

UDK: 636.05 : 572.021

ТЕХНИЧКИ СИСТЕМИ ЗА РЕДУКЦИЈУ ТОПЛОТНОГ СТРЕСА ЖИВОТИЊА

Миодраг Зорановић, Анђелко Бајкин, Владо Поткоњак, Мирослав Радиновић

Пољопривредни факултет - Нови Сад, zormi@polj.uns.ac.rs

Садржај: Данас, посебно у развијеним индустријским зонама већине земаља света, евидентно је присуство високог стандарда у снабдевању популације храном. У овим друштвима људима расте интересовање како и под којим условима коришћени прехранбени производи настају. Ова питања изнад свега су у вези са сложеностима животињског здравља и менаџментом њихових узгојних услова, квалитетом финалног производа и еколошким утицајима изазваним продукцијом животиња. Битан проблем у вези тога је висока температура заједно са влажношћу ваздуха. Ово не карактерише само вреле климатске зоне, јер високе температуре истичу се и у Србији током лета. Ови екстремни климатски услови воде ка редукацији животињских перформанси. У раду се презентују и оцењују разне варијанте система за редукацију топлотног стреса за говеда, свиње и живину.

Кључне речи: *животиња, климатски услови, топлотни стрес, слађење ваздуха*

1. УВОД

Визура еволуције фарминга указује на степен развоја животињског благостања и заштите животне средине. Тек другом половином претходног века, развојем глобалног научног и техничко-технолошког поља, индустријализација води перманентном побољшању животињског менаџмента. Услед глобалних промена на тржишту хране и тежње ка ублажавању ефекта стаклене баште, нове менаџмент системе карактерише интензиван развој мониторинга у процесу узгоја животиња.

Висока температура и влажност ваздуха узрок су ефеката топлотног стреса, посебно код животиња у лоше пројектованом и организованом простору. Високопродуктивне животиње захтевају редукацију топлотног стреса према стандарду DIN 18910 „Thermal insulation for closed livestock buildings“, који разматра терморегулациони систем разних животињских врста, дефинишући њихове захтеве према критичним вредностима базних параметара микроклимата контролисаног амбијента.

Почетак топлотног стреса код млечних крава везан је за критичну вредност простог THI-индекса 72 (температура-релативна влажност ваздуха; Armstrong, 1994). Унос хране биће редукован при критичној температури амбијента 24° С (Hahn et al, 1992). Млечна крава продукује велике количине топлоте путем

дигестивног тракта. Ради одржавања температуре тела у оквиру нормалне, настаје трансфер топлоте на релацији „кшава-непосредно окружење“. Овај процес примарно се одвија путем респираторног система животиње и евапорације влаге са површине њеног тела под стресним стањем. У природним условима, при температури амбијента испод 15,5°C, више од 50% топлоте губи се без евапоративног хлађења. Досезањем вредности 26,5° C, око 25% топлоте емитује се путем неевапоративних феномена, а 75% евапорацијом влаге са коже и респиративним системом. Континуалним порастом температуре амбијента изнад 26,5° C, већи проценат топлоте губи се преко коже и респирацијом, а много мањи кроз неевапоративне процесе (Kibler, 1950).

Прихватљива спољна температура за млечну краву, при нормалном атмосферском притиску и RH 75-80% креће се у интервалу 5-25° C. Изнад 25° C терморегулациони механизам краве ангажује енергију самохлађења преко кожног површине и респираторног система. Даљим повишењем, у функцији његовог интензитета, инерција самохлађења опада. Високопродуктивне краве су веома осетљиве на топлотни стрес услед природно високих захтева за храном. При прекорачењу температура изнад 32° C, унос суве материје изазива пад продукције млека 20-30%, тј. 4,5-11,3 kg млека/дану. Многобројна истраживања указују да краве подвргнуте хлађењу дају 4,08 kg више млека/дану од нетретираних. Сваких 0,45 kg дневног приноса еквивалент је 102-109 kg млека по лактационом периоду.

Могуће последице топлотног стреса краве су: појачан захтев продужне пажње, тешко телење, топлотна исцрпљеност, присуство масноћа у јетри свеже отелене краве, маститис, негативне реакције на вакцинације са могућим побачајем и смрћу, хромост са могућим непредвидивим оболењем кроз неколико недеља до неколико месеци, конзумирање сигнификантно мање количине хране са надокнадом током хладнијег периода дана уз обилне дозе (Shearer, 1999). Редукован унос хране, праћен прекомерним конзумирањем изазива ацидозе, као главни узрок ламинитиса (преждераност, запаљење осетљивих ткива одмах изнад папака). Са порастом температуре окружења расте и респираторна стопа краве уз прогресивно дахтање пропраћено дисањем кроз отворена уста. Последица је респираторна алкалоза услед рапидног губитка CO₂ (Respiratori alkalosis). Овај стрес краве компензира повећањем уринарног оутпута бикарбоната, чиме је бураг изложен умањењу резерве плувачних бикарбоната. Стадијум развитка ембриона редукован је услед мање активности током еструса, повећања стопе беживотних фоликула, често завршавајући развојни ток. Засушене краве у периоду тромесечне бременитости, након топлотног стреса имале су мање тешка телења, али веће проблеме са метаболизмом, продукујући 12% мање млека у наредној лактацији.

Најопштији индекс топлотног стреса ТНІ прорачунат је на основу температуре и RH ваздуха узгојног амбијента. Трпно стање млечне краве започиње кад ТНІ прекорачи 72, што се дешава при следећим стањима ваздуха у окружењу: 22-24° C и RH 80%; 27° C и RH 65%; 29,5° C и RH 40% (Combs, 1996). Умерен стрес појављује се при температурама ваздуха око 27° C и RH 100% до 32° C и RH 50%, изазивајући екстремно „плитко дисање“, обилно знојење и преко 10% пада у приносу млека. Озбиљан стрес, при температурама ваздуха 32° C и RH 100% до 38° C и RH 60%, изазива бректање са отвореним устима, повишену температуру тела и пад приноса млека до 25%. Краве изложене топлотном стресу тражиће сенку, редуковати унос хране, радије стајати, повећати стопу респирације,

повећати телесну температуру, повећати продукцију пљувачке, повећати потребе за водом ради одавања топлоте путем респираторног система и знојењем до 50%.

Генерално, постоје два приступа хлађењу млечних крава. Кондиционирање ваздуха представља редукцију његове температуре и релативне влажности, са адекватним потенцијалом снижења THI контролисаног амбијента. Значајно економичнији метод за редукцију температуре ваздуха је путем евапоративног хлађења. При испаравању вода одузима топлоту околног ваздуха повећавајући његову RH. Евапоративно хлађење може да редукује број часова током виших топлотних стања амбијента - повишен THI индекс у неким контролисаним окружењима (Huhnke et al, 2001). Овај систем хлађења коришћен је успешно при хлађењу млечних крава у топлим аридним климатима. Под аридним климатским условима и високој температури ваздуха, постоји велик потенцијал за редукцију температуре и THI. Међутим, ако се RH ваздуха повећава и/или температура опада, потенцијал евапоративног хлађења опада. Ефикасност опреме за евапоративно хлађење рангира се између 50 и 80% од максималне ефикасности редукционог потенцијала система. У влажним климатским зонама, висока релативна влажност редукује потенцијал евапоративног хлађења. Пошто RH расте изнад 70%, потенцијал редукције у THI-у мањи је од 10%.

Мали број истраживања посвећен је ефекту евапоративног хлађења на ниво стреса млечних крава смештених у хумидним климатским зонама. Brown et al. (1974) оцењивали су ефекте евапоративног хлађења у стајама Mississippi University-а током лета 1970, 1971. и 1972. Продукција млека сигнификантно је повећана у једном од три посматрана лета, а респирационе стопе смањене током два од три летња периода путем евапоративног хлађења.

2. МАТЕРИЈАЛ

При дефинисању стања ваздуха у простору за држање стоке потребно је мерење одређеног броја параметара према изабраној технологији, табела 3.

Таб. 1 Мерење климатски параметри унутар објекта

Параметар	Мерна технологија
Температура	Data logger. Преносив мерни инструмент (краткотрајно мерење).
Релативна влажност	Data logger. Преносив мерни инструмент (краткотрајно мерење).
Концентрација гаса	Мултигасни монитор, преносив мерни инструмент (текуће мерење)
Брзина ваздуха	Преносив мерни инструмент (краткотрајно мерење)
Струјни ток ваздуха	Визуелизација димним генератором
Проток ваздуха	Преносив мерни инструмент (краткотрајно мерење); Анемометар (дуготрајно мерење)
Стопа размене ваздуха	Гасно индикаторски метод са индикаторима гасова CO ₂ , SF ₆ и Krypton 85

Задовољавајуће дефинисано кретање ваздуха окарактерисано је мерењем његове брзине и визуелизацијом струјног поља помоћу дима. За мерење стопа разних интерактивних размена у просторном пољу ваздуху АТВ је развио посебне

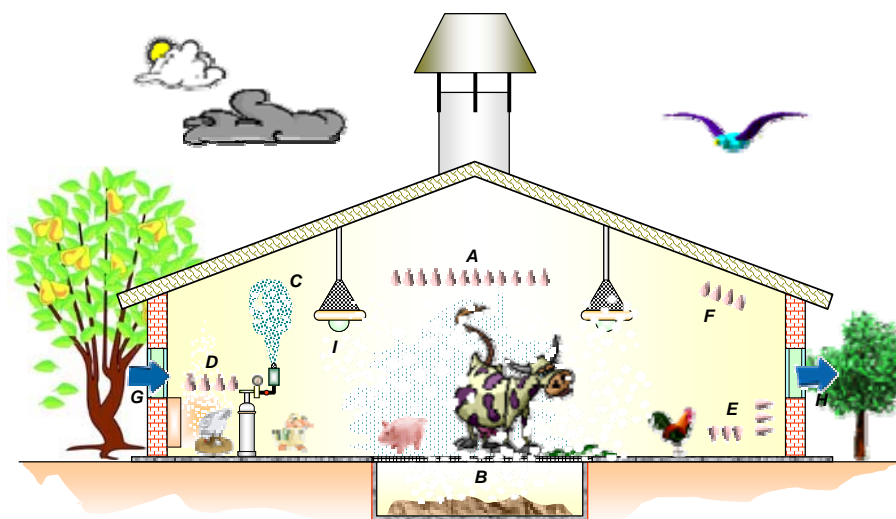
гасне методе, Müller et al, 2000. Предност употребе Krypton 85 технологије је висока резолуција у времену и брза променама положаја одредишта мерног места, посебно за компликоване услове протока (радиоактивно-инертни гас).

3. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА СА ДИСКУСИЈОМ

Утицајни фактори на микроклимат у животињским објектима

Главни утицајни фактори на климат у животињском објекту приказани су на сл. 1., а додатни су: сунчево зрачење током обданице, експозиција објекта и сенчење, спољна температура и влажност ваздуха, брзина ваздуха унутар и ван објекта, топлотни капацитет надземне структуре објекта и пода.

Важан фактор је и дневна варијација продукције топлоте од стране животиње, као последица активности животиња изазваних нпр. светлосним режимом, менаџментом исхране и низом других фактора.

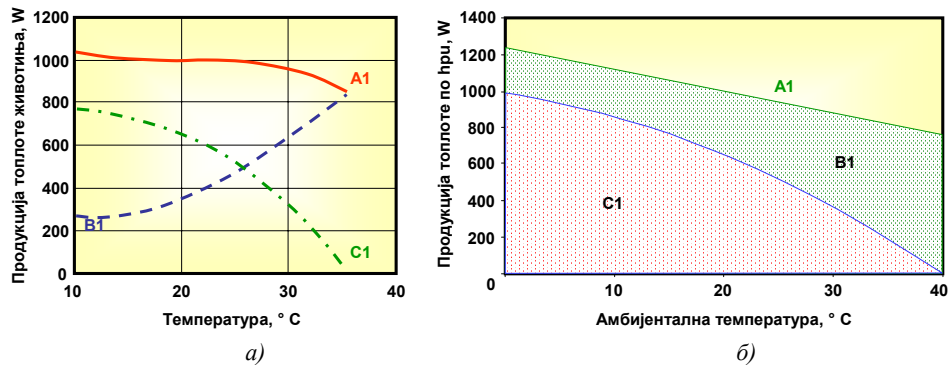


Сл. 1. Шематско представљање најважнијих топлотних и субстанцијалних протока за један животињски објекат:

A-животињска продукција топлоте, влаге, CO_2 ; B-испаривање воде и гасних компоненти (NH_3 , H_2S итд.); C-дозатор гаса; D-загревање; E-пренос топлоте; F-топлота кондензације; G-свеж ваздух; H-загађен ваздух; I-електрични уређаји (Hans-Joachim and Reiner, 2007)

Веза између тоталне, осетне и латентне топлоте у односу на амбијенталну температуру, као генерални модел за говеда, свиње и живину, дата је на сл. 2,а. Узимајући у обзир појаву гомилања, распрострањености и специфичног понашања животиња у оперативном пољу, температурна спрега са константном тоталном топлотом није тако изражена, због чега је линеарна веза између тоталне продукције топлоте животиње и амбијенталне температуре боља за практичне

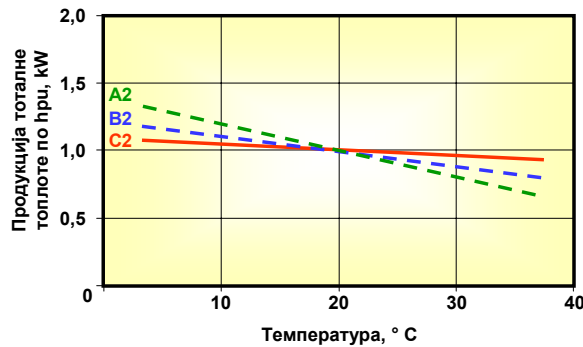
услове. Ако је одсутна информација за дату врсту и услове држања на сл. 2,б приказана је продукција тоталне топлоте и влаге од животиња. За више специфичних ситуација, дијаграми су доступни за неке комбинације врста и начина држања, *CIGR (2002)*.



Сл. 2. Базни дијаграми за однос између осетне и латентне топлоте у односу на амбијенталну температуру:

а) -генерални модел за говеда, свиње и живину; б) за врсте и услове држања у одсуству потребних информација. База 1 hri = 1000 W при 20° C; A1-тотална топлота; B1-латентна топлота; C1-осетна топлота *Strøm and Feenstra (1980) i CIGR (1984)*

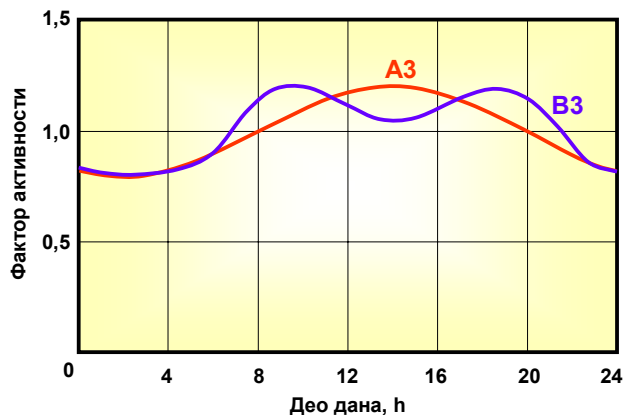
Интензитет продукције тоталне топлоте животиња при варијацији температуре амбијента зависи од врсте и величине животиње. Продукција тоталне топлоте редукује се грубо са 0,4% по степену пада температуре за говеда, 1,2% за свиње и 2,0% за живину, сл. 3.



Сл. 3. Продукција тоталне топлоте за говеда, свиње и живину у функцији температуре: A2-перад; B2-свиње; C2-говеда, *CIGR (2002)*

Важан фактор је и дневна варијација продукције топлоте животиња услед промене њиховог понашања у комерцијалним објектима. Два генерална модела за

дневну варијацију топлоте услед активности животиња су *the Drommedar* и *the Camel* модели, сл. 4.



Сл. 4. Стандардна корекција продукције топлоте животиња услед дневне варијације:
A3- *the Drommedar* model; B3- *the Camel* model, CIGR (2002)

Индекси термалног комфора

Индекси термалног комфора развијени су ради карактеризације и квантификације адекватне зоне комфора за посебне животињске врсте. Улога индекса је презентација корелационих променљивих у једној функционалној једначини са циљем дефинисања резултантног амбијента за адекватне услове микроклимата (Clark, 1981). Индекси термалног комфора могу се класификовати као:

- Биофизички индекси - засновани на топлотним изменама између тела животиње и амбијента, доводећи у везу специфичне елементе захтеваног комфора актуелних животињских врста.
- Физиолошки индекси - засновани на физиолошким одзивима животиња у поређењу са идеално познатим амбијенталним условима као референци.
- Субјективни индекси: засновани на специфичним и субјективним експерименталним подацима у вези са одзивом животиње на топлотни осећај и степен њене продукције.

Неколико публикација користило је индекс топлотног комфора у посебном амбијенталном профилу, углавном температура и влажност. Прости температурни и влажностни индекс-ТНІ развијен је углавном за хумани фактор као функција температуре сувог термометра и температуре тачке росе, Thom (1959). Касније су Johnson et al. (1965) уочили да продукција млека код млечних крава опада са порастом вредности ТНІ. Индекс је потом прилагођен за оцењиване продукције млечних крава под специфичним кондиционалним профилем амбијента. Аутори су указали да се редукује продукција млека и интензитет конзумирања суве материје, када ТНІ досегне вредност 77.

$$THI = DBT + 0,36 \cdot DPT + 41,2 \quad \text{Johnson et al. (1965)} \quad (1)$$

Где су:

THI - температурни и релативно влажностни индекс;

DBT-температура сувог термометра, ° C и

DPT- температура тачке росе, ° C.

Buffington et al. (1981) развили су израз за „Black Globe Humidity Index (BGHI)“ - црни глобусни индекс влажности сједињењем употребе глобусне температуре „black globe temperature“ уместо температуре сувог термометра, узимајући у обзир утицај соларне радијације на дефинисан концепт THI индекса.

$$BGHI = BGT + 0,36 \cdot DPT + 41,5 \quad \text{Buffington et al. (1981)} \quad (2)$$

Где су:

BGHI - црни глобусно влажностни индекс;

DBT- црна глобусна температура, ° C и

DPT- температура тачке росе, ° C.

THI вредности табеле 1. развили су Johnson et al. (1965), а употребљене од Nienaber and Hahn (2004) за мерење и оцењивање услова топлотног стреса у објектима за продукцију товних грла, млечних крава и свиња.

Нормалним вредностима сматрају се ≤ 74 , стање приправности 75-78, опасне 79-83 и ванредне ≥ 84 .

Gates et al. (1995) прилагодили су THI функцију за пернате животиње, наглашавајући варијацију у сагласности са употребом система евапоративног хлађења унутар узгојног простора. Резултати су предати географско-информационом систему за помоћ произвођачима живине у доношењу одлуке усаглашеној временској прогнози.

$$THI = 0,85 \cdot DBT \cdot 0,15 \cdot WBT \quad \text{Gates et al. (1995)} \quad (3)$$

Где су:

THI - индекс температуре и релативне влажности;

DBT- температура сувог термометра, ° C и

WBT- температура влажног термометра, ° C.

Пошто вентилација има важну улогу у одзиву живине на топлотни стрес, Tao and Xin (2003) прилагодили су THI у функцију коришћења брзине ветра као променљиве, и назвали нови индекс „Temperature-Humidity-Velocity Index (THVI)“: „индекс температуре-влажност-брзине“.

Они су такође прилагодили неколико фаза топлотног комфора као: нормално, опрез, опасност и ванредна опасност, засновано на варијацији температуре тела живине.

$$THVI = (0,85 \cdot DBT \cdot 0,15 \cdot WBT) \cdot V^{-0,058} \quad \text{Tao and Xin, 2003} \quad (4)$$

Где су:

ТНVI - индекс температура-влажност-брзина;

ДВТ- температура сувог термометра, ° С;

ВВТ- температура влажног термометра, ° С и

V- брзина ветра.

Таб. 2. Вредности температурног и влажносног индекса везаног за безбедност од топлотног стреса, *USDC-ESSA (1970)*

		Релативна влажност ваздуха, %																			
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Температура, ° С	20	63	63	63	64	64	64	64	65	65	65	66	66	66	66	67	67	67	67	68	68
	22	64	65	65	66	66	67	67	67	67	68	68	69	69	69	70	70	70	71	71	72
	24	66	67	67	68	69	69	69	70	70	70	71	71	72	72	73	73	74	74	75	75
	26	68	69	69	70	71	71	71	72	73	73	74	74	75	75	76	77	77	78	78	79
	28	70	70	71	72	73	74	74	74	75	76	76	77	78	78	79	80	80	81	82	82
	30	71	72	73	74	75	76	76	77	78	78	79	80	81	81	82	83	84	84	85	86
	32	73	74	75	77	77	78	78	79	80	81	82	83	84	84	85	86	87	88	89	90
	34	75	76	77	79	80	81	81	82	83	84	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93
	36	77	78	79	81	82	83	83	84	85	86	87	88	89	90	91	93	94	95	96	97
	38	78	79	81	83	84	85	85	86	88	89	90	91	92	93	95	96	97	98	99	100

Оцена утицаја специфичних климатских параметара на перформансе животиња тежак је, а при реализацији скуп задатак, чиме је потребна комбинација односа између перформанси животиње и топлотног стања њеног окружења.

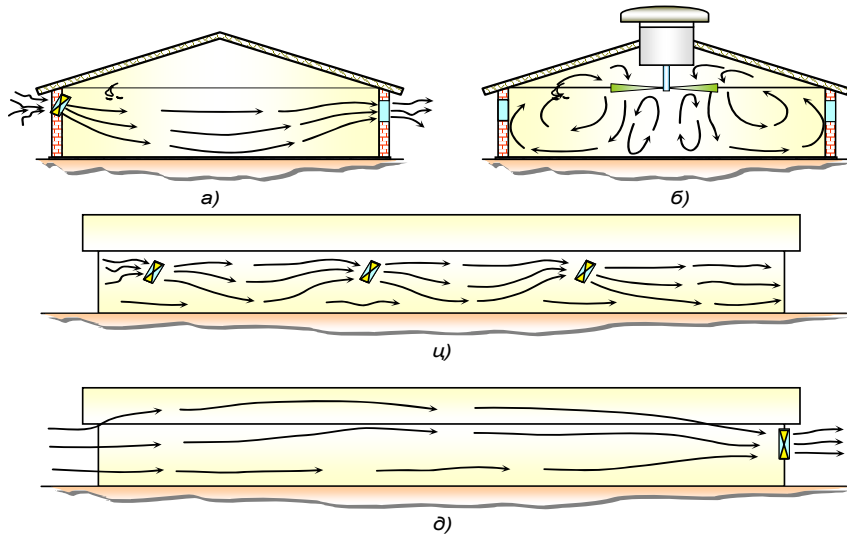
Техничке могућности за редукацију топлотног стреса

Главни утицајни фактори на топлотни стрес су температура, влажност и брзина ваздуха, као и утицај директног сунчевог зрачења у тренутној зони животиње. Ако током летњег периода дневна температура значајно расте, мора се повећати усмерен проток ваздуха у зони животиња ради повећања коефицијента прелаза топлоте са њиховог тела на окружење.

Табела 3. Препоручене брзине ваздуха за говеда, *Herkner et al. (2002)*

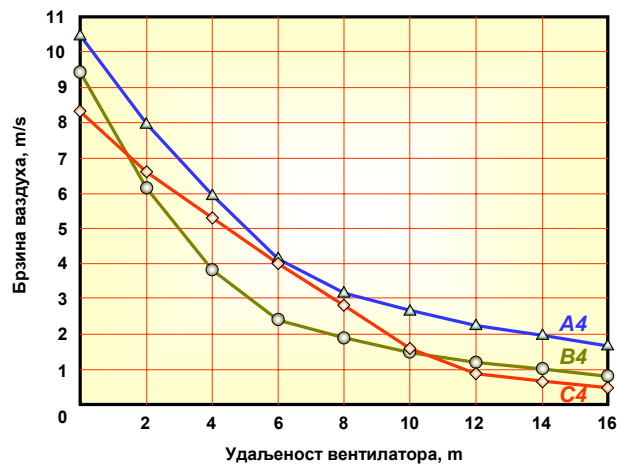
Температура, ° С	≥ 10	13	16	19	20	21	22
Брзина ваздуха, m/s	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
Температура, ° С	23	24	25	26	27	28	30
Брзина ваздуха, m/s	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.3	2.5

Скоро сви објекти за говеда природно су вентилисани. Контролисан пораст брзине струјања ваздуха остварује се уградњом додатних вентилатора, сл. 5.



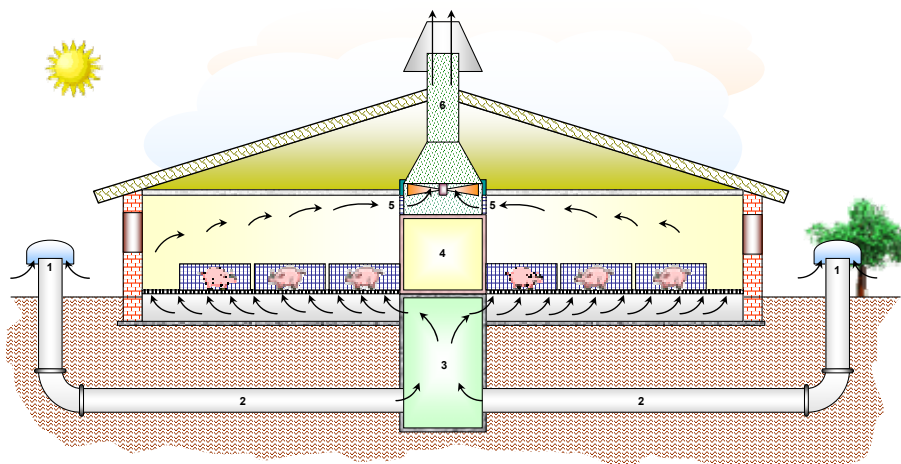
Сл. 5. Разна решења за додатну вентилацију у говедарским објектима
 а)-попречна вентилација; б)-вертикална плафонска вентилација;
 в)-вентилација „корак по корак“; д)-тунелска вентилација

Промена поља брзине ваздушне струје у функцији удаљености од најчешће коришћених вентилатора приказана је на сл. 6. У зони испод кућишта вентилатора ваздух прилази малом брзином 0,5-0,6 m/s. На удаљености између 6-12 m, просечна брзина ваздуха је 1-2 m/s. Према стандарду DIN18910, брзине ваздуха у објекту до 0,6 m/s су благе. У комбинацији са тунелском вентилацијом, систем евапоративног хлађења замагљивањем или применом влажних јастука остварује значајне резултате у климатима са високом температуром ваздуха ниске RH.



Сл. 6. Брзина ваздуха у осни ваздушног млаза зависно од удаљености од вентилатора
 A4- вентилатор пречника 1,2 m; B4- вентилатор пречника 0,7 m;
 C4- вентилатор пречника 0,7 m

Објекти за свиње углавном су принудно вентилисани. Осим система за евапоративно хлађење и замаглавање, користи се систем размењивача топлоте укопан у земљу, чији топлотни понор у складу са годишњим добом обезбеђује адекватно прикондиционирање ваздуха при улазу у објекат, сл. 7.



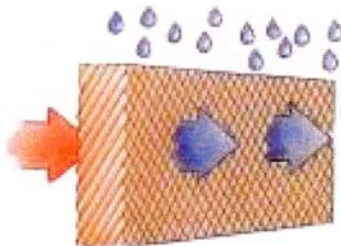
Сл. 7. Попречни пресек објекта за товне свиње-принудна вентилација у вези са геотермалним размењивачем топлоте:

1-улаз ваздуха; 2-цеви размењивача топлоте; 3-коридор свежег ваздуха;
4-спојни коридор; 5-засуни излазног ваздуха; 6-издувна цев

У живинарским објектима углавном се користе плафонски вентилатори ради побољшања кретања ваздуха у зони животиња заједно са системом евапоративног хлађења.

Систем евапоративног хлађења

Евапоративно хлађење је адијабатски процес овлаживања ваздуха (Wiersma and Short, 1993), јер се његова осећајна топлота користи за евапорацију распршене воде у контакту са њим (Simmons and Lott, 1996). Након тога осећајна топлота је конвертована у латентну садржану унутар испарења, резултирајући редукијом температуре сувог термометра са комплементарним порастом релативне влажности третираног ваздуха.



Сл. 8. Радни принцип система хлађења са влажним јастуцима

Репрезент евапоративних система је хлађење порозно влажним јастуцима. Спољни ваздух, под дејством вентилатора ниског притиска, адекватном брзином креће се кроз влажни јастук на фронталном зиду објекта, настављајући ток охлађен и релативно овлажен до излаза из објекта, сл. 8.

У поређењу са распршујућим и системом замагљивања, неке мане као: „аздух мора бити потискиван кроз влажни јастук-повећан енергетски захтев и значајни температурни и влажносни градијенти дуж контролисаног објекта“, формиране су и етикетиране за систем хлађења влажним јастуком. Међутим, у многим зонама South Ibera Peninsula систем се употребљава са великом ефикасношћу (Lucas et al. 2000; Montero, 1996). Главне предности овог система су одсуство директног влажења тела животиња контролом тачке росе и ефекат пречишћавања ваздуха.

Ефекти хлађења функција су неколико фактора: материјал са дизајном влажних јастука, позиционирање, површина и дебљина јастука, температура воде, проточне стопе ваздуха и воде као и температура са RH спољног ваздуха (Timmons and Baughman, 1984). Ефикасност хлађења (η_c , %; Kosa et al. 1991; Heber et al. 1991; Al-Massoum et al., 1998), може се дефинисати као:

$$\eta_c = (DBT - DBTC) \frac{1}{(DBT - WBT)} \cdot 100 \quad (5)$$

Где су:

DBTC - температура сувог термометра хлађеног ваздуха, °C;

DBT - температура сувог термометра спољног ваздуха, °C и

WBT - температура влажног термометра спољног ваздуха, °C.

Указане ефикасности хлађења варирају према разним ауторима у различитим ситуацијама за различиту опрему. Употребом влажних јастука дебљине 100 мм различитих материјала, као и неколико проточних стопа ваздуха и воде, Al-Massoum et al. (1998), учили су ефикасности система хлађења од 52,1% до 90,1%. McNeill et al. (1983) утврдили су ефикасност 85% при екстремним условима 38,0° C амбијенталне температуре и 30% RH-ваздуха.

Систем функционише у комерцијалним објектима сувих и топлих зона са ефикасношћу 80%, што је жељена ефикасност према литературним изворима. Међутим, ако су рецикулациони резервоар за воду и овлажени јастуци изложени директном дејству Сунца, ефикасност може бити редукована до 15%. Ови резултати илуструју важност сенчења система хлађења са влажним јастуцима уз вероватно потребу термоизолованости његових компоненти. Коришћењем разних материјала, Cruz et al. (2005) забележили су ефикасност од 22 до 84%, под истим летњим условима. Ови резултати такође показују да струготине дрвета, угљена прашина и „CELDEK“ су материјали који воде ка високом степену ефикасности.

Брзина кретања ваздуха кроз влажне јастуке такође је фундаменталан фактор за ефикасност система, пошто је контактено време између ваздуха и влажних јастука детерминанта процеса размене топлоте.

Према Региссинотто et al. (2005), у регионима окарактерисаним периодима топлотног стреса, услед високих температура и ниских вредности RH спољног ваздуха, које негативно утичу на перформансе животиња, употреба система евапоративног хлађења оправдана је због значајног пада вредности THI.

4. ЗАКЉУЧАК

Производња животиња важан је фактор при снабдевању популације виталним намирницама и испоруци сировина за различите гране индустрије. Благостање домаћих животиња и њихове високе перформансе захтевају сагласност са адекватним микроклиматским условима унутар објекта за њихов смештај током целе године.

Посебно у летњем периоду, високе температуре изазивају значајне проблеме. У природно вентилисаним објектима за стоку користе се додатни вентилациони системи ради побољшања кретања ваздуха контролисаног амбијента. Ови системи минимизирају потрошњу енергије, уравнотежујући брзинско поље ваздуха у зони боравка животиња.

Системи кондиционирања ваздуха засновани на евапоративном процесу хлађења, енергетски су нискоценовни, ослобођени алтернативе загађења средине-ефекат стаклене баште, одржавајући задовољавајући топлотни комфор у великим затвореним просторима, као што су објекти за животиње. Развој ових система подразумева повећање њихове ефикасности са повишењем температуре спољног ваздуха снижене RH.

У сегменту свињарског фарминга, размењивач топлоте укопан у земљу подноси тест времена.

Од посебног интереса је развој интегралних техничких система са могућностима „загревање-хлађење-пречишћавање-вентилација“. Примена ових система неопходна је у условима високих вредности апсолутне и релативне влажности ваздуха, скученим просторима и местима са израженим присуством потенцијалног топлотног ресурса, као што су измузишта. Оваква места, заједно с топлотним размењивачем у земљи, идеалне су варијанте за примену ефекта топлотне пумпе.

У вези са производњом биогаса, примена техничких система хлађења у процесу свињарске производње развија се у Немачкој.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Al-Massoum, A., Haffar, I., Ahmed, M. H. 1998. A similitude model for testing greenhouse evaporative cooling pads under the hot-arid of UAE. *Acta Horticulture*, v. 456, p. 329-337.
- [2] Armstrong, D.V. 1994. Heat stress interaction with shade and cooling. *J. Dairy Sci.* 77, p.2044-2050.
- [3] Brown, W.H., Fuquay, J.W., McGee, W.H., Iyengar, S. S. 1974. Evaporative cooling for Mississippi dairy cows. *Transactions of the ASAE* 17(3), p. 513-515.
- [4] Buffington, D E; Collazo Arocho, A; Canton, G H; Pitt. 1981. Black globe-humidity index (BGHI) as a comfort equation for dairy cows. *Trans. ASAE, St. Joseph, MI*, v. 24, n. 3, p. 711-714.
- [5] Clark, J A. 1981. Environment aspects of housing for animal production. London: Butterworths, p.511-520
- [6] Combs, D. 1996. Drinking water requirements for heat stressed dairy cattle, *Univ. of Wisconsin Dairy Profit Report Vol. 8, No. 3*

- [7] Cruz, V. F., Perissinotto, M., Lucas, E. M., Moura, D. J. 2005. Comparacao entre a utilizacao de diferentes materiais porosos na confeccao de paineis para sistema de arrefecimento evaporativo. In: XV Congresso de Zootecnia (Zootec I&D), Vila Real, 2005. Anais. Vila Real, p. 525-528.
- [8] Gates, R S; Zhang, H; Colliver, D G. 1955. Regional variation temperature humidity index for poultry housing. Transaction of the ASAE, v. 38, n. 1, p. 197-205.
- [9] Hahn, G. L., Chen, Y. R., Nienaber, J. A., Elgenberg, R. A., Parkhurst, A.M. 1992. Characterizing animal stress through fractal analysis of thermoregulatory responses. Thermal Biology, 17(2), p.115-120.
- [10] Hans-Joachim, M., Reiner, B. 2007. Technical Solutions for Reduction of Heat Stress in Animal Houses. Proceedings of Clima 2007 WellBeingIndoors. Leibniz-Institute for Agricultural Engineering e. V. (ATB). Germany.
- [11] Heber, A., Cole, S., Murphy, J. 1991. Facility for testing exhaust ventilation fans. Applied Engineering in Agriculture, v. 7, n. 5, p. 599-605.
- [12] Herkner, S., Lankov, C. 2002. Heidenreich für Hochleistungskühe. Landtechnik. 5/2002, p. 286-287.
- [13] Huhnke, R. L., McCowan, L. C., Meraz, G. M., Harp, S. L., Payton, M. E. 2001. Determining the frequency and duration of elevated temperature-humidity index. ASAE Meeting Paper No. 01-4111. St. Joseph, MI. ASAE.
- [14] Kibler, H. H. 1950. Environmental physiology with special reference to domestic animals. X. Influence of temperature, 5 to 95 ° F, on evaporative cooling from the respiratory and exterior surfaces in Jersey and Holstein Cows. Missouri Agr Exp Sta Res Bul 46, p.1-18.
- [15] Koca, R., Hughes, W., Christianson, L. 1991. Evaporative cooling pads-test procedures and evaluation. Applied Engineering in Agriculture, 7(4), p. 485-490.
- [16] Lucas, E. M., Randall, J. M., Meneses, J. F. 2000. Potential for evaporative cooling during heat stress periods in pigs production in Portugal (Alentejo). J. agric. Engng Res., v. 76, p. 363-371.
- [17] McNeil, S. G., Fehtr, R. L., Walker, J. N., Parker, N. 1983. Performance of evaporative coolers for mid-south gestation housing. Transactions of ASAE, v. 26, n. 1, p. 219-222.
- [18] Montero, J. L. 1996. Tecnologia de refrigeration de invernaderos. Doctorado da Cálida ETSIA, UPM; Madrid. Spain
- [19] Müller, H. J., Möller, B., Gläser, M. 2000. The Determination of Air Change Rates in Naturally Ventilated Cattle Barns. ROOMVENT 9-12 July 2000. Proceedings Volume I, p. 505-510.
- [20] Nienaber, J. A, Hahn, G. L. 2004. Engineering and management practices to ameliorate livestock heat stress. In: Proceedings, International Symposium of CIGR. New trends in Farm Buildings,
- [21] Perissinotto, M; Cruz, V F; Moura, D J. 2005. Potencial de utilizacao do resfriamento evaporativo na bovinocultura leiteira durante periodos de estrsse termico no Alentejo. In: XV Congresso de Zootecnia (Zootec I&D), Vila Real. Anais. Vila Real. p. 529-532
- [22] Shearer, J. K. 1999. Foot health from a veterinarian's perspective. in Proc. Feed and Nutritional Management Cow College, Virginia Tech, p. 33-43.
- [23] Simmons, J., Lott, B. 1996. Evaporative cooling performances resulting from changes in water temperature. Applied Engineering in Agriculture, v. 12, n. 4, p. 497-500.
- [24] Strøm, J. S., Feenstra, A. 1980. Heat loss from cattle, swine and poultry. ASAE Paper No. 80-4021. St. Joseph, Michigan USA.
- [25] Tao, X., Xin, H. 2003. Temperature-Humidity-Velociti Index for market-size broilers.

- Proceedings of the 2003 ASAE Annual International Meeting. Paper n. 034037. Nevada-USA
- [26] Thom, E. C. 1959. Discomfort Index. *Weatherwise*, v. 12, p. 57-59.
- [27] Johnson, H. D. 1965. Environmental temperature and lactation with special reference to cattle. *International Journal of Biometereology*, v. 9, p. 103-116.
- [28] Timmons, M. B., Baugham, G. R. 1984. A Plenum concept applied to evaporative pad cooling for broiler housing. *Transactions of the ASAE*, v. 27, n. 6, p. 1877-1881.
- [29] Wiersma, F., Shortt, G. H. 1983. Evaporative cooling. In: Hellickson, M. A., Walker, J. N. (Ed) *Ventilation of Agricultural Structures*, p.103-108. Edgard Blucher. ST. Joseph, Michigan: ASAE, p. 370.
- [30] CIGR, 1984. *Climatization of Animal Houses*. Report of working group. Scottish Farm Building Investigation Unit. Craibstone, Aberdeen, Scotland.
- [31] CIGR Report. 2002. *Climatization of Animal Houses*. Editors: Pedersen, S., Sällvik, K. Working Group Report on: Heat and Moisture Production at Animal and House Level. Published by DIAS, Denmark

Рад је саставни део пројекта истраживања у области технолошког развоја за период 2008-2010 „Унапређење и очување пољопривредних ресурса у функцији рационалног коришћења енергије и квалитета пољопривредне производње“ Евиденциони број: 20076.

TECHNICAL SYSTEMS FOR ANIMALS HEAT STRESS REDUCTION

Miodrag Zoranović, Anđelko Bajkin, Vlado Potkonjak, Miroslav Radinović
Faculty of Agruculture - Novu Sad, zormu@polj.unc.ac.rs

Abstract: Today, especially in the developed industrialized areas of the most world countries, there is evident a high standard presence of food supply for the population. In these societies people asking increasingly how and under which conditions their foods are produced. These questions relate above all to the complexes of animal's health and management conditions, product quality, and influences on the environment caused by theirs production. One problem in this connection is the high air temperatures and humidity. It doesn't characterize only hot climate zones, so extreme high air temperatures express in Serbia during the summer period too. These extreme climate conditions lead to reduction of animal performance. In this paper, for cattle, pigs and poultries, different variants of technical systems for heat stress reduction will be presented and evaluated.

Key words: animal, climate conditions, heat stress, air cooling.