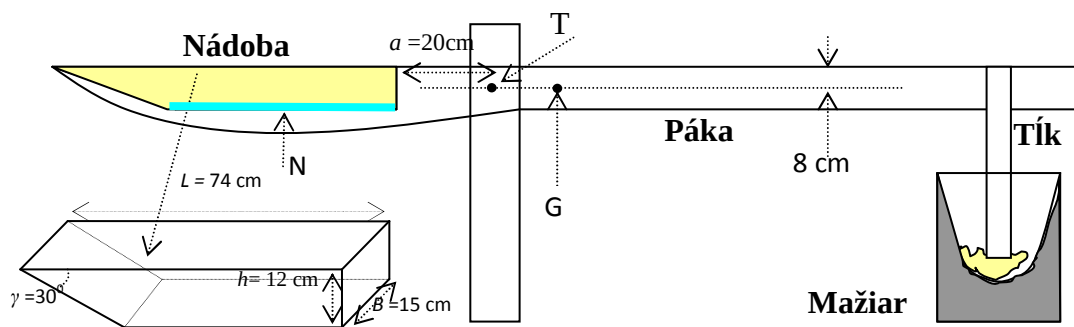
Moment zotrvačnosti páky vzhľadom na os T je $I = 12 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$.

Keď je v nádobe voda, označíme hmotnosť vody m . Ťažisko vodného telesa označíme N.

Uhol sklonu páky vzhľadom na vodorovnú os je α .

Hlavné rozmery zariadenia a nádoby sú uvedené na obrázku 3.

Zanedbávame trenie v osi otáčania ako aj silu spojenú s pádom vody do nádoby. Predpokladáme, že hladina vody je vždy vodorovná.



Obr 3. Náskres a rozmery zariadenia

1. Konštrukcia zariadenia

V začiatočnom okamihu je nádoba prázdna a páka je vo vodorovnej polohe. Potom voda nateká do nádoby dovtedy, kým sa páka nezačne pohybovať. Páka sa začne pohybovať, keď hmotnosť vody v nádobe dosiahne $m = 1,0 \text{ kg}$.

- 1.1 Určte vzdialenosť ťažiska G páky od osi otáčania T. Vieme, že v okamihu, keď je nádoba prázdna, je priamka GT vodorovná.
- 1.2 Voda začína vytekať z nádoby, keď uhol, ktorý zvierá rameno páky s vodorovnou osou, dosiahne hodnotu α_1 . Nádoba je úplne prázdna, keď je veľkosť tohto uhla α_2 . Určte α_1 a α_2 .
- 1.3 Nech $\mu(\alpha)$ je celkový moment sily vzhľadom na os T vyvolaný hmotnosťou páky a vody v nádobe. Pre $\alpha = \beta$ je $\mu(\alpha) = 0$. Určte β a hmotnosť vody m_1 , ktorá sa v tomto okamihu nachádza v nádobe.

2. Parametre pracovného módu

Nech voda nateká do nádoby malým konštantným prietokom Φ (meranom v kg/s). Množstvo vody, ktoré nateká do nádoby počas pohybu páky, je zanedbateľne malé.

- 2.1 Nakreslite graf závislosti $\mu(\alpha)$ momentu sily od veľkosti uhla α počas jedného cyklu. Napíšte hodnoty $\mu(\alpha)$ pre uhly α_1 , α_2 a $\alpha = 0$.

Theoretical Problem No. 1

- 2.2 Na základe grafu nakresleného v časti 2.1 diskutujte a interpretujte geometricky hodnotu celkovej energie W_{total} , vyvolanú momentom sily $\mu(\alpha)$ a práce W_{pounding} , ktorá sa odovzdá z tlku (paličky) do ryže.
- 2.3 Pomocou grafu závislosti $\mu(\alpha)$ odhadnite α_0 a W_{pounding} . (Predpokladajte, že kinetická energia vody tečúcej do nádoby a z nej je zanedbateľne malá.) Krivky môžete nahradiť lomenými čiarami, ak to uľahčí výpočet.

3. Pokojový mód

Nech voda vteká do nádoby konštantným prietokom Φ , ale nemožno zanedbať množstvo vody, ktoré natečie do nádoby počas pohybu páky.

- 3.1 Predpokladáme, že voda stále preteká z nádoby.
- 3.1.1 Načrtnite graf závislosti momentu sily μ od veľkosti uhla α v okolí $\alpha = \beta$. Aký typ rovnovážnej polohy páky predstavuje stav $\alpha = \beta$?
- 3.1.2 Nájdite analytické vyjadrenie momentu sily $\mu(\alpha)$ ako funkciu $\Delta\alpha$, ak $\alpha = \beta + \Delta\alpha$, a $\Delta\alpha$ je malé.
- 3.1.3 Napíšte pohybovú rovnicu páky, ktorá sa pohybuje s nulovou začiatočnou rýchlosťou z polohy $\alpha = \beta + \Delta\alpha$ ($\Delta\alpha$ je malé). Ukážte, že tento pohyb môžeme s dostatočnou presnosťou považovať za harmonický kmitavý pohyb. Určte periódu τ .
- 3.2 Pri danom prietoku Φ je nádoba naplnená vodou po celý čas iba v prípade, ak sa páka pohybuje dostatočne pomaly. Existuje horná hranica pre amplitúdu harmonických kmitov závisiacich od Φ . Určte minimálnu hodnotu Φ_1 prietoku Φ (v jednotkách kg/s) takú, že páka môže vykonávať harmonický kmitavý pohyb s amplitúdou 1° .
- 3.3 Predpokladajme, že prietok Φ je dostatočne veľký tak, že pri voľnom pohybe páky počas poklesu uhla sklonu z α_2 na α_1 voda stále preteká z nádoby. Avšak ak je prietok Φ príliš veľký, zariadenie nemôže pracovať. Za predpokladu, že pohyb páky je harmonickým pohybom, odhadnite minimálny prietok Φ_2 , pri ktorom zariadenie nepracuje.