

## ÚPRAVA VÝSTUPU DREVNÉHO PLYNU ZO SPLYŇOVACIEHO GENERÁTORA MODELOVANÍM PRÚDENIA VO VRSTVE KUSOVÉHO MATERIÁLU

Gustáv Jablonský, Augustín Varga, Zsolt Vaszi

Gustáv Jablonský, Katedra pecí a teplotníky, Letná 9, Košice, gustav.jablonsky@tuke.sk

*Splyňovanie drevnej biomasy sa podieľa na výrobe tepla a elektriny najmä v energeticky výhodnom kogeneračnom systéme výroby energií. Zvládnutie technológie splyňovania nezahŕňa len správne navrhnutá geometria reaktora, ale aj vhodné zvolenie vstupných otvorov na vsádzkovanie paliva, splyňovacieho vzduchu a výstupných otvorov na odvod vyrobeného drevného plynu a zostatkového popola. Práca sa zaoberá modelovaním prúdenia vo vrstve kusového materiálu, ktorá slúži pre voľbu najvhodnejšieho umiestnenia otvoru na výstup produkovaného drevného plynu.*

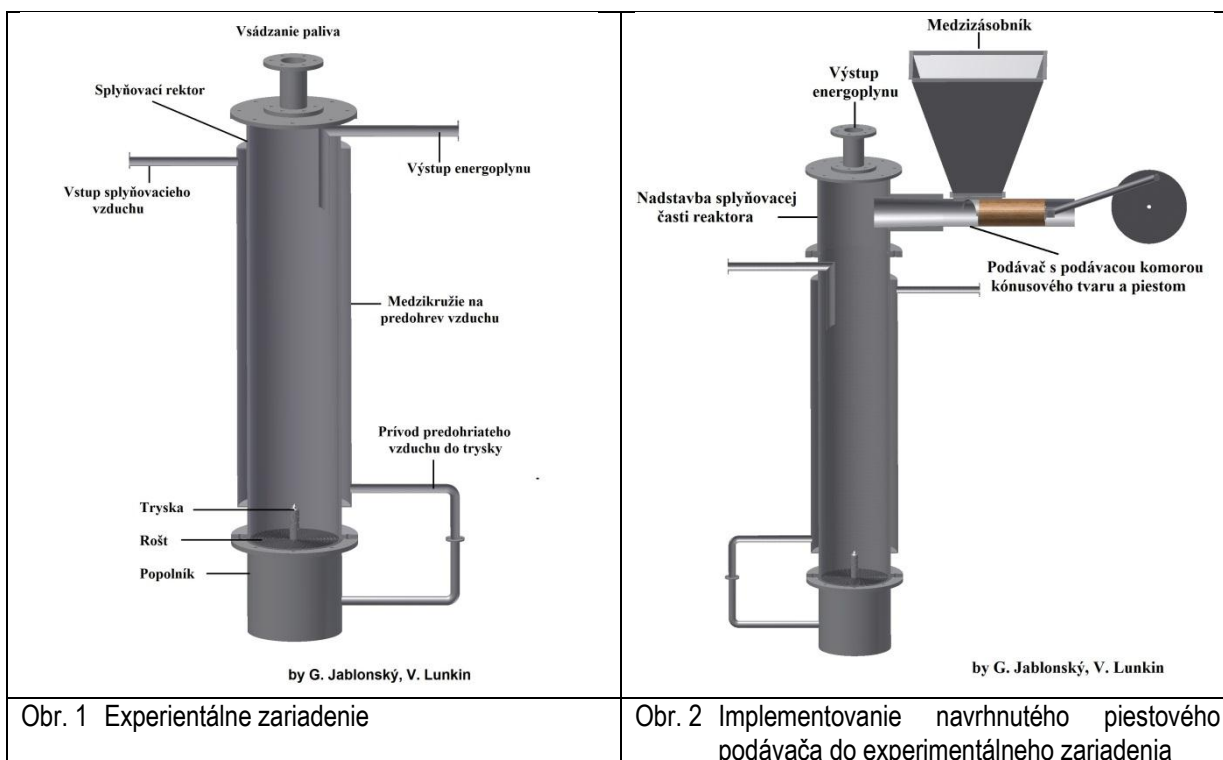
Klíčovú slova: modelovanie, splyňovací reaktor, kusový materiál

### ÚVOD

Pri navrhovaní splyňovacieho reaktora s pevným lôžkom sa vychádza z umiestnením vsádzacieho otvoru v stropnej časti reaktora. Následne sa definuje otvor pre výstup produkovaného plynu z boku vo vrchnej časti reaktora. Takto definované vstupné a výstupné otvory sú vhodné najmä z dôvodu jednoduchosti ich prevedenia. Na zostrojenom experimentálnom zariadení však takéto prevedenie malo nepriaznivý účinok na únik produkovaného plynu cez vsádzacie zariadenie. Zostrojil sa preto podávač drevnej štiepky, ktorý bol založený na princípe piestového podávania z boku a vytvoril tak možnosť pre úpravu otvoru pre výstup produkovaného plynu.

### EXPERIMENTÁLNE ZARIADENIE NA SPLYŇOVANIE DREVNEJ ŠTIEPKY

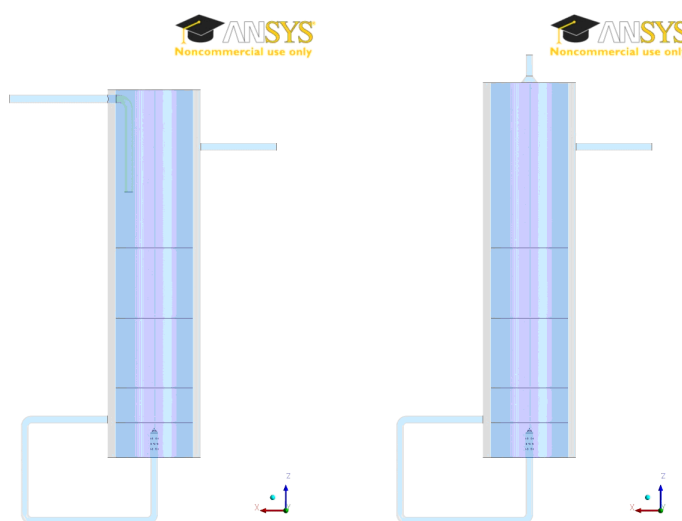
Splyňovací reaktor pracujúci v protiprúdnom systéme s pevným lôžkom slúži na termický rozklad drevnej štiepky za vzniku drevného plynu o výhrevnosti približne  $4,5 \text{ MJ/m}^3$ . Takéto experimentálne zariadenie je znázornené na obr. 1. Pri počiatkových skúškach však dochádzalo k úniku produkovaného plynu cez vsádzací otvor, kde systém podávania bol riešený cez dvojicu guľových uzáverov. Tento problém sa čiastočne odstránil navrhnutím piestového podávateľa s bočným vstupným otvorom, tak ako je to znázornené na obr. 2.



Ani novonavrnutý systém na podávanie drevnej štiepky úplne neobmedzil únik produkovaného plynu. Preto sa následne pristúpilo k ďalšiemu riešeniu a uzavrertiu podávacieho systému medzizásobníkom a zásbníkom. Takéto riešenie prispelo k odstráneniu úniku produkovaného plynu.

### MODELOVANIE PRÚDENIA VO VRSTVE KUSOVÉHO MATERIÁLU

Po odstránení problémov s únikom produkovaného plynu sa pristúpilo k úprave odvodu na stropný, čím sme sa snažili znížiť odpor kladený plynu na výstupne z reaktora. Samozrejmosťou však bolo preveriť vplyv oboch alternatív na výstupe plynu pri prúdení plynného média reaktorom. Rozhodli sme sa simulovať prúdenie v reaktore. Vstupnými parametrami pre modelovanie boli údaje získané pri experimentálnych meraniach. Podmienkami pri prevedených simuláciách bola výška vrstvy kusového materiálu 0,6 m, priemer zrn 0,01-0,02 m. Pri simuláciách sa neuvažovalo so zmenou objemu plynného média modelovaním splyňovacieho procesu. Objemový tok plynného média bolo definovaný ako objemový tok splyňovacieho média (vzduchu), použitý pri konkrétnych experimentálnych meraniach. Reaktor bol rozdelený do 5 zón, pričom pre 4 zóny (od dna ku stropu) boli definované teplotou vrstvy pri experimentoch. 5. zóna sa nachádza nad vrstvom vsádzky resp. vrstvou kusového materiálu, tak jako to je na obr. 3.



Obr. 3 Geometria splyňovača s príslušným odvodom

Prvé dve vrstvy majú definovanú výšku po 0,1 m, 3. a 4. vrstva majú výšku po 0,2 m. Na obr. 3 je znázornená geometria reaktora s príslušným odvodom plynného média. Vzdušné plynné médium je privádzané medzikružím, pričom v spodnej časti z neho vystupuje a opäť vstupuje do reaktora cez trasku nad roštom. Pri modelovaní sa použil software Ansys, kde pre prúdenie v poréznej vrstve sa vychádzalo zo vzťahu:

$$\frac{\partial(\gamma\alpha_q\rho_q\phi_q)}{\partial t} + \nabla \cdot (\gamma\alpha_q\rho_q\vec{v}_q\phi_q) = \nabla \cdot (\gamma\Gamma_q\nabla\phi_q) + \gamma S_{\phi,q} \quad (1).$$

Pre riešenie rovnice kontinuity sa využil vzťah:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\gamma\alpha_q\rho_q) + \nabla \cdot (\gamma\alpha_q\rho_q\vec{v}_q) = \gamma \sum_{p=1}^n (\dot{m}_{pq} - \dot{m}_{qp}) + \gamma S_q \quad (2).$$

Riešenie hybnosti:

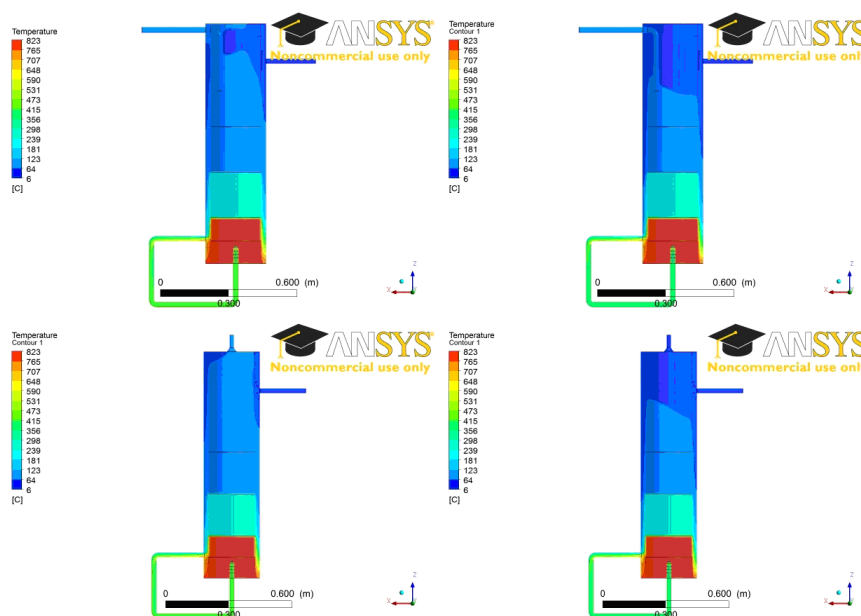
$$\frac{\partial}{\partial t}(\gamma\alpha_q\rho_q\vec{v}_q) + \nabla \cdot (\gamma\alpha_q\rho_q\vec{v}_q\vec{v}_q) = -\gamma\alpha_q\nabla p + \nabla \cdot (\gamma\vec{\tau}_q) + \gamma\alpha_q\rho_q\vec{g} + \gamma \sum_{p=1}^n (\vec{R}_{pq} + \dot{m}_{pq}\vec{v}_{pq} - \dot{m}_{qp}\vec{v}_{qp}) + \gamma(\vec{F}_q + \vec{F}_{lift,q} + \vec{F}_{vm,q}) + \alpha_q \left( \frac{\mu}{K} + \frac{C_{2\rho}}{2} |\vec{v}_q| \right) \vec{v}_q \quad (3).$$

Na výpočet tepelných dejov z hľadiska prúdenia vo vrstve kusového materiálu:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\gamma\alpha_q\rho_q h_q) + \nabla \cdot (\gamma\alpha_q\rho_q\vec{v}_q h_q) = -\gamma\alpha_q \frac{\partial p_q}{\partial t} + \gamma\vec{\tau}_q \nabla \vec{v}_q - \nabla \cdot (\gamma\vec{q}_q) + \gamma S_q + \gamma \sum_{p=1}^n (Q_{pq} + \dot{m}_{pq}h_{pq} - \dot{m}_{qp}h_{qp}) + Q_{sp} \quad (4). [1]$$

### VÝSLEDKY MATEMATICKÉHO MODELOVANIA

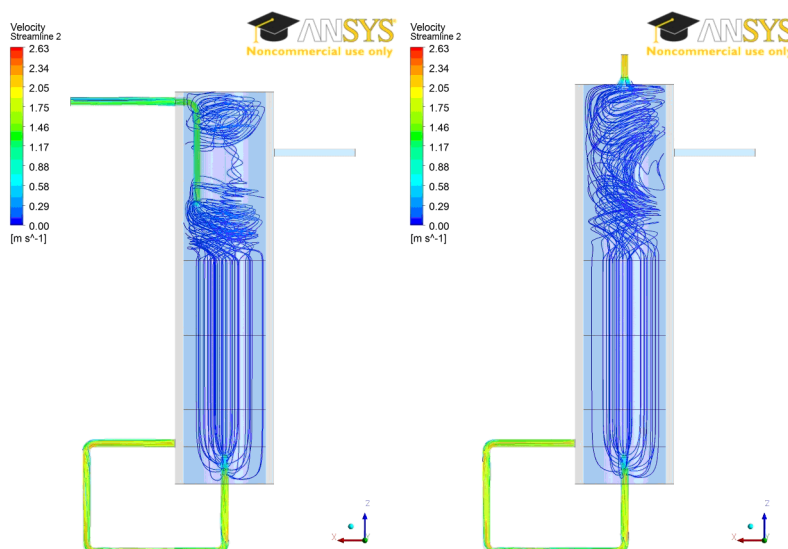
Modelovanie vychádza z dvoch vybraných experimentálnych meraní pri objemovom toku 2,8 a 3,5 m<sup>3</sup>/h. Výsledok simulácie sa vzťahoval na rozloženie teplotového pola po výške reaktora, tak jako to znázorňuje obr. 4.



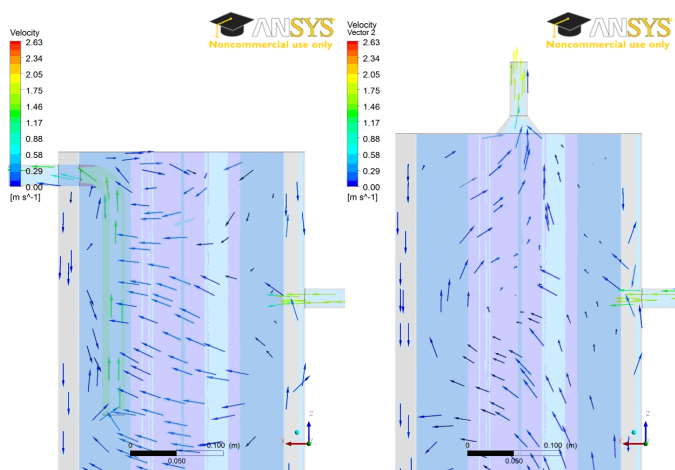
Teplotové pole po výške reaktora pre dve rôzne objemové toky vzduchu a príslušné odvody z reaktora

Z obrázka vyplýva, že umiestnenie odvodu vzduchu nemá významný vplyv na rozloženie teplôt, avšak treba vziať do úvahy, že prevedené modelovanie je pri fixne definovaných teplotách vrstiev bez reakčného modelu.

Na druhej strane však pri modelovaní rýchlostného profilu pri objemovom toku 3,5 m<sup>3</sup>/h vzduchu vyplýva, že dochádza k výraznejšiemu vyplneniu priestoru, vid' obr. 5 a 6.



Obr. 4 Porovnanie rýchlostí pri objemovom toku  $3,5 \text{ m}^3/\text{h}$  vzduchu pre obe variant výstupu plynu



Obr. 5 Vektory rýchlosti pri objemovom toku  $3,5 \text{ m}^3/\text{h}$  vzduchu pre oba varianty výstupu

## ZÁVER

Na základe výsledkov matematického modelovania prúdenia vzduchu cez vrstvu kusovej vsádzky v reaktore sa dá zvoliť vhodnejší odvod produkovaného plynu. Okrem zabezpečenia rovnomernejšieho rozloženia teplôt po priereze môže dôjsť k eliminácii vzniku miest s lokálne nízkymi teplotami v ktorých by následne dochádzalo ku kondenzácii kvapalných produktov v reaktore.

## POĎAKOVANIE

„Tento príspevok vznikol vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a vývoj pre projekt: Centrum výskumu účinnosti integrácie kombinovaných systémov obnoviteľných zdrojov energií, s kódom ITMS: 26220220064, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.“

## POUŽITÁ LITERATURA

[1] Fluent Users guide, Tutorial guide, Fluent Incorporated, Lebanon, 1993