



STŘEDNÍ PRŮMYSLOVÁ ŠKOLA SDĚLOVACÍ TECHNIKY

110 00 Praha 1, Panská 856/3
☎ 221 002 111, 📠 221 002 666

URL: www.panska.cz
e-Mail: sekretariat@panska.cz

MATURITNÍ ZKOUŠKA

PRAKTICKÁ ZKOUŠKA Z ODBORNÝCH PŘEDMĚTŮ

Vodní mlýny

Studijní obor: **78-42-M/001**
Technické lyceum

Třída: **4.L**

Školní rok: **2005/2006**

Marek Fojtík
jméno a příjmení autora

Anotace

Práce obsahuje historický a technický pohled na vodní mlýny a z nich vycházející vodní turbíny. Výstupem bude také praktický model, který bude demonstrovat základní principy vodních mlýnů. Tento model bude sloužit studentům ke snadnějšímu pochopení fyzikálních zákonitostí popisujících činnost vodních mlýnů.

This work presents historical and technical view on water mills and related water turbines.

The practical part of the project will be a pattern demonstrating basic principles of water mills. This pattern will work as an utility for students to understand physical principles of water mills.

Úvod

Když jsem vybíral téma své dlouhodobé práce, napadlo mne, zaměřit se na historický vývoj vodních mlýnů a z nich posléze vycházejících vodních turbín. Vliv na mé rozhodnutí měla mimo jiné návštěva přečerpávací vodní elektrárny Dlouhé Stráně v pohoří Jeseníky a přehradní nádrže ve Štěchovicích nedaleko Prahy, kde se také využívá přečerpávání vody do nádrže nad přehradou, pro následnou výrobu elektřiny.

Elektrárna Dlouhé stráně je dílo evropského formátu ve všech ohledech. Nachází se na říčce Divoká Desná u obce Loučná nad Desnou. Jejím posláním je plnit pro elektroenergetickou soustavu naší republiky svým výkonem 650 MW statické a dynamické služby. Statickou službou se rozumí efektivní přeměna přebytku energie v soustavě na energii špičkovou. Tento proces se uskutečňuje čerpáním vody z dolní nádrže do horní v době jejího přebytku a opačně - výrobou elektrické energie turbinovým provozem.

V textové části své práce bych chtěl širší veřejnosti zjednodušeně přiblížit principy vodních strojů, jejich historii od počátků až po současnost, kdy přicházejí ke slovu spíše moderní turbíny. V praktické části se chci pokusit sestavit jako výstup funkční model vodního mlýnu. Ten by mohl být využit jako školní pomůcka v hodinách fyziky, pro demonstraci přeměny energií, mechaniku kapalin a dalších věcí. Jako materiál pro výrobu modelu bude z mnoha důvodů použito dřevo. Dřevo je vhodné pro svou tvárnost vzhledem k jeho pevnosti, také je lehké a správným způsobem ošetřené, může být v kontaktu s vodou delší dobu. Hmotnost má také příznivý vliv z hlediska odporových sil, které by mohli znesnadnit jeho plynulý a ne přehnaně náročný provoz. Samotné hnací kolo bude vyrobeno ze smrkového dřeva, na osu bude použita buková tyč, která zaručí pevnost a dobrou setrvačnost a lopotky budou vyrobeny z balzového dřeva. K ošetření dřeva bude použit akrylový email ve spreji, jedná se o rychleschnoucí prostředek pro vnitřní i venkovní použití. Zvolil jsem jej z důvodu jeho snadné aplikace, nejsem si však jist, jestli bude pro podmínky využití postačovat a nebude se muset provést ošetření pomocí jiného prostředku ve formě klasického nátěru. Mou domněnku potvrdí, řekl bych až minimálně měsíční používání, bude také záležet na intenzitě využití.

Je to již drahně dlouho, co bylo poprvé využito vodního kola k usnadnění fyzikální námahy v různých odvětvích lidské činnosti. Největšího rozmachu dosáhly mlýny zhruba v 16. století a to je také počátek pokusů o jakési vodní stroje. Přiblížím tedy stručnou historii vodních mlýnů, jejich využití v minulosti a dnes.

Historie

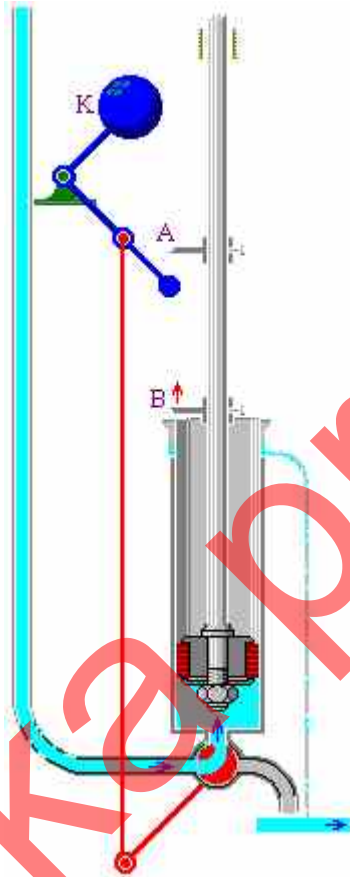
Okolo roku 600 př.n.l použili poprvé vodní kolo Chaldejci, pomocí něhož čerpali vodu k zavlažování. Později se tohoto mechanismu využívalo i v Egyptě. Přibližně 150 let př.n.l se v římské říši začalo používat vodní kolo na spodní vodu a v Řecku vodní mlýny s vertikální osou. V roce 361 byl na řece Mosel vybudován první vodní mlýn v Německu. Na počátku 6. století se objevily první plovoucí mlýny na řece Tibeře a o dvě století později se dostaly mlýny i do Čech. S 19. stoletím přichází objev Francisovy turbíny a ke konci tohoto století turbíny Peltonovy, jako poslední z těch nejpoužívanějších je zkonstruována v roce 1912 Kaplanova turbína.

Jako pravlast mlýnů lze všeobecně označit Asii a sever Afriky, zde pak hlavně Egypt, kde bylo u řeky Nilu postaveno mnoho vodních kol na zavlažování úrody. Do Evropy se vodní kola dostala přes Řecko a Řím, kde se v průběhu času modernizovala. V této době nebyla ještě tolik využívaným pomocníkem, zejména kvůli levné lidské síle. Svého největšího rozmachu dosáhly mlýny v 16. století, kdy byly stavěny na mnoha řekách v Evropě. Díky našim poměrně prudkým řekám se do české kotliny dostaly mlýny poměrně brzy, první zmínka o nich pochází již z roku 718. Největší zásluhu na rozšíření mlýnů u nás má nejspíše řád benediktýnů, kteří stavěli mlýny u svých klášterů na horních tocích řek. V těchto většinou zalesněných oblastech se začalo vodní energie využívat k rozvoji průmyslu a to zejména dřevařského a papírenského. Klasické mlýny začaly upadat s příchodem prvních parostrojů, asi k největšímu zavírání mlýnů u nás však došlo po první světové válce a poté s příchodem komunismu a jeho kolektivizace. S nástupem socialismu mlýnů (a to bohužel právě mlýnů vodních) značně ubylo. Stalo se tak po vydání výnosu č.j.31.037/51-243 ze dne 1.10.1951, kterým se zastavoval provoz všech mlýnů, kterých nebylo potřeba k zásobování obyvatelstva, protože jak se pravilo ve zdůvodnění:

"K zásobování obyvatelstva není malých mlýnů více třeba, protože výrobní kapacita mlýnů socialistického sektoru je pro tyto účely dostatečně zajištěna. Vydaný výměr je konečný. Ultimátum k provedení - do 31.12.1951".

Zde připojuji některá z historických dat řazená chronologicky:

r. 1749 - Jozef Karol Hell na Slovensku sestrojil vysokotlaký vodosloupcový stroj.



Obr. 1 Schéma uspořádání přímočaře pracujícího stroje

Jedná se o jednočinný pístový stroj s lineárním pohybem. Mechanická účinnost cca 78%. Celková účinnost při použití jako čerpací soustrojí 55%.

Voda je ke stroji přiváděna železným potrubím se značným spádem a o vysokém tlaku. Stroj se skládá ze svislého pracovního válce, ve kterém se pohybuje píst. Ke dnu válce je připojen dvoucestný kohout pro přívod a odtok vody. Je ovládaný rozvodovým mechanismem, který se sestává z táhla, páky se závažím **K** (tzv. padacího kladiva) a narážek na pístní tyči **A** a **B**. Vlastní pístní tyč pokračuje přes vodící pouzdro vzhůru a je mechanicky spojena s hnaným strojem, kterým je většinou pístové nebo plunžrové čerpadlo, měchové dmychadlo nebo pístový kompresor. Protože část vody prolíná přes těsnící manžety nad píst, je okraj válce opatřen sběrným prstencem, který tuto vodu zachycuje a potrubím ji odvádí do odpadu.

Dlouhé stráně

Než se začnu věnovat svému tématu, stručně vás seznámím se zmíněnou elektrárnou Dlouhé stráně, která mne k němu přivedla.

Hlavní částí elektrárny jsou dvě nádrže, které jsou umístěny na úpatí a na vrcholu kopce. Voda z horní nádrže umístěné ve výši 1350 m nad úrovní moře je vedena dvěma tlakovými přivaděči o průměru 3,6 m a délce 1,5 km k turbínám. Obě reverzní soustrojí, každé o výkonu 325 MW, jsou umístěna v podzemní kaverně turbín o délce 87 m, šířce 25,5 m a výšce 50 m. Blokované transformátory jsou umístěny v podzemní komoře o délce 117 m, šířce 16 m a výšce 21,5 m. V podzemí se dále nacházejí komunikační, technologické a větrací tunely a štoly o celkové délce 8,5 km. Podzemní elektrárna je spojena s dolní nádrží dvěma odpadními tunely o vnitřním průměru 5,2 m. Výkon je z podzemí veden kabelovými vodiči o napětí 400 kV na zapouzdřené vývodové pole a odtud venkovním vedením délky 52 km do rozvodny v Krasíkově.

Hlavní technické údaje díla: výkon elektrárny 650 MW, dvě turbíny typu FR 100, průměr oběžného kola 4 540 mm, turbínový spád 534,3 m, horní nádrž má objem 2 580 000 m³, dolní nádrž má objem 3 405 000 m³, předpokládaná roční výroba energie 997,8 GWh, přechodový čas z klidu do max. turbínového provozu 100 s.



Obr. 2 Letecký pohled na nádrže

Princip vodního mlýna

Pohon mlýna je jednoduchý. Je založen na přeměně kinetické energie proudu vody přivedeného mlýnským náhonem, kdy voda dopadá na lopatky mlýnského kola a kde se přeměňuje na kinetickou energii kola a posléze energii přidružených mechanismů.

Typy podle základního pohonu

Mlýn s horizontálním kolem

Mezi nejstarší a zároveň nejjednodušší typy vodních mlýnů patří mlýn s horizontálně umístěným vodním kolem. Základem tohoto mlýnu bylo lopatkové kolo umístěné na vertikálním hřídeli. Proud vody dopadal na kolo bočně a hřídel procházející kolem roztáčela o patro výše samotné mlýnské kameny. Výhodou bylo, že se mlýn obešel bez jakýchkoli mechanických převodů, čímž se do velké míry zabraňovalo zbytečným ztrátám na vykompenzování odporových sil. Rychlost otáčení mlýnských kamenů tedy závisela na rychlosti otáčení lopatkového kola a potažmo rychlosti proudu vody v náhonu či řece. Z tohoto důvodu nebyl výkon těchto mlýnů příliš vysoký. Předností byla jednoduchá a nenáročná konstrukce, která šetřila lidskou sílu. Tento typ mlýna nevyžadoval velký proud vody daný silným tokem nebo velkým spádem a stačilo postavit poměrně malou hráz zadržující vodu, jejíž úzký výtok byl usměrňován pomocí dřevěných žlabů nebo trubkou, které směřovaly na lopatky kola. Mlýn tohoto typu stál pravděpodobně ve 12. století i v Úněticích.

Mlýn se spodním náhonem vody

Jiné typy mlýnů byly konstruovány na spodní vodu tak, že do říčního proudu zasahovalo kolo lopatkami v dolní části a velikost síly vodního proudu, která roztáčela lopatky, byla tedy přímo úměrná velikosti rychlosti vodního proudu v řece nebo v umělém náhonu. Aby se výkon mlýnu znásobil, objevovaly se později i mlýny s vícenásobně propojenými lopatkovými koly. Tyto mlýny, tzv. lopatníky, se používaly častěji na velkých tocích, kde síla a stálý proud vody umožňovaly jejich bezproblémový provoz, ale objevily se i mlýny na spodní vodu postavené na umělých náhonech. Pokud byl mlýn postaven přímo na říčním toku, muselo být mlýnské kolo konstruováno tak, aby mohlo reagovat na různě vysoký stav vody. Některé mlýny byly proto postaveny celé přímo na pontonových lodích a volně ukotveny u břehu, takže na změnu stavu vody reagovaly automaticky.

Technologie

Lopatkové kolo bylo usazeno na hřídeli, která dále pomocí dřevěných převodů roztáčela samotné mlýnské kameny. K těm se později připojila další zařízení mlýna nahrazující ruční stoupy, ale také kovárny s buchary poháněnými vodní silou tzv. hamry, soukenické valchovny apod. Mechanické, vodou poháněné valchovny byly v západní Evropě budovány s rozvojem soukenictví již ve 12. století, k nám se dostaly až během století následujícího. V roce 1244 měl vodní valchu klášter Augustiniánek. Dle principu rozeznáváme z etnografických pramenů valchy kladivové a stoupové. Valchy bývaly často doplňkovou součástí vodního obilního mlýna, ale v pramenech se též vyskytují specializované vodní mlýny. Stavba mlýnů vyžadovala značné technické znalosti a zkušenosti. Mlynář musel být zkušený odborník v mnoha oblastech: inženýrství (navrhoval, stavěl a udržoval v chodu na svou dobu poměrně složitá soustrojí mlýnu), vodohospodářství (často sám navrhoval a budoval hráze, jezy, kanály, náhony apod.), tesařství (valná většina soustrojí, vantroků atd. byla dřevěná), kamenictví (mlynář se musel vyznat i ve štípání mlýnských kamenů, kamenných stoup krupníků a valch apod.). Ačkoli toto zařízení výrazně šetřilo práci i čas (za den dokázalo semlít 5 až 7q obilí), ne všichni si však mohli dovolit využít jeho služeb, protože se za mletí platilo tzv. výmelné (většinou v naturáliích, částí zrna a to zejména u chudších rolníků a při nižších sklizních představovalo znatelnou zátěž).

Pro různé materiály, které se zpracovávaly, se používaly odlišné mlýny. Mlýny na hmoty tvrdé jsou drtidla, měkčí látky se rozemílají na mlýnech kuželových, desintegratorech, dismembratorech, mlýnech nazvaných „Excelsior“, mlýnských složeních s mlecími kameny, válcových stolicích a mlýnech kulových. Mlýny kuželovými se drtí a rozmílá tříslo, káva, soli, sírany, hlína, uhlí, kosti, křída aj. Desintegratorům jsou podobné mlýny excelsiorové, jejichž mlecí deseka se nehýbe a mlecí plochy jsou opatřeny místo kolíčků, které mají desintegratory a dismembratory, zuby. Obyčejná drtidla jsou vytlačována v dnešní době stále více mlýny kulovými, jimiž se nahradí nejčastěji celá řada předchozích drtících strojů, neboť rozemílají kusy velikosti ořechu až volejbalového míče na moučku libovolně jemnou. Tyto mlýny se skládají z dírkovaného a prolamovaného bubnu, do něhož se hází materiál. Uvnitř se pak rozemílá, otáčí-li se bubnem, neustálými nárazy volných koulí, dokud nedosáhnou náležité jemnosti.

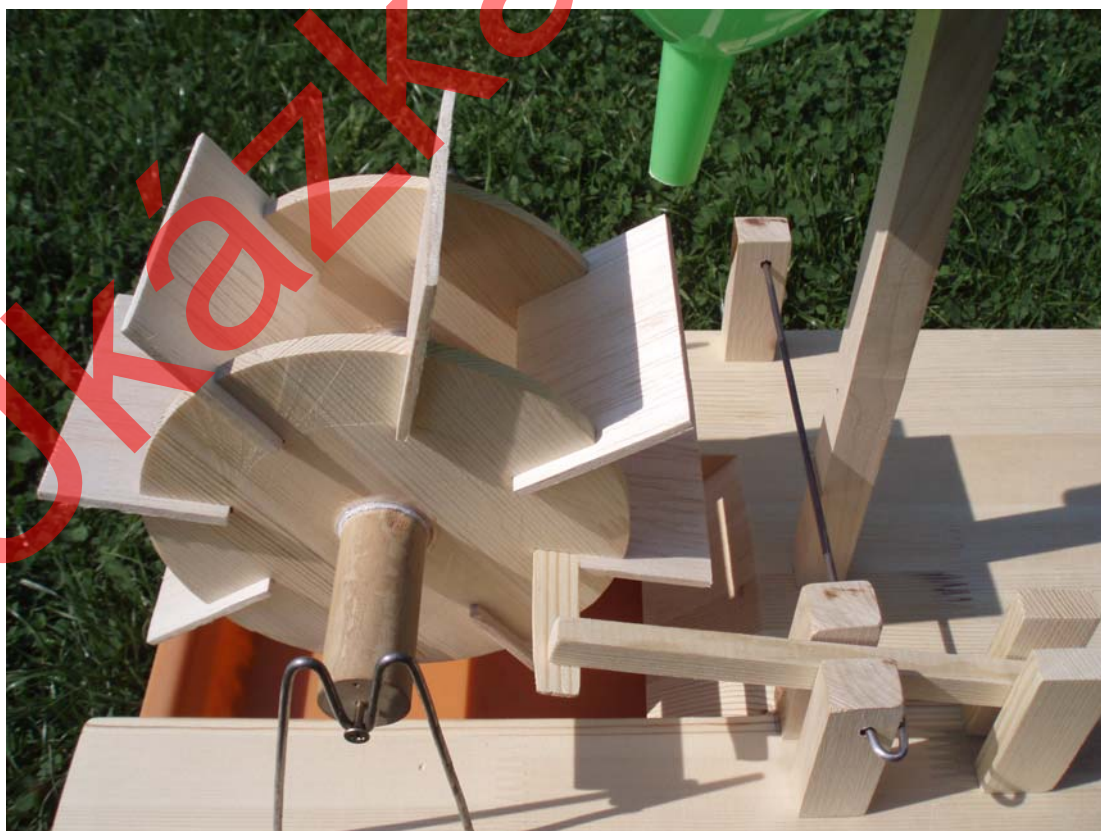
Praktická část

Dle zadání jsem vytvořil funkční model vodního kola, které pohání pákový mechanismus. Model je z většiny vytvořen ze dřeva, pouze několik součástí je z kovu či plastu. Nejdůležitější a zároveň nejsložitější je výroba samotného vodního kola. U kola je velice důležité přesné změření úhlů lopatek vzhledem k ose a následně samotné vyřezávání a centrování osy. Na vodní kolo jsem použil tři druhy dřeva. Osa kola je vyrobena z těžké bukové tyče, která zajišťuje dobrou setrvačnost při roztočení kola. Základ kola je z lehčího, ale pevného smrkového dřeva, které musí udržet konstrukci. Jako poslední jsou umístěny lehké balzové lopatky, pro snazší konstrukci, které jsou umístěny dále od osy, aby byla páka, na kterou voda dopadá, co nejdelší. Nejprve jsem si na smrkovou desku narýsoval obrys kola s uspořádáním osy a úhlů lopatek, následně jsem kolo i zářezy na lopatky vyřízl pomocí ruční pilky s jemným zoubkem, který co nejméně ničí materiál. Pomocí vrtačky jsem vyvrtal otvor pro umístění osy. Průřezem kola na kotoučové pile jsem dostal dvě shodná kola, do kterých jsem umístil bukovou osu a po rozměření i balzové lopatky. Kolo je upevněno tak, že jsou z obou stran do středu osy navrtány vruty a takto opatřené kolo je posazeno do mnou vytvořených stojánek z tenkých kovových tyček, které musí dát co nejvíce podobné, aby nedocházelo k výkyvům. Takovéto uchycení jsem zvolil z důvodu malého tření kovu o kov a malému dotykovému prostoru. Stojánky jsou zapuštěny do masivního dřevěného podstavce, který je vyříznut na kotoučové pile do tvaru U. Na podstavec je umístěna dvojitá páka, která je poháněna kolem pomocí klapátka, které je na něm umístěno.

Zde je vidět převod mechanické práce kola. Voda je na kolo přiváděna plastikovým trychtýřem umístěným v určité výšce a pod přesným náklonem tak, aby voda na lopatky dopadala co nejlépe a k jeho roztočení postačoval i malý proud vody. Podstavec je uzpůsoben pro další možná přídavná zařízení. Ve skromných domácích podmínkách je dosti složité vyrobit takovýto model.



Obr. 3 Celkový pohled na model



Obr. 4 Detail vodního kola

Závěr

V této textové části své práce jsem se snažil veřejnosti přiblížit zajímavé téma vodních mlýnů ve více ohledech. Počínaje historií vodních mlýnů vystavěných Chaldejci, přes rozmach mlýnů v Evropě, až k vývoji a počátkům prvních turbín, které z nich vzešly. Zmínil jsem zde také evropský unikát v podobě naší přečerpávací vodní elektrárny, která svými rozměry, výkonem a hlavně flexibilitou nemá obdoby. Ve zkratce jsem vysvětlil principy vodních mlýnů z hlediska funkčnosti. Dále jsem už rozvíjel tři hlavní druhy vodních mlýnů podle způsobu jejich pohonu. Mlýny s horizontálním kolem, které díky možné absenci převodových ústrojí ztrácely minimum energie. Mlýn se spodním náhonem vody byl asi nejdéle používán, protože nebyl příliš náročný jako třetí mnou uvedený mlýn a to mlýn se svrchním náhonem vody, který je sice nejmladší a nejučinnější, avšak náročný na množství vody. Mlýny se také rozdělovaly podle jejich určení na moučné, krupní, kašní, cukerné, pilní, tříselné, hameráky, valchovní, rudné a čerpací. V technologické části jsem přiblížil mlýny z hlediska jejich technického provedení, které mnohdy nebylo jednoduché, jak dokládá i popis převodního ústrojí obilného mlýna. Po shrnutí historie turbín jsem věnoval text svému praktickému modelu. Jednalo se o převážně ze dřeva vyrobené vodní kolo a k němu přidružený mechanismus. Bohužel jsem měl skromné prostředky pro jeho zhotovení.

Cíle své práce jsem naplnil, ale stále je samozřejmě co zlepšovat. Celá práce by mohla být přepracována do multimediální podoby dostupné na internetu, doplněna o více názorných obrázků nebo i videí natočených podle mého modelu, který by mohl být dále rozvíjen po technické stránce, například přidružením dalších poháněných mechanismů z mnoha materiálů. Na závěr doufám, že vám má práce přinesla nové informace, které někdy v budoucnu budete moci využít.