

Prof. Ing. Pavel KIC, DrSc.,  
Ing. Petr PAVLÍČEK  
ČZU v Praze, Technická fakulta,  
katedra technologických zařízení  
staveb

# Regenerace tepla při větrání stájí pro hospodářská zvířata

## Heat Regeneration in Ventilation of Animal Houses

Recenzent  
prof. Ing. Karel Hemzal, CSc.

Stáje pro hospodářská zvířata se vyznačují velkou produkcí tepla uvnitř budovy a současně velkou potřebou intenzivního větrání. Vzhledem k vysoké prašnosti vnitřního prostředí nebylo uplatnění „klasických“ výměníků pro zpětné získávání tepla příliš úspěšné. V příspěvku jsou shrnuty výsledky experimentálních měření regeneračního výměníku s pevnou náplní, navrženého pro zemědělské objekty. Regenerační výměník byl vyroben z nekovových materiálů (CETRIS a CEMVIN). Hlavní parametry navrženého výměníku byly ověřovány laboratorními experimenty a zkouškami ve stájích pro drůbež a pro výkrm prasat.

**Klíčová slova:** regenerace tepla, účinnost, laboratorní měření, stáje pro hospodářská zvířata

Animal houses are buildings with high heat generation inside and integrated equipment for intensive ventilation. Because of the high dust concentration in animal houses, the “classical” heat recovery systems have not been successful in practice. This paper describes the results of experiments using regenerative heat exchangers with fixed-matrix of special construction suitable for agricultural purposes. The tested regenerative heat exchangers were constructed from non-metallic materials (CETRIS and CEMVIN). Main dimensions and parameters of regenerative heat exchangers were verified by experimental measurements in the laboratory, and also under real conditions in the animal houses at poultry and pig farms.

**Key words:** heat regeneration, efficiency, laboratory experiments, animal houses

## ÚVOD

K vytvoření optimálního mikroklimatu v objektech živočišné výroby, určené pro chov drůbeže (brojleři, kuřata, mladé slepice) nebo v některých objektech pro chov prasat, je v oblastech severní a střední Evropy v zimním a přechodném období nezbytné užití vytápění. Z ekonomického hlediska jsou však provozovatelé těchto objektů stále více nuceni snižovat potřebu energie.

Haly pro chov drůbeže a prasat jsou charakteristické vysokou prašností a vlhkostí. Systémy zpětného získávání tepla (ZZT) běžně užívané např. v průmyslu, které sice mají relativně velkou účinnost, ale také velkou citlivost na prach, se příliš v zemědělské praxi neosvědčily. Potřeba časté údržby a vysoká investiční náročnost velmi snižují možnost využití klasických rekuperačních a regeneračních výměníků v zemědělských objektech. Tento článek popisuje výsledky získané z ověřování jednoduchého regeneračního výměníku navrženého pro využití v objektech živočišné výroby.

## METODIKA MĚŘENÍ

### Laboratorní zařízení s regeneračním výměníkem

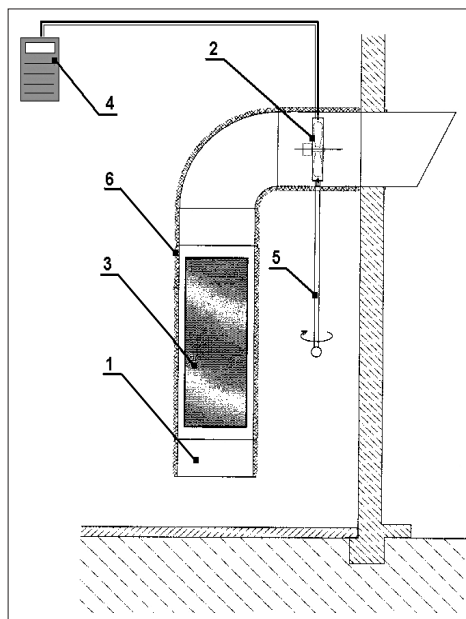
Laboratorní zařízení umožňuje měření v různých sestavách regeneračního výměníku a v různých pracovních režimech. Uspořádání experimentálního výměníku je na obr. 1 a 2. Tvoří jej axiální ventilátor HCGT/2-315 L s řídicí jednotkou otáček (frekvenční měnič) T-VERTER K1-402-M3 a s možností mechanické reverzace, tepelně izolovaný vzduchovod, akumulační desky regenerátoru, senzory na měření teploty a vlhkosti vzduchu, součinitele přestupu tepla, rychlosti proudění vzduchu, registrační měřící ústředna (THERM 5500-2, ALMEMO 2290-8) a PC.

Pro akumulaci tepla byly použity nekovové desky CETRIS (dřevo-cementová deska) v sestavě 20 desek o rozměrech 1250 x 475 x 8 mm a desky CEMVIN (vlákno-cementová deska) v sestavě 20 desek o rozměrech 1250 x 475 x 3 (alt. 5) mm.

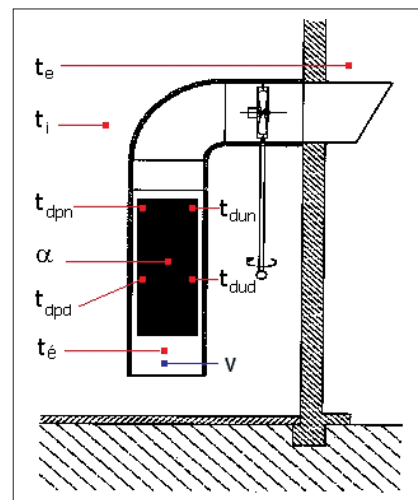
Regenerační výměník byl testován v několika pracovních režimech s mechanickou reverzací směru proudění v intervalech 60, 180, 300 s, při nastavení frekvence elektromotoru ventilátoru na 15, 25 a 50 Hz.

### Zařízení s regeneračním výměníkem testované v objektech živočišné výroby

Provoz zařízení s regeneračním výměníkem byl ověřován i v reálných podmínkách hal pro výkrm prasat a brojlerů. Teploty a vlhkosti byly měřeny



Obr. 1 Konstrukce laboratorního regeneračního výměníku  
1 – vzduchovod; 2 – ventilátor; 3 – desky; 4 – frekvenční měnič; 5 – páka pro reverzaci směru toku vzduchu; 6 – tepelná izolace (polystyren 20 mm)



Obr. 2 Schéma měřících míst a veličin  
 $t_e$  – teplota vstupujícího venkovního vzduchu do výměníku,  $t_e'$  – teplota vystupujícího vzduchu z výměníku,  $t_i$  – teplota interiéru,  $t_{dp1}$  – teplota desky na povrchu v horní části,  $t_{dp2}$  – teplota desky na povrchu v dolní části,  $t_{d1}$  – teplota desky uvnitř v horní části,  $t_{d2}$  – teplota desky uvnitř v dolní části,  $v$  – rychlost proudění vzduchu,  $\alpha$  – součinitel přestupu tepla

dlouhodobě přístroji COMET, okamžité teploty, vlhkosti a rychlosti přístrojem ALMEMO 2290-8 s příslušnými senzory.

Průtoky přiváděného  $V_e$  a odváděného  $V_i$  vzduchu do haly byly vypočteny z měřených rychlostí vzduchu a průřezů přívodních a odváděcích otvorů.

Termická účinnost [1], [2] regeneračního výměníku  $\eta_{RO}$  byla vypočtena z naměřených teplot venkovního  $t_e$ , přiváděného ohřátého venkovního  $t_{e'}$  a vnitřního vzduchu  $t_i$  pro příslušné průtoky vzduchu  $V_e$  a  $V_i$  podle vztahu

$$\eta_{RO} = \frac{V_e \cdot (t_{e'} - t_e)}{V_i \cdot (t_i - t_e)}$$

Tepelný tok získaný regenerací byl vypočten podle vztahu

$$Q_R = V_e \cdot \rho_a \cdot c_a \cdot (t_{e'} - t_e),$$

za zjednodušujícího předpokladu stejné hustoty a stejné měrné tepelné kapacity vstupujícího a vystupujícího vzduchu.

### Stáj pro výkrm prasat

Regenerační výměník byl ověřován v sekci pro ustájení 240 výkrmových prasat [3]. Větrací systém se skládal ze dvou regeneračních jednotek tvořených axiálními ventilátory a vertikálních větracích vzduchovodů o průřezu 800 x 800 mm. Tyto dva vzduchovody vedly z interiéru haly přes střechu do venkovního prostoru. Každá ventilační jednotka obsahovala regenerační náplň s 20 deskami CETRIS o rozměrech 1250 x 750 x 8 mm. Řízení provozu jednotek umožňovalo oboustranný směr toku vzduchu jednotkou a obě jednotky se střídaly v přívodu a odvodu vzduchu po dobu 300 s následující 30 s přestávkou. První ventilační jednotkou byl odváděn vzduch z interiéru haly ven za současného ohřevu desek jednotky a druhou jednotkou byl přiváděn čerstvý venkovní vzduch, který se ohřívá průchodem přes náplň desek. V druhém cyklu se směr proudění v jednotkách obrátil. Tento cyklus se pravidelně opakoval po celou dobu provozu jednotek.

### Hala pro výkrm brojerů

Budova pro výkrm 18 180 brojerů se skládala ze dvou stejných sekcí o rozměrech 67,95 x 15,60 m. V každé z těchto sekcí byly dva plynové topné hořáky o výkonu 70 kW. Do zkušební sekce byly nainstalovány 4 jednotky s regeneračními výměníky. Průtok vzduchu zajišťoval pro každou jednotku axiální ventilátor V 465 s automatickou regulací a s možností reverzace po 180 s. Náplň výměníku tvořilo 16 desek CETRIS o rozměrech 1200 x 750 x 8 mm. Výměník byl instalován horizontálně. Průřez plechového vzduchovodu byl 400 x 750 mm. Provozní režim byl shodný jako v hale pro výkrm prasat.

## VÝSLEDKY MĚŘENÍ

### Laboratorní měření

Dosažené účinnosti regeneračního výměníku  $\eta_{RO}$  pro různé doby cyklů a různé otáčky ventilátoru (různé průtoky vzduchu), s mechanickou reverzací, za použití desek CETRIS 8 mm a shodné toky vstupujícího a vystupujícího vzduchu ukazuje tabulka 1.

Tab. 1 Účinnost regeneračního výměníku  $\eta_{RO}$  s deskami CETRIS 8 mm

$V_e$ [m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	Cyklus [s]		
	60	180	300
0,30	0,381	0,353	0,333
0,39	0,362	0,317	0,288
0,61	0,291	0,244	0,230

Dosažené účinnosti regeneračního výměníku  $\eta_{RO}$  pro různé doby cyklů a různé otáčky ventilátoru (různé průtoky vzduchu), s mechanickou reverzací, za použití desek CEMVIN 3 mm a 5 mm shodné toky vstupujícího a vystupujícího vzduchu jsou shrnuty v tab. 2. a 3.

Tab. 2 Účinnost regeneračního výměníku  $\eta_{RO}$  s deskami CEMVIN 3 mm

$V_e$ [m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	Cyklus [s]		
	60	180	300
0,29	0,323	0,293	0,268
0,36	0,295	0,249	0,211
0,62	0,240	0,183	0,143

Tab. 3 Účinnost regeneračního výměníku  $\eta_{RO}$  s deskami CEMVIN 5 mm

$V_e$ [m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	Cyklus [s]		
	60	180	300
0,28	0,373	0,334	0,305
0,35	0,330	0,292	0,263
0,60	0,282	0,246	0,219

## MĚŘENÍ VE SKUTEČNÝCH PODMÍNKÁCH FARMY

### Stáj pro výkrm prasat

Účinnosti byly měřeny při dvou úrovních znečištění. První úroveň znečištění byla po částečném znečištění desek (cca 50% znečištění), druhá po dlouhém užívání výměníku (cca 14 měsíců) bez čistění (100% znečištění). Výsledky při různém druhu znečištění desek a různých průtocích vzduchu ukazuje tab. 4.

Tab. 4 Účinnost  $\eta_{RO}$  regeneračního výměníku ve stáji pro výkrm prasat

Úroveň znečištění [%]	$\eta_{RO}$ (-)	$Q_R$ (kW)
50	0,12	3,54
100	0,14	3,37

### Hala pro výkrm brojerů

Účinnost regeneračního výměníku při užití 8 nebo 16 desek CETRIS 8 mm v hale pro výkrm brojerů ukazuje tab. 5. První měření bylo při znečištění desek po dvou týdnech provozu a druhé po pěti týdnech provozu bez čistění.

Tab. 5 Účinnost  $\eta_{RO}$  regeneračního výměníku v hale pro výkrm brojerů

Doba provozu bez čistění výměníku [týdny]	$\eta_{RO}$	
	8 desek	16 desek
2	0,138	0,334
5	0,131	0,331

## ZÁVĚRY

Výsledky laboratorních experimentů s deskami CETRIS a CEMVIN ukázaly, že účinnost regeneračního výměníku klesá s prodloužením cyklu nabíjení a vybíjení akumulační náplně a s rostoucím tokem vzduchu procházejícího výměníkem.

Nejčastější dosahovaná účinnost testovaného výměníku v podmínkách výkrmu prasat při daném toku vzduchu byla přibližně 13 % a tepelný tok získaný regenerací byl přibližně 3,5 kW. Z výsledků je také zřejmé, že

dosahované účinnosti a získaný tepelný tok byly nezávislé na znečištění desek.

Nejčastější dosahovaná účinnost testovaného výměníku v podmínkách haly pro výkrm brojerů byla rovněž okolo 13 % při náplni s 8 deskami. Zvýšení počtu desek na 16 zvýšilo účinnost regenerace na 30 %. Doba potřeby vytápění byla 101 h v sekci s regeneračními výměníky a ve shodné kontrolní sekci bez regenerace trvala 198 h. Z výsledků je také zřejmé, že dosahované účinnosti byly nezávislé na znečištění desek. Dosažená úspora topného plynu za sledované období byla 1455 m<sup>3</sup>.

Měření prokázalo, že je možné dosáhnout nezanedbatelných úspor ZZT ověřovaným jednoduchým a levným regeneračním výměníkem. Účinnost regeneračního výměníku nebyla výrazně ovlivněna prašností. Experiment tím ukázal vhodnou oblast využití, zejména při srovnání s běžnými výměníky pro ZZT, neboť u objektů živočišné výroby (zvláště pro drůbež a prasata) nelze příliš zamezit prašnosti.

Zvýšení účinnosti výměníku by mohlo být částečně dosaženo zvýšením součinitele přestupu tepla, zvětšením aktivního povrchu desek a zvýšením jejich tepelné kapacity. Snižování časového intervalu přepínání má pozitivní vliv na zvyšování účinnosti regeneračního výměníku. Z praktického hlediska je však vždy nutné najít optimum časového intervalu přepínání

s ohledem na možnosti ventilátoru a pro dosažení stabilního procesu odvodu a přívodu vzduchu.

V době, kdy je nutné intenzivně větrat, zejména v letním období, se může výměník velmi jednoduše upravit pro běžné větrání.

Použité symboly

$c_a$  měrná tepelná kapacita vzduchu [J.kg<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup>]

$Q_R$  tepelný tok, získaný regenerací [W]

$t_e$  teplota venkovního vzduchu [°C]

$t_e'$  teplota vzduchu vystupujícího z regeneračního výměníku [°C]

$t_i$  teplota vnitřního vzduchu [°C]

$V_e$  průtok přiváděného vzduchu [m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>]

$V_i$  průtok odváděného vzduchu [m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>]

$\rho_a$  hustota vzduchu [kg.m<sup>-3</sup>]

$\eta_{RO}$  účinnost regenerace tepla [-].

Požité zdroje:

- [1] CHYSKÝ, J.-HEMZAL, K. et al.: Větrání a klimatizace. Technický průvodce sv. 31. Česká matice technická. Praha 1993, 490 s.
- [2] KAKAÇ, S.-BERGLES, A.E.-MAYINGER, F.: Heat exchangers. Hemisphere Publishing Corporation. Washington, New York, London.1980, 1131 s.
- [3] KIC, P.-LOMOZ, F. Heat regeneration in house for fattening pigs. Scientia Agriculturae Bohemica, 30, 1999 (1): 43–54. ■

## Rozhovor s Martinem Bedrníčkem, ředitelem společnosti Swegon s.r.o.

Conversation with Martin Bedrníček, director of Swegon s.r.o. Company



„Pane Bedrníčku, založil jste novou pobočku švédské společnosti Swegon, jedné z vedoucích společností v oblasti vzduchotechniky a klimatizace v Evropě. Čím je pro Vás tato práce výjimečná?“

**Martin Bedrníček:** „Je to tak. Společnost Swegon s.r.o byla založena 28. 8. 2006 jako jedenáctá pobočka společnosti Swegon v Evropě. Před dvěma lety se PM Luft a Stifab Farex, dvě švédské společnosti, které působily přes půl století, spojily a daly vzniknout společnosti Swegon. Od té doby se tato společnost rozrůstá po celé Evropě. Swegon je jednička na trhu ve Švédsku a jejím velkým cílem je budoucí působení všude tam, kde je to možné.“

Práce je pro mne výjimečná proto, že je to obrovská věc stát se součástí tak velkého evropského týmu, který je vysoce motivovaný, schopný a inovativní. Za společností Swegon stojí investiční skupina Latour, která podporuje vysoké cíle společnosti. Dalším důvodem je škála výrobků, kde firma Swegon nabízí kompletní řešení: vzduchotechnické jednotky, vodní systémy, jako např. jednotky Parasol, dále součástí k distribuci vzduchu a řídicí systémy. S tímto holistickým přístupem má společnost v Evropě významnou pozici – domnívám se, že pracovat pro Swegon v České republice a na Slovensku bude pro mne a můj tým velice zajímavý úkol.“

„Řekněte nám několik slov o sobě. Kde jste pracoval předtím?“

**Martin Bedrníček:** „Vystudoval jsem obchodně-podnikatelskou fakultu Slezské univerzity Opava

v Karviné, obor marketing a management v obchodě a službách. Po VŠ jsem pracoval v oblasti elektrotechniky, kde jsem získal zkušenosti v oblasti projektového prodeje, zejména ve společnosti Schneider Electric, s. r. o., kde jsem se podílel na významných projektech na území Moravy. V oboru klimatizace/vzduchotechniky působím od roku 2002. V tomto roce jsem nastoupil do společnosti Daikin, ve které jsem měl na starosti prodej klimatizací na území ČR. Poslední 3 roky jsem pracoval v korejské společnosti LG, kde jsem zakládal oddělení klimatizace a vedl prodej klimatizací na území České a Slovenské republiky.“

„Jaké máte plány se společností Swegon s.r.o.“

**Martin Bedrníček:** „Chci na český a slovenský trh zavést produkty společnosti Swegon a přispět tak k jejím úspěchům. Vhodné vnitřní prostředí má kladný vliv na lidi. Cítíte se díky němu dobře, vyrovnaně, jste energičtější a energie vám vydrží celý den. Takového vnitřního prostředí chceme dosáhnout díky dvěma přírodním zdrojům: vodě a vzduchu. To vše s nízkými náklady za energii a ekologickými šetrnými operacemi. Škála produktů a mimořádný servis, který Swegon poskytuje svým zákazníkům spolu se softwarovými programy a dalšími službami, budou pro český a slovenský trh velice zajímavé.“

Děkujeme za rozhovor.  
Redakce



Obr. 1 Prezentace tý Swegon na Švédském zastupitelském úřadě v Praze