

## Záverečná karta projektu

Názov projektu Evidenčné číslo projektu **APVV-0788-11**

**Zvýšenie účinnosti rekuperácie tepla v papierenskom priemysle**

Zodpovedný riešiteľ **Ing. Jozef Balberčák**

Príjemca **Výskumný ústav papiera a celulózy, a.s.**

### Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

1. Výskumný ústav papiera a celulózy, a.s. v Bratislave
2. Ludoprint, a.s. Bobot
3. Technická univerzita Graz
4. Papcel, a.s. Litovel
5. Metsä Tissue Krapkowice, s.r.o.

### Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

1. Technická univerzita Graz, Rakúska republika
2. Papcel, a.s. Litovel, Česká republika
3. Metsä Tissue Krapkowice, s.r.o., Poľská republika

### Udelené patenty/podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory, ktoré sú výsledkami projektu

- 1.
- 2.
- 3.

### Najvýznamnejšie publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce výsledky projektu – uveďte aj publikácie prijaté do tlače

1. Pažitný, A., Boháček, Š., Balberčák, J., Černá, K., Bottová, V., Schwartz, J., Kasajová, M., Kuňa, V., Mackovič, J.: Využitie moderných rekuperačných výmenníkov tepla v papierenskom priemysle a návrh prototypu špirálového rekuperačného výmenníka tepla. Zborník výskumných prác VÚPC, a.s., Výskumná správa 3198 (2012).
2. Pažitný, A., Boháček, Š., Medo, P.: Vývoj nových technológií umožňujúcich rekuperáciu tepla a ich aplikácia v papierenskom priemysle. ENERGETIKA, 63 (8-9): 481-483 (2013), ISSN 0375-8842.
3. Pažitný, A., Boháček, Š., Balberčák, J.: Znižovanie energetickej náročnosti v papierenskom priemysle. Zborník zo záverečnej konferencie projektu EU HUSK 1001/2.5.2/0025. S. 29-32 (Bratislava, Slovenská republika, 29. apríla 2014). ISBN 978-80-971589-7-2.

4. Pažitný, A., Boháček, Š., Medo, P., Balberčák, J.: Application of innovative heat recovery unit in paper industry with potential utilization in wood-processing and furniture industry. Wood Research 60 (1): 101-112 (2015), ISSN 1336-4561.
5. Pažitný, A., Boháček, Š., Medo, P., Balberčák, J.: Optimalizácia spotreby energie poloprevádzkového papierenského stroja aplikáciou moderného výmenníka tepla. ENERGETIKA, 65 (8-9): 450-454 (2015), ISSN 0375-8842.

### **Uplatnenie výsledkov projektu**

Výsledky projektu majú uplatnenie pri výrobe papiera a sú využiteľné pre papierenské podniky, ktoré plánujú znížiť spotrebu tepla v procese sušenia papiera zavedením vysokoúčinnnej rekuperácie tepla. V rámci projektu boli vyvinuté dva softvéry PARAMET a RECEFF, ktoré sú po zavedení optimálneho protiprúdneho rekuperátora tepla na báze špirály aplikovateľné v predikcii účinnosti rekuperácie tepla, ktorá závisí od vlastností teplovýmenných médií. V technológii sušenia papiera je teplovýmenným médiom zmes suchého vzduchu a vodnej pary. Základné merateľné termodynamické parametre tejto zmesi, s ktorými operujú obidva softvéry, sú relatívna vlhkosť, teplota a atmosférický tlak. Pri známej rýchlosti prúdenia vzduchu, zadaných parametroch potrubia a hmotnostnom prietoku kondenzátu možno softvérom RECEFF vypočítať aktuálnu hodnotu účinnosti rekuperácie tepla. Významné uplatnenie v praxi papierenských podnikov majú takisto dva návrhy optimálnych rekuperátorov. Prvý z rekuperátorov má navrhované vonkajšie rozmery 2 m x 2,05 m x 2,05 m a je využiteľný v poloprevádzke na papierenskom stroji Výskumného ústavu papiera a celulózy a.s. Bratislava. Návrh vonkajších rozmerov rekuperátora využiteľného v prevádzke spoločnosti Ľudoprint a.s. Bobot je 3 m x 3,25 m x 3,25 m. Optimálny rekuperátor aplikovateľný v poloprevádzke dosahuje predikovanú účinnosť rekuperácie tepla v rozmedzí 90,6 % až 98,7 % a druhý typ optimálneho rekuperátora integrovateľného do prevádzky dosahuje predikovanú účinnosť rekuperácie tepla v rozsahu 84 % až 91,67 %. Prostredníctvom navrhnutých optimálnych rekuperátorov na báze špirály integrovaných do poloprevádzky, resp. prevádzky možno významne znížiť environmentálne dopady v dôsledku zníženej spotreby fosílnych palív.

### **CHARAKTERISTIKA VÝSLEDKOV**

#### **Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v slovenskom jazyku (max. 20 riadkov)**

Najvýznamnejšími výsledkami riešenia projektu sú dva návrhy optimálnych rekuperátorov, z ktorých prvý s navrhovanými rozmermi 2 m x 2,05 m x 2,05 m je vhodný pre použitie v poloprevádzkovej výrobe papiera Výskumného ústavu papiera a celulózy a.s. Bratislava a druhý s navrhovanými rozmermi 3 m x 3,25 m x 3,25 m je vhodný pre použitie v prevádzke spoločnosti Ľudoprint a.s. Bobot. Ďalšími dôležitými výsledkami sú dva softvéry - PARAMET a RECEFF, ktoré boli vyvinuté pre účely vypracovania modelu predikcie účinnosti rekuperátorov v závislosti od vlastností teplovýmenných médií. V prípade výroby papiera ako teplovýmenné médium bol využívaný teplý prúd vzduchu obohatený o vodnú paru, ktorý odchádzal spod krytu sušiacej časti papierenského stroja. Monitorovanými vlastnosťami teplovýmenného média boli termodynamické veličiny ako relatívna vlhkosť, teplota a atmosférický tlak, od ktorých výrazne závisí účinnosť rekuperácie tepla. Softvér RECEFF počíta účinnosť rekuperácie tepla z bázy uvedených termodynamických veličín a z konštantných parametrov ako sú rýchlosť prúdenia vzduchu, obsah prierezu potrubia na vstupe do rekuperátora a na výstupe z neho a hmotnostný prietok kondenzátu. Softvérom RECEFF boli počítané hodnoty účinnosti rekuperácie tepla v prípade obidvoch navrhovaných optimálnych rekuperátorov. Rekuperátor v poloprevádzkovej výrobe papiera dosahuje predikovanú účinnosť rekuperácie tepla v rozsahu od 90,6 % do 98,7 % a rekuperátor integrovateľný do prevádzky dosahuje predikovanú účinnosť rekuperácie tepla v rozsahu od 84 % do 91,67 %. Ciele projektu boli splnené, keďže bola dosiahnutá takmer dvojnásobná účinnosť rekuperácie tepla v porovnaní s klasickými rekuperátormi v papierenskom priemysle.

**Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v anglickom jazyku**  
(max. 20 riadkov)

The most significant results of the project implementation are two designs of optimal recuperation equipments. The first one with dimensions 2 m x 2,05 m x 2,05 m is suitable for utilization for pilot plant paper machine of Pulp and Paper Research Institute JSC in Bratislava and the second one with dimensions 3 m x 3,25 m x 3,25 m is suitable for utilization for industrial paper machine of Ľudoprint JSC in Bobot. The next important results are two software products - PARAMET and RECEFF which were developed in order to draw up the prediction model of efficiency of recuperators depending on the characteristics of heat exchange media. For production of paper, current of hot air enriched with water vapour leaving the drying cover of paper machine was utilized as a heat exchange medium. The monitored properties of heat exchange medium included the thermodynamic quantities such as relative humidity, temperature and atmospheric pressure on which the heat recovery efficiency greatly depends. The software RECEFF calculates heat recovery efficiency from the base of those thermodynamic quantities and from constant parameters such as velocity of airflow, cross section area of the pipe on input and output of recuperator and mass flow rate of condensate. The values of heat recovery efficiency of both designed optimal recuperators were calculated by software RECEFF. The recuperator for pilot plant paper machine reaches the predicted heat recovery efficiency ranging from 90,6 % to 98,7 % and industrial recuperator reaches the predicted heat recovery efficiency ranging from 84 % to 91,67 %. The project aims were met as heat recovery efficiency almost doubled in comparison with conventional recuperators in paper industry.

Svojím podpisom potvrdzujem, že údaje uvedené v záverečnej karte sú pravdivé a úplné a súhlasím s ich zverejnením.

**Zodpovedný riešiteľ**

Ing. Jozef Balberčák

V Bratislave 21. 01. 2016

**Štatutárny zástupca príjemcu**

Ing. Štefan Boháček, PhD.

V Bratislave 21. 01. 2016

.....  
podpis zodpovedného riešiteľa

.....  
podpis štatutárneho zástupcu príjemcu