# بهینه‌سازی مصرف انرژی در واحدهای پرورش مرغ گوشتی

مؤلّف:

[redacted]

انتشارات پیام امین

سرشناسنامه: رحیمی، علی رضا، ۱۳٤۸.
عنوان و نام پدید آورنده: بهینه‌سازی مصرف انرژی در واحدهای پرورش مرغ گوشتی
مؤلّف/ علی رضا رحیمی.
مشخصات نشر: آران و بیدگل: پیام امین،۱۳۹۳.
شابک: ۲-۹-۹۰۸۲۲- ۶۰۰-۹۷۸
وضعیت ظاهری: فیپا (چاپ اول).
وضعیت فهرست نویسی: چاپ اول: ۱۳۹۳(فیپا)
مشخصات ظاهری: ص۹۶-۹۵.
موضوع: بهینه‌سازی– مصرف انرژی ، مرغ گوشتی – صرفه‌جوئی، پرورش مرغ – گرمایش
موضوع: مرغداری – عایق‌کاری، مرغداری – بازیافت انرژی
رده بندی کنگره: ۱۳۹۳ ر۳ب۹/SF٤۹۲
رده بندی دیویی: ۵۰۸۲/۶۳۶
شماره کتابشناسی ملی: ۳۶۱۸۳۰۰

**انتشارات پیام امین**

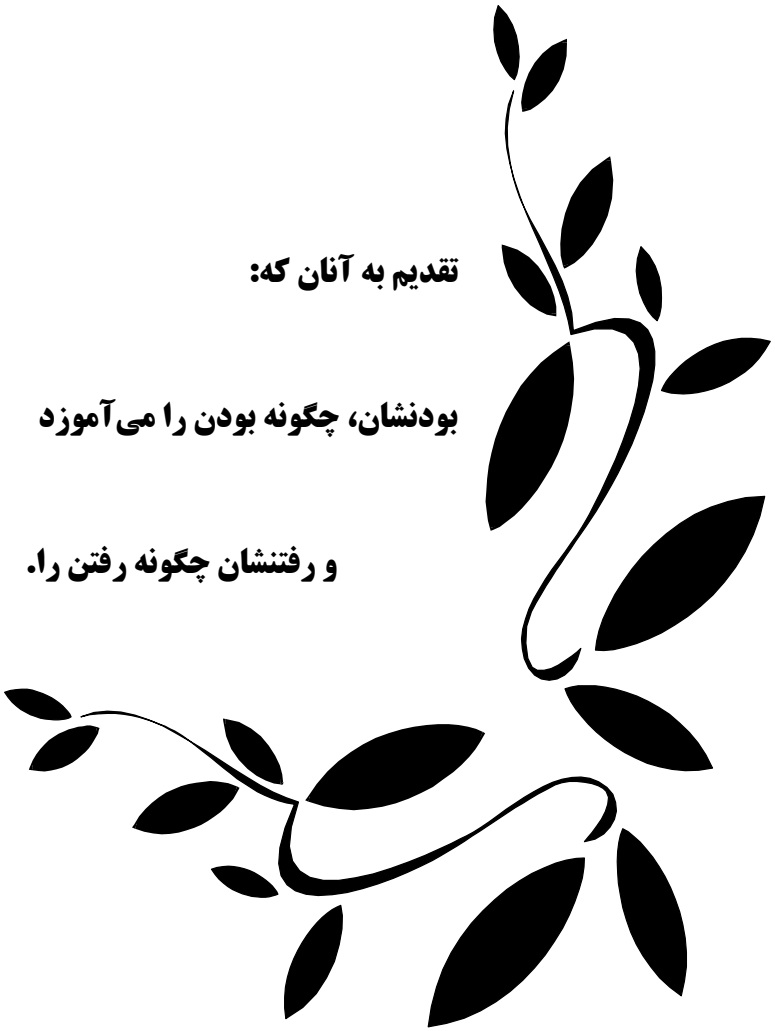
*** بهینه‌سازی مصرف انرژی در واحدهای پرورش مرغ گوشتی**
*** علی رضا رحیمی**
*** حروف‌نگاری: انتشارات پیام امین آران و بیدگل.**
***چاپ اوّل / ۱۳۹۳ / ۱۰۰۰ تیراژ.**
*** شابک: ۲- ۹- ۹۰۸۲۲- ۶۰۰- ۹۷۸**
***حق چاپ برای مؤلف محفوظ است.**
*** قیمت: ٤۰۰۰ تومان.**

**مرکز پخش:**
**۱- آران و بیدگل، بلوارمطهری، ابتدای کوی حکمت٤، انتشارات پیام امین،تلفن: ۰۳۱ ۵٤۷۵۲۸۵۹ (تلفکس: ۰۳۱ ۵٤۷۵۲٤۰۳).**

**تقدیم به آنان که:**

**بودنشان، چگونه بودن را می‌آموزد**

**و رفتنشان چگونه رفتن را.**



**تقدیر و تشکر:**

انجام تحقیقات مورد نیاز برای تألیف این کتاب، نیازمند همکاری و هماهنگی مسئولین محترم، در اداره‌های مختلف در سطح شهرستان کاشان است که بر خود لازم می دانم از زحمات همه این عزیزان تقدیر و تشکر نمایم؛

از ریاست محترم دانشگاه کاشان، جناب آقای دکتر عباس کتابی و معاونت محترم پژوهشی دانشگاه کاشان، جناب آقای دکتر مجید منعم‌زاده و ریاست محترم پژوهشکده انرژی دانشگاه کاشان، جناب آقای دکتر سعید گلابی، به خاطر همکاری و ایجاد زمینه مناسب برای انجام تحقیقات، تشکر می‌نمایم.

از آقای مهندس امانپور ریاست قبلی اداره‌ی جهاد کشاورزی شهرستان کاشان و آقای مهندس کافی‌زاده، ریاست فعلی این اداره و آقای مهندس قمصری (کارشناس اداره‌ی جهاد کشاورزی شهرستان کاشان) نیز به دلیل همکاری با اینجانب، تقدیر و تشکر می کنم.

# فهرست مطالب

پیشگفتار.....۷
مقدمه.....۹

**فصل اول: عوامل موثر در میزان مصرف انرژی در واحدهای پرورش مرغ گوشتی**
مقدمه.....۱۲
۱-۱) تأثیر آلودگی هوا در میزان مصرف انرژی در واحدهای پرورش مرغ گوشتی .....۱۳
الف) تاثیر آلودگی هوای داخل سالن مرغداری در میزان مصرف سوخت.....۱۳
- تلفات حرارتی ناشی از تهویه سالن‌های مرغداری.....۱۴
ب) برسی تاثیر آلودگی هوای خارج از سالن مرغداری در میزان مصرف سوخت.....۱۶
۱ -۲) تاثیر مصالح مورد استفاده برای احداث مرغداری، در میزان مصرف انرژی .....۲۲
۱-۳) تاثیر بازده تجهیزات مورد استفاده در میزان مصرف انرژی در سالن‌های مرغداری ...۲۶
۱-۴) تجهیزات گرمایشی مورد استفاده در واحدهای پرورش مرغ گوشتی فعال.....۲۸
الف) کوره‌های هوای گرم قدیمی.....۲۸
ب) چهارشاخ‌های گرمایشی قدیمی.....۲۹
ج) تجهیزات گرمایش تابشی.....۳۰
د) گرمایش از کف.....۳۲
هـ) کوره‌های هوای گرم صنعتی.....۳۳
۱-۵) جمع‌بندی و نتیجه‌گیری.....۳۴

**فصل دوم: مطالعات انجام شده در زمینه بهینه‌سازی مصرف انرژی در صنعت پرورش مرغ گوشتی**
مقدمه.....۳۸
۲-۱) تحقیقات مربوط به تصفیه هوای فضای داخل سالن‌ها.....۳۹
۲-۲) مطالعات مربوط به استفاده ازسیستم گرمایش خورشیدی وگرمایش از کف.....۴۳

۲-۳) تحقیقات مربوط به عایق‌کاری ساختمان سالن مرغ‌داری..... ۴۶
۲-۴) مطالعات مربوط به تجهیزات بازیافت انرژی..... ۴۷
۲-۵) جمع‌بندی و نتیجه‌گیری..... ۵۱

## فصل سوم: تحلیل اقتصادی روش‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی در واحدهای پرورش مرغ گوشتی و ارائه روش‌های جدید

مقدمه..... ۵۸
۳-۱) مروری بر تلفات حرارتی یک سالن پرورش مرغ ده هزارتائی در شهرستان کاشان ۶۰
۳-۲) روش‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی در واحدهای پرورش مرغ گوشتی فعال و تحلیل اقتصادی آنها..... ۶۶
۳-۲-۱) عایق‌کاری حرارتی..... ۶۶
۳-۲-۱-۱) تحلیل اقتصادی عایق‌کاری سالن مرغ‌داری نمونه..... ۷۰
۳-۲-۲) استفاده از مبدّل‌های بازیافت حرارت..... ۷۰
۳-۲-۲-۱) طراحی مبدّل حرارتی بازیافت انرژی و تحلیل اقتصادی آن..... ۷۲
۳-۲-۳) تصحیح کارآئی تجهیزات گرمایشی مورد استفاده و تحلیل اقتصادی آن..... ۷۸
۳-۳) روش‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی در واحدهای پرورش مرغ در حال احداث..... ۸۱
۳-۳-۱) تغییر شکل ساختمان سالن مرغ‌داری از حالت مکعب مستطیل به استوانه‌ای..... ۸۲
۳-۳-۲) تأثیر استفاده از مصالح ساختمانی صنعتی در بهینه‌سازی مصرف انرژی..... ۸۳
۳-۳-۳) ساخت سالن مرغ‌داری در داخل زمین..... ۸۴
۳-۳-۴) تخلیه هوای آلوده سالن‌های مرغ‌داری در فاصله‌ای دورتر از سالن مرغ‌داری..... ۸۶
۳-۴) جمع‌بندی و نتیجه‌گیری..... ۸۷
منابع و مآخذ..... ۹۲

## پیشگفتار:

مصرف بسیار زیاد انرژی در صنعت پرورش مرغ گوشتی ایران (سالانه حدود یک و نیم میلیارد لیتر گازوئیل) از یک طرف و وجود زیرساخت‌های علمی و صنعتی برای کاهش این مصرف، نشان می‌دهند که ظرفیّت صرفه‌جویی قابل توجّهی در این زمینه وجود دارد، به گونه‌ای که عدم توجّه به آن، ادامه‌ی فعّالیّت شاغلین در این صنعت را با مشکل مواجه خواهد کرد.

انجام طرح‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی در واحدهای پرورش مرغ گوشتی، نیازمند وجود منابع علمی-کاربردی برای اجرای این طرح‌ها است. این منابع علمی باید تأثیر و اهمیّت هر یک از متغیّرهای مؤثّر در میزان مصرف انرژی را مشخص کرده و سهم هر یک از این متغیّرها را در مقدار کل انرژی مصرفی، ارائه نمایند و برای واحدهای فعّال موجود و واحدهای در دست احداث نیز قابل استفاده باشند.

نگارش این کتاب بر اساس موارد فوق و با در نظر گرفتن یک سالن پرورش مرغ گوشتی نمونه، واقع در شهرستان کاشان انجام شده و برای ارزیابی از کاربردی بودن روش‌های پیشنهادی بهینه‌سازی مصرف انرژی، برآوردهای اقتصادی آنها نیز ارائه شده است. بر اساس نتایج تحقیقات انجام شده، بهینه‌سازی مصرف انرژی در صنعت پرورش مرغ گوشتی کاملاً اقتصادی است

و در صورت اجرای آن، سوخت مورد نیاز این صنعت، از حدود یک و نیم میلیارد لیتر گازوئیل در سال، به کمتر از پانصد میلیون لیتر، کاهش یافته و هزینه‌های پرداخت شده برای آن نیز در دو سال اوّل بهره‌برداری، از محل کاهش هزینه‌ی مربوطه به مصرف سوخت، برگشت داده می‌شود. با توجه به این که شهرستان کاشان در منطقه‌ای با مصرف انرژی پایین قرار دارد، بنابراین نتایج ارائه شده در این کتاب، برای اکثر مناطق کشور با سطح انرژی مصرفی متوسط و بالا نیز قابل استفاده است.

مطالب ارائه شده به گونه‌ای تهیه شده که علاوه بر کارشناسان مربوطه، توسط شاغلین در این صنعت (در واحدهای فعّال و در واحدهای در حال احداث) نیز قابل استفاده است.

**مقدّمه:**

هدف از تألیف این کتاب، ارائه‌ی روش‌های کاربردی برای بهینه‌سازی مصرف انرژی در صنعت پرورش مرغ گوشتی است. برای این منظور در فصل اول این کتاب، ابتدا عوامل موثّر بر میزان مصرف انرژی، مورد توجّه قرار گرفته و در ادامه با در نظر گرفتن یک سالن پرورش مرغ گوشتی نمونه، سهم تلفات حرارتی مربوط به هر یک از این عوامل در مقدار کل انرژی مصرفی، برآورد شده است. پس از آن، انواع روش‌های گرمایشی موجود و تجهیزات حرارتی مورد استفاده در سالن‌های پرورش مرغ گوشتی بررسی شده‌اند. در فصل دوم، مطالعات انجام شده قبلی در زمینه‌ی بهینه‌سازی مصرف انرژی، مورد توجّه قرار گرفته است. این مطالعات، بیشتر در زمینه‌ی تصفیه‌ی هوای سالن‌ها، سیستم گرمایش خورشیدی و گرمایش از کف، عایق‌کاری ساختمان، تجهیزات بازیافت انرژی و .... هستند. در فصل سوّم، با توجّه به محاسبات مربوط به تلفات حرارتی سالن مرغ‌داری نمونه (ارائه شده در فصل اوّل) و تحقیقات انجام شده، روش‌های کاربردی بهینه‌سازی مصرف انرژی در صنعت پرورش مرغ گوشتی به صورت تخصّصی بیان شده و برای ارزیابی از اقتصادی بودن روش‌های پیشنهادی، تحلیل اقتصادی مربوط به هر یک از آنها نیز ارائه شده است.

# فصل اوّل

## عوامل مؤثّر در میزان مصرف انرژی
## در واحدهای پرورش مرغ گوشتی

**مقدمه:**

در ابتدای این فصل، تأثیر متغیّرها و عوامل مختلفی مثل آلودگی هوای داخل و خارج از سالن مرغ‌داری، جنس مصالح ساختمانی مورد استفاده، کارآیی تجهیزات گرمایشی و مواردی از این قبیل، بر میزان انرژی مورد نیاز برای گرمایش سالن‌های پرورش مرغ گوشتی فعّال، مورد توجّه قرار می‌گیرند و برای تشخیص اهمیّت هر یک از این عوامل، سهم تلفات حرارتی مربوط به هر یک از آنها، در مقدار کل انرژی مصرف شده در یک سالن پرورش مرغ گوشتی نمونه، برآورد می‌شود. سپس تجهیزات و روش‌های گرمایشی مورد استفاده در سالن‌های موجود، توضیح داده می‌شوند و در پایان، کل مطالب بیان شده جمع‌بندی شده و نتیجه‌گیری می‌شود.

## ۱-۱) تاثیر آلودگی هوا در میزان مصرف انرژی در واحدهای پرورش مرغ گوشتی:

آلودگی‌های هوای داخل و همچنین هوای خارج سالن‌های پرورش مرغ، هر کدام به طور جداگانه باعث افزایش مصرف سوخت در صنعت پرورش مرغ گوشتی می‌شوند. بنابر این، تأثیر آلودگی هوای داخل و خارج از سالن‌ها، بر میزان مصرف سوخت نیز به صورت جداگانه مورد توجه قرار می‌گیرند.

### الف) بررسی تاثیر آلودگی هوای داخل سالن، بر میزان مصرف سوخت:

در داخل سالن‌های پرورش مرغ گوشتی، همواره گازهای سمّی و بسیار خطرناکی به وجود می‌آید که در صورت عدم تخلیه‌ی به هنگام و یا عدم کنترل غلظت آنها، برای ماکیان و افرادی که در مجموعه کار می‌کنند، خطرات جانی به وجود می‌آورد. مهم‌ترین این گازها به همراه حدّ مجاز و حدّ کشنده‌ی آنها در جدول(۱-۱) ارائه شده است. وجود گازهای بسیار سمّی و کشنده، مثل آمونیاک باعث می‌شود که تهویه‌ی سالن‌های پرورش مرغ، در اولویّت کاری این صنعت قرار گیرد. تهویه‌ی سالن‌های مرغداری نیز باعث می‌شود که مقادیر زیادی هوای گرم، از این سالن‌ها خارج شده و مصرف انرژی گرمایی و الکتریکی نیز افزایش یابد. برای تحلیل تأثیر آلودگی هوای داخل سالن مرغداری، در میزان مصرف سوخت، محاسبات مربوط به تلفات

حرارتی ناشی از تهویه‌ی یک سالن نمونه‌ی پرورش مرغ گوشتی ارائه می‌شود.

**جدول(۱-۱): گازهای موجود در سالن پرورش مرغ گوشتی و حدّ مجاز و حدّ کشنده‌ی این گازها[۱].**

| گازهای موجود در سالن پرورش مرغ | | |
|---|---|---|
| نوع گاز | حدّ مجاز (درصد) | مقدارکشنده (درصد) |
| اکسیژن | - | کمتر از ٦ |
| دی اکسید کربن | ۱ | ۳۰ |
| آمونیاک | ۰/۰۰۲۵ | ۰/۰۵ |
| متان | ٤ | ۵ |
| سولفید هیدروژن | ۰/۰۰٤ | ۰/۰۵ |

**- تلفات حرارتی ناشی از تهویه‌ی سالن مرغ‌داری:**

بر اساس استانداردهای موجود، برای تهویه‌ی یک سالن مرغ‌داری، به ازای هر عدد مرغ، به طور میانگین به مقدار سی و پنج صدم متر مکعب بر ساعت ($۰/۳۵\frac{m^3}{hr}$) هوای تازه، نیاز است[۲]. بر این اساس برای یک سالن مرغ‌داری با هزار متر مربع زیر بنا و با وجود ده هزار عدد مرغ در داخل سالن، به سه هزار و پانصد متر مکعب در ساعت ($۳۵۰۰\frac{m^3}{hr}$)، هوای تازه احتیاج است. مقدار گرمای مورد نیاز، برای این که دمای این مقدار هوا، از پنج درجه سلسیوس زیر صفر (یا۲۴ درجه‌ی فارنهایت که همان دمای هوای آزاد در شهرستان کاشان در فصل

زمستان است)، به بیست و هفت درجه‌ی سلسیوس بالای صفر (یا ۸۴ درجه‌ی فارنهایت که میانگین دمای هوای داخل سالن مرغ‌داری است) برسد، از معادله (۱-۱) به دست می‌آید[۲].

$$Q_v = \rho \times c \times v \times (T_i - T_o) \qquad (۱-۱)$$

که در آن:

$Q_v$ تلفات حرارتی مربوط به تهویه‌ی سالن مرغ‌داری، بر حسب بی‌تی‌یو بر ساعت ($\frac{Btu}{hr}$) است.

v حجم هوای مورد نیاز برای تهویه‌ی یک سالن ده هزارتائی، بر حسب فوت مکعب در ساعت ($\frac{Ft^3}{hr}$) و برای یک سالن با ده هزار عدد مرغ، مقدار آن برابر است با: ۳۵۰۰×۳۱/۳۵=۱۲۳۵۸۵ ($\frac{Ft^3}{hr}$)

ρ جرم حجمی هوا که برابر (پوند بر فوت مکعب $\frac{Lb}{Ft^3}$) ۰/۰۷۴۹ است.

$T_i$ دمای هوای داخل مرغ داری و $T_o$ دمای هوای خارج از آن، بر حسب درجه‌ی فارنهایت (°F) و به ترتیب برابر ۸۴°F و ۲۴°F هستند. $c$ ضریب گرمای ویژه هوا بر حسب (بی‌تی‌یو بر پوند درجه‌ی فارنهایت) یا ($\frac{Btu}{Lb°F}$) و برابر ۰/۲۴۱ است. با جایگذاری مقادیر متغیّرها در معادله (۱-۱)، تلفات حرارتی

مربوط به تهویه‌ی یک سالن ده هزارتائی پرورش مرغ واقع در شهرستان کاشان برابر $(\frac{\text{Btu}}{\text{hr}})$۱۳۳۸۴۹به دست می‌آید.

بر این اساس، مقدار گرمای مورد نیاز برای تهویه‌ی این سالن، در طی مدت دو ماه (یا یک دوره پرورش مرغ) برابر (Btu) ۱۹۲۷۴۲۸۸۹ (۶۰ ×۲۴× ۱۳۳۸۴۹) به دست می‌آید. مقدار حرارت فوق، بر حسب کیلو کالری برابر است با: ۱۹۲۷۴۲۸۸۹ × ۰/۲۵۲ = ۴۸۵۷۱۲۰۸ (Kcal)

با توجه به این که ارزش حرارتی هر کیلوگرم گازوئیل برابر (Kcal)۱۰۷۵۰ است، بنا بر این، این مقدار گرما برابر چهار هزار و پانصد و هجده (۴۵۱۸) کیلوگرم گازوئیل یا برابر پنج هزار و چهار صد و بیست (۵۴۲۰) لیتر گازوئیل است. از تقسیم این عدد بر تعداد مرغ‌های پرورشی این سالن (یعنی ده هزار تا)، سرانه‌ی مصرف گازوئیل مورد نیاز برای تهویه‌ی یک سالن مرغ‌داری، واقع در شهرستان کاشان، به ازای هر عدد مرغ در طی دو ماه، حدود پنجاه و چهار صدم (۰/۵۴) لیتر به دست می‌آید.

**ب) بررسی تأثیر آلودگی هوای خارج سالن، در میزان مصرف سوخت:**

هدف اصلی از تهویه‌ی سالن مرغ‌داری، ورود هوای تمیز و پاک به داخل سالن و خروج هوای آلوده از سالن پرورش مرغ است. حال اگر هوای ورودی

به سالن نیز دارای آلودگی باشد، برای رسیدن به شرایط مناسب، چاره‌ای وجود ندارد جز این که حجم هوای در حال تهویه، افزایش یابد. یکی از مشکلات اصلی و پنهان در اکثر مرغ داری های گوشتی در داخل کشور، وجود هوای آلوده در خارج از این سالن ها است. در روزهایی که در اطراف سالن های مرغ داری هیچ جریان هوایی وجود ندارد، هوای آلوده‌ی خارج شده از سالن ها دو باره توسط دمنده ها، به داخل سالن فرستاده می شود و این امر باعث افزایش غلظت گازهای سمّی در داخل و خارج از سالن شده و تلفات حرارتی ناشی از تهویه را تشدید می کند و حتی ممکن است باعث از بین رفتن مرغ‌ها نیز بشود.

بر اساس تحقیقاتی که مؤلف در این مورد انجام داده تا کنون در هیچ گزارشی به مسأله‌ی آلودگی هوای خارج از سالن ها پرداخته نشده است. بر اساس بازدیدهای انجام شده از حدود پنجاه واحد پرورش مرغ گوشتی در شهرستان کاشان، مشخص شده است که موارد زیر، در افزایش آلودگی هوای خارج سالن های پرورش مرغ گوشتی تاثیر دارند:

۱-احداث مرغ داری در محلی نامناسب (مثل درّه‌ی بین دو کوه که جریان طبیعی هوا در آن وجود ندارد).

۲- عدم وجود کانالی که هوای خروجی از سالن را در فاصله‌ی دورتری نسبت به سالن مرغ‌داری تخلیه کند.

۳-عدم وجود کانال‌های مکش هوا، به گونه‌ای که هوای تازه را از فاصله‌ی دورتری نسبت به سالن مرغ‌داری، گرفته و بعد وارد سالن نماید.

۴- ورود هوای خروجی از یک سالن پرورش مرغ به سالن دیگر.

۵- وجود دیوارهایی که در محوطه‌ی اطراف سالن های مرغ داری احداث می‌شوند و به عنوان مانعی در برابر جریان طبیعی هوا عمل می کنند.

برای لحاظ کردن مقدار آلودگی هوای اطراف سالن‌های مرغ‌داری در میزان مصرف سوخت مربوط به تهویه سالن، می‌توان به روش زیر عمل کرد:

فرض کنیم درصد آلودگی هوای اطراف سالن مرغ داری برابر $x$ درصد حد مجاز باشد. بنابراین، از کل مقدار هوایی که وارد سالن می شود، مقدار $(1-x)$درصد آن، هوای تازه و بدون آلودگی است. اگر تعداد مرغ‌های موجود در سالن برابر $n$ تا باشد و به ازای هر عدد از آنها، مقدار $(0/35\frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{hr}})$ هوای تازه نیاز داشته باشیم، مقدار حجم هوای تازه ورودی به سالن مرغ‌داری از معادله (۱-۲) به دست خواهد آمد.

$$v = \frac{0/35 \times n}{(1-x)} \qquad (۱-۲)$$

بر اساس معادله (۱-۲)، اگر میزان آلودگی هوای اطراف سالن مرغ داری صفر باشد، مقدار هوای مورد نیاز برای تهویه‌ی یک سالن با $n$ تا مرغ، برابر

$n$×۰/۳۵ می‌شود که همان مقدار استاندارد هوای مورد نیاز است. اگر درصد آلودگی هوای خارج از سالن، برابر حد مجاز شود، حجم هوای مورد نیاز برای تهویه‌ی سالن مرغ‌داری بر اساس معادله (۱-۲) بی‌نهایت می‌شود که مفهوم آن، عدم امکان انجام تهویه برای سالن است. اگر مقدار آلودگی هوای خارج از سالن مرغ‌داری به پنجاه درصد حد مجاز برسد، طبق معادله (۱-۲)، حجم هوای مورد نیاز برای تهویه‌ی سالن مرغ داری، به دو برابر حد استاندارد می‌رسد. درصد آلودگی هوای خارج سالن توسط تجهیزات مربوطه، قابل اندازه‌گیری است. از آنجایی که مصرف انرژی برای تهویه سالن‌ها به طور مستقیم با حجم هوای مربوط به تهویه، متناسب می باشد و حجم هوای مورد نیاز در مناطق آلوده با ضریب $\frac{۱}{(۱-x)}$ در ارتباط است، بنابر این، می‌توان نتیجه گرفت که مقدار سوخت مصرفی برای تهویه‌ی سالن‌ها در مکان هایی که هوای اطراف سالن $x$ درصد حد مجاز آلودگی دارند، به نسبت $\frac{۱}{(۱-x)}$، افزایش می‌یابد. به عنوان مثال اگر در منطقه‌ای آلودگی هوای اطراف سالن های مرغ داری برابر بیست درصد حد مجاز (یا $x$=۰/۲ ) باشد، مقدار سوخت مصرفی برای تهویه‌ی سالن مرغ‌داری با نسبت $\frac{۱}{(۱-۰/۲)}$ ، افزایش می‌یابد و سرانه‌ی مصرف گازوئیل به ازای هر عدد مرغ از پنجاه و چهار صدم (۰/۵۴) لیتر گازوئیل به شش صد و

هفتاد و پنج هزارم (۰/۶۷۵=۰/۵۴×۱/۲۵) لیتر می‌رسد. برای منطقه‌ی کاشان که در یک دوره پرورش مرغ گوشتی (یعنی دو ماه) حدود دو و نیم میلیون عدد مرغ پرورش داده می‌شود، حدود سی صد و سی هفت هزار و پانصد لیتر گازوئیل[(۰/۵۴–۰/۶۷۵)×۲۵۰۰۰۰۰] برای جبران تلفات حرارتی هوای اضافی مورد نیاز (به دلیل آلودگی هوای خارج از سالن مرغ‌داری) مصرف می‌شود. یکی از مهم‌ترین گازهای سمّی، کشنده و آلاینده‌ی فضای داخل و خارج از سالن های مرغ داری، گاز آمونیاک است که بر حسب قسمت در میلیون (یاppm) سنجیده می‌شود. گاز آمونیاک تا غلظت ۱۵ppm، قابل تشخیص نیست. در غلظت ۲۰ppm تا ۲۵ppm، بوی آن احساس می‌شود و در غلظت ۵۰ppm باعث سوزش چشم و در غلظت ۱۰۰ppm، باعث ایجاد تاول بر روی پوست، می‌شود. گاز آمونیاک در غلظت ۵۰۰ppm می‌تواند هر جانداری را از پای درآورد. حدّ مجاز آمونیاک در سالن‌های پرورش مرغ ۲۵ppm است. از آنجایی که در فضای اطراف اکثر مرغ‌داری‌ها، بوی نامطبوع آلودگی احساس می‌شود، می توان نتیجه گرفت که حداقلّ غلظت آمونیاک در فضای اطراف سالن ۱۵ppm است که در نتیجه‌ی آن، بوی نامطبوعی احساس می‌شود. این مقدار، حدود نصف مقدار حد مجاز است. این مقدار آلودگی فضای اطراف

سالن مرغ‌داری، باعث افزایش دو برابری مقدار هوای مورد نیاز برای تهویه‌ی سالن مرغ‌داری می‌شود. با جمع‌بندی نتایج مربوط به آلودگی هوای داخل و خارج از سالن مرغ‌داری، معادله (۱-۳) را برای به دست آوردن مقدار دقیق سوخت مورد نیاز، برای تهویه‌ی سالن‌ها، می‌توان ارائه کرد:

$$Q_v = \rho \times c \times v_f \times (T_i - T_o) \qquad (۱-۳)$$

که در آن:

۱) $v_f$ حجم هوای مورد نیاز بر حسب $(\frac{\mathrm{Ft}^3}{\mathrm{hr}})$ برای تهویه‌ی یک سالن مرغداری با $n$ عدد مرغ (و با در نظر گرفتن آلودگی هوای خارج از سالن) است که از معادله (۱-۴) به دست می‌آید:

$$v_f = \frac{۰/۳۵\times۳۵/۳۱\times n}{(۱-x)} \qquad (۱-۴)$$

۲) عدد ۰/۳۵، مقدار هوای مورد نیاز بر حسب $(\frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{hr}})$، برای تهویه‌ی سالن مرغداری، به ازای یک عدد مرغ و عدد ۳۵/۳۱ ضریب تبدیل واحد متر مکعب به فوت مکعب است.

۳) $M$ مقدار گازوئیل مورد نیاز (بر حسب کیلوگرم) برای جبران تلفات حرارتی مربوط به تهویه‌ی سالن مرغداری (با احتساب آلودگی هوای خارج از سالن) است و از معادله (۱-۵) به دست می‌آید.

$$M = \frac{q}{c_1} \qquad (۱-۵)$$

که در آن $c_1$، ظرفیت حرارتی گازوئیل (برابر با ۱۰۷۵۰ کیلوکالری بر کیلوگرم) و $q$، مقدار تلفات حرارتی مربوط به تهویه‌ی یک سالن مرغ‌داری بر حسب کیلوکالری در ساعت (که مقدار آن نیز برابر $Q_v$×۰/۲۵۲ و عدد ۰/۲۵۲ ضریب تبدیل واحد Btu به کیلوکالری (Kcal)) است. از آنجایی که یک کیلوگرم گازوئیل حجمی برابر ۱/۲ لیتر دارد، بنا بر این برای به دست آوردن حجم گازوئیل مورد نیاز برای جبران تلفات حرارتی مربوط به تهویه‌ی یک سالن مرغ‌داری (با احتساب آلودگی هوای خارج از سالن) باید عدد $M$ را در ۱/۲ ضرب کنیم. بنابر این حجم گازوئیل مورد نیاز $(v_1)$ بر حسب لیتر از معادله (۱-۶) به دست می‌آید.

$$v_1 = \frac{۱}{۲} \times M \qquad (۱-۶)$$

## ۱-۲) تأثیر مصالح مورد استفاده برای احداث مرغ داری در میزان مصرف انرژی:

بر اساس بازدیدهای انجام شده، اکثر مرغ‌داری‌های فعّال، قدیمی است و با مصالح ساختمانی و بنایی معمولی (نظیر آجر و ملات گل و یا سیمان) احداث شده‌اند. قسمت داخلی و خارجی دیوارهای جانبی این سالن‌ها با یک لایه‌ی

سیمان پوشیده شده و سقف آن، از آجر به ضخامت دوازده سانتی‌متر و یک لایه‌ی سیمان و ایزوگام، به صورت سقف‌های ضربی قدیمی تشکیل شده است.

برای تعیین سهم تلفات حرارتی ناشی از جداره‌های ساختمان یک مرغ‌داری، در کل میزان مصرف انرژی آن، یک سالن با مساحت هزار متر مربع (برای پرورش ده هزار عدد مرغ) به صورت استاندارد در نظر گرفته می‌شود.

اطلاعات اولیه موجود، برای محاسبات عبارتند از:

۱) ابعاد سالن شامل عرض سالن برابر ده متر و طول سالن برابر صد متر و ارتفاع آن برابر سه متر.

۲) دمای هوای داخل مرغ داری به طور میانگین ۲۷°C (۸۴°F) و دمای خارج از سالن مرغ‌داری واقع در شهرستان کاشان، ۵°C زیر صفر(۲۴°F).

۳) دیوارهای مرغ‌داری دارای ضخامت سی و پنج سانتی متر از آجر و سیمان ساخته شده‌اند.

٤) ضخامت سقف، برابر پانزده سانتی‌متر با یک لایه گچ یک سانتی‌متری در زیر و یک لایه سیمان یک سانتی‌متری بر روی آن به همراه یک لایه عایق ایزوگام یک سانتی است.

۵) کل سالن پرورش مرغ، بدون پنجره در نظر گرفته می‌شود.

مجموع تلفات حرارتی دیوارها، سقف و کف سالن مرغداری ($Q_t$) از معادله (۱-۷) به دست می‌آید.

$$Q_t = Q_f + Q_w + Q_r \qquad (۱-۷)$$

که در آن $Q_f$ تلفات حرارتی از کف سالن مرغداری و $Q_r$ تلفات حرارتی از سقف آن و $Q_w$ تلفات حرارتی از دیوارهای جانبی سالن مرغداری است و طبق معادله‌های (۱-۸) تا (۱-۱۰) مشخص می‌شوند.

$$Q_f = ۰/۶ \times P \times (T_i - T_o) + ۰/۰۵ \times A_f \times (T_i - T_g) \qquad (۱-۸)[۳]$$

که در آن:

$P$ محیط آن قسمت از سطح کف سالن (بر حسب فوت$\mathrm{Ft}$) است که با هوای آزاد بیرون سالن هم‌مرز باشد و در این سالن نمونه، برابر ۷۲۲ فوت است.

$T_g$ دمای زمین بر حسب درجه‌ی فارنهایت که برابر$^{\circ}\mathrm{F}$ ۶۵ است.

$A_f$ مساحت کف سالن مرغداری (بر حسب فوت مربع)، برابر $۱۰۷۶۰\mathrm{Ft}^{۲}$ است.

$$Q_r = A_r \times u_r \times (T_i - T_o) \qquad (۱-۹)[۳]$$

که در آن:

$A_r$ مساحت سقف سالن مرغداری (بر حسب فوت مربع) برابر $۱۰۷۶۰\mathrm{Ft}^{۲}$ است.

$u_r$ ضریب انتقال حرارت برای سقف مرغداری، برابر $۰/۵(\frac{\mathrm{Btu}}{\mathrm{Ft}^{۲}{}^{\circ}\mathrm{Fhr}})$ می‌باشد.

$$Q_w = A_w \times u_w \times (T_i - T_o) \qquad (۱۰-۱)[۳]$$

که در آن:

$A_w$ مساحت دیوارهای جانبی سالن مرغداری (بر حسب فوت مربع) برابر $۷۱۰۰\,\mathrm{Ft}^۲$ است.

$u_w$ ضریب انتقال حرارت برای دیوار مرغداری، که برابر $۰/۳(\frac{\mathrm{Btu}}{\mathrm{Ft}^۲ {}^\circ\mathrm{Fhr}})$ است.

با جای‌گذاری مقادیر عددی فوق در فرمول‌های مربوطه، تلفات حرارتی مربوط به هر قسمت، به صورت $Q_r = ۳۲۲۸۰۰(\frac{\mathrm{Btu}}{\mathrm{hr}})$ و $Q_w = ۱۲۷۸۰۰(\frac{\mathrm{Btu}}{\mathrm{hr}})$ و $Q_f = ۳۶۲۱۴(\frac{\mathrm{Btu}}{\mathrm{hr}})$ به دست می‌آید.

بنابراین کل تلفات حرارتی برای یک سالن مرغ داری استاندارد، با هزار متر مربع زیربنا، واقع در شهرستان کاشان در طی یک دوره پرورش مرغ به مدت دو ماه، برابراست با:

$$Q_t = (۳۲۲۸۰۰+۳۶۲۱۴+۱۲۷۸۰۰) \times ۲۴ \times ۶۰ = ۷۰۱۰۱۲۱۶۰\,(\mathrm{Btu}) = ۱۷۶۶۵۵۰۶۴\,(\mathrm{Kcal})$$

با توجه ارزش حرارتی گازوئیل (۱۰۷۵۰ کیلو کالری بر کیلوگرم)، مقدار گازوئیل مورد نیاز برای جبران تلفات حرارتی فوق، برابر شانزده هزار و چهار صد و سی و سه (۱۶۴۳۳) کیلوگرم گازوئیل(یا نوزده هزار و هفت صد و نوزده (۱۹۷۱۹) لیتر گازوئیل) می‌شود. اگر این مقدار گازوئیل را بر تعداد مرغ‌ها (ده هزار تا) تقسیم کنیم، سرانه‌ی مصرف سوخت به ازای هر عدد مرغ برای

جبران تلفات حرارتی از کف، سقف و دیوارهای سالن مرغ‌داری، برابر یک و نه دهم (۱/۹) لیتر در طی مدت دو ماه در شهرستان کاشان به دست می‌آید.

با توجه به نسبت مقادیر $Q_f$ و $Q_w$ و $Q_r$ به مقدار کل $Q_t$، مشخص می‌شود که سهم تلفات انرژی از کف سالن، برابر هفت و چهار دهم درصد (۷/۴٪)، از سقف سالن برابر شصت و شش و سه دهم درصد (۶۶/۳٪) و از دیوارها برابر بیست و شش و سه دهم درصد (۲۶/۳٪)، از کل مقدار $Q_t$ است. این درصدها، درجه‌ی اهمیت بحث عایق‌کاری را برای هر قسمت مشخص می‌کند. توضیح این که پرورش دهنده‌گان مرغ از موادی در کف سالن استفاده می‌کنند که باعث می‌شود رطوبت بستر ماکیان در حد مجازی، نگه داشته شود و این مواد تا حدود زیادی به صورت عایق حرارتی نیز عمل می‌کنند و تلفات حرارتی از کف مرغ‌داری را کاهش می‌دهند.

## ۱-۳) تأثیر بازده تجهیزات مورد استفاده در میزان مصرف انرژی:

بر اساس محاسبات ارائه شده، سرانه‌ی مصرف سوخت برای تهویه‌ی سالن به ازای هر عدد مرغ، برابر پنجاه و چهار صدم (۰/۵۴) لیتر گازوئیل و سرانه‌ی سوخت مورد نیاز برای جبران تلفات حرارتی دیوارها، سقف و کف سالن مرغ‌داری به ازای هر عدد مرغ برابر یک و نه دهم (۱/۹) لیتر گازوئیل در مدت

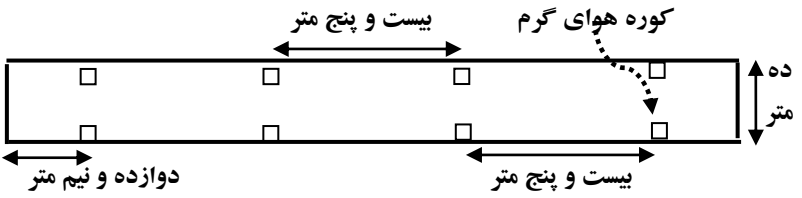
دو ماه (یا یک دوره پرورش مرغ) به دست آمد. بنابراین کل سوخت مورد نیاز برای پرورش یک عدد مرغ در طی دو ماه در شهرستان کاشان، حدود دو و نیم (۲/۵) لیتر گازوئیل است. در محاسبات مربوط به برآورد سرانه‌ی مصرف سوخت به روش فوق، بازده حرارتی تجهیزات، لحاظ نشده است. بنابراین مقدار واقعی سوخت مورد نیاز را باید با در نظر گرفتن بازده تجهیزات گرمایشی مورد استفاده، به دست آورد. بالاترین ضریب کارآیی تجهیزات حرارتی مورد استفاده بر اساس اظهار نظر سازندگان این تجهیزات، برابر هشتاد و پنج درصد (β=٪۸۵) است. اگر این عدد واقعی باشد و شرایط نصب و عملکرد دستگاه درست باشد، مقدار واقعی سرانه مصرف سوخت در طی دو ماه برای واحدهای پرورش مرغ واقع در شهرستان کاشان برابر دو و نه دهم (یا $\frac{۲/۵}{\beta}$) لیتر گازوئیل می‌شود. بر اساس اطلاعات دریافتی، در صورت استفاده از تجهیزات گرمایشی سنتی، مثل چهار شاخ‌های قدیمی، مقدار مصرف سرانه‌ی سوخت به بالای چهار لیتر نیز افزایش می‌یابد. در شهرستان کاشان در یک دوره‌ی پرورش مرغ، حدود هفت و نیم میلیون عدد مرغ گوشتی پرورش داده می شود. بنابراین مقدار گازوئیل مورد نیاز برای صنعت مرغ گوشتی این شهرستان در مدت دو ماه، حداقل حدود بیست و دو میلیون لیتر گازوئیل است.

## ۱-٤) تجهیزات گرمایشی مورد استفاده در واحدهای فعال:

### الف) کوره‌ی هوای گرم قدیمی:

این کوره‌ی هوای گرم از یک محفظه‌ی استوانه‌ای شکل و به قطر نیم متر، از جنس ورق فلزی به ضخامت سه میلی‌متر تشکیل شده است که به طور مستقیم در داخل سالن های مرغ داری قرار می‌گیرد. این نوع کوره‌ی هوای گرم، به طور معمول در ارتفاع نیم متری از کف سالن قرار می‌گیرد و شعله‌ی مشعل گازوئیلی که در بیرون سالن قرار دارد، به داخل آن هدایت می‌شود.

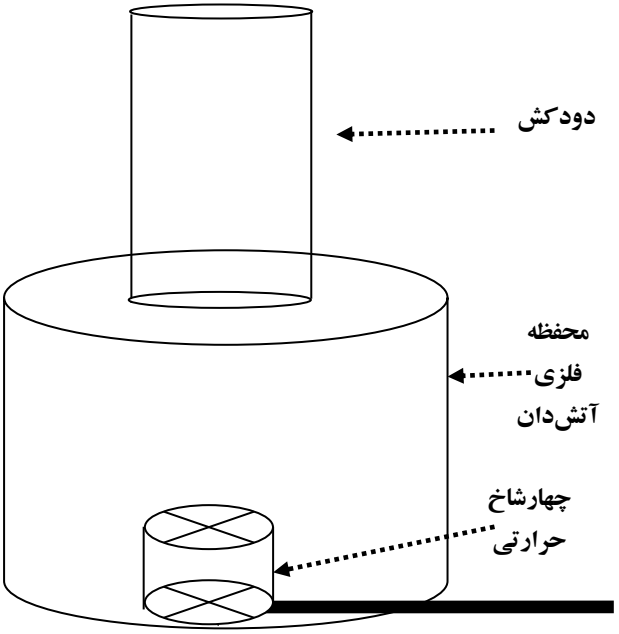
شکل(۱-۱) به طور تقریبی محل نصب این سیستم گرمایشی را نشان می‌هد. محصولات احتراق این دستگاه با دمای زیاد، بلافاصله از دودکش آن به خارج سالن فرستاده می شود. فاصله‌ی کوره های هوای گرم از یکدیگر، حداکثر بیست و پنج متر است. در کوره‌های هوای گرم قدیمی، انتقال حرارت به روش جابجای طبیعی، انجام شده و کارآیی آنها نیز فوق‌العاده پایین است.




**شکل(۱-۱): محل قرار گرفتن کوره‌های هوای گرم قدیمی در سالن.**

**ب) چهارشاخ‌های گرمایشی:**

شکل تقریبی چهارشاخ، به صورت شکل (۱-۲) است. این وسیله، از یک لوله‌ی فلزی به قطر دو و نیم سانتی متر تشکیل شده که سوخت گازوئیل، هنگام عبور از آن، مقداری گرما جذب می‌کند و در محل خروجی لوله تبخیر شده و سپس مشتعل می‌گردد. در مدل‌های اولیه‌ی این تجهیزات، محصولات احتراق، داخل یک محفظه‌ی فلزی تخلیه شده و هوای اطراف آن گرم می‌شود و سپس محصولات احتراق، توسط دودکش به هوای آزاد بیرون سالن، منتقل می‌شود.




**شکل (۱-۲): محفظه احتراق و چهارشاخ‌های قدیمی.**

## ج) تجهیزات گرمایش تابشی:

تهویه هوا در مرغ‌داری، از سایر فضاهای صنعتی بسیار بالاتر است. بنابر این انرژی جذب شده توسط هوا، در روش‌های گرمایشی مرسوم در مرغ‌داری‌ها (که به طور کلی از طریق جابجایی طبیعی است) قبل از تبادل حرارتی با محیط سالن، از طریق دمنده های خروجی به خارج از سالن هدایت می شود. اتلاف بسیار زیاد انرژی، عدم یکنواختی گرما در سطح کل سالن، ایجاد جریان هوا، بستر مرطوب و نیز آلودگی محیط زیست از مشکلات سیستم های تامین گرمایش در صنعت پرورش مرغ کشور است.

یکی از راه حل های این مشکلات، استفاده از دستگاه‌های گرمایش تابشی است. این دستگاه ها در زیر سقف سالن نصب شده و گرمای آن، از طریق تابش به کف سالن هدایت می شود. بخش عمده‌ای از تبادل حرارت، از طریق تابش صورت می گیرد و تا حدودی اتلاف انرژی از طریق هوا کاسته می‌شود. در این روش، کف سالن گرم می‌شود و رطوبت آن کاهش می‌یابد و کم شدن بیش از حد رطوبت کف، از مشکلات این سیستم و کاهش پراکندگی گرد و غبار در داخل سالن از مزایای آن، است. برای جلوگیری از کاهش اکسیژن در سالن مرغ‌داری، هوای مورد نیاز مشعل این دستگاه توسط لوله‌ای از خارج از

سالن دریافت می‌شود و در مقدار اکسیژن داخل سالن تغییری ایجاد نمی‌کند. علی‌رغم سوخت کامل این دستگاه‌ها، گازهای حاصل از احتراق نیز به خارج از سالن هدایت می‌گردد.

– ویژگی سیستم گرمایش تابشی:

با توجه به این که در سیستم تابشی گرما از طریق تابش منتقل می‌شود، بنا بر این، امکان جهت دادن به مسیر گرمایش وجود دارد و حرارت، بیشتر در فضای نزدیک به بستر سالن مرغ‌داری متمرکز شده و آن را گرم می‌کند. قابلیّت انعطاف زیاد این سیستم، امکان منطقه‌بندی و کنترل منطقه‌ای گرمایش سالن را به وجود می‌آورد. برای مثال، در ابتدای دوران پرورش که امکان افزایش تراکم در واحد سطح وجود دارد، به وسیله‌ی این سیستم، می‌توان فقط قسمت مورد نظر را گرم کرد. سیستم گرمایش تابشی به اندازه‌ی سایر تجهیزات گرمایشی، باعث چرخش هوا نمی‌شود و در نتیجه، آلودگی مواد معلّق و غبار موجود در هوا کاهش یافته و اثرات مثبتی در افزایش بهداشت محیط مرغ‌داری را در پی دارد. به دلیل این که حرارت تابشی، سالن مرغ‌داری را سریع‌تر گرم می‌کند، بنابراین در زمان جوجه‌ریزی، نیاز به پیش گرمایش سالن مرغ‌داری را کاهش داده و این امر باعث صرفه‌جویی در انرژی و وقت می‌شود.

**د) سیستم گرمایش از کف:**

سابقه‌ی سیستم گرمایش از کف به عنوان یک روش تأمین حرارت مطلوب، به روم باستان بر می‌گردد. آنها با ایجاد کانال‌های مخصوص در کف ساختمان‌ها و حمام‌ها در فصل‌های سرد سال، این مکان‌ها را گرم می‌کردند. امروزه پس از گذشت قرن‌ها و با اختراع سیستم‌های هیدرولیکی و پمپ‌های انتقال سیّالات، سیستم گرمایش از کف به عنوان یکی از رایج‌ترین شیوه‌های مدرن گرمایشی برای تأمین حرارت بسیاری از فضاهای مسکونی و صنعتی به کارگرفته می‌شود . با توجه به نکات فنّی مطرح در این سیستم، در صنعت مرغ‌داری نیز در بعضی مواقع از آن به صورت یک سیستم گرمایشی استفاده شده است. در مقام مقایسه، سیستم گرمایش از کف به دلیل توزیع یکنواخت حرارت در سالن‌های مرغ‌داری نسبت به سایر روش‌های گرمایشی سنتی دارای بازده حرارتی بالاتری است. علاوه بر این، فضای سالن توسط این سیستم اشغال نمی‌شود و تنفس ماکیان، به علّت عدم حرکت ذرات معلّق در هوا بسیار بهداشتی و رضایت‌بخش می‌شود. در سیستم گرمایش از کف می‌توان برای سنین اولیه‌ی پرورش جوجه‌ها، با استفاده از یک جعبه‌ی مرکزی، انشعابات قسمتی از سالن را به مقدار بیشتری افزایش داد تا بدین وسیله، گرمای اولیه‌ی

مورد نیاز جوجه‌ها تامین شود. بخش‌های حرارتی از این جعبه‌های مرکزی به تفکیک، باعث کنترل مجزای دمای هر قسمت از سالن مرغ داری در سنین مختلف می‌شود. بر اساس مطالعات انجام شده در برخی از کشورهای دنیا از این روش گرمایشی در مرغ داری ها استفاده شده است. با توجه به کاهش رطوبت بستر در این روش گرمایشی باید با استفاده از تجهیزات رطوبت‌زنی مناسب، مقدار رطوبت بستر سالن را در حدّ مناسبی نگه داشت.

## هـ) کوره هوای گرم صنعتی:

در بین تجهیزات گرمایشی مورد استفاده برای سالن‌های پرورش مرغ ، کوره های هوای گرم صنعتی دارای بالاترین بازده حرارتی است و استفاده از آن برای گرمایش فضاهای بزرگ و به هم پیوسته (مثل سوله های صنعتی و یا سالن‌های ورزشی و سالن‌های پرورش مرغ) در حال گسترش است. این تجهیزات گرمایشی دارای یک محفظه به نام آتش دان هستند که شعله داخل آن قرار می‌گیرد. یک عدد فن گریز از مرکز، هوای داخل سالن را به درون کوره‌هوای گرم و اطراف محفظه آتش‌دان، کشیده و بعد از گرم شدن هوا در اطراف محفظه، دوباره آن را به داخل سالن می‌فرستد. پایین بودن هزینه‌ی خرید

کوره‌های هوای گرم و نصب و نگهداری بسیار آسان آنها، باعث شده است که استفاده از این تجهیزات گرمایشی در صنعت مرغ‌داری نیز افزایش یابد.

در واقع تفاوت کوره‌های هوای گرم سنتی با کوره‌های هوای گرم صنعتی در این است که انتقال حرارت در کوره های سنتی، توسط جریان طبیعی هوا اتفاق می افتد، در حالی در کوره های صنعتی، انتقال حرارت توسط جریان اجباری هوا در اطراف محفظه آتش‌دان و با شدت بیشتری انجام می‌شود.

## ۱-۵) جمع‌بندی و نتیجه‌گیری:

تحلیل میزان مصرف انرژی در واحدهای پرورش مرغ گوشتی، نشان دهنده‌ی مصرف بی‌رویه انرژی در این صنعت (پنج برابر مقدار واقعی مورد نیاز[۴] یا به طور تقریبی، یک لیتر گازوئیل برای تولید یک کیلوگرم گوشت مرغ[۵]) است. احداث مرغ‌داری‌های گوشتی با استفاده از مصالح ساختمانی رایج و به کار بردن تجهیزات گرمایشی، با بازده حرارتی پایین و همچنین وجود آلودگی هوا، در داخل و در خارج از سالن‌های مرغ‌داری از جمله مهم‌ترین عوامل افزایش میزان مصرف سوخت در این صنعت است. ترکیب نتایج بازدید

از مرغ‌داری‌های گوشتی فعّال با مبانی علمی و نظری بهینه‌سازی مصرف انرژی، به ارائه روش‌های اجرایی در زمینه‌ی کاهش مصرف سوخت منجر می‌شود.

محاسبه‌ی تلفات حرارتی سالن‌های مرغ‌داری نشان می‌دهد که بخش عمده‌ای از مصرف سوخت، به تلفات حرارتی از سقف و دیوارهای مرغ‌داری مربوط می‌شود که تنها راه جلوگیری از آن، عایق‌کاری سقف و دیوارها و یا احداث مرغ‌داری در داخل زمین است.

بازیافت انرژی از هوای مورد نیاز برای تهویه‌ی مرغ‌داری و استفاده از تجهیزات گرمایشی با کارآیی بالا نیز در کاهش مصرف سوخت تأثیر دارند. برای کاهش آلودگی فضای داخل مرغ‌داری‌ها نیز تاکنون روش‌های کاربردی مطمئنّی ارائه نشده است و پیشنهادهای موجود در این زمینه به تحقیقات بیشتری نیاز دارد.

# فصل دوم

## مطالعات انجام شده قبلی در زمینه بهینه‌سازی مصرف انرژی در صنعت پرورش مرغ گوشتی

**مقدّمه:**

برای کاهش مصرف انرژی در صنعت پرورش مرغ گوشتی، تحقیقاتی متفاوتی انجام شده است، که از آن جمله، به موارد زیر، می‌توان اشاره کرد:

۱) کاهش آلاینده‌گی هوای سالن‌های مرغ‌داری و تصفیه و ضد عفونی کردن هوای مرغ‌داری به منظور کمتر شدن نیاز به تهویه سالن‌ها.

۲) عایق‌کاری ساختمان مرغ‌داری و استفاده از تجهیزات بازیافت گرما.

۳) استفاده از انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر.

۴) روش‌های گرمایشی نوین، استفاده از تجهیزات پیشرفته و هوشمندسازی آن.

در این فصل به چند نمونه از روش‌های پیشنهادی در زمینه‌ی بهینه‌سازی مصرف انرژی در صنعت پرورش مرغ گوشتی اشاره می‌شود. مزایا و معایب هر یک از آنها مورد توجه قرار گرفته و در صورت امکان از نتایج این تحقیقات، برای کامل‌تر شدن کتاب حاضر استفاده می‌شود. تذکر این مطلب ضروری است که تمام روش‌های کاهش مصرف سوخت، که در این فصل به آنها اشاره می‌شود، مورد ادعای محققین مربوطه است و ارائه‌ی آنها در این قسمت، به معنی تأیید آنها نیست. ارزیابی از نتایج تحقیقات مورد اشاره و کاربردی بودن آنها، در قسمت جمع‌بندی و نتیجه‌گیری همین فصل، ارائه می‌شود.

## ۲-۱) تحقیقات مربوط به تصفیه‌ی هوای فضای داخل سالن‌ها:

دلیل اصلی تهویه‌ی سالن‌های مرغ‌داری، وجود گازهای آلاینده و عوامل بیماری‌زا در داخل سالن پرورش مرغ است. به همین دلیل منطقی است که با کاهش گازهای سمی و عوامل بیماری‌زا، نیاز به تهویه‌ی سالن‌های مرغ‌داری کاهش یابد و به دنبال آن، مصرف انرژی نیز کم شود. تحقیق انجام شده توسط حمید رضا عظیم و همکارانش[۶] در زمینه‌ی بررسی بهینه‌سازی مصرف انرژی در سالن‌های مرغ‌داری با استفاده از تصفیه‌ی هوای خروجی سالن‌های پرورش مرغ، نمونه‌ای از این تحقیقات است. در این مطالعات، عظیم و همکارانش بر کاهش و حذف آمونیاک از هوای در حال خروج از سالن مرغ‌داری و برگرداندن این هوا به داخل سالن، تأکید کرده‌اند. برای حذف گاز آمونیاک، مقدار مناسبی از گاز ازن به داخل هوا تزریق می‌شود. گاز ازن یک اکسید کننده‌ی بسیار قوی است. بر این اساس، گاز آمونیاک توسط گاز ازن اکسید شده و در کف مرغ‌داری، ته نشین می‌شود. گاز ازن علاوه بر کاهش سطح آمونیاک یک ضد عفونی کننده‌ی بسیار قوی نیز هست. به عبارت دیگر، با استفاده از گاز ازن، طیف گسترده‌ای از عوامل بیماری‌زا نظیر ویروس‌ها، باکتری‌ها و ... نیز از بین می‌روند. مقدار حد مجاز و حد کشنده‌ی گازهای خطرناک موجود در سالن‌های پرورش مرغ در جدول (۱-۱) ارائه شده است.

برای اندازه‌گیری غلظت گاز آمونیاک در داخل سالن پرورش مرغ، از ماژول آمونیاک استفاده می‌شود. این دستگاه قادر است کمیّت‌های مثل غلظت گاز آمونیاک، دما و رطوبت سالن مرغداری را برای کنترل کیفیّت هوای محیط، اندازه‌گیری کرده و نمایش دهد. با این وسیله، می‌توان چند دستگاه را به هم متصل کرد و تمام متغیرهای مربوط به هوای محیط مورد نظر را در چند نقطه نشان داد. در ضمن، این دستگاه می‌تواند عملکرد تجهیزاتی مثل کوره‌های هوای گرم، فن‌های تهویه هوای سالن مرغداری و تجهیزات مربوط به تامین رطوبت سالن مرغداری را کنترل کند تا شرایط مطلوب برای فضای مورد نظر فراهم شود. این دستگاه حساسیت بالایی به آمونیاک دارد و کالیبراسیون آن به سادگی انجام می‌شود. نگهداری آسان، قیمت پایین و عمر بالای حس‌گرها از ویژگی‌های دیگر این دستگاه است.

از جمله روش‌های دیگر، برای ضد عفونی کردن فضای داخل سالن‌های مرغداری، استفاده از محلول‌های شیمیای مخصوص است که محلول Stina (محلول کاهنده‌ی گازهای مضر سالن‌های مرغداری) یکی از آنها است[۷]. این محلول، می‌تواند مواد سمی و بد بوی موجود در سالن‌های مرغداری را کاهش دهد. استینا در مرکز تحقیقات و فنآوری شرکت نانو واحد صنعت، طراحی و

تولید شده است. این محصول مخلوطی از ترکیبات معدنی است و با اسپری و پاشش در بستر سالن‌های مرغ‌داری، گازهای مضر، آلاینده و بدبو مثل آمونیاک، سولفید هیدروژن و متان را کنترل می‌کند و در افزایش تولید تأثیر دارد. استفاده از این محلول در سالن‌های پرورش مرغ، ضمن کاهش گازهای مضر، به حفظ سلامت سیستم تنفس مرغ‌ها کمک قابل توجهی می‌کند و باعث سودآوری بیشتر این صنعت می‌شود. فعالیّت‌های بیولوژیک در کف مرغ‌داری و مدفوع مرغ‌ها (که حاوی مقادیر زیادی مواد مغذّی و نیتروژن‌دار است) در اثر ماندگاری و شرایط نگهداری، گاز آمونیاک و بوی نامطبوعی را در سالن ایجاد می کند[۷]. آمونیاک متصاعد شده از بستر مرغ‌داری در طول دوره‌ی رشد طبیعی جوجه‌ها (که حدود شصت روز به طول می‌انجامد) بر روی پر و بال آنها می‌چسبد و در نتیجه، پرها مقدار زیادی گرد و غبار جذب می‌کند و جداسازی یا حذف آن نیز با هیچ عامل طبیعی امکان‌پذیر نیست و در نتیجه، سرعت رشد مرغ‌ها کاهش می یابد. آزمایش های متعدد نشان می‌دهد که کاهش این گونه مواد، باعث ایجاد محیط سالم‌تر برای پرورش مرغ و سبب سلامت و شادابی و رشد سریع‌تر جوجه‌ها می‌شود. استفاده از محصول N1-Stina140 مشکلات مربوط به گازهای مضر، بوی نامطبوع و تحریک شدید مخاط نای، ریه‌ها،

چشم‌ها و دستگاه تنفسی را کاهش می‌دهد و محیطی مناسب برای رشد مرغ را فراهم می‌کند.

– مزایای استفاده از محلول N1-Stina۱۴۰ :[۷]

۱)کاهش قابل ملاحظه گاز آمونیاک، متان و سایرگازهای مضر در سالن‌ها

۲) ایجاد محیط مناسب برای پرورش مرغ.

۳) کمک به تهویه‌ی مناسب و مطلوب هوای داخل سالن‌های مرغ‌داری.

۴) ایجاد سلامت بهتر برای ماکیان به طور عمومی.

– روش استفاده از محلول استینا در سالن‌های مرغ‌داری:

۱) ظرف پاشش و سیستم نازل‌ها، با آب مقطر شستشو داده شود.

۲) گالن حاوی محلول را به خوبی تکان داده، سپس ظرف مخصوص پاشش از محلول استینا به میزان لازم پر شود.

۳) بستر مورد نظر از ارتفاع پنجاه تا هفتاد سانتی متری سطح زمین، مورد پاشش قرار گیرد.

۴) دیواره‌ها تا ارتفاع پنجاه سانتی متری، مورد پاشش قرار گیرد.

۵) عملیات پاشش از هفت روزه‌گی جوجه ها آغاز شده و تا پایان دوره‌ی پرورش، به فاصله‌ی هر چهار روز یک بار ادامه یابد.

## ۲-۲) مطالعات مربوط به استفاده از سیستم گرمایشی خورشیدی و گرمایش از کف:

در سیستم گرمایش از کف، یک سیال (معمولاً آب) در یک منبع حرارتی گرم شده و سپس به سمت شبکه‌ای از لوله‌های تعبیه شده در کف ساختمان هدایت می‌شود. این شبکه لوله‌ها، کف ساختمان را گرم می‌کند و در نهایت، کل ساختمان گرم می‌شود. در این روش، می‌توان سطح تبادل حرارت در کف ساختمان را زیاد انتخاب کرد و در نتیجه، دمای سیال داخل شبکه‌ی لوله‌های واقع در کف ساختمان را پایین آورد. این عمل باعث می‌شود که دمای کف ساختمان برای ساکنین در حد مناسبی قرار گیرد و به دلیل برگشت آب با دمای پایین‌تر به داخل منبع حرارتی، کارآیی و انتقال حرارت افزایش یابد. این روش گرمایشی برای منازل مسکونی در حال توسعه است و برای کاربرد آن باید به مسائلی مانند موارد زیر توجه کرد:

۱) برآورد اقتصادی سیستم گرمایش از کف و مقایسه آن با سایر روش‌های گرمایشی موجود.

۲) مشکلات بهداشتی که ممکن است در پی گرم شدن اجناس مصرفی (مثل فوم‌های عایق موجود در سقف ساختمان، که به جای بلوک سیمانی به کار می‌رود) به وجود آید.

۳) مقایسه‌ی هزینه‌های مربوط به تعمیر و نگهداری و رسوب آب و موارد مشابه در سیستم گرمایش از کف، با سیستم هایی که عامل تبادل حرارت آن، هوا است.

احمدی و همکاران، یک سیستم گرمایش از کف که با استفاده از انرژی خورشیدی کار می‌کند، در شرایط آب و هوای تهران طراحی کرده‌اند[۸]. آنها با استفاده از نرم افزار carrier بار حرارتی مرغداری را حساب کرده و با استفاده از نرم افزار maple، سطح مورد نیاز برای جمع‌آوری انرژی خورشیدی را به دست آورده‌اند. در تحقیقات آقایان سبزپوشانی، منعم‌زاده و خراسانی یک سیستم ترکیبی کلکتور خورشیدی و گرمایشی از کف برای گرمایش سالن‌های مرغ‌داری مدل‌سازی و شبیه‌سازی شده است[۹]. در این تحقیق، ضمن اشاره به مصرف زیاد انرژی در صنعت مرغ داری کشور، بارهای حرارتی یک سالن مرغ‌داری نمونه در دو اقلیم سردسیر و معتدل محاسبه شده است.

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که این سیستم ترکیبی برای مناطق سردسیر بیست و پنج درصد و برای مناطق معتدل، سی درصد از نیاز گرمایشی سالانه مرغ داری را می‌تواند تأمین کند. این محققین، در توجیه اقتصادی این طرح، زمان برگشت سرمایه‌گذاری برای مناطق سردسیر را چهار و هفت دهم (۴/۷)

سال و برای مناطق معتدل شش و چهار دهم (۶/۴)سال پیش‌بینی کرده‌اند. همان طور که این تحقیق نشان می‌دهد، این سیستم ترکیبی در نهایت می تواند سی درصد از انرژی حرارتی مورد نیاز یک سالن مرغ داری را تأمین کند. بخش کلکتور خورشیدی طرح پیشنهادی در این تحقیق می تواند برای پیش‌گرم کردن هوای ورودی به کوره های هوای گرم نیز مورد استفاده قرار گیرد. در مورد سیستم گرمایش از کف (ارائه شده در این تحقیق) باید دقت شود که گرم شدن کف سالن مرغداری ممکن است به آزاد شدن مقادیر بیشتری از گازهای سمی، به خصوص گاز آمونیاک منجر شود. همچنین گرم شدن کف سالن مرغ داری، باعث کاهش رطوبت بستر محل استراحت ماکیان می‌شود و برای تامین رطوبت مورد نیاز در این بستر باید از تجهیزات رطوبت‌زنی استفاده شود. طرح فوق برای سالن های صنعتی و هر مکان سرپوشیده دیگر، مثل سالن های ورزش، سالن اجتماعات، و... نیز کاربرد دارد، اما بحث آزاد شدن گازهای آلاینده ی موجود در کف مرغداری و کاهش رطوبت بستر محل استراحت مرغ‌ها، استفاده از این سیستم ترکیبی گرمایشی را برای این منظور با دقّت خاصی همراه می کند. با توجه به این که قسمت اصلی نیاز به سوخت و انرژی در سالن‌های مرغ‌داری در فصل زمستان و در شب هنگام اتفاق می‌افتد و ذخیره‌ی انرژی خورشیدی در روز، برای استفاده از آن در شب هنگام نیز

هزینه‌بر است، منطقی است که با ساده کردن سیستم خورشیدی و ساخت کلکتور ارزان قیمت، از انرژی خورشیدی فقط برای پیش‌گرم کردن هوا در طی روز استفاده شود.

## ۲-۳) تحقیقات مربوط به عایق‌کاری ساختمان سالن مرغ‌داری:

بحث عایق‌کاری ساختمان در تمام موارد اعم از ساختمان‌های صنعتی، مسکونی و دام‌داری‌ها و.. همواره مد نظر کارشناسان بوده است. مبحث نوزدهم از مجموعه مقررات ملی ساختمان، اطلاعات کامل و جامعی را در ارتباط با عایق‌کاری ساختمان ارائه می‌کند[۱۰]. کارشناسان شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت (رامین دانسفاله و مهدی شریف) در زمینه‌ی وضعیت مصرف سوخت و پتانسیل‌های صرفه‌جویی انرژی در صنعت مرغ گوشتی کشور، مطالعاتی داشته‌اند[۱۱]. تحقیقات آنها بر اساس آمار و اطلاعات دریافتی از وزارت جهاد کشاورزی و شرکت ملی فرآوردهای نفتی در هفتاد و دو مرغ‌داری در یازده استان کشور انجام شده است.

بر اساس این تحقیق، عدم عایق‌کاری سالن‌ها به همراه راندمان پایین تجهیزات گرمایشی و نامناسب بودن سیستم تهویه از جمله عوامل مصرف بیش از حد انرژی در واحدهای پرورش مرغ گوشتی می‌باشد. مطالعات این محققین

به صورت تئوری و بر مبنای مدل‌سازی انجام شده است. در تحقیقات نمازی و بهشتی‌پور به تأثیر عایق‌کاری سالن‌های مرغ‌داری در بهینه‌سازی مصرف انرژی در صنعت پرورش مرغ گوشتی پرداخته شده است. در تحقیقات انجام شده در زمینه‌ی‌عایق‌کاری ساختمان سالن‌های پرورش مرغ به ارزیابی اقتصادی این امر، توجه چندانی نشده و سهم تاثیر عایق‌کاری ساختمان در کاهش مصرف سوخت نیز ارائه نشده است.

از آنجایی که در فصل سوم توجه ویژه ای به بحث عایق‌کاری سالن مرغ‌داری می‌شود و جنبه‌های اقتصادی آن نیز ارائه خواهد شد، بنا بر این، در این قسمت توضیحات بیشتری در ارتباط با آن ارائه نمی‌شود.

## ۲-٤) مطالعات مربوط به تجهیزات بازیافت انرژی:

یکی از روش‌های موثر برای بهینه‌سازی مصرف انرژی در صنایع مختلف، بازیافت انرژی است. هوای مورد نیاز برای تهویه‌ی سالن‌های مرغ‌داری، حدود سی و پنج صدم (۰/۳۵) متر مکعب در ساعت به ازای هر عدد مرغ است. برای یک سالن هزار متر مربعی با ده هزار عدد مرغ، میزان هوای تازه‌ی مورد نیاز برای تهویه‌ی سالن مرغ داری برابر سه هزار و پانصد (۳۵۰۰) متر مکعب در ساعت می‌شود. این عدد، برابر حجم کل سالن مرغ‌داری است. به عبارتی،

هوای کل سالن پرورش مرغ گوشتی، به طور میانگین باید در هر ساعت یک بار تخلیه شود. مقدار تلفات حرارتی مربوط به این مقدار تهویه‌ی هوا، در فصل اول، برآورد شده است. برای کاهش مصرف انرژی، باید به بازیافت تلفات انرژی، توجه بیشتری کرد. سیستم‌های بازیافت انرژی در صنایع مختلف باعث کاهش مصرف سوخت و افزایش بازده می‌شوند و تولید آلاینده‌های محیط زیست را نیز کم می‌کنند و در نتیجه باعث حفظ محیط زیست هم می‌شوند.

آقای ابوالفضلی اصفهانی[۱۲] در تحقیقات خود، یک نوع مبدّل حرارتی از نوع لوله های حرارتی برای بازیافت انرژی طراحی کرده اند. این نوع مبدّل حرارتی در زمستان، انرژی گرمایی و در تابستان انرژی سرمای را از هوای جاری در کانال خروجی اتاق، دریافت کرده و به هوای تازه‌ی ورودی قبل از دستگاه هواساز منتقل می‌کند. علت طراحی چنین مبدّل بازیافت انرژی، بالا بودن میزان بار حرارتی و برودتی مربوطه است. از این مبدّل حرارتی برای فضاهای که تهویه‌ی آنها نیازمند این است که کل هوای ورودی تخلیه شود، استفاده می‌شود. مبدّل حرارتی از نوع لوله‌های حرارتی(H.P.H.E) یک وسیله‌ی انتقال حرارت است که به واسطه‌ی خصوصیات بی‌نظیرش در چند دهه‌ی گذشته، مورد توجه قرار گرفته است. بازیافت انرژی از گازهای

خروجی از تجهیزات گرمایشی و همچنین جریان هوای گرم خروجی از ساختمان‌ها، صرفه جویی قابل توجّهی در رابطه با تجهیزات و هزینه‌های تولید انرژی در بر دارد.

در طراحی مبدّل حرارتی نیز یک سری ملاحظات اقتصادی، علمی و فنی وجود دارد که باعث می‌شود که استفاده از آن هم مقرون به صرفه و هم از نظر فنی قابل اجرا باشد. نوع مبدّل حرارتی، با توجه به نوع کاربرد آن (که شامل گرم کردن مایعات و یا گرم کردن هوا است)، مشخص می‌شود. از گرم کردن هوا، در موارد زیر می‌توان استفاده کرد[۱۲]:

۱) گرم کردن فضا و تهویه‌ی مطبوع آن.

۲) پیش‌گرم کردن هوای ورودی به دستگاه‌های تهویه‌ی مطبوع.

۳) پیش‌گرم کردن هوای ورودی به کوره‌های هوای گرم صنعتی.

با استفاده از وسایل بازیافت انرژی، اندازه‌ی دستگاه‌های گرمایشی (مثل کوره‌ی هوای گرم و .....) کوچک‌تر می‌شود. در میان سیستم‌های بازیافت انرژی، مبدّل‌های حرارتی گاز به گاز راندمان کمتری دارند[۱۳]، اما در مقابل علاوه برنداشتن آلودگی هوابه اجزای متحرک و پمپ نیاز کمتری دارند.

تحقیقات انجام شده در زمینه‌ی مبدّل‌های بازیافت حرارت، نشان می‌دهند که این مبدّل‌ها در صنایع مختلف کاربرد دارند که به عنوان نمونه به خشک

کننده‌های هوا، کوره های رنگ، کوره‌های آجرپزی، تنورهای پخت نان و مواد غذایی، دیگ‌های بخار، خشک کننده‌های کاغذ، دستگاه‌های داروسازی، برخی از دستگاه‌های نساجی و ... می توان اشاره کرد. همچنین به عنوان نمونه پروژه‌های کاربردی در زمینه‌ی بازیافت انرژی به این موارد می‌توان اشاره کرد:

الف) بازیافت انرژی در واحد اسید سولفوریک مجتمع پتروشیمی رازی[۱۴].

ب) بازیافت انرژی و کاهش آلاینده های NOx با استفاده از روش برگشت گازهای احتراق[۱۵].

ج) بازیافت انرژی در سیکل نیروگاه حرارتی، برای بالا بردن راندمان[۱۶].

د) بازیافت انرژی در کوره های اولفین[۱۷].

بررسی های انجام شده نشان می دهند که در مورد بازیافت انرژی از هوای گرم در حال خروج از سالن های مرغ داری، مطالعات خاصی انجام نشده که دلیل آن می تواند این موضوع باشد که همواره سوخت ارزان در اختیار فعالان صنعت پرورش مرغ گوشتی بوده است. طبق بازدیدهای انجام شده از پنجاه مرکز پرورش مرغ گوشتی، فقط در یک مورد از آنها کانال‌هایی در زیر کف سالن مرغ‌داری وجود داشت، به گونه‌ای که هوای در حال تهویه، قبل از خروج از سالن، ضمن عبور از این کانال ها به مقدار ناچیزی باعث گرم شدن کف

سالن می‌شد. در چند مورد دیگر هم، توسط برخی افراد معمولی بدون داشتن اطلاعات علمی کافی، نمونه‌های ناقصی از مبدّل‌های بازیافت انرژی، در صنعت مرغ گوشتی ساخته شده بود که به دلیل عدم رعایت مبانی علمی مورد نیاز، در عملکرد درست آنها نیز تردیدهایی به وجود می‌آمد[۱۸].

## ۲-۵) جمع‌بندی و نتیجه‌گیری:

تحقیقات انجام شده در زمینه‌ی کاهش مصرف انرژی در صنعت پرورش مرغ گوشتی بیشتر در شش زمینه، متمرکز شده است که عبارتند از:

۱) کاهش آلودگی هوای داخل سالن های مرغ داری به منظور کاهش حجم هوای مورد نیاز برای تهویه.

۲) عایق‌کاری سطوح جانبی و سقف سالن های پرورش مرغ، برای کاهش تلفات حرارتی از این سطوح.

۳) استفاده از انرژی خورشیدی.

۴) بازیافت انرژی.

۵) گرمایش از کف و سیستم های گرمایشی تابشی.

۶) کوره‌های هوای گرم سنتی و صنعتی.

از آنجایی که هدف اصلی در کتاب حاضر، بررسی روش‌های قابل اجرا و اقتصادی در زمینه‌ی کاهش مصرف انرژی در زمینه‌ی صنعت مرغ داری است، بنا بر این، موارد فوق از این دیدگاه مورد توجه قرار گرفته و نتایج ذیل به دست آمد:

**۱) کاهش آلودگی هوای داخل سالن‌های مرغ‌داری:**

در حال حاضر، کاهش آلودگی فضای داخل سالن‌های مرغ‌داری با استفاده از تجهیزات تولید ازن به تحقیقات بیشتری نیاز دارد. دلیل اصلی کاربردی نبودن ازن برای ضد غفونی کردن هوای داخل مرغ‌داری این است که تجهیزات مورد نیاز برای کنترل غلظت گاز ازن، حساسیت خیلی زیاد به گرد و غبار و انواع آلودگی‌ها داشته و گران قیمت است و در صورت عملکرد نادرست و افزایش غلضت این گاز، خطراتی که متوجّه ماکیان و کارگران می‌شود به مراتب بیشتر از خود آلودگی‌ها است. استفاده از این گاز برای ضد عفونی کردن مکان هایی که غلظت گاز ازن اهمیتی ندارد، مثل انبارهای تخم مرغ مشکلی هم در پی ندارد، ولی در مکان‌هایی مثل سالن مرغ داری، کارآیی آن با مشکلاتی همراه می‌شود.

استفاده از موادی مثل استینا برای کاهش آلودگی‌های سالن‌های مرغ‌داری،

مشکلات اجرایی در پی دارد که از آن جمله، می‌توان به هزینه‌های انجام آن اشاره کرد. مسأله‌ی دیگری که باید به آن توجه کرد این است که ضد عفونی کردن هوای سالن های مرغ‌داری و یا تصفیه آن، فقط با تلفات حرارتی مربوط به بخش تهویه‌ی سالن‌ها در ارتباط می‌باشد و نه کل تلفات حرارتی مرغ‌داری.

از آنجا که تلفات حرارتی ناشی از تهویه‌ی سالن های مرغ داری حدود بیست در صد از کل تلفات حرارتی یک سالن مرغ‌داری است، بنا بر این، برای توصیه به استفاده از تجهیزات تصفیه و ضد عفونی کردن هوا، باید برآوردهای اقتصادی مورد نیاز ارائه شود که این مورد هم تاکنون در هیچ گزارشی مورد توجه قرار نگرفته و تبلیغات انجام شده در این مورد، فقط از جانب فروشنده‌گان تجهیزات و محصولات مربوطه است.

### ۲) عایق‌کاری سالن‌های مرغ‌داری:

بحث عایق‌کاری سالن‌های مرغ‌داری در گزارش های متعددی مورد توجه قرار گرفته و مبانی علمی انجام این روش بهینه‌سازی مصرف انرژی تدوین شده است. آنچه که در بحث عایق‌کاری سالن های مرغ‌داری به آن توجه نمی‌شود، برآورد سهم تلفات حرارتی دیوارها و سقف سالن مرغ داری در کل تلفات حرارتی یک سالن مرغ‌داری و ارزیابی اقتصادی آن است. این موارد به همراه

ارزان بودن سوخت برای استفاده از آن در مرغ‌داری‌ها و نبود قوانین و مقررات الزام‌آور باعث می‌شود که مسأله‌ای به این واضحی، مورد غفلت قرار گیرد.

بر اساس تحقیق حاضر، حدود شصت در صد از تلفات حرارتی یک سالن مرغ‌داری (جزئیات محاسبات مربوطه در فصل بعدی)، به تلفات حرارتی از سقف و دیوارهای سالن مربوط است که با انجام یک عایق‌کاری معمولی می‌توان از هدر رفتن انرژی به این صورت جلوگیری کرد.

### ۳) استفاده از انرژی خورشیدی:

میزان اهمیّت استفاده از انرژی خورشیدی در صنعت پرورش مرغ گوشتی باید مد نظر قرار گیرد. به عبارتی، در صورت انجام عایق‌کاری برای سالن‌های مرغ‌داری و بازیافت انرژی در این سالن‌ها، نیاز به انرژی برای واحدهای پرورش مرغ گوشتی به شدت کاهش می‌یابد و کاربرد انرژی خورشیدی برای این منظور، فقط در حد کلکتورهای ساده‌ی انرژی خورشیدی برای پیش‌گرم کردن هوای تازه ورودی به کوره‌های هوای گرم توصیه می‌شود. در سالن‌های پرورش مرغ گوشتی، عایق‌کاری سقف و دیوارهای آن نسبت به استفاده از سیستم‌های انرژی خورشیدی در اولویت است.

### ٤) بازیافت انرژی:

بازیافت انرژی از هوای در حال خروج از سالن های مرغ داری، روش مناسبی برای بهینه‌سازی مصرف سوخت در این صنعت است. طرح‌های بازیافت انرژی از این جهت بیشتر باید مورد توجه قرار گیرند که در فصل زمستان و به خصوص در شب های سرد زمستانی می‌توان از آن استفاده کرد و از این دیدگاه، نسبت به انرژی خورشیدی دارای مزیّت است و در اولویت امر سرمایه‌گذاری قرار می‌گیرد. توجیه اقتصادی استفاده از سیستم های بازیافت حرارت در فصل بعدی ارائه شده است.

### ٥) سیستم‌های گرمایش از کف و سیستم‌های گرمایش تابشی:

در مورد کاربرد سیستم گرمایش از کف، باید به دو نکته توجه شود: اوّل این که کارآیی این سیستم از سیستم گرمایشی کوره‌ی هوای گرم پایین‌تر است و دوّم این که گرم شدن کف سالن مرغ‌داری، باعث آزاد شدن مقادیر بیشتری از گاز آمونیاک می‌شود و آلودگی بیشتری را نیز به دنبال دارد و نیاز به تهویه را افزایش می‌دهد. علاوه بر این موارد، سیستم گرمایش از کف و سیستم گرمایش تابشی باعث خشک شدن بستر ماکیان شده و این مشکل باید با استفاده از سیستم‌های تأمین رطوبت، از بین برود. تأمین رطوبت بستر نیز مسائل و مشکلات مربوط به خود را به دنبال دارد. به هر حال استفاده از این دو نوع

سیستم گرمایشی با استفاده از سوخت‌های فسیلی برای سالن‌های مرغداری، چندان مناسب به نظر نمی‌رسند.

### ٦) کوره‌های هوای گرم سنتی و صنعتی:

روش‌های سنتی گرمایش سالن‌های مرغداری به طور کلّی نامناسب است و استفاده از تجهیزات گرمایشی، مثل چهار شاخ‌های قدیمی و یا کوره‌های هوای گرم سنتی به هیچ وجه توصیه نمی‌شود. کوره‌های هوای گرم صنعتی، نسبت به سایر تجهیزات گرمایشی، دارای بازده حرارتی بالاتری هستند و مسائل تعمیر و نگهداری چندانی ندارند و برای استفاده در صنعت مرغ داری مناسب هستند. بازیافت حرارت محصولات احتراق این کوره‌ها برای پیش‌گرم کردن هوای تازه ورودی به سالن مرغداری باید مد نظر قرار گیرد.

در فصل بعدی، ضمن برآورد اقتصادی هر یک از روش‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی در صنعت پرورش مرغ گوشتی به تجهیزات و روش‌های گرمایشی جدیدی در این زمینه نیز اشاره خواهد شد.

# فصل سوّم

## تحلیل اقتصادی روش‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی در واحدهای پرورش مرغ گوشتی و ارائه روش‌های جدید

**مقدّمه:**

در کارهای انجام شده در زمینه‌ی کاهش مصرف انرژی در صنعت مرغ گوشتی، به طور معمول به یکی از روش‌های کاهش مصرف سوخت در حوزه‌ی گرمایش این سالن ها اشاره شده است. در بعضی از این کارها نیز روش‌های پیشنهاد کاهش مصرف انرژی، از لحاظ اقتصادی برآورد شده و مدت زمان برگشت سرمایه‌گذاری مورد نیاز هم، تخمین زده شده است.

بعضی از پارامترهای مؤثّر در میزان مصرف انرژی در یک سالن مرغ‌داری، مثل شکل ساختمان مرغ‌داری از نظر معماری، محل احداث ساختمان در داخل زمین یا روی زمین، تأثیر آلودگی فضای اطراف سالن‌های پرورش مرغ در میزان مصرف انرژی و موارد متعدد دیگر، در هیچ جا، مورد توجّه قرار نگرفته است. تحقیقاتی هم که به چندین روش بهینه‌سازی مصرف انرژی اشاره دارند، ترتیب و اولویت اجرای این روش ها و سهم هر یک از راه‌های اتلاف انرژی حرارتی در میزان کل تلفات حرارتی را مشخص نکرده‌اند. به عنوان مثال در هیچ تحقیقی مشخص نشده است که چند درصد از تلفات حرارتی یک سالن پرورش مرغ گوشتی مربوط به تلفات حرارتی از جداره های سالن است، چند درصد مربوط به تلفات حرارتی ناشی از تهویه‌ی سالن‌ها، چند درصد مربوط به تجهیزات گرمایشی مورد استفاده و چند درصد مربوط به سایر موارد. بر اساس

تحقیقات مولّف، دلایل بهینه نبودن مصرف انرژی در صنعت مرغ گوشتی کشور را می‌توان به صورت ذیل دسته‌بندی کرد :

۱) قرار گرفتن صنعت پرورش مرغ گوشتی در دست افرادی با تحصیلات پایین و بدون اطلاعات علمی.

۲) عدم برقراری ارتباط بین مراکز علمی و فنی با مراکز اجرایی و تصمیم گیرنده در این خصوص.

۳) ارزان بودن قیمت انواع حامل‌های انرژی (شامل سوخت فسیلی و انرژی الکتریکی) و اعطای کمک های بی حساب و کتاب دولتی به این بخش از صنعت.

۴) ارائه‌ی اطلاعات نادرست از طرف برخی از سازندگان تجهیزات گرمایشی و انرژی‌بر.

۵) عدم وجود کارشناسان بین رشته‌ای که علاوه بر داشتن اطلاعات علمی در زمینه‌ی استانداردهای پرورش مرغ گوشتی با مبانی علمی و عملی بهینه‌سازی مصرف انرژی نیز آشنا باشند.

۶) عدم ارائه‌ی راه حل‌های اساسی به همراه برآوردهای اقتصادی درست و کارشناسی شده.

در این کتاب با در نظر گرفتن موارد فوق، سعی شده که روش‌های بهینه‌سازی مصرف سوخت در حوزه‌ی پرورش مرغ گوشتی به صورت کامل‌تری بیان شود. برای این منظور با استفاده از محاسبات انجام شده، برای برآورد تلفات حرارتی یک سالن نمونه‌ی پرورش مرغ گوشتی در شهرستان کاشان (ارائه شده در فصل اول)، تحلیل اقتصادی انواع روش‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی در این سالن نمونه و مدت زمان برگشت سرمایه‌گذاری نیز مورد توجه قرار می‌گیرد. از آنجا که شهرستان کاشان از لحاظ مصرف انرژی در منطقه‌ای با مصرف انرژی پایین قرار دارد، لذا نتایج این تحقیق به طور حتمی برای مناطقی با مصرف انرژی بالا نیز قابل استفاده است.

## ۳-۱) مروری بر تلفات حرارتی یک سالن مرغ‌داری گوشتی ده هزارتائی در شهرستان کاشان:

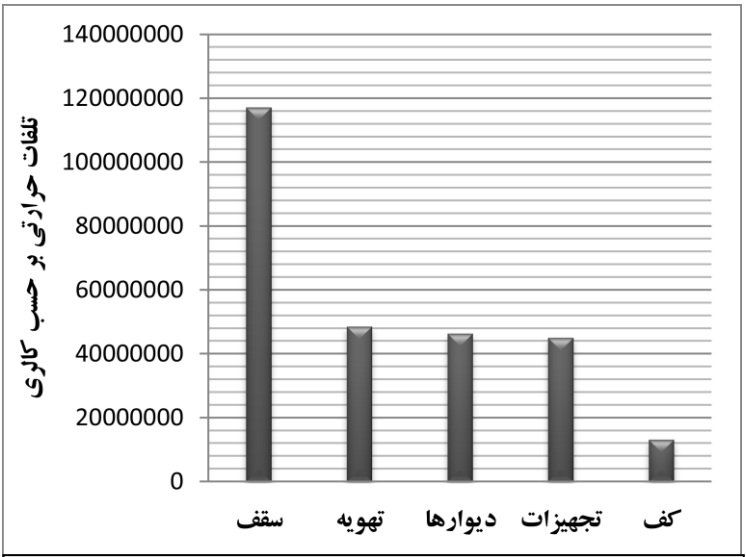
اطلاعات اولیه و محاسبات مورد نیاز برای برآورد تلفات حرارتی مربوط به سقف، کف، دیوارها و تهویه‌ی سالن مرغ‌داری نمونه در فصل اول ارائه شده است. بر اساس این اطلاعات، تلفات حرارتی این سالن با هزار متر مربع زیربنا (واقع در شهرستان کاشان برای مدت زمان یک دوره پرورش دو ماهه) به صورت جدول (۳-۱) می‌باشد که بر اساس آن، نمودار (۳-۱) نیز به دست آمده است. توجه شود که این سالن بدون پنجره است. اطلاعات جدول(۳-۱) و

**جدول( ۳-۱): تلفات حرارتی مربوط به یک سالن مرغ‌داری (بر حسب کیلو کالری)، با زیر بنای هزار متر مربع و ارتفاع سه متر.**

| | | |
|---|---|---|
| $Q_r$ | **تلفات حرارتی از سقف** | ١١٧١٣٧٦٦٤ |
| $Q_f$ | **تلفات حرارتی از کف** | ١٣١٤١٣٣٦ |
| $Q_w$ | **تلفات حرارتی از دیوارها** | ٤٦٣٧٦٠٦٤ |
| $Q_v$ | **تلفات حرارتی مربوط به تهویه** | ٤٨٥٧١٢٠٨ |
| $Q$ | $Q = Q_r + Q_f + Q_w + Q_v$ | ٢٢٥٢٢٦٢٧٢ |
| $Q_5$ | **تلفات حرارتی مربوط به تجهیزات گرمایشی** $Q_5 = ۰/۲ \times Q$ | ٤٥٠٤٥٢٥٤ |
| $Q_t$ | **جمع تلفات حرارتی** $Q_t = Q + Q_5$ | ٢٧٠٢٧١٥٢٦ |

همچنین نمودار(۳-۱) نشان می‌دهند که تلفات حرارتی از سقف سالن‌های پرورش مرغ گوشتی، نسبت به سایر تلفات حرارتی این سالن‌ها خیلی زیادتر است. دو عامل برای به وجود آمدن این شرایط تأثیر دارند که عبارتند از مساحت زیاد سقف سالن‌ها و ضخامت نازک این سقف‌ها. افزایش ضخامت سقف مرغ‌داری، باعث سنگین شدن آن و افزایش هزینه‌های ساختمانی می-شود. بر اساس نمودار (۳-۱) پس از تلفات حرارتی سقف به ترتیب تلفات حرارتی مربوط به تهویه‌ی سالن مرغ‌داری، تلفات حرارتی مربوط به دیوارهای مرغ‌داری، تلفات حرارتی مربوط به کارآیی تجهیزات گرمایشی ودرپایان تلفات حرارتی مربوط به کف مرغ‌داری قرار دارند. نسبت تلفات حرارتی هر

بخش از سالن مرغ‌داری به کل تلفات حرارتی آن نیز در جدول (۳-۲) ارائه می‌شود که بر اساس این جدول، نمودار (۳-۲) به دست می‌آید.



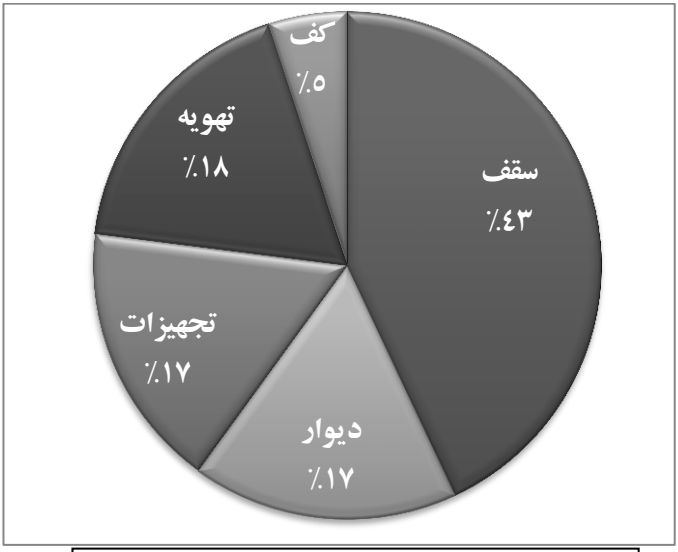

**نمودار (۳-۱): تلفات حرارتی بخش‌های مختلف مرغ‌داری نمونه واقع در شهرستان کاشان، برای مدت دو ماه.**

همانطور که از اطلاعات جدول (۳-۲) و نمودار (۳-۲) پیداست، حدود چهل و سه در صد (۴۳٪) از کل تلفات حرارتی یک سالن مرغ‌داری که به روش سنتی در شهرستان کاشان ساخته شده است، به سقف سالن مرغ‌داری مربوط می‌شود. تلفات حرارتی مربوط به تهویه‌ی هجده درصد (۱۸٪)، تلفات

مربوط به دیوارها حدود هفده درصد (۱۷٪)، تلفات حرارتی مربوط به کارآیی تجهیزات گرمایشی مورد استفاده حدود شانزده و شش دهم درصد (۱۶/۶٪) و تلفات کف مرغ‌داری نیز حدود پنج درصد (۵٪) از کل تلفات حرارتی این سالن مرغ‌داری نمونه را به خود اختصاص می‌دهند. مقدار گازوئیل مورد نیاز برای جبران تلفات حرارتی هر بخش از سالن مرغ‌داری نمونه، در طی مدت زمان دو ماه (یک دوره پرورش مرغ گوشتی)، در شهرستان کاشان، در جدول-(۳-۳) و نمودار(۳-۳)، ارائه شده است.

**جدول (۳-۲): نسبت تلفات حرارتی هر بخش از سالن مرغ‌داری به کل تلفات حرارتی آن.**

| | | |
|---|---|---|
| $\frac{Q_r}{Q_t}$ | نسبت تلفات حرارتی سقف به کل تلفات حرارتی | ۰/٤۳۳ |
| $\frac{Q_f}{Q_t}$ | نسبت تلفات حرارتی کف به کل تلفات حرارتی | ۰/۰٤۹ |
| $\frac{Q_w}{Q_t}$ | نسبت تلفات حرارتی دیوارها به کل تلفات حرارتی | ۰/۱۷۱۵ |
| $\frac{Q_v}{Q_t}$ | نسبت تلفات حرارتی تهویه به کل تلفات حرارتی | ۰/۱۸ |
| $\frac{Q_5}{Q_t}$ | نسبت تلفات حرارتی راندمان تجهیزات به کل تلفات حرارتی | ۰/۱٦٦ |



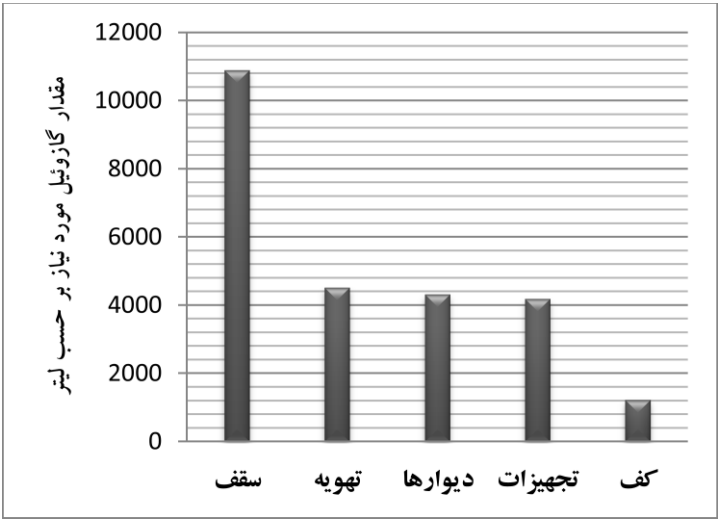

**نمودار (۳-۲): تلفات حرارتی قسمت‌های مختلف مرغ‌داری گوشتی نمونه، بر حسب درصد.**

**جدول(۳-۳): مقدار گازوئیل مورد نیاز برای جبران تلفات حرارتی در بخش‌های مختلف سالن مرغ‌داری نمونه.**

| | |
|---|---|
| گازوئیل مورد نیاز برای جبران تلفات حرارتی سقف | ۱۰۸۹٦/٥ لیتر |
| گازوئیل مورد نیاز برای جبران تلفات حرارتی کف | ۱۲۲۲ لیتر |
| گازوئیل مورد نیاز برای جبران تلفات حرارتی دیوارها | ٤۳۱٤ لیتر |
| گازوئیل مورد نیاز برای جبران تلفات حرارتی تهویه | ٤٥۱۸ لیتر |
| گازوئیل مورد نیاز برای جبران تلفات حرارتی ناشی از بازده تجهیزات گرمایشی | ٤۱۹۰ لیتر |
| جمع کل گازوئیل مورد نیاز | ۲٥۱٤۰ لیتر |
| سرانه مصرف گازوئیل برای هر عدد مرغ طی دو ماه | ۲/٥۱ لیتر |

براساس این جدول، سرانه مصرف گازوئیل برای پرورش یک عدد مرغ گوشتی در سالن مرغداری نمونه، برابر دو و نیم لیتر، در دو ماه، است. همچنین بر اساس نمودار( **۳-۳**)، گازوئیل مورد نیاز برای جبران تلفات حرارتی سقف مرغداری نمونه، به تنهایی حدود نیمی از کل مصرف سوخت را به خود اختصاص می‌دهد.

در این کتاب برای واحدهای پرورش مرغ فعّال، پیشنهادهای بهینه‌سازی مصرف انرژی مخصوص به خود ارائه شده و برای واحدهایی در حال احداث نیز پیشنهاد جداگانه و مربوط به خود ارائه می‌شود.




**نمودار(۳-۳): مقدار گازوئیل مورد نیاز برای جبران تلفات حرارتی در مرغ داری نمونه در مدت دو ماه.**

## ۳-۲) روش‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی در واحدهای پرورش مرغ گوشتی فعال و تحلیل اقتصادی آن:

### ۳-۲-۱) عایق‌کاری حرارتی:

بر اساس جداول (۳-۱) تا (۳-۳) و نمودارهای (۳-۱) تا (۳-۳) تلفات حرارتی از سقف سالن‌های مرغداری، بیشترین مقدار مصرف سوخت را به خود اختصاص می‌دهد. برای سالن‌هایی که ساختمان آنها در حال حاضر موجود است، تنها راه کاهش مصرف انرژی در این مورد فقط عایق‌کاری سقف مرغداری است. ضریب هدایت حرارتی (u) مصالح مورد استفاده در سقف سالن مرغ داری برابر (۰/۵($\frac{Btu}{Ft^{۲}°Fhr}$) و مقاومت حرارتی (R) همین سقف برابر دو ($\frac{Ft^{۲}°Fhr}{Btu}$) ۲ است. اگر بر روی این سقف، یک لایه عایق پلی‌استایرن با مقاومت حرارتی ($\frac{Ft^{۲}°Fhr}{Btu}$)۶/۶ اضافه شود، در این صورت مقاومت حرارتی سقف به مقدار ($\frac{Ft^{۲}°Fhr}{Btu}$) ۸/۸ (یا ۲+۶/۶) افزایش می‌یابد و ضریب هدایت حرارتی جدید ($u_n$) آن، برابر ($\frac{Btu}{Ft^{۲}°Fhr}$) ۰/۱۱ می‌شود. مفهوم این عدد این است که تلفات حرارتی سقف سالن مرغداری به نسبت ضریب هدایت حرارتی در دو حالت ($\frac{u_n}{u} = \frac{۰/۱۱}{۰/۵}$)، کاهش می‌یابد و تلفات حرارتی سقف عایق‌کاری

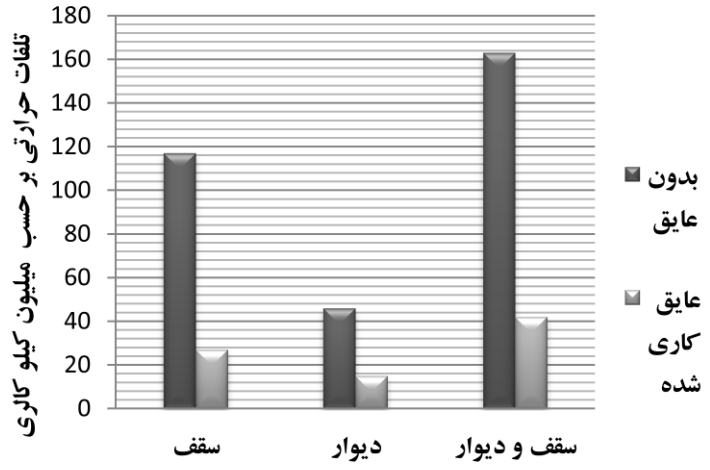
شده‌ی مرغ‌داری، حدود بیست و سه درصد (۲۳٪) تلفات حرارتی سقف بدون عایق، می‌شود. اگر همین عایق برای دیوارها نیز استفاده شود، ضریب هدایت حرارتی دیوارها از مقدار سه دهم (۰/۳) به مقدار یک دهم (۰/۱) کاهش یافته معنی آن، این است که تلفات حرارتی دیوارهای مرغ‌داری عایق‌کاری شده، به یک سوم مقدار بدون عایق کاهش می‌یابد. در جدول (۳-۴) و نمودار (۳-۴)، مقادیر عددی موارد فوق مقایسه می‌شوند.

**جدول (۳-٤): مقایسه تلفات حرارتی از سقف و دیوار برای سالن پرورش مرغ گوشتی نمونه، در دو حالت عایق‌کاری شده و بدون عایق.**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **تلفات حرارتی از سقف بدون عایق بر حسب کیلو کالری** | **١١٧١٣٧٦٦٤** | **تلفات حرارتی از سقف با عایق بر حسب کیلو کالری** | **٢٦٩٤١٦٦٢** |
| **تلفات حرارتی از دیوار بدون عایق بر حسب کیلو کالری** | **٤٦٣٧٦٠٦٤** | **تلفات حرارتی از دیوار با عایق بر حسب کیلو کالری** | **١٥٤٥٨٦٨٨** |
| **جمع بر حسب کیلو کالری** | **١٦٣٥١٣٧٢٨** | **جمع بر حسب کیلو کالری** | **٤٢٤٠٠٣٥٠** |

بر اساس جدول (۳-۴) و نمودار (۳-۴) تلفات حرارت مربوط به سقف و دیوارهای سالن مرغ‌داری نمونه (واقع در شهرستان کاشان در مدت دو ماه) در

حالت بدون عایق، حدود چهار برابر تلفات حرارتی همین سالن در حالت عایق‌کاری شده است. مقدار گازوئیل مورد نیاز برای جبران تلفات حرارتی دیوارها و سقف مرغ‌داری نمونه، در دو حالت عایق‌کاری شده و بدون عایق در جدول (۳-۵) و نمودار (۳-۵) ارائه می‌شود. بر اساس این جدول و نمودار، با



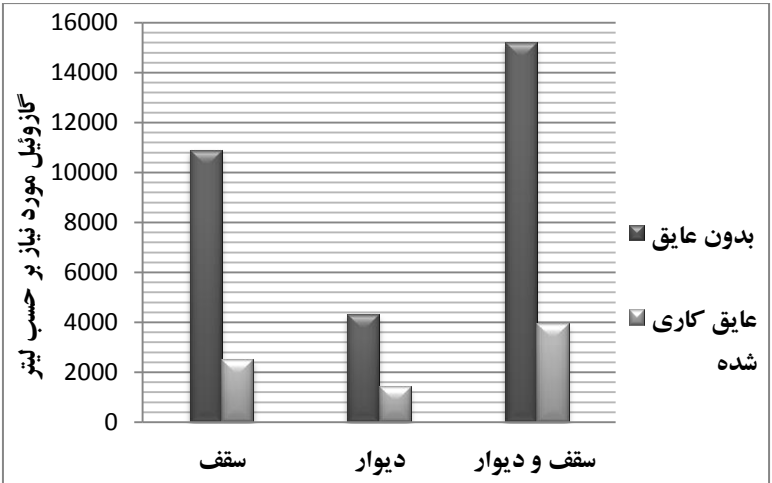

**نمودار (۳-٤): مقایسه تلفات حرارتی از سقف و دیوار در حالت عایق‌کاری شده و بدون عایق، برای سالن مرغ‌داری نمونه .**

عایق‌کاری سقف و دیوارهای سالن مرغ‌داری نمونه با هزار متر مربع زیر بنا، مقدار مصرف سوخت از پانزده هزار و دویست و ده لیتر در مدت دو ماه، به سه هزار و نه صد و چهل و چهار لیتر در طی همین مدت کاهش می‌یابد و فقط در

یک سالن پرورش مرغ ده هزارتایی، حدود یازده هزار و دویست و شصت و شش لیتر گازوئیل در طی یک دوره پرورش دو ماهه، صرفه‌جویی می‌شود.

**جدول(۳-۵): مقایسه سوخت مورد نیاز برای سالن پرورش مرغ گوشتی نمونه، در دو حالت عایق‌کاری شده و بدون عایق.**

| | | | |
|---|---|---|---|
| گازوئیل مورد نیاز برای جبران تلفات حرارتی سقف بدون عایق | ۱۰۸۹٦ (لیتر) | گازوئیل مورد نیاز برای جبران تلفات حرارتی سقف با عایق | ۲۵۰٦/۲ (لیتر) |
| گازوئیل مورد نیاز برای جبران تلفات حرارتی دیوار بدون عایق | ٤۳۱٤ (لیتر) | گازوئیل مورد نیاز برای جبران تلفات حرارتی دیوار با عایق | ۱٤۳۸ (لیتر) |
| جمع بر حسب لیتر | ۱۵۲۱۰ | جمع بر حسب لیتر | ۳۹٤٤ |




**نمودار (۳-۵): سوخت مورد نیاز برای جبران تلفات حرارتی سقف و دیوارهای سالن مرغ‌داری نمونه.**

**۳-۲-۱-۱) تحلیل اقتصادی عایق‌کاری سالن مرغ داری نمونه:**

براساس محاسبات ارائه شده، مقدار گازوئیل صرفه‌جویی شده در اثر عایق‌کاری سالن مرغ‌داری نمونه، برابر یازده هزار و دویست و شصت و شش لیتر است که قیمت آن بر اساس لیتری هفت صد و پنجاه تومان، برابر هشت میلیون و چهار صد و پنجاه هزار تومان می‌شود.

بنابراین هزینه‌ی سوخت مصرفی مازاد بر نیاز در طی سه دوره پرورش مرغ (شش ماه) برابر بیست و پنج میلیون و سی صد هزار تومان است. هزینه‌ی عایق‌کاری سقف و دیوارهای جانبی مرغ داری با مجموع مساحت سقف و دیوارهای جانبی، برابر هزار و شش صد و شصت (۱۶۶۰) متر مربع به ازای هر متر مربع، پانزده هزار تومان تقریباً برابر بیست و پنج میلیون تومان می شود. مقایسه‌ی این دو عدد نشان می‌دهد که عایق‌کاری سالن پرورش مرغ گوشتی، کاملاً اقتصادی است و کل هزینه‌ی مربوط به عایق‌کاری در طی مدت سه دوره پرورش مرغ (حدود شش ماه) یا همان سال اول سرمایه‌گذاری از محل کاهش هزینه‌های مربوط به مصرف سوخت، مستهلک خواهد شد.

**۳-۲-۲) استفاده از مبدّل‌های بازیافت حرارت:**

بر اساس استانداردهای موجود برای تهویه‌ی یک سالن پرورش مرغ به

ظرفیت ده هزارتا تقریباً به سه هزار و پانصد (۳۵۰۰) متر مکعب در ساعت، هوای تازه نیاز می‌باشد. به همان اندازه‌ای که هوای تازه به سالن پرورش مرغ وارد می شود، هوای آلوده باید از سالن خارج شود و خروج این مقدار هوا، یعنی تلفات حرارتی معادل چهل و هشت میلیون و پانصد و هفتاد و یک هزار و دویست و هشت (۴۸۵۷۱۲۰۸) کیلوکالری در مدت دو ماه (یک دوره پرورش). برای بازیافت بخشی از این انرژی در حال تلف شدن، دو عدد مبدّل حرارتی به صورت شکل (۳-۱) در نظر گرفته می شود. این مبدّل در داخل زمین و در کف سالن مرغ‌داری نصب می‌شود. برای نصب این مبدّل بازیافت حرارت به دو عدد کانال زمینی (در دو طرف سالن) به ابعاد سطح مقطع هفتاد در هفتاد سانتی متر، واقع در کف سالن، نیاز است.

مبدّل بازیافت حرارت (از جنس ورق گالوانیزه به ضخامت نیم میلی متر) دارای سطح مقطعی گرد به قطر پنجاه سانتی متر است که در وسط کانال زمینی نصب می‌شود. هوای تازه و سرد و تمیز خارج مرغ‌داری از داخل کانال فلزی به سمت اطاقک کوره‌ی هوای گرم حرکت می‌کند و هوای گرم و آلوده داخل مرغ داری از فضای بین کانال فلزی و کانال زمینی به سمت خارج از سالن مرغ‌داری فرستاده می‌شود و در طی این عمل، بین هوای خروجی از سالن و هوای ورودی به سالن تبادل حرارت اتفاق می‌افتد.

### ۳-۲-۲-۱) طرّاحی مبدّل حرارتی بازیافت انرژی و تحلیل اقتصادی آن

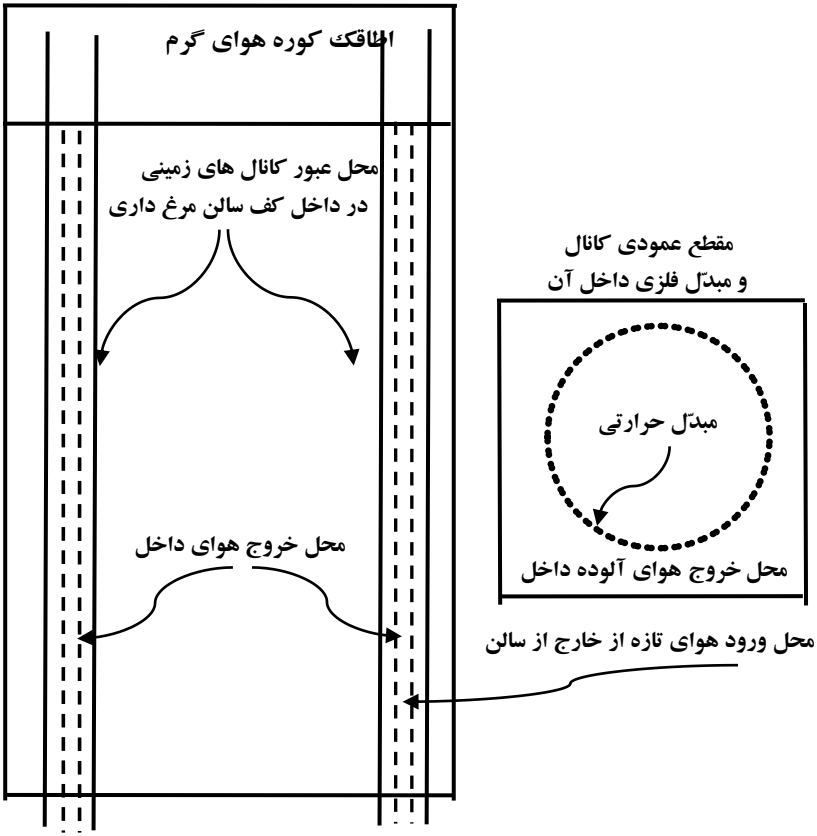
اطّلاعات مورد نیاز برای طرّاحی مبدّل بازیافت انرژی از مرجع شماره [۲۲] گرفته می‌شود. اگر دمای هوای آزاد بیرون از سالن مرغ داری برابر $T_{c1}$ و دمای هوای آلوده‌ی داخل مرغ داری برابر $T_{h1}$ و حداکثر دمای هوای تازه بعد از دریافت گرما در داخل مبدّل بازیافت انرژی، برابر $T_{c2}$ و دمای هوای آلوده‌ی در حال خروج از مبدّل برابر $T_{h2}$ و $A$ مساحت مبدّل حرارتی و $U$ ضریب انتقال حرارت کلّی مبدّل باشد، در این صورت حرارت منتقل شده از هوای آلوده‌ی اطرف مبدّل، به هوای داخل آن از معادله‌ی (۳-۱) به دست می‌آید.

$$Q = A \times U \times \Delta T \qquad (۳-۱)$$

که در آن $\Delta T_2 = T_{h2} - T_{c1}$ و $\Delta T_1 = T_{h1} - T_{c2}$ و $\Delta T = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln(\Delta T_1 / \Delta T_2)}$. برای مبدّل‌های جریان مخالف، اگر $(\dot{m}c_p)_c$ مساوی $(\dot{m}c_p)_h$ شود، می‌توان نشان داد که $\Delta T = \Delta T_1 = \Delta T_2$ و همچنین $\Delta T = T_{h1} - T_{h2} = T_{c2} - T_{c1}$ . بنابراین معادله‌ی (۳-۱) به صورت معادله‌ی (۳-۲) بازنویسی می‌شود و هدف، به دست آورن مساحت مبدّل بازیاب حرارت است. این مبدّل حرارتی را به صورت استوانه‌ای به قطر پنجاه سانتی متر در نظر می‌گیریم که از ورق فولادی به ضخامت نیم میلی متر ساخته می‌شود. بر این اساس اگر مساحت مبدّل را از معادله‌ی (۳-۲) به دست

آوریم، با مشخص بودن قطر آن می‌توان طول آن را نیز محاسبه کرد. از این نوع مبدّل به تعداد دو عدد ساخته می‌شود و در دو طرف سالن مرغ‌داری و در امتداد طولی آن نصب می‌شود.

$$Q = A \times U \times (T_{h1} - T_{h2}) \qquad (۲-۳)$$




**شکل(۳-۱): کانال زمینی و مبدّل بازیافت حرارت داخل آن.**

در معادله‌ی (۳-۲)، Q مقدار انرژی بازیافت شده است و ضریب انتقال حرارت کلی مبدّل (U) هم از معادله‌ی (۳-۳) به دست می‌آید.

$$U = \frac{1}{\frac{r_o}{r_i h_i} + \frac{r_o \ln(r_o/r_i)}{k} + \frac{1}{h_o}} \qquad (۳-۳)$$

که در آن $r_o$ شعاع خارجی مبدّل و $r_i$ شعاع داخلی آن و $h_i$ ضریب انتقال گرمای گاز داخل مبدّل و $h_o$ ضریب انتقال گرمای گاز خارج از آن و $k$ ضریب هدایت حرارتی خود مبدّل است؛ چون هر دو گاز سرد و گرم موجود در این مبدّل، هوا می‌باشد. بنابراین $h_i$ و $h_o$ با هم برابرند و از تأثیر رسوب بر روی مبدّل هم صرف نظر شده است. بر اساس اطلاعات داده شده، مقادیر عددی متغیّرهای معادله‌ی (۳-۳) به این صورت است. شعاع داخلی مبدّل برابر دویست و پنجاه میلی متر (یا $r_i = ۰/۲۵۰m$) و شعاع خارجی آن برابر دویست و پنجاه میلی متر و نیم متر (یا $r_o = ۰/۲۵۰۵m$) با در نظر گرفتن ضخامت ۰/۵ میلی متری برای ورق مبدّل حرارتی) ضریب هدایت حرارتی مبدّل برابر پنجاه وات بر متر مربع درجه‌ی کلوین ($k = ۵۰ \frac{W}{m^{2\circ}k}$)، ضریب انتقال گرمای هوای داخل و خارج از مبدّل برابر هشت وات بر متر مربع درجه کلوین ($h_i = h_o = ۸ \frac{W}{m^{2\circ}k}$). با جایگذاری مقادیر عددی متغیرها در معادله (۳-۳)، ضریب کلی هدایت حرارتی مبدّل، برابر چهار وات بر متر مربع درجه‌ی

کلوین ($U = ۴\frac{W}{m^{۲}{}^{\circ}k}$) یا برابر ($\frac{Btu}{Ft^{۲}{}^{\circ}Fhr}$) ۰/۷ می‌شود. اگر نیمی از تلفات حرارتی مربوط به هوای در حال خروج از سالن مرغداری بازیافت شود، معادله‌ی (۳-۴) را خواهیم داشت.

$$Q = \dot{m}c_p\Delta T = \rho v c_p(T_{h1} - T_{h2}) \qquad (۳-۴)$$

که در آن، $Q$ نصف تلفات حرارتی مربوط به تهویه‌ی سالن مرغداری و برابر ($\frac{Btu}{hr}$)۶۶۹۲۵ است. مقادیر $\rho$ (جرم حجمی هوا)، $c_p$ (گرمای ویژه‌ی هوا)، $v$ مقدار هوای مورد نیاز برای تهویه‌ی سالن مرغداری نمونه قبلاً ارائه شده است. با جای‌گذاری مقادیر متغیرها، مقدار $(T_{h1} - T_{h2})$ از معادله‌ی (۳-۵) به دست می‌آید.

$$(T_{h1} - T_{h2}) = \frac{Q}{\rho v c_p} = \frac{۶۶۹۲۵}{۰/۰۷۴۹\times۱۲۳۵۸۵\times۰/۲۴۱} = ۳۰^{\circ}F \qquad (۳-۵)$$

هوای داخل سالن مرغداری با دمای میانگین $T_{h1}$ (۲۷°C یا ۸۰/۶°F) وارد مبدّل حرارتی می‌شود و بعد از تبادل حرارت با دمای $T_{h2}$ از آن خارج می‌شود. مقدار $T_{h2}$ از معادله (۳-۵) برابر ۵۰/۶ °F به دست می‌آید. با معلوم بودن مقادیر $T_{h1}$ و $T_{h2}$ و $Q$ و $U$، مقدار $A$ (مجموع مساحت هر دو مبدّل حرارتی در دو طرف سالن مرغداری) از معادله‌ی (۳-۲)، برابر سه هزار و صد و هشتاد و هفت فوت مربع ($۳۱۸۷Ft^{۲}$) به دست می‌آید. بنابراین مساحت یکی از

این مبدّل‌ها، برابر هزار و پانصد و نود و سه و نیم فوت مربع ($۱۵۹۳/۵Ft^۲$) می‌شود. با توجه به قطر هر کدام از این مبدّل‌ها (که برابر نیم متر یا ۱/۶۴ فوت در نظر گرفتیم)، طول هر کدام از آنها برابر سی صد و نه فوت (یا ۹۵ متر) به دست می‌آید. با ساخت و نصب دو عدد از این نوع مبدّل طراحی شده، می‌توان نیمی از تلفات حرارتی مربوط به تهویه‌ی سالن نمونه را بازیافت کرد. برای تحلیل اقتصادی استفاده از این مبدّل، هزینه‌ی اجرای آن با هزینه مربوط به مقدار سوخت صرفه‌جویی شده مقایسه می‌شود.

بر اساس مطالب ارائه شده، مقدار انرژی بازیافت شده توسط این مبدّل حرارتی در یک سالن پرورش مرغ ده هزارتایی با زیربنای هزار متر مربع واقع در شهرستان کاشان، برابر دو میلیون و چهار صد و بیست و هشت هزار و پانصد و شصت کیلو کالری ($\frac{۴۸۵۷۱۲۰۸}{۲}$ Kcal) یا دو هزار و دویست پنجاه و نه ($\frac{۴۵۱۸}{۲}$) لیتر گازوئیل در مدت دو ماه (یک دوره پرورش مرغ) می‌شود. قیمت این مقدار گازوئیل صرفه‌جویی شده، حدود یک میلیون و هفت صد هزار تومان است. هزینه‌ی احداث دو کانال زمینی و مبدّل بازیاب در دو طرف سالن مرغ‌داری با طول کلی دویست متر ( هر متر طول برابر نود هزار تومان)، معادل هجده میلیون تومان می‌شود و در نهایت این که کل هزینه اجرای طرح بازیافت

انرژی در مدت حدود ده دوره پرورش مرغ (یا بیست ماه) مستهلک خواهد شد. ده دوره پرورش مرغ در زمستان از زمان اجرای طرح بازیافت، حدود سه سال به طول می‌انجامد. برای بررسی کاربردی بودن مبدّل طراحی شده باید متغیرهای دیگری مثل سرعت حرکت هوا در داخل آن، مقاومت مکانیکی، مقاومت در برابر شرایط محیطی و ... در نظر گرفته شود. در اینجا فقط به عنوان نمونه، سرعت حرکت هوا در داخل مبدّل بررسی می‌شود.

مقدار هوایی که توسط هر یک از این مبدّل های بازیاب حرارت برای یک سالن ده هزارتایی باید تامین شود، برابر هزار و هفت صد و پنجاه متر مکعب در ساعت (یا $۰/۴۸\frac{m^۳}{s}$) می‌باشد. سطح مقطع مبدّل‌های بازیافت حرارت، حدود دو دهم متر مربع ($۰/۲m^۲$) می باشد که بر این اساس، سرعت حرکت هوا در داخل مبدّل بازیاب گرما تقریباً برابر دو و چهار دهم متر بر ثانیه ($۲/۴\frac{m}{s}$) به دست می آید. به عبارتی حدود چهل و یک ثانیه طول می کشد تا هوای تازه ورودی، طول مبدّل بازیاب را طی کند و به اتاقک کوره‌های هوای گرم برسد و این مدت زمان برای تبادل حرارت بین هوای تازه ورودی به سالن و هوای آلوده‌ی خروجی از سالن مرغداری کافی است.

نکته قابل تذکّر در طراحی این مبدّل حرارتی این است که ضرایب انتقال

حرارت هوای داخل و خارج آن را برابر این ضرایب در حالت انتقال حرارت جابجایی آزاد در نظر گرفته‌ایم، در حالی که انتقال حرارت درون این مبدّل به صورت جابجایی اجباری است و کارآیی مبدّل در عمل ممکن است بالاتر از مقادیر ارائه شده در اینجا باشد.

### ۳-۲-۳) تصحیح کارآیی تجهیزات گرمایشی مورد استفاده و تحلیل اقتصادی آن:

بر اساس مشخصات تجهیزات گرمایشی مورد استفاده در سالن‌های مرغ‌داری، بیش‌ترین کارآیی آنها حدود هشتاد درصد (۸۰ ٪) است. به عبارتی، حدود بیست در صد از کل سوخت مورد نیاز یک سالن مرغ‌داری، توسط خود تجهیزات گرمایشی به هدر می‌رود.البته چگونگی استفاده ازتجهیزات گرمایشی بر کاهش بازده آنها و تلفات حرارتی خود این تجهیزات، تأثیر زیادی دارد.

به دو صورت، کارآیی تجهیزات گرمایشی در مرغ‌داری‌ها را می توان کنترل کرد؛ اول، با کاهش کل سوخت مصرفی در یک مرغ‌داری که به دنبال آن، بیست درصد تلفات حرارتی مربوط به ضریب کارآیی هم کاهش می یابد و دوم، استفاده‌ی درست از این تجهیزات به گونه‌ای که اجازه ندهیم، بازده آنها از هشتاد درصد کمتر شود. مورد اول با بحث عایق‌کاری و استفاده از تجهیزات

بازیافت گرما، میسر می‌شود. به عنوان مثال، وقتی جداره‌های سالن مرغ‌داری ده هزارتائی نمونه، عایق‌کاری شود و از مبدّل‌های بازیاب گرما نیز استفاده شود، میزان مصرف سوخت آن برای جبران تلفات حرارتی در طی دو ماه از حدود پانزده هزار و دویست و ده لیتر گازوئیل به حدود سه هزار و نه صد چهل و چهار لیتر کاهش می‌یابد. بنابراین تلفات انرژی ناشی از بازده تجهیزات حرارتی مورد استفاده در این مرغ‌داری نیز از مقدار حدود سه هزار لیتر (یا۱۵۲۱۰×۰/۲) به هفت صد و هشتاد و هشت لیتر (یا۳۹۴۴ ×۰/۲) در مدت دو ماه کاهش خواهد یافت.

کار دوّمی که برای کنترل بازده عملکرد تجهیزات گرمایشی و نگه‌داشتن ضریب کارآیی آنها در بالاترین حد ممکن می توان انجام داد، بهره‌برداری و استفاده‌ی درست از این تجهیزات است. به عنوان مثال، در بسیاری از سوله‌های صنعتی و سالن‌های پرورش مرغ، هوایی که برای گرم شدن، وارد کوره‌های هوای گرم می‌شود از کف سالن گرفته نمی‌شود، بلکه هوا از ارتفاعی حدود یک متر بالاتر از کف سالن کشیده می‌شود و به سمت کوره‌ی هوای گرم می‌رود و هوایی که در کف سالن قرار دارد و دمای آن نیز پایین‌تر است، به گردش درنمی‌آید و گرم نمی‌شود.

به همین دلیل هوای بالای ارتفاع یک متر همواره گرم‌تر و گرم‌تر می‌شود، در حالی که هوای کف سالن، گرمای چندانی دریافت نمی‌کند و به دلیل سرد بودن کف سالن و ورود هوای با دمای بالا به کوره‌ی هوای گرم، بازده دستگاه بسیار کاهش می‌یابد. به عنوان یک اصل کلی، هوایی که برای گرم شدن، وارد دستگاه گرمایشی می شود باید از پایین ترین سطح داخل سالن و در صورت امکان از دریچه های تعبیه شده در کف سالن گرفته شود و به طرف کوره‌ی هوای گرم انتقال یابد. این عمل باعث می‌شود که هوا با کمترین دمای ممکن، وارد کوره‌ی هوای گرم شود و انتقال حرارت به این هوا سریع تر اتفاق افتد و تجهیزات گرمایشی با بهره‌وری بالاتری کار کنند. در مناطقی که امکانات گاز شهری وجود دارد و تهویه سالن های مرغ داری نیز به صورت اجباری انجام می‌شود، بهتر است از چند عدد بخاری گازی بدون دودکش در داخل سالن مرغ داری استفاده شود. کارآیی بخاری های گازی بدون دودکش، نزدیک به صد در صد است و استفاده از آنها در مکان‌هایی که تهویه‌ی اجباری دارند، مانعی ندارد. همچنین این بخاری‌ها دارای حس گرهای مخصوصی هستند که در صورت کاهش سطح اکسیژن سالن و یا افزایش گازهای آلاینده، مثل مونواکسید کربن به صورت خودکار، خطر را اعلام می کند. اجرای روش‌های

بهینه‌سازی مصرف انرژی مربوط به کارآیی تجهیزات حرارتی به صورت فوق، هیچ‌گونه هزینه‌ای ندارد و انجام آنها کاملاً اقتصادی است.

## ۳-۳) روش‌های نوین بهینه‌سازی مصرف انرژی در واحدهای پرورش مرغ گوشتی در حال احداث:

در واحدهای پرورش مرغ که مجوّز احداث آنها صادر شده و ساختمان آنها هنوز احداث نشده است، علاوه بر بحث عایق‌کاری سالن و استفاده از تجهیزات بازیاب انرژی، موارد دیگری نیز می‌توان در نظر گرفت که از جمله‌ی آنها به موارد زیر اشاره می‌شود:

- تغییر شکل ساختمان سالن مرغ‌داری از حالت مکعب مستطیل به حالت استوانه‌ای.
- استفاده از مصالح ساختمانی صنعتی.
- احداث سالن مرغ‌داری در داخل زمین.
- تخلیه‌ی هوای آلوده سالن‌های مرغ‌داری در فاصله‌ای بسیار دورتر از سالن مرغ‌داری.

در ادامه‌ی این قسمت، توضیح مختصری درباره‌ی موارد بالا ارائه می‌شود.

### ۳-۳-۱) تغییر شکل ساختمان سالن مرغ‌داری از حالت مکعب مستطیل به حالت استوانه‌ای:

تغییر شکل یک سالن مرغ‌داری ده هزارتایی از یک مکعب مستطیل (با زیر بنای ده متر درصد متر و به ارتفاع سه متر) به یک استوانه (با زیر بنای دایره‌ای به قطر سی و شش و هفت دهم (۳۶/۷) متر و ارتفاع سه متر)، باعث می‌شود که مساحت دیوارهای جانبی در حالت استوانه‌ای، نسبت به مساحت دیوارهای همین سالن مرغ‌داری به حالت مکعب مستطیل، حدود پنجاه درصد کاهش یابد. مساحت دیوارهای سالن مرغ داری نمونه در حالت مکعب مستطیل، برابر شش صد و شصت متر مربع و در حالت استوانه‌ای، برابر سی صد و چهل و شش متر مربع می‌شود. بنابراین در صورت تغییر شکل ساختمان مرغ داری، مساحت دیوارهای جانبی آن در حالت استوانه‌ای برابر پنجاه و دو درصد مساحت این دیوارها در حالت مکعب مستطیلی می‌شود و این امر، نشان می‌دهد که تلفات حرارتی از دیوارهای مرغ داری به اندازه‌ی چهل و هشت درصد کاهش یافته است. جالب است که در این حالت، هزینه‌های احداث سالن‌های مرغ‌داری نیز به مقدار قابل توجهی کاهش می‌یابد و ساختن سالن مرغ‌داری به شکل استوانه‌ای، کاملاً اقتصادی است.

### ۳-۳-۲) تأثیر استفاده از مصالح ساختمانی صنعتی در بهینه‌سازی مصرف انرژی:

برای ساخت دیوارهای جانبی سالن مرغ‌داری به جای استفاده از آجرهای فشاری به ضخامت سی و چهار سانتی متر و دو لایه سیمان در دو طرف آن، بهتر است در دو طرف آن استفاده شود. در این صورت بدون پرداخت هزینه‌ی اضافه‌ای از یک فوم عایق به ضخامت بیست سانتی متر با دو لایه سیمان پاششی، ضریب هدایت حرارتی دیوار (و مصرف سوخت) به طور چشم‌گیری کاهش می‌یابد. ضریب هدایت حرارتی برای دیوارهایی با آجر فشاری به ضخامت سی و چهار سانتی متر و دو لایه سیمان در دو طرف آن، برابر سه دهم (۰/۳) و این ضریب برای دیواری با همین مشخصات و یک لایه عایق پلی استایرن، برابر یک دهم (۰/۱) و برای دیواری با بیست سانتی متر عایق فوم، این ضریب برابر سه صدم (۰/۰۳) است. بر این اساس با رعایت ملاحظات فوق، مقدار گازوئیل مورد نیاز برای جبران تلفات حرارتی دیوارهای یک سالن مرغ‌داری ده هزارتایی که از مصالح صنعتی ساخته شده باشد، از میزان چهار هزار و سی صد و چهار ده (۴۳۱۴) لیتر در طی دو ماه (در سالن‌های موجود) به مقدار شش صد و پانزده (۶۱۵) لیتر ($\frac{۰/۰۳}{۰/۱} \times ۴۳۱۴ \times (\frac{۳۴۶}{۶۶۰} - ۱) = ۶۱۵$) در طی دو ماه کاهش می‌یابد. بر اساس اطلاعات موجود، ساختن سالن‌های مرغ‌داری با رعایت موارد

بالا، نسبت به روش‌های سنتی ساخت مرغ‌داری‌ها، هزینه‌ی زیادی به سرمایه‌گذاران تحمیل نمی‌کند و دلیل آن، این است که هزینه‌های مربوط به احداث دیوارهای جانبی مرغ‌داری (شامل مصالح و دست‌مزدها) به میزان بیست درصد نسبت به سالن‌های موجود کاهش می‌یابد.

از مصالح ساختمانی صنعتی برای سقف سالن های مرغ داری نیز می‌توان استفاده کرد. ساندویچ پانل‌ها، یک نمونه‌ی کاربردی از این مصالح هستند. هزینه‌ی اجرای سقف با استفاده از ساندویچ پانل‌ها، نسبت به مصالح بنای سنتی (به خصوص برای مناطق کوهستانی که حمل مصالح بنایی نیز مشکل تر است) کمتر است و علاوه بر آن، مباحث مربوط به عایق‌کاری سقف نیز به طور خودکار در این حالت رعایت می‌شود. از مزایای دیگر کاربرد این مصالح صنعتی، سرعت اجرای بالا، عدم به وجود آمدن ضایعات در مصالح مصرفی، قابل بازکردن و استفاده‌ی مجدد از آنها می‌باشد.

### ۳-۳-۳) ساخت سالن مرغ‌داری در داخل زمین:

در اکثر مناطق کویری کشور مثل شهرستان کاشان، اختلاف بیش‌ترین دما (در تابستان) با کم‌ترین دما (در زمستان) به پنجاه درجه هم می‌رسد. یکی از روش‌هایی که در معماری سنتی برای یکنواخت کردن شرایط زیستی از آن

استفاده می‌شود، ساخت و ساز بخشی از ساختمان در داخل زمین است. در مناطق کویری (بر عکس مناطق کوهستانی) هزینه‌های حفر زمین، چندان زیاد نیست و با ساخت سالن‌های مرغداری در داخل زمین، شرایط آسایش بهتری فراهم می‌شود. در مناطقی که دمای هوا در زمستان کاهش زیادی دارد (مثل مناطق شمال غرب کشور)، زمین به عنوان یک منبع گرمایی عمل می‌کند و احداث مرغداری در داخل زمین، باعث کاهش میزان مصرف سوخت می‌شود.

بازدیدهای انجام شده از سالن‌های پرورش مرغ گوشتی که داخل زمین ساخته شده‌اند، نشان می‌دهد که بازده این سالن‌ها به مقدار قابل توجّهی بالاتر از دیگر سالن‌ها است. ارائه‌ی اطلاعات آماری و نتایج آزمایشگاهی در این زمینه به تحقیقات بیشتری نیاز دارد و مزایای ساخت سالن در داخل زمین که به صورت فوق بیان شد، فقط بر اساس برداشت‌های تجربی دست‌اندرکاران مربوطه است. ساخت سالن مرغداری در داخل زمین، باعث می‌شود که صدمات ناشی از آلودگی‌های صوتی (که مسئله مهمی برای پرورش مرغ گوشتی است) کاهش یابد. بر اساس اطلاعات به دست آمده، ضریب تبدیل خوراک به وزن مرغ زنده، در این نمونه سالن‌های پرورش مرغ بیشتر است.

### ۳-۳-٤) تخلیه‌ی هوای آلوده‌ی سالن های مرغ‌داری در فاصله‌ای دورتر از سالن:

طول برخی سالن‌های پرورش مرغ گوشتی تا صد متر هم می‌رسد. تهویه‌ی این سالن‌ها به صورت عرضی انجام می‌شود. از آنجا که به طور معمول سالن‌های مرغ‌داری (در راستای طولی) به صورت موازی با هم ساخته می‌شوند، بنابراین هوای خروجی از یک سالن، دوباره وارد سالن دیگری می‌شود. این مسأله باعث می‌شود که هوای ورودی برای تهویه‌ی مرغ‌داری نیز آلوده شود و بر اساس مطالب ارائه شده در فصل اول، مقادیر بیشتری از هوای خارج وارد سالن شده و به دنبال آن، مصرف سوخت هم افزایش یابد.

برای جلوگیری از بازگشت هوا به داخل سالن مرغ‌داری باید یک کانال مناسب برای تخلیه‌ی هوا، ساخته شود تا هوای خروجی از سالن در فاصله‌ی دورتری نسبت به مرغ‌داری تخلیه شود. مبدّل بازیافت انرژی را می‌توان در داخل همین کانال نصب کرد تا در هزینه‌های اجرایی صرفه‌جویی شود. ارائه‌ی مشخصات کانال خروج هوا و تحلیل اقتصادی آن به تحقیقات نظری و تجربی بیشتری نیاز دارد.

## ۳-٤) جمع‌بندی و نتیجه‌گیری:

این کتاب برای ارائه‌ی روش‌های اجرایی در زمینه‌ی بهینه‌سازی مصرف انرژی در واحدهای پرورش مرغ گوشتی در شهرستان کاشان انجام شده است. برای این منظور، از تعداد زیادی از این واحدهای پرورش مرغ در این شهرستان بازدید شد تا بتوان بین وضعیّت موجود و شرایط بهینه‌ی مورد نظر، مقایسه‌ای واقعی انجام داد. در این کتاب یک سالن استاندارد پرورش مرغ گوشتی فعال، انتخاب شد و تلفات حرارتی این سالن نیز بر اساس وضعیّت موجود، محاسبه شد. اطلاعات اولیه‌ی مورد استفاده عبارتند از: تعداد مرغ موجود در سالن برابر ده هزارتا، ابعاد سالن برابر شامل ده متر عرض- صد متر طول- سه متر ارتفاع، سایر اطلاعات مورد نیاز هم در متن تحقیق موجود است. نتایج ذیل در این کتاب به دست آمده است:

۱) بر اساس جدول و نمودار شماره‌ی (۳-۲) در واحدهای پرورش مرغ فعال حدود شصت درصد (۱۷٪ + ۴۳/۳٪) از سوخت مصرفی، فقط برای جبران تلفات حرارتی سقف و دیوارهای سالن مرغ‌داری است. مقدار سوخت مورد نیاز برای جبران تلفات حرارتی بالا برای یک سالن ده هزارتایی واقع در شهرستان کاشان، برابر پانزده هزار و دویست و ده (۱۵۲۱۰) لیتر گازوئیل در طی یک دوره پرورش (دو ماه) است.

۲) براساس جدول و نمودار شماره‌ی (۳-۵) در صورت عایق‌کاری سالن مرغ‌داری نمونه، میزان مصرف سوخت برای جبران تلفات حرارتی سقف و دیوارها در طی دو ماه از پانزده هزار و دویست و ده (۱۵۲۱۰) لیتر گازوئیل به سه هزار و نه صد و چهل و چهار (۳۹۴۴) لیتر کاهش می‌یابد.

۳) در صورتی که در ساخت و ساز سالن‌های جدید پرورش مرغ گوشتی، از مصالح ساختمانی صنعتی استفاده شود، مقدار گازوئیل مورد نیاز برای جبران تلفات حرارتی بازهم کاهش یافته و به مقدار شش صد و پانزده لیتر می‌رسد.

۴) در صورت استفاده از مبدّل بازیاب حرارت تا پنجاه درصد در میزان مصرف سوخت مورد نیاز برای گرم کردن هوای تازه ورودی به سالن، می‌توان صرفه‌جویی کرد. مقدار گازوئیل مورد نیاز برای گرم کردن سه هزار و پانصد (۳۵۰۰) متر مکعب در ساعت، هوای تازه برای یک مرغ‌داری ده هزارتایی در شهرستان کاشان برابر چهار هزار و پانصد و هجده (۴۵۱۸) لیتر گازوئیل در طی دوماه می‌باشدکه نصب مبدّل بازیاب گرما، این عدد رابه نصف کاهش می‌دهد.

۵) احداث یک سالن مرغ‌داری جدید با زیربنای هزار متر مربع به شکل استوانه‌ای باعث می‌شود مساحت دیوارهای جانبی، چهل و هشت درصد(۴۸٪)

کاهش یابد که به دنبال آن، تلفات حرارتی این دیوارها و سوخت مورد نیاز برای جبران این تلفات حرارتی نیز به حدود نصف کاهش می‌یابد.

۶) احداث سالن مرغ داری در داخل زمین، باعث کاهش مصرف انرژی می‌شود. از مجموع پنجاه واحد پرورش مرغ گوشتی مورد بازدید در شهرستان کاشان، فقط دو عدد از سالن‌ها در داخل زمین ساخته شده بودند که بر اساس اعلام نظر مالکان آنها، علاوه بر کاهش مصرف سوخت در این سالن‌ها ضریب تبدیل خوراک به وزن مرغ زنده نیز در وضعیت بهتری قرار می‌گیرد و صدمات و بیماری‌های گریبان‌گیر مرغ‌ها نیز کمتر می‌شود.

۷) کاهش آلودگی هوای اطراف مرغ داری باعث می شود که به حجم کمتری از هوای خارج از سالن برای تهویه نیاز داشته باشیم که به دنبال آن، مقدار سوخت مصرفی نیز کاهش می‌یابد.

۸) برای اعلام نظر در مورد تأثیر تجهیزات و روش‌های تصفیه هوا و ضد عفونی کردن فضای داخل سالن‌های مرغ داری و تأثیر آن بر کاهش مقدار مصرف انرژی و برآوردهای اقتصادی مربوطه به مطالعات بیشتری نیاز است.

۹) تلفات حرارتی از کف مرغ داری ها ناچیز است و موادی که برای خشک کردن بستر سالن‌ها استفاده می‌شود، همانند عایق حرارتی عمل می‌کند و نیازی به عایق‌کاری کف سالن مرغ‌داری نیست.

۱۰) تجهیزات انرژی خورشیدی که هزینه زیادی دارند، برای استفاده در سالن‌های پرورش مرغ مناسب نیستند و بهتر است فقط از جمع کننده‌های انرژی خورشیدی ساده و ارزان قیمت برای پیش‌گرم کردن هوای تازه ورودی به کوره‌ی هوای گرم استفاده شود. تذکّر این نکته ضروری است که در ساعات اوج سرما در شب‌های زمستانی، سیستم‌های انرژی خورشیدی کار نمی‌کنند و روش‌های ذخیره‌سازی انرژی گرمایی نیز پرهزینه و غیر اقتصادی است.

۱۱) سیستم‌های حرارتی که باعث می‌شوند ابتدا کف و بستر سالن‌های پرورش مرغ گرم شود و سپس هوای داخل مرغ‌داری، باعث افزایش تولید گاز آمونیاک در سالن می‌شوند و آلودگی هوای داخل مرغ‌داری و نیاز به تهویه را افزایش می‌دهند.

۱۲) بر اساس محاسبات انجام شده، کل سوخت مورد نیاز برای یک سالن ده هزارتایی در شهرستان کاشان در طی یک دوره پرورش مرغ به مدت دو ماه، حدود بیست و پنج هزار لیتر است. بنابراین سرانه‌ی مصرف گازوئیل برای هر عدد مرغ در طی دوره‌ی پرورش در این سالن نمونه، حدود دو و نیم لیتر گازوئیل می‌شود. این اعداد وارقام برای سالن‌های پرورش مرغ سنتی می‌باشد و توسط اداره‌ی جهاد کشاورزی شهرستان کاشان نیز مورد تأیید قرار گرفته است.

با اجرای پیشنهادات مربوط به بهینه‌سازی مصرف انرژی که در این کتاب ارائه شده است، کل سوخت مورد نیاز برای پرورش ده هزار عدد مرغ گوشتی در طی دو ماه از عدد بیست و پنج هزار لیتر به کمتر از شش هزار لیتر، کاهش می‌یابد. در صورتی که از مصالح ساختمانی صنعتی برای احداث سالن‌های پرورش مرغ جدید استفاده شود، علاوه بر کاهش هزینه‌های ساخت‌وساز و قابلیت استفاده‌ی مجدد از مصالح صنعتی به کار گرفته شده، میزان مصرف سوخت نیز از شش هزار لیتر (در مدت دو ماه) کمتر شده و به حدود پنج هزار لیتر می‌رسد.

## منابع و مراجع:

[۱] هادوی، الف.، ساختمان و تأسیسات در پرورش طیور، فصلنامه صنعت طیور خراسان، ۱۵ فروردین ۱۳۸۸

[2] Albright, L.D., Environment control for animals and planets. ASAE. St. Joseph, MI, 1990

[۳] طباطبائی، م.، محاسبات تاسیسات ساختمان، چاپ دهم.

[۴] کاظمی، ع.،اقتصاد انرژی شماره ۱۰۳ خرداد۱۳۸۷

[۵] محمدی آیلار، س. الماسی، م. بهینه‌سازی مصرف نفت گاز در صنعت مرغ‌داری کشور، اولین کنفرانس رویکردهای نوین در نگهداشت انرژی، ۱۳۹۰

[۶] عظیم، ع. عبدلی، ح. نامنی، ح.، بررسی بهینه‌سازی مصرف انرژی در واحدهای مرغ‌داری با استفاده از تصفیه هوای خروجی سالن پرورش، کنفرانس بهینه سازی مصرف انرژی، ۱۳۸۹.

[۷] مرکز تحقیقات و فنآوری شرکت نانو واحد صنعت.

[۸] احمدی، الف. احیای، الف. زارع زاده، س.، گرمایش سالن‌های مرغ‌داری با استفاده از انرژی خورشیدی، اولین کنفرانس بین‌المللی گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع، ۱۳۸۸.

[۹] سبزپوشانی، م. منعم‌زاده، م. خراسانی‌زاده، ح.، مدل سازی و شبیه‌سازی سیستم ترکیبی کلکتورهای خورشیدی و گرمایش کفی برای گرمایش سالن‌های مرغ‌داری، کنفرانس بهینه‌سازی مصرف انرژی، ۱۳۸۹.

[۱۰] دفتر امورمقررات ملی ساختمان مبحث هفدهم مقررات ملی ساختمان،چاپ هشتم، ۱۳۸۹.

[۱۱] دانسفاله، ر. شریف، م. وضعیت مصرف سوخت و پتانسیل‌های صرفه‌جویی در صنعت مرغداری کشور، شانزدهمین کنفرانس سالانه مهندسی مکانیک، ۱۳۸۷.

[۱۲] ابوالفضلی اصفهانی، ج.، بازیافت انرژی از سیستم تهویه اطاق جراحی، سومین همایش ملی انرژی ایران.

[۱۳] نمازی صالح، الف. بهشتی پور، ع.، تاثیر بهینه‌سازی مصرف انرژی در صنایع مرغداری، ششمین همایش ملی انرژی، خرداد ۱۳۸۶.

[۱۴] پنچه شاهی، م. فاطمی، ف.، بهینه سازی سیستم بازیافت انرژی در واحد اسید سولفوریک مجتمع پروشیمی رازی،نشریه انرژی ایران،سال چهارم، ش ۷، ۱۳۷۸،ص۳.

[۱۵] ولیان، ف. صدر عاملی، م، بازیافت انرژی و کاهش آلاینده‌های NOx با استفاده از روش برگشت گازهای احتراق درکوره‌ها،نشریه انرژی ایران،سال سوم،ش ۶، ۱۳۷۸، ص۱۱.

[۱۶] پنچه‌شاهی، م. پناهی، الف. امینی، ش.،هدف گذاری سیکل نیروگاه حرارتی به کمک تکنولوژی پینچ، برای دست‌یابی به حداکثر راندمان حرارتی، نشریه انرژی ایران، سال اول،شماره ۲، ۱۳۷۶، ص۳.

[۱۷] صدر عاملی، م.، شبیه سازی بخش جابجای (بازیافت انرژی) در کوره‌های واحد اولفین، نشریه انرژی ایران،سال اول، شماره یک، ۱۳۷۵، ص۳

[۱۸] رشیدی، ع. پاکنژاد، م. ویسی، ف. اتابکی، ع. کاهش تلفات انرژی گرمایی در گل‌خانه‌ها، مرغداری‌ها و سالن‌های مسقف ورزشی با کنترل پارامترهای هوای ورودی به گرم کن‌های مورد استفاده، اولین کنفرانس احتراق ایران، ۱۳۸۵

[۱۹] نجفی اناری، س. خادم‌الحسینی، ن. جزایری، ک. میرزاده، خ.، بررسی کارآیی انرژی در پرورش مرغ گوشتی منطقه اهواز، پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشین های کشاورزی و مکانیزاسیون، ۱۳۸۷

[۲۰] طاهریان، ح. ابراهیمیان، و. یزدان شناس، ا.، منبع تابشی و اثر جابجایی طبیعی بر مدل سازی توزیع دمای دو بعدی سالن‌های مرغداری، چهار دهمین کنفرانس سالانه مهندسی مکانیک، ۱۳۸۵

[۲۱] حبیب الهی، ر. نیکخواه، ح. رمضانی فرد، م.، راهکارهائی برای صرفه-جوئی مصرف انرژی در سالن‌های مرغداری، بهینه‌سازی مصرف انرژی، ۱۳۸۷.

[۲۲] صنایع، س. مبادله کن‌های گرما (مبدّل‌های حرارتی)، چاپ اول، انتشارات دانشگاه علم و صنعت، ۱۳۸۱.

## فهرست کتاب‌های چاپ شده انتشارات پیام امین

۱- بر تارک عشق، لیلا حفیظیان بیدگلی.

۲- تصادف ممنوع، حسین حاجی حسینی، امینه سادات سیدی تبار.

۳- حقوق حیوانات با تأکید بر اخلاق در پژوهش، دکتر حسین نیکزاد (عضو هیأت علمی دانشگاه علوم پزشکی کاشان)، امینه سادات سیدی تبار.

٤- آشنایی با حقوق مدنی و سیاسی دراسلام،حجت الاسلام والمسلمین حبیب الله یوسفی (عضوهیأت علمی دانشگاه علوم پزشکی کاشان)

٥-احساس پاک زندگی باطبیعت سبز،امینه سادات سیدی تبار،مهنوش هاشمی.

٦- آموزش و پرسمان شیمی ۲، حسین معدن دار.

۷- خودمراقبتی دهان و دندان، دکتر عفت لامع.

۸- خلاقیت و نوآوری در سازمان، امینه سادات سیدی تبار.