

## اصلاح نحوه‌ی تهویه هوای موردنیاز مرغداری‌ها در جهت کاهش مصرف سوخت

نیکی رضازاده

استادیار، گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

مهدی دیمی دشت بیاض

استادیار، گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

احسان کوهی\*

مربی، گروه مهندسی مکانیک، موسسه آموزش عالی وحدت، تربت جام، ایران

### چکیده

یکی از فاکتورهای مهم و هزینه‌بر در صنعت مرغداری سوخت فسیلی و انرژی مصرفی برق می‌باشد. این هزینه‌ها به‌طور مستقیم در قیمت تمام‌شده تولیدات تأثیر داشته و باعث بالا رفتن هزینه سرانه تولید در بخش گوشت و تخم‌مرغ که از عمده محصولات پرورش طیور می‌باشند را موجب می‌گردد. میزان تهویه یکی از عوامل بسیار مهم در مصرف سوخت و انرژی است. میزان تهویه کافی و لازم برای پرورش طیور در سنین مختلف با توجه به نیاز آن‌ها و با در نظر گرفتن میزان وزن زنده تعیین می‌گردد. این مقدار هوا برای طیور حدود ۴-۷ مترمکعب در ساعت به ازای هر کیلو وزن زنده تعیین می‌شود. در این پژوهش با مدیریت صحیح تهویه که شامل ارائه‌ی روشی برای باز بودن تعداد مشخصی از پنجره‌های ورودی هوا است تلاش شده تا مصرف سوخت کاهش یابد. نتایج نشان می‌دهد برای یک مرغداری ۲۰۰۰ قطعه‌ای استفاده از این روش در فصول سرد سال باعث کاهش ۵ الی ۸۰ درصدی مصرف سوخت با توجه به گستره دماهای مختلف محیط شده است. همچنین این روش برای مرغداری‌ای که از سوخت گازوئیل (گاز طبیعی) برای گرمایش استفاده می‌کند به‌طور میانگین موجب صرفه‌جویی ۲۵۰۰ لیتر سوخت در یک سال خواهد شد که باعث کاهش ۱۱٪ در مصرف سوخت می‌شود. برای فصول گرم نیز به‌منظور کاهش هزینه‌های سرمایش استفاده از تمامی ظرفیت پنجره‌های ورودی توصیه شده است.

**واژه‌های کلیدی:** تهویه مرغداری، هوای موردنیاز، تعداد پنجره‌های باز، کاهش مصرف سوخت.

## Modification of the Required Ventilation Poultry in Order to Reduce Fuel Consumption

N. Rezazadeh

Department of Mechanical Engineering, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran.

M. DeimiDashteBayaz

Department of Mechanical Engineering, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran.

E. koohi

Department of Mechanical Engineering, Vahdat Institute of Higher Education, Torbat-e Jam, Iran.

### Abstract

One of the important factors in the poultry industry is the cost of fossil fuel and electricity consumption. These costs directly affect the price of all products such as poultry meat and eggs, as major products. The ventilation rate is one of the crucial factors in the consumption of fuel and energy. The need for adequate ventilation is determined by the age of poultries and more specifically by taking account of live weights. The amount of air which is determined for the ventilation is around 4-7 cubic meters per hour per kilogram of body weight. In this study, by management of ventilation system which is include opening a certain number of inlet for air, is tried to fuel consumption to be reduced. The results show that in a poultry house with 20000 number usage of this method reduces fuel consumption by 5 to 80 percent is due to different ambient temperatures range in winter. Also this method for poultry industries which use diesel fuel (natural gas) as fuel for heating will save 2500 liter in a year which is mean% 11 reduction in fuel consumption. For warm seasons, as well as to reduce cooling costs using all the inlet potentials is recommended.

**Keywords:** Poultry Ventilation, Required Air, Number of open windows, Reducing Fuel Consumption.

### ۱- مقدمه

اهداف تهویه در سالن‌های مرغداری، خارج کردن گازهای مضر به‌ویژه دی‌اکسید کربن و آمونیاک می‌باشد. درصد گاز آمونیاک موجود در هوای آزاد بسیار اندک (۰/۲-۱/۵ PPb) است [۳] درحالی‌که درون سالن‌های مرغداری میزان گاز آمونیاک قابل‌ملاحظه‌ای به‌وسیله تجزیه فضولات مرغ‌ها تولید می‌شود و یک آلاینده به شمار می‌رود زیرا افزایش بیش‌ازحد گاز آمونیاک سبب آسیب زدن به گله و کاهش عملکرد پرندگان می‌شود [۴، ۵]. کمیته ملی مرغ آمریکا (NCC) حد مجاز گاز آمونیاک موجود در سالن‌های مرغداری را (۲۵ PPM) ذکر کرده‌اند [۶]. به همین دلیل سال‌هاست که تهویه مرغداری‌ها به‌منظور سالم نگه‌داشتن هوای درون سالن‌های مرغداری موردتوجه پژوهشگران قرار گرفته و روش‌های متعددی برای تهویه مرغداری‌های پیشنهاد شده است.

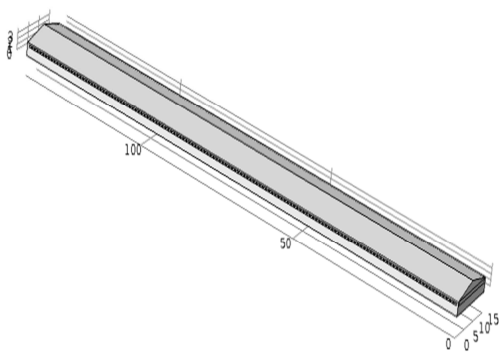
پرندگان موجودات هوایی می‌باشند. این بدان معنا است که برای شکستن مولکول‌های آلی موجود در خوراک و استخراج انرژی موجود در خوراک، نیازمند اکسیژن کافی می‌باشند [۱]. اکسیژن موجود در هوای آزاد حدود ۲۱٪ می‌باشد. اداره ایمنی و بهداشت حرفه‌ای (OSHA) آمریکا حداقل سطح اکسیژن موردنیاز برای انسان را ۱۹/۵٪ قرار داده است. برای سالن‌های مرغداری نیز اگر که اکسیژن هوا به حدود ۱۷٪ کاهش یابد اختلالاتی در متابولیسم گله و همچنین سریع‌تر و عمیق‌تر شدن تنفسات به وجود می‌آورد و در صورتی‌که این کمبود اکسیژن ادامه پیدا کند منجر به مسمومیت می‌گردد و زندگی مرغ‌ها به خطر می‌افتد [۲]. بنابراین تأمین هوای تازه به‌منظور تأمین اکسیژن موردنیاز مرغ‌ها یکی از اهداف مهم تهویه در مرغداری می‌باشد. یکی دیگر از

\*نویسنده مکاتبه کننده، آدرس پست الکترونیکی: ehsan.koohi@gmail.com

انرژی به حداقل ممکن خود برسد. معادلات فیزیکی توسط نرم‌افزار COMSOL حل شده است. این نرم‌افزار بر پایه المان محدود نوشته شده است و از روش کمترین مربع Galerkin به منظور پایداری حل استفاده می‌کند.

## ۲- مواد و روش‌ها

در این پژوهش یک مرغداری با استفاده از نرم‌افزار COMSOL مدل‌سازی شد. شکل ۱ نمایی از مرغداری طراحی شده را نشان می‌دهد. عرض مرغداری ۱۵ m و طول آن ۱۴۰ m و ارتفاع دیواره‌ها ۲/۳۶ m و بیشترین ارتفاع سقف ۳/۹۴ m در نظر گرفته شده است. روی یکی از دیواره‌های عرضی پنجره بزرگی برای ورودی هوا با ابعاد ۱۴ در ۰/۷ متر قرار گرفته است و همچنین روی هر کدام از دیواره‌های طولی تعداد ۱۳۹ عدد پنجره کوچک با ابعاد ۰/۵۵×۰/۸۱ m که فاصله هر پنجره با دیگری ۱ m می‌باشد جهت ورودی هوای تازه مدل شده است. یک خروجی هوا با مساحت  $9/8 \text{ m}^2$  که مشخص‌کننده سطح مقطع فن‌های نصب شده بر روی دیوار عرضی دیگر هستند در نظر گرفته شده است که این فن‌ها وظیفه هدایت جریان هوا به بیرون و همچنین ایجاد یک فشار منفی در ورودی‌ها برای هدایت هوای تازه به درون سالن مرغداری را به عهده دارند.



شکل ۱- نمای از مدل

### ۲-۱- شبکه‌بندی

برای شبکه‌بندی نرم‌افزار COMSOL به کاررفته است. به دلیل غیرمقارن بودن هندسه از شبکه غیر سازمان‌یافته به منظور پوشش کامل هندسه استفاده شده است. المان‌ها به شکل هرم مثلث القاعده با چهار نقطه می‌باشد. تعداد شبکه استفاده شده برای حل معادلات حاکم  $808230$  عدد بوده است. شکل ۲ شبکه‌بندی هندسه مورد مطالعه را به تصویر کشیده است.

برحسب مکانیسم، سیستم‌های تهویه به انواع تهویه آزاد (طبیعی)، تهویه مصنوعی با فشار منفی (مکنده)، تهویه مصنوعی با فشار مثبت (دمنده) و تهویه مصنوعی با فشار مساوی تقسیم می‌شوند. همچنین با توجه به نوع سالن و شرایط اقلیمی روش‌های تهویه عرضی، تهویه طولی، تهویه سقفی، تهویه فن جت و تهویه تونلی برای تهویه وجود دارد [۷-۱۱].

در بیشتر سالن‌های مرغداری از فن‌هایی که در خروجی سالن نصب می‌شوند برای خارج کردن هوای آلوده و رطوبت هوا استفاده می‌شود و در نتیجه باعث به وجود آمدن فشار منفی و ورود هوای تازه به سالن خواهد شد [۱۲]. سرعت تهویه سالن یا سرعت جریان هوا در فن‌های خروجی و ورودی‌ها به سبب اینکه باید حداقل هوای موردنیاز سالن مرغداری تأمین شود از فاکتورهای مهم تأمین رفاه مرغ‌ها و تولید محصول می‌باشد [۵، ۱۲]. سرعت هوای ورودی و خروجی از سالن مرغداری‌ها به سبب تهویه مناسب از یک حداقل سرعت مجاز کمتر نمی‌تواند باشد [۱۳، ۱۴]. روش‌های مختلفی برای محاسبه سرعت تهویه موردنیاز مرغداری‌ها مطرح شده است که در هر مورد هدف حذف آلودگی‌های موردنظر هوای درون سالن مانند آمونیاک، کربن دی‌اکسید، گرما و رطوبت و یا تأمین اکسیژن موردنیاز مرغ‌ها می‌باشد [۵، ۱۵-۱۸]؛ اما بر اساس یک فرمول کلی هر کیلو وزن زنده مرغ نیاز به ۴-۷ مترمکعب در ساعت هوای تازه دارد [۱۹، ۲۰]. نکته قابل توجه در تهویه مرغداری‌ها مصرف بالای انرژی به منظور رساندن دمای هوای تازه وارد شده به مرغداری به دمای هوای مطلوب سالن است که موجب صرف میزان زیادی انرژی می‌شود.

وانگ و همکاران [۲۱] در سال ۲۰۱۰ روی اثر وجود (۰، ۱۳، ۲۶ و ۵۲) آمونیاک در هوا بر عملکرد رشد و سیستم دفاعی مرغ‌ها مطالعه کردند. آن‌ها مشاهده کردند که وجود مقدار بالای آمونیاک اثر سوء ای بر روی رشد و سیستم دفاعی مرغ‌ها دارد. آن‌ها پیشنهاد کردند که برای نگهداشتن مقدار آمونیاک در بازه‌ی مناسب بهترین روش کنترل سیستم تهویه می‌باشد. روجانو و همکاران [۲۲] در سال ۲۰۱۶ با روش عددی گرادیان دما و رطوبت داخل یک سالن مرغداری را هنگامی که از تهویه طبیعی استفاده می‌کرد مدل کردند. ضعف مدل‌سازی آن‌ها این بود که تنها در شرایط خاص از تهویه طبیعی در سالن‌های مرغداری استفاده می‌شود و اکثر مرغداری‌ها از تهویه مکانیکی به منظور کنترل دما و رطوبت بهره می‌گیرند. بلندس و همکاران [۷] در سال ۲۰۰۸ با استفاده از دینامیک سیالات محاسباتی (CFD) جریان هوا را در یک سالن مرغداری تجاری که به شیوه‌ی تهویه مکانیکی کار می‌کرد را مدل‌سازی کردند. آن‌ها نتایج حاصل از روش عددی را با نتایج تجربی مقایسه کردند و همخوانی مناسبی بین این دو روش مشاهده شد. ضعف مطالعه آن‌ها عدم کنترل هوای ورودی به سالن بود زیرا در مدل آن‌ها فرض شده بود که همواره تمامی پنجره‌ها باز است و هوا همواره از تمامی پنجره‌ها وارد سالن مرغداری می‌شود.

در این پژوهش هدف بهینه‌سازی میزان هوای ورودی به سالن‌های مرغداری در فصول گرم و سرد سال به منظور کاهش میزان مصرف سوخت است. در این روش با مدل‌سازی مرغداری ۲۰۰۰۰ قطعه‌ای در ابعاد واقعی و روش دینامیک سیالات محاسباتی و همچنین روابط مربوط به میزان هوای موردنیاز برای سالن مرغداری نحوه‌ی قرارگیری پنجره‌ها بر اساس طول عمر مرغ‌ها طوری پیشنهاد شده است که میزان اتلاف

تولید انرژی جنبشی توربولانسی ناشی از گرادیان سرعت متوسط است. عبارت C با اندیس‌های مختلف ثابت‌های معادلات توربولانسی را مشخص می‌کند که برای اطلاع از آن‌ها می‌توان به کار محمدی مراجع شود [۲۳].

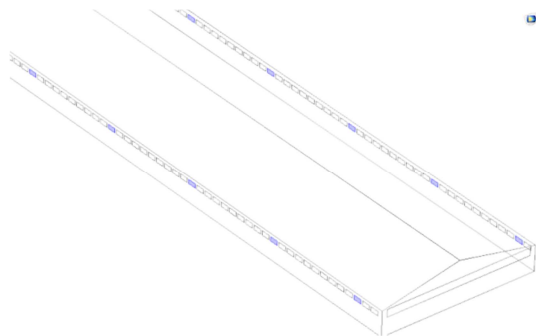
### ۲-۳- شرایط مرزی

حل معادلات نیاز به یک سری شرایط مرزی دارد بدین منظور برای ورودی‌ها از شرط مرزی سرعت ورودی استفاده شده است (معادله ۹). مشابه مطالعه بلندس و همکاران [۷] سرعت در ورودی‌ها میانگین سرعت کل پنجره‌های ورودی در نظر گرفته شده است. تعداد و ترتیب باز بودن پنجره‌ها در سالن با توجه به سن جوجه‌ها و دمای هوای بیرون متغیر است. پنجره‌های باز موردنیاز در هر حالت محاسبه و مکان پنجره‌ها به‌گونه‌ای انتخاب شده است که جریان هوای یکنواختی در تمام بخش‌های سالن وجود داشته باشد. برای مثال در شکل ۳ پنجره‌های باز ورودی هوا برای جوجه‌های ۲۱ روزه هنگامی که دمای هوای محیط ۱۰°C- باشد نشان داده شده است.

$$V_{inlet} = 0.87 \text{ m/s} \quad (9)$$

به دلیل اینکه هوای خروجی از سالن‌های مرغداری به جو تخلیه می‌شود شرط مرزی خروجی مطابق با معادله (۱۱) شرط مرزی فشاری در نظر گرفته شده است:

$$P_{outlet} = P_{atm} \quad (10)$$



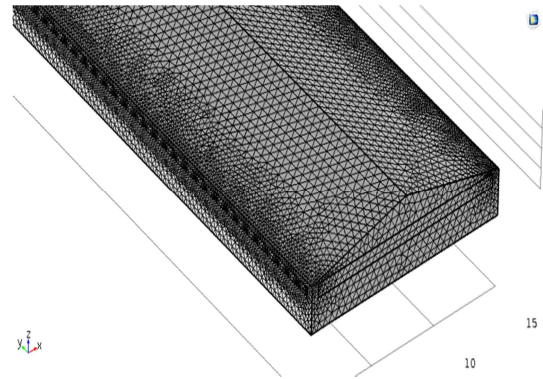
شکل ۳- پنجره‌های ورودی هوا برای جوجه‌های ۲۱ روزه هنگامی که دمای هوای بیرون ۱۰°C- است.

### ۳- یافته‌ها

میزان گرما موردنیاز به‌منظور گرمایش سالن مرغداری وابسته به دمای محیط، حجم هوای داخل سالن، دبی هوای ورودی به سالن و دمای موردنیاز سالن است؛ بنابراین برای محاسبه گرمای موردنیاز سالن باید در گستره‌ای از دماهای محیط و همچنین عمر جوجه‌ها معادلات مربوطه حل گردند.

شکل ۴ نمودار دمای آسایش مرغداری و نحوه‌ی وزن‌گیری مرغ طی دوره رشد را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که با افزایش طول عمر جوجه‌ها دمای موردنیاز سالن مرغداری کاهش می‌یابد.

شکل ۵ نیز مقایسه دمای موردنیاز و دمای هوای بیرون سالن (سال ۲۰۱۵) یک مرغداری در یک دوره یک‌ساله را نشان می‌دهد.



شکل ۲- شبکه‌بندی هندسه مورد مطالعه برای سالن مرغداری

### ۲-۲- معادلات حاکم

معادلات اساسی حاکم بر دینامیک سیالات معادله بقای جرم (پیوستگی) (معادله (۱)) و بقای مومنتوم (معادلات ناویر-استوکس) (معادله (۲)) هستند؛ از آنجا که جریان سیال درون سالن مرغداری خاصیت توربولانسی دارد به‌منظور تحلیل این نوع جریان از معادله توربولانسی k-ε (معادلات (۳-۶)) استفاده شده است. معادله انتقال گرما (معادلات (۷) و (۸)) نیز برای محاسبه میزان گرمایش موردنیاز سالن مرغداری به‌کاررفته است.

معادله پیوستگی: میزان جرم هوای ورودی به سالن باید با میزان جرم هوای خروجی یکسان باشد و با توجه به سرعت کم هوا درون سالن، هوا یک گاز تراکم‌ناپذیر در نظر گرفته شده است (معادله ۱).

$$\rho \nabla \cdot (\mathbf{V}) = 0 \quad (1)$$

معادله ناویر-استوکس:

$$\rho (\mathbf{V} \cdot \nabla) \mathbf{V} = \nabla \cdot \left[ -p \mathbf{I} + (\mu + \mu_T) (\nabla \mathbf{V} + (\nabla \mathbf{V})^T) \right] + \mathbf{F} \quad (2)$$

معادلات توربولانسی k-ε:

$$\rho (\mathbf{V} \cdot \nabla) K = \nabla \cdot \left[ \left( \mu + \frac{\mu_T}{\sigma_K} \right) \nabla K \right] + P_K - \rho \varepsilon \quad (3)$$

$$\rho (\mathbf{V} \cdot \nabla) \varepsilon = \nabla \cdot \left[ \left( \mu + \frac{\mu_T}{\sigma_\varepsilon} \right) \nabla \varepsilon \right] + C_{\varepsilon 1} \frac{\varepsilon}{K} P_K - C_{\varepsilon 2} \rho \frac{\varepsilon^2}{K} \quad (4)$$

$$\mu_T = \rho C_\mu \frac{K^2}{\varepsilon}, K = \frac{3}{2} \left( \frac{V_{ref}}{T} \right)^2, \varepsilon = C_\mu^{3/4} \frac{K^{3/4}}{L_T} \quad (5)$$

$$P_K = \mu_T \left[ \nabla \mathbf{V} : (\nabla \mathbf{V} + (\nabla \mathbf{V})^T) \right] \quad (6)$$

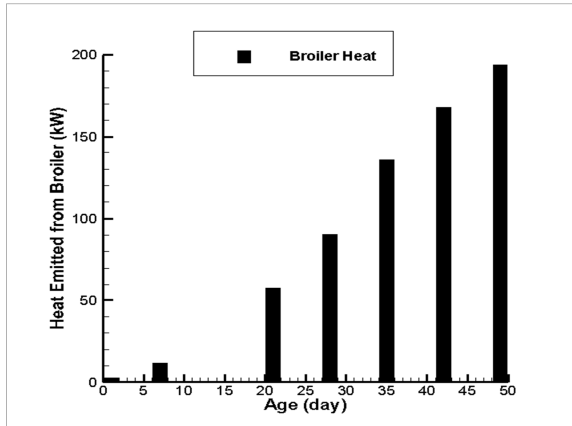
معادله انتقال گرما:

$$\rho C_p \mathbf{V} \cdot \nabla T + \nabla \cdot \mathbf{q} = Q \quad (7)$$

$$\mathbf{q} = -k \nabla T \quad (8)$$

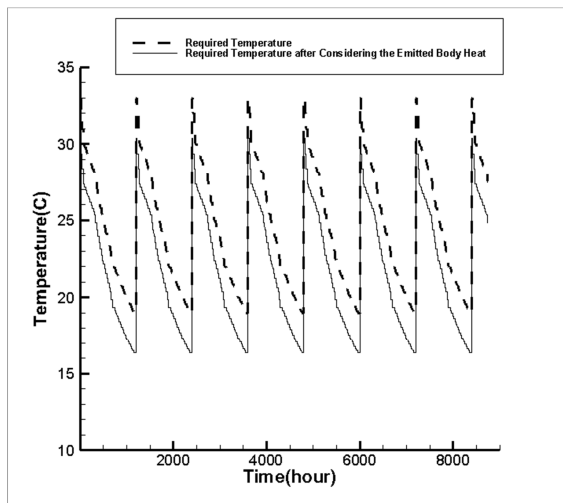
در معادلات پیوستگی و ناویر-استوکس و توربولانسی نماد V نشان‌دهنده سرعت هوای عبوری از سالن در هر نقطه، P فشار و ρ چگالی و μ<sub>T</sub> و μ نمایانگر عبارت‌های لزجی هوا است. K معرف انرژی جنبشی و ε نشان‌دهنده اضمحلال انرژی هوا است همچنین P<sub>K</sub> معرف

است یعنی اینکه هرچه عمر جوجه‌ها بیشتر شود و جوجه‌ها بزرگ‌تر شوند گرمای حاصل از بدن آن‌ها نیز افزایش و در نتیجه سبب افزایش بیش‌تر دمای سالن مرغداری خواهد شد.



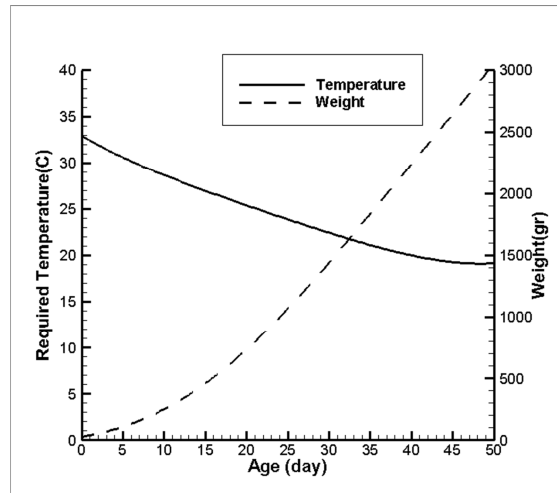
شکل ۶- گرمای ساطع شده از بدن جوجه‌های درون یک مرغداری [۲۷]

مطابق شکل ۵ تعداد ساعت‌های موردنیاز به گرمایش ۶۳۶۵ ساعت از مجموع ۸۷۶۰ ساعت در سال می‌باشد اما اگر گرمای ساطع شده از بدن مرغ‌ها به‌عنوان منبع حرارتی در نظر گرفته شود، تعداد ساعت‌های موردنیاز به گرمایش در سال به ۵۷۶۸ ساعت در سال کاهش می‌یابد. مشاهده می‌شود که در هر صورت نیاز به گرمایش سالن همواره بر نیاز به سرمایه‌گذاری غلبه دارد؛ بنابراین کاهش در هزینه‌های بخش گرمایش تأثیر به‌سزایی در هزینه‌های کل مرغداری‌ها خواهد داشت.

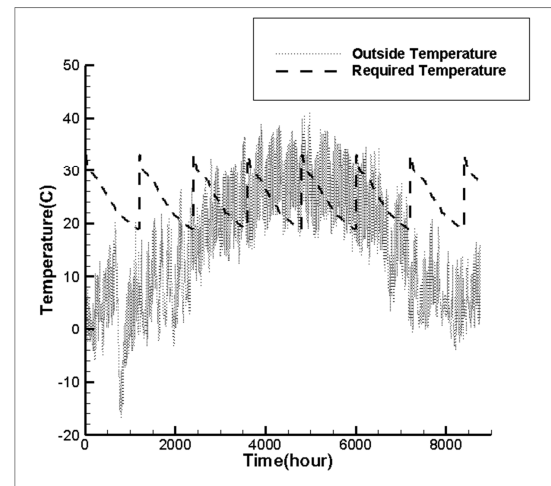


شکل ۷- مقایسه درجه حرارت موردنیاز سالن مرغداری به‌منظور آسایش جوجه‌ها قبل و بعد از در نظر گرفتن گرمای ساطع شده از بدن آن‌ها

هوای تازه موردنیاز هر کیلو وزن زنده مرغ ۴-۷ مترمکعب در ساعت است. اگر برای تأمین هوای موردنیاز سالن مرغداری همواره تمامی پنجره‌های ورودی باز باشند و حجم هوای ورودی به سالن بیش از هوای موردنیاز جوجه‌ها باشد آنگاه برای افزایش دمای این حجم اضافی هوا نیاز به مصرف سوخت بیشتر خواهد بود و در نتیجه بازدهی کاهش می‌یابد؛ بنابراین با مدیریت صحیح میزان هوای موردنیاز سالن مرغداری‌ها و استفاده از سیستم‌های گرمایش کارآمد می‌توان میزان مصرف انرژی را به حداقل رساند.



شکل ۴- نمودار دمای آسایش و میزان افزایش وزن جوجه‌ها برحسب عمر [۲۴، ۲۵]

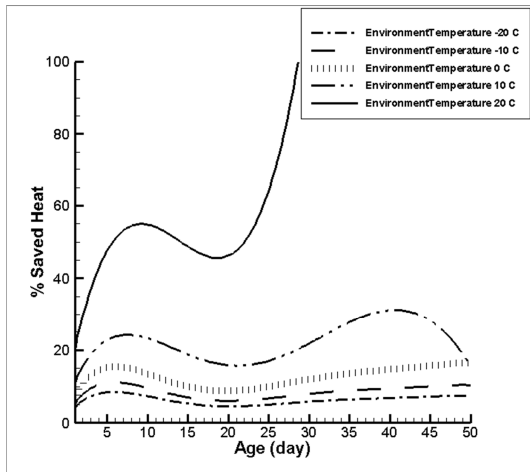


شکل ۵- دمای موردنیاز سالن مرغداری جهت آسایش جوجه‌ها و دمای هوای بیرون سالن برای یک دوره یک‌ساله [۱۷، ۲۶]

دمای بدن جوجه‌ها در طی عمرشان ثابت است، یعنی جوجه‌ها با تنفس و نوشیدن آب دمای بدن خود را ثابت نگه می‌دارند. از آنجاکه گرمای ساطع شده از جوجه‌ها به‌عنوان یک منبع گرمایی برای سالن عمل می‌کند لذا برای محاسبه بار گرمایی موردنیاز سالن باید این گرمای ساطع شده را محاسبه نمود.

شکل ۶ گرمای ساطع شده از بدن جوجه‌های درون یک مرغداری را نشان می‌دهد. شکل ۷ نیز مقایسه دمای موردنیاز سالن مرغداری را در حالت اینکه گرمای حاصل از دمای بدن جوجه‌ها به‌عنوان یک منبع حرارتی منظور شود و یا اینکه از این گرما صرف‌نظر شود را نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود اختلاف میان این دو نمودار به‌طور متوسط در حدود ۲/۶ درجه سلسیوس است، یعنی به دلیل اینکه گرمای بدن جوجه‌ها خود مقداری سبب افزایش دمای سالن می‌شود و یک منبع گرمایی است در فصول سرد سال و در زمان‌هایی که سالن نیاز به گرمایش دارد می‌توان با صرف انرژی کمتری توسط سیستم گرمایشی دمای موردنیاز سالن را تأمین نمود. باید به این نکته توجه داشت که افزایش دمای سالن به‌وسیله دمای بدن جوجه‌ها به سن جوجه‌ها مرتبط

با توجه به شکل ۸ مشاهده می‌شود که بهینه کردن تعداد پنجره‌های باز موردنیاز سبب کاهش حدود ۷٪ گرمای موردنیاز و در نتیجه سوخت مصرفی در دمای محیط  $20^{\circ}\text{C}$  - درجه سانتی‌گراد شده است. میزان صرفه‌جویی در مصرف انرژی در دماهای مختلف متفاوت بوده و شکل ۹ درصد صرفه‌جویی سوخت در دماهای محیطی مختلف در هنگامی که از این روش جهت بهینه‌سازی مصرف سوخت استفاده شود را نشان می‌دهد.



شکل ۹- درصد حرارت صرفه‌جویی شده در دماهای محیط مختلف

از یافته‌های شکل ۹ مشاهده می‌شود که هرچه دمای محیط به دمای موردنیاز سالن نزدیک‌تر باشد میزان صرفه‌جویی در سوخت بیشتر خواهد بود. از طرفی هرچه دمای محیط به دمای موردنیاز سالن نزدیک‌تر باشد میزان سوخت موردنیاز جهت گرمایش سالن نیز کمتر خواهد بود. جدول ۲ گرمای موردنیاز جهت گرمایش سالن در دماهای محیطی مختلف را برای جوجه یک‌روزه نشان می‌دهد.

جدول ۲- گرمای موردنیاز سالن مرغداری جهت گرمایش در دماهای محیطی متفاوت

| دمای محیط ( $^{\circ}\text{C}$ ) | گرمای موردنیاز جهت گرمایش سالن (J/s) |
|----------------------------------|--------------------------------------|
| -20                              | 65243                                |
| -10                              | 52933                                |
| 0                                | 40623                                |
| 10                               | 28313                                |
| 20                               | 16003                                |
| 30                               | 3693                                 |

از شکل ۹ و جدول ۲ نتیجه می‌شود هنگامی که دمای محیط به دمای موردنیاز سالن نزدیک‌تر شود میزان صرفه‌جویی در سوخت بیشتر خواهد شد اما از طرفی میزان گرمای موردنیاز جهت گرمایش کاهش می‌یابد در نتیجه میزان کاهش مصرف سوخت در دماهای مختلف متفاوت خواهد بود. استفاده از این روش به‌صورت میانگین حدود ۱۱٪ از مصرف سوخت را کاهش می‌دهد.

در دماهای محیط بالاتر از دمای موردنیاز سالن به سبب اینکه سالن نیاز به سرمایش دارد و از آنجاکه این سرمایش معمولاً توسط اسپری

در این پژوهش تلاش شده است تا با ارائه‌ی روشی برای محاسبه میزان هوای موردنیاز ورودی تعداد پنجره موردنیاز برای تأمین این هوا محاسبه شود. با کنترل تعداد پنجره‌های موردنیاز برای ورود هوای تازه از ورود هوای مازاد بر نیاز سالن مرغداری و در نتیجه اتلاف گرما جلوگیری گردد.

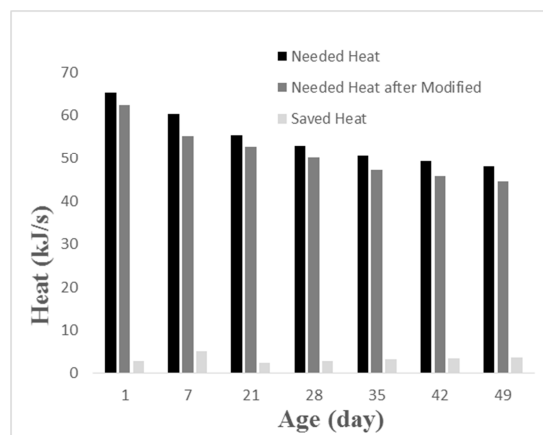
برای محاسبه تعداد پنجره موردنیاز برای تأمین هوای تازه ورودی ابتدا باید تعداد ساعت‌های موردنیاز به گرمایش و سرمایش سالن مرغداری مشخص شوند که همان‌گونه که در شکل‌های ۵ و ۷ مشاهده شد این تعداد ۵۷۶۸ ساعت در یک سال برای گرمایش می‌باشد؛ یعنی  $0.66$  از اوقات در یک سال سالن مرغداری نیاز به گرمایش دارد؛ بنابراین با تأمین حداقل هوای موردنیاز سالن می‌توان به میزان قابل‌توجهی از مصرف سوخت و در نتیجه هزینه‌های تولید را کاهش داد.

با محاسبه میزان هوای موردنیاز سالن برحسب عمر جوجه‌ها می‌توان تعداد پنجره موردنیاز برای تأمین این هوا را محاسبه نمود. البته باید در نظر داشت همواره پنجره بزرگ روی دیواره عرضی باید به‌منظور تهویه باز باشد. جدول ۱ تعداد پنجره‌های موردنیاز برحسب عمر جوجه‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۱- تعداد پنجره‌های موردنیاز برحسب عمر جوجه‌ها

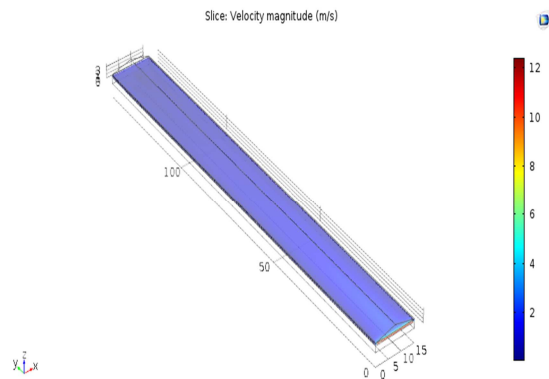
| عمر برحسب روز | تعداد پنجره موردنیاز |
|---------------|----------------------|
| ۱             | ۳                    |
| ۷             | ۱۰                   |
| ۲۱            | ۴۹                   |
| ۲۸            | ۷۶                   |
| ۳۵            | ۱۱۴                  |
| ۴۲            | ۱۴۱                  |
| ۴۹            | ۱۶۲                  |

نمودار شکل ۸ مقایسه بین گرمای موردنیاز کل و گرمای موردنیاز سالن بعد از باز بودن تعداد مشخصی پنجره و همچنین گرمای صرفه‌جویی شده در این روش را در هنگامی که دمای محیط  $20^{\circ}\text{C}$  - باشد برحسب عمر جوجه‌ها نشان می‌دهد.

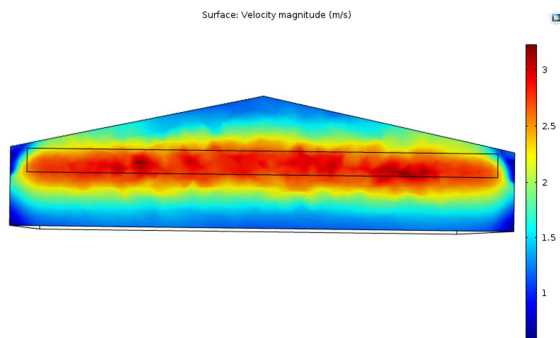


شکل ۸- گرمای کل، گرمای بعد از تغییرات و گرمای صرفه‌جویی شده

شکل ۱۳ و ۱۴ به ترتیب سرعت جریان هوا و توزیع سرعت هوای در مقطعی از سالن به فاصله‌ی یک متر قبل از خروجی سالن برای جوجه ۴۹ روزه و دمای محیط  $40^{\circ}\text{C}$  را در صورتی که تمامی پنجره‌ها باز باشد را نشان می‌دهد.

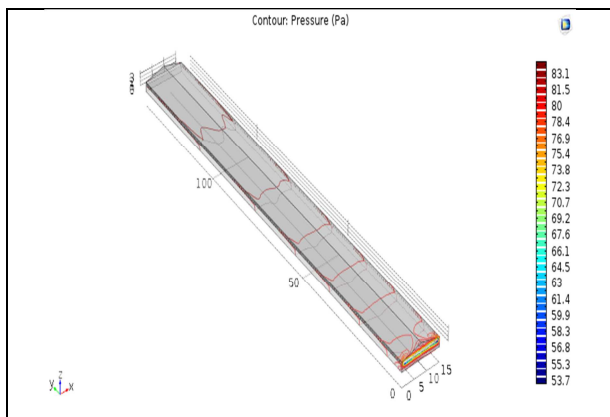


شکل ۱۳- سرعت هوای سالن برای جوجه ۴۹ روزه و دمای محیط  $40^{\circ}\text{C}$



شکل ۱۴- توزیع سرعت مقطعی از سالن به فاصله‌ی یک متر قبل از خروجی سالن برای جوجه ۴۹ روزه و دمای محیط  $40^{\circ}\text{C}$

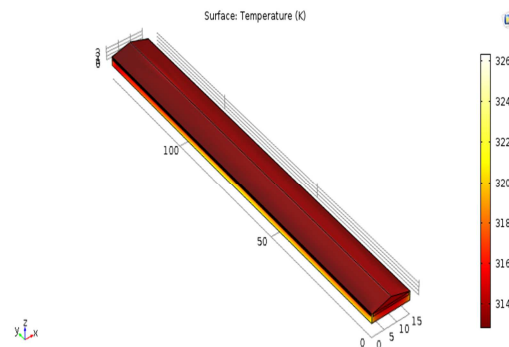
شکل ۱۵ کانتور فشار سالن برای جوجه ۴۹ روزه و دمای محیط  $40^{\circ}\text{C}$  را در صورتی که تمامی پنجره‌ها باز باشد را نشان می‌دهد.



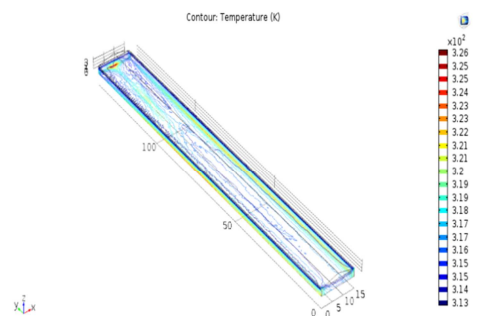
شکل ۱۵- فشار هوای سالن برای جوجه ۴۹ روزه و دمای محیط  $40^{\circ}\text{C}$

کردن آب به درون سالن صورت می‌گیرد محدود کردن تعداد پنجره‌های باز منجر به افزایش بار برودتی سالن شده و در نتیجه بازدهی را کاهش می‌دهد؛ بنابراین در مواقعی که دمای محیط زیاد است باز بودن تمامی پنجره‌ها به منظور کاهش بار برودتی توصیه شده است.

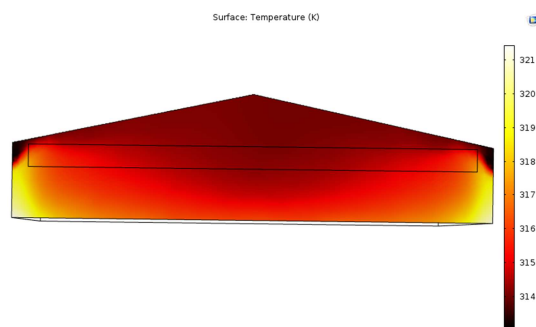
شکل ۱۰ توزیع دمای سالن و شکل ۱۱ کانتور دمای سالن مرغداری و همچنین شکل ۱۲ توزیع دما در مقطعی از سالن به فاصله‌ی یک متر قبل از خروجی سالن برای جوجه ۴۹ روزه و دمای محیط  $40^{\circ}\text{C}$  را در صورتی که تمامی پنجره‌ها باز باشد را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که دما در نزدیکی دیوارهای طولی و همچنین کف سالن مرغداری بیشتر از نقاط بالایی سالن است زیرا در نقاط نزدیک به سقف به سبب انتقال حرارت جابه‌جایی و سرعت بیشتر هوا دما کمتر بوده است.



شکل ۱۰- دمای سالن برای جوجه ۴۹ روزه و دمای محیط  $40^{\circ}\text{C}$



شکل ۱۱- کانتور دمای سالن برای جوجه ۴۹ روزه و دمای محیط  $40^{\circ}\text{C}$



شکل ۱۲- توزیع دمای مقطعی از سالن به فاصله‌ی یک متر قبل از خروجی سالن برای جوجه ۴۹ روزه و دمای محیط  $40^{\circ}\text{C}$

using computational fluid dynamics. *Biosystems Engineering*, Vol. 136, pp. 25-38, 2015.

[6] National Chicken Council, Animal welfare guidelines and audit checklist. 2014. [cited www.nationalchickencouncil.org 10 August 2016.]

[7] Blanes-Vidal V., Guijarro E., Balasch S and Torres A., Application of computational fluid dynamics to the prediction of airflow in a mechanically ventilated commercial poultry building. *Biosystems Engineering*. Vol. 100, No. 1, pp. 105-16, 2008.

[8] Lee I.b., Sase S and Sung S.h., Evaluation of CFD accuracy for the ventilation study of a naturally ventilated broiler house. *Japan Agricultural Research Quarterly: JARQ*, Vol. 41, No. 1, pp. 53-64, 2007.

[9] Norton T., Grant J., Fallon R and Sun D.W., Assessing the ventilation performance of a naturally ventilated livestock building with different eave opening conditions. *Computers and Electronics in Agriculture*. Vol. 71, No. 1, pp. 7-21, 2010.

[10] Norton T., Sun D.W, Grant J., Fallon R and Dodd V., Applications of computational fluid dynamics (CFD) in the modelling and design of ventilation systems in the agricultural industry: A review. *Bioresource technology*. Vol. 98, No. 12, pp. 2386-414, 2007.

[11] Seo I.H., Lee I.B., Moon O.K., Kim H.T., Hwang H.S., Hong S.W., et al., Improvement of the ventilation system of a naturally ventilated broiler house in the cold season using computational simulations. *Biosystems Engineering*, Vol. 104, No. 1, pp. 106-17, 2009.

[12] Sutton Jr J.A., Ventilation system for poultry or livestock house. *Google Patents*, 1978.

[13] Joseph S.T., Design of ventilation systems for poultry and livestock shelters. American Society of Agricultural Engineers (ASAE), Michigan, 2003.

[14] Wathes C.M and Charles D.R., Livestock housing. Wallingford (UK), *CAB international*, 1994.

[15] Bjerg B., Cascone G., Lee I.B., Bartzanas T., Norton T., Hong S.W., et al., Modelling of ammonia emissions from naturally ventilated livestock buildings. Part 3: CFD modelling. *Biosystems engineering*, Vol. 116, No. 3, pp. 259-75, 2013.

[16] Bjerg B., Liberati P., Marucci A., Zhang G., Banhazi T., Bartzanas T., et al., Modelling of ammonia emissions from naturally ventilated livestock buildings: Part 2, air change modelling. *Biosystems engineering*, Vol. 116, No. 3, pp. 246-58, 2013.

[17] Ogink N., Mosquera J., Calvet S and Zhang G., Methods for measuring gas emissions from naturally ventilated livestock buildings: Developments over the last decade and perspectives for improvement. *Biosystems Engineering*, Vol. 116, No. 3, pp. 297-308, 2013.

[18] Vranken E., Claes S., Hendriks J., Darius P and Berckmans D., Intermittent measurements to determine ammonia emissions from livestock buildings. *Biosystems engineering*, Vol. 88, No. 3, pp. 351-8, 2004.

[19] Gates R., Overhults D and Zhang S., Minimum ventilation for modern broiler facilities. *Transactions of the ASAE*, Vol. 39, No. 3, pp.1135-44, 1996.

[20] Xin H., Berry I.L and Tabler G.T., Minimum ventilation requirement and associated energy cost for aerial ammonia control in broiler houses. *Transactions of the ASAE*, Vol. 39, No. 2, pp. 645-8, 1996.

[21] Wang Y., Meng Q., Guo Y., Wang Y., Wang Z., Yao Z., et al., Effect of atmospheric ammonia on growth performance and immunological response of broiler chickens. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, Vol. 9, No. 22, pp. 2802-6, 2010.

[22] Rojano F., Bournet P.E., Hassouna M., Robin P., Kacira M and Choi C.Y., Computational modelling of thermal and humidity gradients for a naturally ventilated poultry house. *Biosystems Engineering*, Vol. 151, pp. 273-85, 2016.

[23] Mohammadi B and Pironneau O., Analysis of the k-epsilon turbulence model. 1993.

[24] Cooper M and Washburn K., The relationships of body temperature to weight gain, feed consumption, and feed utilization in broilers under heat stress. *Poultry Science*, Vol. 77, No. 2, pp. 237-42, 1998.

#### ۴- نتیجه گیری

هدف از اجرای این پژوهش دستیابی به روشی ساده جهت کاهش مصرف سوخت سالن‌های مرغداری بود. مدل‌سازی مناسبی برای یک سالن بزرگ مرغداری که ظرفیت ۲۰۰۰۰ قطعه جوجه در هر دوره را دارد صورت گرفته است. برای بررسی تأثیر تهویه بر مصرف سوخت ابتدا بر اساس میزان هوای موردنیاز جوجه‌ها در هر دوره از طول عمرشان سطح مقطع موردنیاز ورودی هوا محاسبه گردید و انرژی موردنیاز برای رساندن دمای هوای بیرون سالن به دمای آسایش جوجه‌ها برای دو حالت باز بودن کلیه پنجره‌ها و یا باز بودن تعداد موردنیازی از پنجره‌ها که تأمین‌کننده هوای موردنیاز جوجه‌ها نیز باشد مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که اگر دمای هوای محیط کمتر از دمای آسایش جوجه‌ها باشد استفاده از پنجره‌های محدودتر سبب کاهش قابل توجه مصرف سوخت حدود ۰/۴۳ لیتر گازوئیل (۰/۳۸ مترمکعب گاز طبیعی) در هر ساعت خواهد شد که مشخص‌کننده صرفه‌جویی ۱۱ درصدی در مصرف سوخت موردنیاز است؛ اما اگر دمای محیط بالاتر از دمای موردنیاز جوجه‌ها باشد باز بودن تمامی پنجره‌ها می‌تواند موجب کاهش نیاز سرمایشی سالن مرغداری شود و اگر از تعداد محدودی پنجره که تأمین‌کننده نیاز هوای تازه جوجه باشد استفاده شود سبب ایجاد بار سرمایشی بیشتر به سالن مرغداری خواهد شد.

#### ۵- نمادها

|            |                        |                           |
|------------|------------------------|---------------------------|
| $\rho$     | چگالی                  | $(\text{kg/m}^3)$         |
| $v$        | سرعت                   | $(\text{m/s})$            |
| $\mu$      | لزجت دینامیکی          | $(\text{kg/m.s})$         |
| $\mu_t$    | لزجت توربولانسی        | $(\text{kg/m.s})$         |
| $P$        | فشار                   | Pa                        |
| $F$        | نیروی حجمی             | N                         |
| $\epsilon$ | اضمحلال توربولانسی     | $(\text{m}^2/\text{s}^3)$ |
| $K$        | انرژی جنبشی توربولانسی | $(\text{m}^2/\text{s}^2)$ |
| $k$        | رسانایی گرمایی         | $(\text{W/m.K})$          |
| $C_p$      | گرمای ویژه             | $(\text{J/kg.K})$         |

#### ۶- مراجع

[1] Bishop C.M, Heart mass and the maximum cardiac output of birds and mammals: implications for estimating the maximum aerobic power input of flying animals. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, Vol. 1352, No. 352, pp. 447-56, 1997.

[2] Czarick M. and Fairchild B., Oxygen Poultry Housing Tips. *University of Georgia Cooperative Extension Service*, Vol. 15, No. 11, 2003.

[3] Sather M.E., Mathew J., Nguyen N., Lay J., Golod G., Vet R., et al, Baseline ambient gaseous ammonia concentrations in the Four Corners area and eastern Oklahoma. *Journal of Environmental Monitoring*, USA, Vol. 10, No. 11, pp. 1319-25, 2008.

[4] Ngwabie N., Jeppsson K.H., Gustafsson G. and Nimmermark S., Effects of animal activity and air temperature on methane and ammonia emissions from a naturally ventilated building for dairy cows. *Atmospheric Environment*, Vol. 45, No. 37, pp. 6760-8, 2011.

[5] Rojano F., Bournet P.E., Hassouna M., Robin P., Kacira M and Choi C.Y., Modelling heat and mass transfer of a broiler house

- [25] Hulzebosch J., Effective heating systems for poultry houses. *Poultry*, Vol. 22, No. 2, pp. 212-216, 2005.
- [26] Meteorological Center of Khorasan Razavi. Temperature data in 2015.
- [27] Reece F and Lott B., Heat and moisture production of broiler chickens during brooding. *Poultry Science*, Vol. 61, No. 4, pp. 661-6, 1982.