



Středoškolská technika 2009

Setkání a prezentace prací
středoškolských studentů na ČVUT

EKOLOGICKÁ INTENZIFIKACE SPALOVACÍHO PROCESU

Martin Bumba, Jan Trutnovský

Integrovaná střední škola
Kumburská 846, Nová Paka

Abstrakt: Máte spalovací kotel a chcete chránit životní prostředí a zároveň ušetřit? Nyní je to možné díky zařízení na intenzifikaci spalovacího procesu! Toto zařízení lze zabudovat na jakýkoliv spalovací kotel a s jeho pomocí je možné ušetřit až 40% paliva.

Klíčová slova: intenzifikace, úspora, ekologie, spalování, kotel.

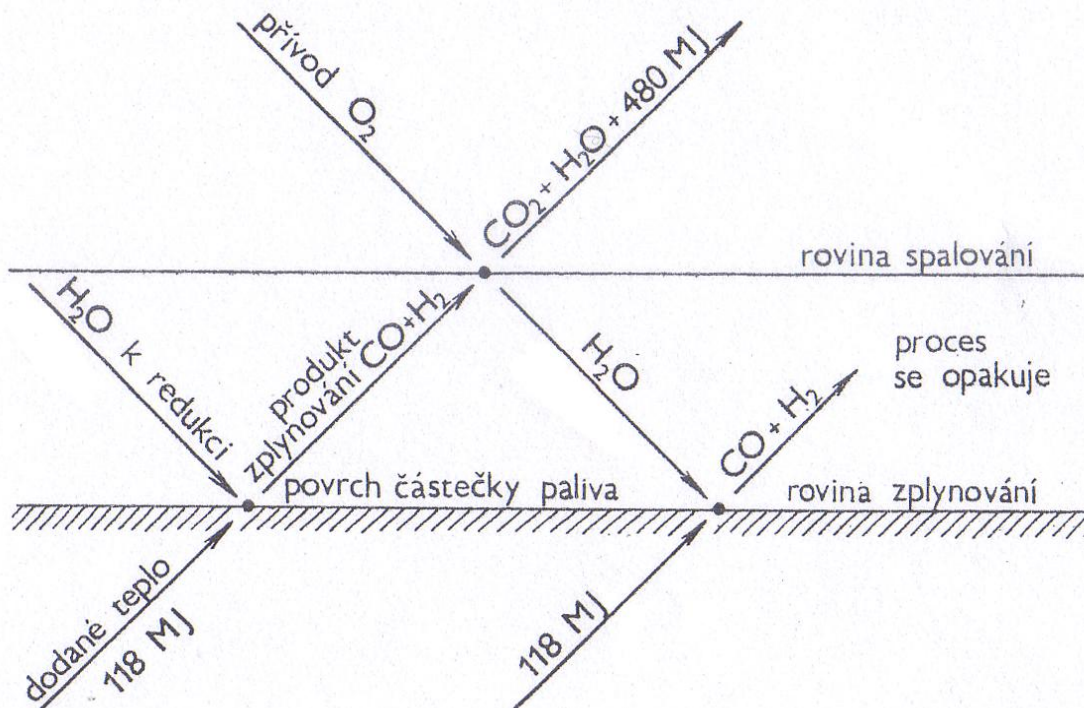
1) Úvodem

Každý z nás se již někdy zabýval tím, jak v domácnosti ušetřit nějaké peníze. Pan Ota Fejfar, kterému bychom chtěli poděkovat za perfektní nápad uvedený i v Receptáři prima nápadů v roce 2007, tento problém vyřešil celkem obstojně. Šetří rodině peníze tím, že intenzifikuje spalování bio masy ve svém spalovacím kotli. Tím ušetří mnoho paliva a také finančních prostředků. My bychom Vás chtěli podrobně seznámit s tímto zařízením.

Již kováři ve středověku věděli, že pomalým přísunem vody na rozžhavené palivo (koks, uhlí, dřevo,...) se zvyšuje intenzita hoření. Tehdy ještě nevěděli, že při tomto procesu vzniká tzv. **vodní plyn**. Za II. světové války se, pro zvýšení výkonu, do motorů letadel také vstříkovala vodní pára. Známa je i skutečnost, že spalovací motor motocyklu za vlhkého počasí lépe táhnul do kopce oproti teplému, suchému dni.

Vodní plyn - vzniká rozkladem vodní páry (H_2O) na rozžhaveném palivu (koks, uhlí, dřeva,...) na *vodík* (dále jen H) a na kysličník uhelnatý (dále jen CO). V první periodě vzniká 15 až 17% CO a v druhé periodě vodní plyn (H_2). Toto by se dalo vyjádřit jednoduchou endotermickou chemickou reakcí $C + H_2O = CO + H_2$ a z malé části ještě touto reakcí $CO + H_2O = CO_2 + H_2$. Tyto reakce se periodicky opakují. Vodní plyn má tudíž vysoký obsah H, hoří ostrým a nesvitivým plamenem a má výhřevnost 2800 kcal m^{-3} . Vodní plyn slouží hlavně jako plynné palivo a jako výchozí surovina např. k výrobě samotného H.

Celý tento proces se odborně nazývá zplyňování tuhých paliv. V našem případě je to tzv. *heterogenní reakce vodní párou*, kde se ke zplyňování uhlíku používá voda (dále jen H_2O) ve formě vodní páry. Celý proces je znázorněn na *obr. 1*.



Obr. 1 Schéma zplyňování tuhých paliv

Toto schéma se uplatňuje nejen k výrobě vodního plynu, ale například i k výrobě koksárenského plynu, generátorového plynu, dřívě i svítiplynu a dalších plynů. Na tomto schématu bychom si také měli povšimnout rozdílu dodaného (118MJ) a vytvořeného tepla (480MJ). Tj. $480 - 118 = 362\text{MJ}$.

2) Popis zařízení

Zařízení je vlastně modul, který se přidělá k jakémukoliv spalovacímu kotli, aniž by k tomu byl nějak upraven.

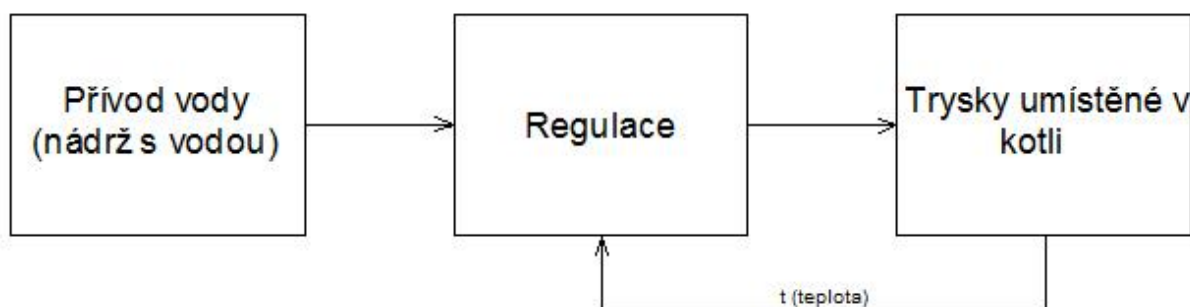
K intenzifikaci spalovacího procesu v některých topných zdrojích se dosud používá sekundární přívod vzduchu nasáváním nebo ostrým dmýcháním, čímž se obohacuje hořící směs o vzduch a dochází k promíchávání hořlavých plynů.

Tímto způsobem není hořící směs obohacována o vodní páru, která ji dokonaleji promíchává. Vodní párou dochází k intenzivnějšímu promíchávání různorodých složek hořlavých plynů proudících ve spalovacím prostoru, kde se urychlují spalovací pochody.

Podstata přídavného zařízení spočívá v tom, že do prostoru ohniště v topném zdroji jsou přidány sestavy pro vyvíjení vodní páry umístěné tak, aby proud páry z otvoru proudnic směřoval do topeniště. Každá sestava se skládá ze tří hlavních částí:

- 1) **Přívod vody / nádrž s vodou**
- 2) **Regulace manuální / automatická**
- 3) **Trysky v kotli**

Potřebné množství vody pro funkci přídavného zařízení zajišťuje nádoba, ve které je hladina vody a sloupec vzduchu. Sestava je ohřívána plameny ohniště, až v ní začne vznikat z vody vodní pára. Následně je otevřením uzavíracího ventilu vpuštěna voda do redukčního ventilu, kuličkového uzávěru, nádoby a sestavy. Vodní pára ze sestavy proudí do ohniště a zpětně působí tlakem vody v potrubí na sloupec vzduchu v nádobě a na kuličkový uzávěr, který uzavře přítok vody. Tlak vzduchu působí vodou v potrubí do sestavy, ze které vodní pára proudí do ohniště, tím intenzifikuje spalovací proces. Když tlak klesne, otevře se kuličkový uzávěr, který doplní potřebné množství vody. Tyto cykly se opakují až do ukončení intenzifikace uzavřením přítoku vody z nádrže. Teplota ohniště se udržuje přidáváním paliva a nastavením škrtecí klapky primárního vzduchu do topeniště. Celá soustava je znázorněna na obr. 2.



Obr. 2 Blokové schéma zařízení

Nádrž s vodou – měla by být umístěna alespoň nejméně 50 cm nad spalovacím kotlem, aby voda měla dostatečný tlak působící do trysek. Voda použitá v nádrži by neměla obsahovat minerály, tudíž by neměla být tzv. „tvrdá“. Docházelo by totiž k zanášení trysek a přívodních hadiček a to by vedlo ke snížení životnosti celého zařízení. Proto se doporučuje používat destilovanou vodu, demi vodu či převařenou a filtrovanou dešťovou vodu. Nádrž s vodou by měla mít objem nejméně 1l. Nádrž s vodou je znázorněna na obr. 3.

Manuální regulace – v manuální regulaci ovládáme Hlavní ventil, který otevíráme po dosažení určité výstupní teploty kotle, v našem případě při 70°C. Ventil uzavíráme, pakliže

výstupní teplota klesne na hodnotu 60°C. Tato regulace se díky ustavičnému hlídání projevuje menší neefektivností. Manuální regulace je zobrazena na *obr. 4*. Pan Fejfar tuto regulaci dosud používá, proto nás požádal, abychom mu v rámci tohoto projektu pomohli navrhnout a realizovat automatickou regulaci.

Automatická regulace – automatická regulace nám nahrazuje hlavní ventil znázorněný na *obr. 4*. Zbytek zařízení zůstává stejný. V automatické regulaci nám poslouží jako čidlo termistor s negativní závislostí – zvýší-li se teplota, odpor klesne. Termistor R2 je zapojen ve Wheatstoneově můstku a signály z něj jsou vyhodnocovány pomocí operačního zesilovače UA741 (dále jen OZ) zapojeném jako komparátor s hysterezí. Na výstupu OZ je zapojen bipolární NPN tranzistor BC337. Emitor je uzemněn a na kolektor je připojeno relé spínající elektromagnetický ventil, indikační LED dioda svítící při sepnutém relé a dioda 1N4007 v opačném směru, než protéká proud cívku slouží ke zkratování velkých indukovaných napětí při vypnutí cívky.

Celá regulace funguje následovně: zvýší-li se teplota termistoru R2 na hodnotu nastavenou trimrem R1 (u nás 70°C), komparátor signál vyhodnotí a na jeho výstupu se zvýší napětí, to přes dva odpory otevře tranzistor, ten sepne relé a rozsvítí LED diodu. Poklesne-li poté teplota na termistoru R2 pod hranici stanovenou trimrem R7 (60°C), zvýší se odpor termistoru, komparátor vyhodnotí signál a na jeho výstupu poklesne napětí. To téměř uzavře tranzistor, relé rozezne kontakty a LED dioda zhasne. Elektronické schéma automatické regulace je zobrazeno na *obr. 6*.

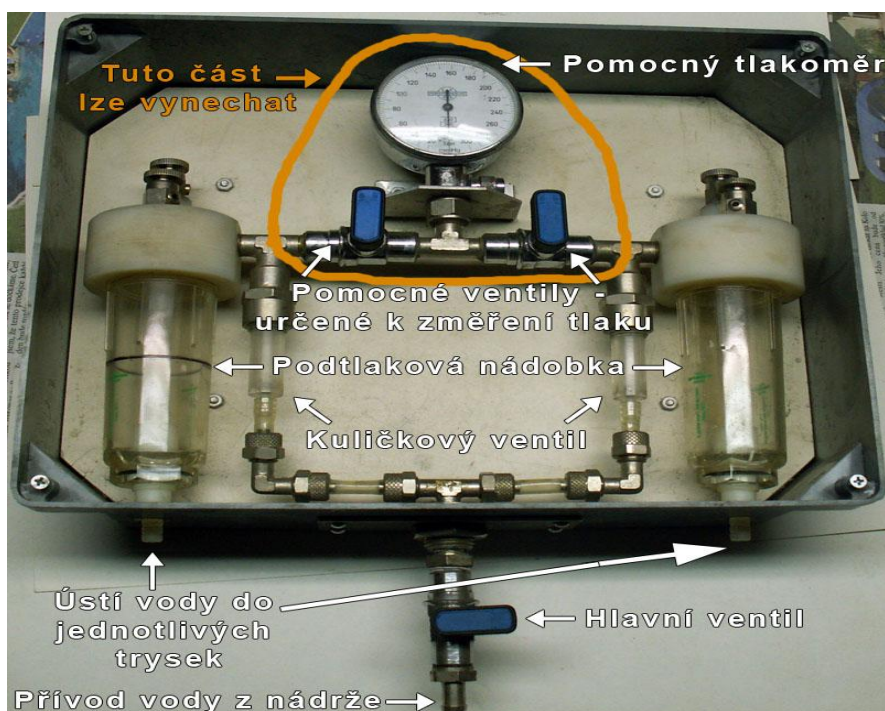
Realizace automatické regulace: Nejdříve bylo nutné vymyslet vhodné schéma. S tím nám pomohl pan profesor Ing. Malý. Když bylo schéma navrženo přišel na řadu první test v kontaktním poli. Schéma je zobrazeno na *obr. 6*. Jelikož test byl úspěšný, mohli jsme přistoupit k návrhu plošného spoje. Návrh plošného spoje probíhal v programu Sprint-Layout 5.0. Po návrhu tištěného spoje jsme na cuprexitovou destičku nechali vyfrézovat celé schéma novou CNC frézou, která byla do naší školy pořízena. Po vyfrézování jsme plošný spoj osadili našimi součástkami. Foto vyfrézovaného a osazeného spoje si můžete prohlédnout na *obr. příloha/ 1, obr. příloha/ 2*. Dále následoval další test, který také proběhl úspěšně. Proto jsme celé zařízení přidělali do vhodně zvolené plastové krabičky. Celá regulace může vypadat například takto: *obr. 6*.

Trysky umístěné v kotli – jsou zhotoveny ze žáruvzdorné, nerezové oceli. Aby bylo jejich využití nejefektivnější, musí být umístěny proti směru plamenů vycházejících z ohniště kotle, a to v bezprostřední vzdálenosti. Do trysek je přiváděna voda ve směru modré šipky na *obr. 7* z nádrže ohřátá na teplotu místnosti. Množství přiváděné vody reguluje výše zmíněná manuální/automatická regulace. Vnitřek trysek by se dal přirovnat k bludišti (na *obr. příloha/ 3* se můžete podívat, jak vypadá rozložená tryska), které slouží k postupnému ohřívání vody na teplotu, při které dochází k rozkladu vody na **vodní plyn**. Do rozehřáté trysky přitéká voda

(modrá), která se vlivem vysoké teploty mění na páru (žlutá až oranžová). V oranžovo-červené části již vzniká vodní plyn. Vodík se v zakončení trysky vznítí (červené šipky). Tím se teplota ohniště rapidně zvýší. Celý proces se neustále periodicky opakuje, takže po dohoření v kotli nezbude žádná přebytečná voda. Tento efekt nazýváme **intenzifikace spalovacího procesu**. Na *obr. 7* můžete vidět, jak postupný ohřev vody vypadá a na *obr. příloha/ 4* je znázorněna rozžhavená tryska.



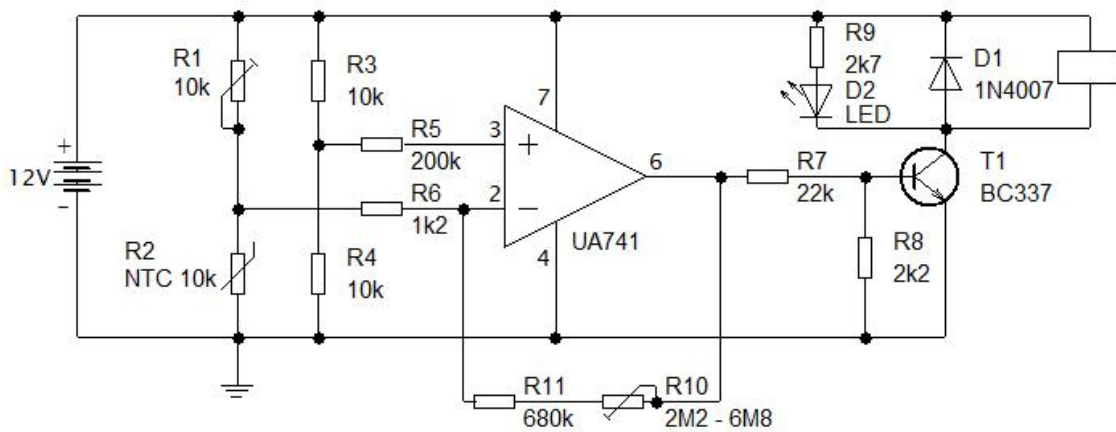
Obr. 3 Nádrž s vodou



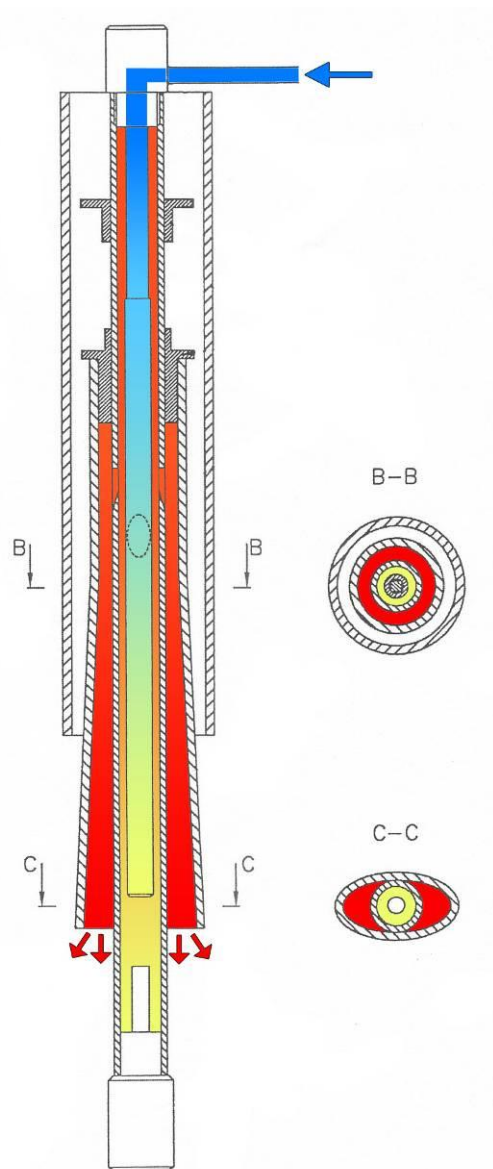
Obr. 4 Manuální regulace



Obr. 5 Námi zhotovená automatická regulace



Obr. 6 Schéma automatické regulace



Obr. 7 Tryska - znázornění přeměny vody na Vodní plyn

3) Zařízení z ekologického hlediska

Toto zařízení bylo testováno odbornou firmou pouze jedenkrát a to ve městě Most. Při tomto měření, za ne úplně ideálních podmínek, byla potvrzena skvělá úspora při spalování uhlí až 30%. Při domácím testování byla zjištěna úspora dřevěného paliva až 40%. Úspora by mohla být ještě mnohem větší, ale při vytápění domu jsme limitováni pouze vodou v oběhu radiátorů. Když se voda ohřála na teplotu 90°C, byli jsme nuceni zařízení vypnout! Pan Ota Fejfar má zakoupený starší kotel, jehož výkon by měl stačit pouze k vytopení přízemí jeho domu. On s ním však díky tomuto zařízení vytápí celý svůj dům a ještě ohřívá vodu ve dvou bojlerech o objemu 120 a 80 litrů. Ve všech místnostech jeho domu je teplota vyšší než 25°C, nepočítáme verandu a garáž ve kterých jsou buď velmi malé, nebo nejsou vůbec radiátory. V některých místnostech jeho domu, jako je třeba koupelna, se teplota vyšplhá až ke 29°C.

Tyto hodnoty byly měřeny po 60 minutách od ranního roztopení. Tudíž lze předpokládat, že teplota v místnostech se určitě nebude snižovat, spíš ještě poroste. Spotřeba vody je opravdu zanedbatelná 19 ml / 1 hodina. Na obr. 8 můžete porovnat náklady bez zařízení a náklady se zařízením, zeleně zvýrazněná jsou paliva, se kterými se náklady spojené s topením na rok dostanou až pod 10 000 Kč. Někteří by se mohli mylně domnívat, že se v kotli bude usazovat voda, tvořit se dehet a jiné škodlivé látky. To ovšem není pravda, při topení dřevem v kotli zbude jen trocha práškového popela, jinak vše shoří. Topení dřevem je velmi ekologické, nevznikají při něm totiž žádné škodlivé látky pouze neškodný a potřebný CO₂ = oxid uhličitý. Topení uhlím je méně ekologické. Jelikož při něm vzniká kromě CO₂ i SO₂ = oxid siřičitý. SO₂ se v atmosféře sloučí s vodní párou a vzniká tak H₂SO₃ = kyselina siřičitá, která poté dopadá na zem ve formě kyselých dešťů. Dále také uhlí obsahuje mnoho stopových nebezpečných prvků včetně As = arsenu a Hg = rtuti, které jsou nebezpečné, pokud se dostanou do ovzduší. Toto je již otázka topení uhlím, ne našeho zařízení. Naše zařízení díky intenzifikaci šetří 30 - 40% emisí produkovaných kotlem, tudíž je velmi ekologické.

Náklady na vytápění Výpočtová spotřeba tepla = 80 GJ						S zařízením k intenzifikaci spalovacího procesu		
Druh paliva (Výhřevnost) (Volba tarifu)	Cena paliva v Kč	Spalovací zařízení (Průměrná účinnost v %) <input type="checkbox"/> zadat vlastní účinnost	Cena tepla <input type="radio"/> Kč/GJ <input checked="" type="radio"/> Kč/kWh	Spotřeba paliva / rok	Náklady na vytápění Kč / rok	Úspora [%]	Úspora paliva	Náklady / rok
<input checked="" type="checkbox"/> Hnědé uhlí (18 MJ/kg) ceny a dodavatelé	2,50 /kg	Klasický kotel na uhlí (55%)	0,91	8081 kg	20202,-	30%	2424 kg	14 141,75 Kč
<input checked="" type="checkbox"/> Černé uhlí (23,1 MJ/kg) ceny a dodavatelé	4,00 /kg	Klasický kotel na uhlí (55%)	1,13	6297 kg	25187,-	30%	1889 kg	17 631,60 Kč
<input checked="" type="checkbox"/> Koks (27,5 MJ/kg)	7,50 /kg	Klasický kotel na koks (62%)	1,58	4692 kg	35191,-	30%	1408 kg	24 633,00 Kč
<input checked="" type="checkbox"/> Dřevo (14,6 MJ/kg)	1,90 /kg	Kotel na zplynování dřeva (75%)	0,62	7306 kg	13881,-	40%	2922 kg	8 328,84 Kč
<input checked="" type="checkbox"/> Dřevěné brikety (17,5 MJ/kg)	4,00 /kg	Kotel na zplynování dřeva (75%)	1,1	6095 kg	24381,-	38%	2316 kg	15 115,60 Kč
<input checked="" type="checkbox"/> Dřevěné pelety (18,5 MJ/kg) ceny	4,30 /kg	Kotel na dřevěné pelety (85%)	0,98	5087 kg	21876,-	38%	1933 kg	13 561,94 Kč
<input checked="" type="checkbox"/> Štěpka (12,5 MJ/kg)	2,00 /kg	Kotel na štěpku (80%)	0,72	8000 kg	16000,-	38%	3040 kg	9 920,00 Kč
<input type="checkbox"/> Rostlinné pelety (16 MJ/kg)	2,80 /kg	Automatický kotel na pelety (90%)	0,7	5556 kg	15556,-	38%	2111 kg	9 645,22 Kč
<input checked="" type="checkbox"/> Obilí (18 MJ/kg)	3,20 /kg	Automatický kotel (85%)	0,75	5229 kg	16732,-	38%	1987 kg	10 374,34 Kč
<input checked="" type="checkbox"/> Zemní plyn (spalné teplo 37,82 MJ/m ³) ceny Dodavatel: Středočeská plynárenská, a.s. Spotřeba plynu: 9450 - 15000 kWh /rok	1,21988 /kWh vztahena ke spalnému teplu ??? 12,82 Kč/m ³ + 229,41 Kč/měsíc	Kotel běžný (89%) účinnost je vztahena k výhřevnosti ZP ???	1,65	27721 kWh 2640 m ³	36584,-	---	---	---
<input checked="" type="checkbox"/> Propan (46,4 MJ/kg) ceny a dodavatelé	21 /kg	Kotel běžný (89%)	1,83	1937 kg	40682,-	---	---	---
<input checked="" type="checkbox"/> Lehký topný olej ELTO (42 MJ/kg) ceny	18,5 /kg	Kotel na lehký topný olej (89%)	1,78	2140 kg	39593,-	---	---	---
<input checked="" type="checkbox"/> Elektřina akumulace ceny a tarify ??? D26d jistič nad 3x25 A do 3x32 A včetně	400 Kč/měsíc + NT: 1,9675 /kWh	S akumulací nádrží (93%)	2,33	23895 kWh	51813,-	---	---	---
<input checked="" type="checkbox"/> Elektřina přímotop ceny a tarify ??? D45d jistič nad 3x20 A do 3x25 A včetně	355 Kč/měsíc + NT: 2,59344 /kWh	Přímotopné panely (98%)	2,84	22676 kWh	63068,-	---	---	---
<input checked="" type="checkbox"/> Tepelné čerpadlo ceny a tarify ??? D56d jistič nad 3x16 A do 3x20 A včetně	295 Kč/měsíc + NT: 2,59344 /kWh	Průměrný roční topný faktor: 3	1,02	7407 kWh	22751,-	---	---	---
<input checked="" type="checkbox"/> Centrální zásobování teplem ceny	400 /GJ ???	účinnost (98%)	1,47	82 GJ	32653,-	---	---	---

Obr. 8 Tabulka spotřeby paliv

4) Závěr a poděkování

Na závěr bychom měli zmínit, že náklady na výrobu jednoho zařízení nejsou nijak vysoké. S automatickou regulací se vyšplhají maximálně na 9 000 Kč. Kdyby se ovšem zařízení vyrábělo sériově, náklady by určitě klesly. Také bychom měli zmínit, že pan Ota Fejfar je majitelem užitého vzoru na toto zařízení, zapsaného na Úřadu průmyslového vlastnictví ČR. Chtěli bychom mu velmi poděkovat za to, že nám propůjčil veškeré podklady spojené s tímto zařízením, ukázal nám, jak zařízení funguje a spolupracoval s námi při tvorbě této práce. Dále bychom rádi poděkovali panu profesoru Ing. Malému, který nám umožnil na tomto projektu pracovat a pomohl nám s automatickou regulací. Doufáme, že se díky naší práci s tímto zařízením seznámí více lidí, kteří budou nejen šetřit své peníze, ale především budou pomáhat životnímu prostředí.

Čestné prohlášení

Tímto prohlašujeme, že jsme tuto práci vypracovali sami a že informace uvedené v tomto dokumentu jsou pravdivé. Spolupracovali jsme pouze s vynálezcem tohoto zařízení panem Otou Fejfarem.

Zdroje

- Malá encyklopedie chemie, SNTL, Ing. Jaroslav Bína a kol., Praha 1976
- Spalování paliv a hořlavých odpadů v ohništích průmyslových kotlů, SNTL, Ing. Miroslav Rybín, Praha 1958
- <http://www.tzb-info.cz/t.py?t=16&i=269> - tabulka nákladů na vytápění

Obsah

1) Úvodem	1
Vodní plyn	1
2) Popis zařízení	2
Nádrž s vodou	3
Manuální regulace.....	3
Automatická regulace	4
Trysky umístěné v kotli	4
3) Zařízení z ekologického hlediska	7
4) Závěr a poděkování	9
Zdroje.....	9
Prohlášení.....	9



Středoškolská technika 2009

**Setkání a prezentace prací
středoškolských studentů na ČVUT**

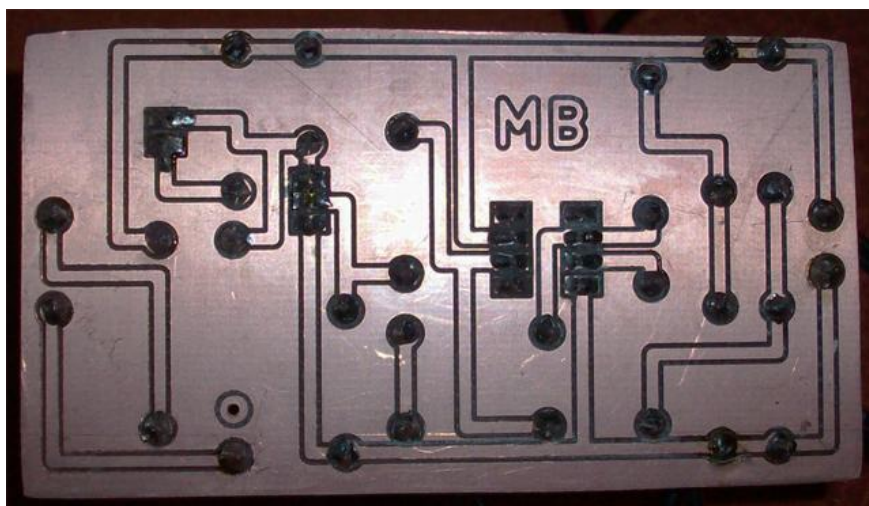
EKOLOGICKÁ INTENZIFIKACE SPALOVACÍHO PROCESU OBRÁZKOVÁ PŘÍLOHA

Martin Bumba, Jan Trutnovský

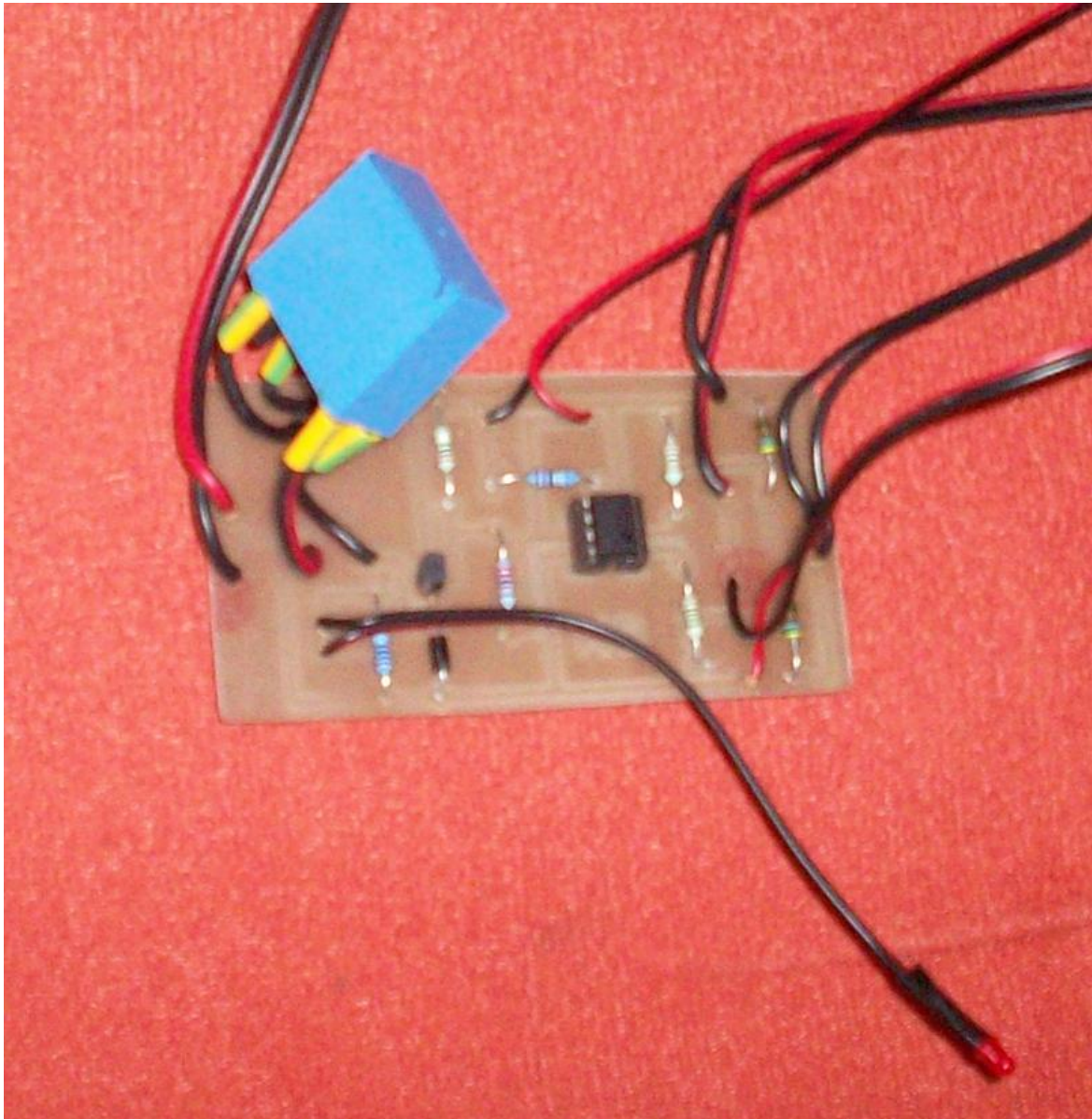
Integrovaná střední škola
Kumburská 846, Nová Paka

Abstrakt: Máte spalovací kotel a chcete chránit životní prostředí a zároveň ušetřit? Nyní je to možné díky zařízení na intenzifikaci spalovacího procesu! Toto zařízení lze zabudovat na jakýkoliv spalovací kotel a s jeho pomocí je možné ušetřit až 40% paliva.

Klíčová slova: intenzifikace, úspora, ekologie, spalování, kotel.



Obr. příloha/ 1 Vyfrézovaný a osazený tištěný spoj (strana spojů)



Obr. příloha/ 2 Vyfrézovaný a osazený tištěný spoj (strana součástek)



Obr. příloha/ 3 Fotografie rozložené trysky



Obr. příloha/ 4 Fotografie rozžhavené trysky vyndané z kotle, po cca. 40 minutách spalování (teplota trysky je přibližně 1200°C)



Obr. příloha/ 5 Ukázka správného spalování pelet v kotli pana Fejara



Obr. příloha/ 6 Vypouštění emisí z komína pana Fejfara, na obrázku je vidět, že z komína nejsou vypouštěny žádné škodlivé látky