

الله اعلم

۸۷/۱/۱۰۵۷۹۰
۸۷/۱۲/۷



دانشگاه شهید باهنر کرمان

دانشکده فنی و مهندسی

بخش مهندسی مکانیک

پایان نامه تحصیلی جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک

گرایش تبدیل انرژی

امکان سنجی بهینه سازی یک نمونه نیروگاه دودکش خورشیدی

استاد راهنما:

دکتر سید حسین منصوری

کتابخانه دانشگاه شهید باهنر کرمان
کتابخانه مکانیک

۱۳۸۷ / ۹ / ۲۳

مؤلف:

محسن نجمی

زمستان ۱۳۸۶

۱۰۸۴۶۲



دانشگاه شهید باهنر کرمان

این پایان نامه

به عنوان یکی از شرایط احراز درجه کارشناسی ارشد به

گروه مکانیک

دانشکده فنی و مهندسی

دانشگاه شهید باهنر کرمان

تسلیم شده است و هیچ گونه مدرکی به عنوان فراغت از تحصیل دوره مزبور شناخته نمی شود.

دانشجو: آقای محسن نجمی

استاد راهنما: آقای دکتر سید حسین منصور

داور ۱: آقای دکتر مهران عامری

داور ۲: آقای دکتر مظفر علی مهربیان

داور ۳:

استاد مشاور:

معاونت پژوهشی و تحصیلات تکمیلی یا نماینده دانشکده: آقای دکتر سید عبدالرضا گنجعلیخان نسب



حق چاپ محفوظ و مخصوص به مولف است

(ج)

تقدیم

به بهترین معلمان زندگیم:

پدر ارجمند و مادر مهربانم

به پاس

لحظات سرشار از مهرشان

سخنان امید بخششان

کمک‌های بی‌دریغشان

وصبر و شکیباییشان

تشکر و قدردانی

حمد و سپاس ایزد متّان را که به بندگان نعمت تعلیم و تعلّم را ارزانی داشت. اینک که انجام این پایان نامه را به اتمام رسانده‌ام خداوند یکتا را شکر می‌کنم که توفیق داد یکی دیگر از مراحل زندگی را با موفقیت به اتمام برسانم.

لازم می‌دانم از زحمات بی‌دریغ جناب آقای دکتر منصوری، به عنوان استاد راهنمای این پایان نامه که در همه مراحل با راهنمایی‌های صبورانه، اینجانب را مورد لطف خود قرار داده‌اند صمیمانه تشکر نمایم و برای ایشان در انجام وظیفه مقدس تدریس و تحقیق آرزوی موفقیت دارم.

فهرست مطالب

فصل اول-مقدمه و تاریخچه

- ۱-۱- انرژی خورشیدی ۲
- ۲-۱- مروری بر تحقیقات گذشته ۳
- ۳-۱- مزایای نیروگاه دودکش خورشیدی ۶
- ۴-۱- معایب نیروگاههای دودکش خورشیدی ۷
- ۵-۱- هدف از پژوهش ۸

فصل دوم- تئوری اساسی دودکش خورشیدی

- ۱-۲- مقدمه ۱۰
- ۲-۲- کلکتور ۱۰
- ۳-۲- ماکزیمم انرژی قابل دسترس از هوای کلکتور ۱۲
- ۴-۲- دودکش ۱۵
- ۵-۲- توربین ۱۷

فصل سوم- بررسی پیشنهاد های مطرح شده در راستای بهینه سازی و نتایج تحلیل

- ۱-۳- توربین ۲۰
- ۱-۱-۳- مقدمه ۲۰
- ۲-۱-۳- روش حل و بیان شرایط مسئله ۲۰
- ۳-۱-۳- نتایج تحلیل ۲۳

۲۷.....	۲-۳- کلکتور.....
۲۷.....	۱-۲-۳- الگوریتم و روش حل.....
۳۰.....	۲-۲-۳- نتایج تحلیل.....
۳۹.....	۳-۳- دودکش.....
۳۹.....	۱-۳-۳- روش تحلیل.....
۴۱.....	۲-۳-۳- نتایج تحلیل.....

فصل چهارم- تحلیل نرم افزاری دودکش خورشیدی

۴۷.....	۱-۴- مقدمه.....
۴۸.....	۲-۴- بیان برخی شرایط مسئله و روش حل.....
۵۳.....	۳-۴- نتایج تحلیل.....

فصل پنجم- ارائه راهکارهای علمی و محاسبه ماکزیمم قدرت قابل حصول

۶۰.....	۱-۵- مقدمه.....
۶۰.....	۲-۵- تحلیل تئوری دودکش ساخته شده در کرمان.....
۶۱.....	۳-۵- ارزیابی طرحهای پیشنهادی در راستای عملیات بهینه سازی.....

فصل ششم- آنالیز اقتصادی دودکش خورشیدی

۶۷.....	۱-۶- معرفی روش تحلیل اقتصادی (LCOE).....
۶۷.....	۱-۱-۶- هزینه‌های اولیه (Initial capital cost).....

- ۶۸ (Replacing cost) هزینه‌های تعویض ۲-۱-۶
- ۶۹ (Annualized Replacing cost) هزینه‌های تعویض به صورت سالیانه ۴-۱-۶
- ۷۱ (Operation and Maintenance Cost) هزینه‌های نگهداری و عملکرد ۵-۱-۶
- ۷۱ (Total Net Present Cost) (\$) کل ارزش فعلی خالص ۲-۶
- ۷۲ (Levelized Cost of Energy) ارزش ترازبندی شده انرژی ۳-۶
- ۷۳ نتایج تحلیل ۴-۶

فصل هفتم - نتیجه گیری و پیشنهادات

- ۷۸ نتیجه گیری ۱-۷
- ۸۰ منابع و مراجع

فهرست شکلها

- شکل (۱-۱): دودکش نیروگاه مانزنارس در اسپانیا..... ۴
- شکل (۱-۲): نمایی از دودکش خورشیدی ساخته شده در شهر کرمان..... ۸
- شکل (۱-۲): نمایی از شکل دودکش خورشیدی..... ۱۰
- شکل (۲-۲): آگزرژی و نمایش قسمتی از کار قابل دسترس آن..... ۱۳
- شکل (۳-۲): نمودار تغییرات فشار و حجم مخصوص بر حسب ارتفاع از سطح دریا..... ۱۴
- شکل (۱-۳) مثلث سرعت در خروجی پره‌های راهنما..... ۲۱
- شکل (۲-۳): نمایش مثلث سرعت در ورودی و خروجی پره متحرک..... ۲۲
- شکل (۳-۳): اثر کاهش دبی با افزایش تعداد توربین..... ۲۴
- شکل (۴-۳): مقایسه اثر افزایش در تعداد توربین بر دبی و توان خروجی..... ۲۵
- شکل (۵-۳): زاویه انحراف، توان خروجی و دبی برای توربین با ۱۰ پره..... ۲۶
- شکل (۶-۳): زاویه انحراف، توان خروجی و دبی برای توربین با ۵ پره..... ۲۶
- شکل (۷-۳): حجم کنترل دیفرانسیلی سیال..... ۲۸
- شکل (۸-۳): نمودار توزیع دمای نقاط مختلف کلکتور بر حسب شعاع..... ۳۰
- شکل (۹-۳): نمودار تئوری توزیع دمای سیال در نقاط مختلف کلکتور مانزنارس بر حسب شعاع..... ۳۱
- شکل (۱۰-۳): نمودار تجربی توزیع دمای سیال در نقاط مختلف کلکتور مانزنارس بر حسب شعاع..... ۳۲
- شکل (۱۱-۳): نمودار تئوری ضریب انتقال حرارت از کف کلکتور مانزنارس بر حسب شعاع..... ۳۳
- شکل (۱۲-۳): نمودار تجربی ضریب انتقال حرارت از کف کلکتور مانزنارس بر حسب شعاع..... ۳۳
- شکل (۱۳-۳): نمودار تغییرات فشار و حجم مخصوص بر حسب ارتفاع برای درصد رطوبتهای نسبی مختلف..... ۳۴

- شکل (۳-۱۴): مقایسه اثر اختلاف دمای ایجاد شده شیشه تک جداره نسبت به دو جداره..... ۳۵
- شکل (۳-۱۵): مقایسه اثر ارتفاع کلکتور در میزان افزایش اختلاف دما..... ۳۶
- شکل (۳-۱۶): اثر افزایش شعاع کلکتور بر اختلاف دمای سیال..... ۳۷
- شکل (۳-۱۷): اثر افزایش بیش از حد شعاع کلکتور بر اختلاف دمای سیال..... ۳۷
- شکل (۳-۱۸): مقایسه اثر جنس کف کلکتور در میزان اختلاف دمای سیال..... ۳۸
- شکل (۳-۱۹): نامگذاری قسمت‌های مختلف دودکش خورشیدی..... ۴۰
- شکل (۳-۲۰): تغییرات سرعت بر حسب ضریب اسطکاک..... ۴۱
- شکل (۳-۲۱): تغییرات سرعت بر حسب Π برای $f=0,001$ ۴۲
- شکل (۳-۲۲): تغییرات گرما بر حسب سرعت..... ۴۳
- شکل (۳-۲۳): درصد تغییرات توان خروجی بر حسب افزایش هد استاتیکی توربین..... ۴۵
- شکل (۴-۱): شبکه جریان سه بعدی..... ۵۱
- شکل (۴-۲): همگرایی معادلات در حل عددی جریان..... ۵۳
- شکل (۴-۳): توزیع سرعت در دودکش خورشیدی..... ۵۴
- شکل (۴-۴): توزیع دما در دودکش خورشیدی..... ۵۴
- شکل (۴-۵): افزایش دمای سیال در داخل کلکتور..... ۵۵
- شکل (۴-۶): توزیع سرعت در دودکش خورشیدی..... ۵۵
- شکل (۴-۷): توزیع دما در دودکش خورشیدی..... ۵۵
- شکل (۴-۸): نمودار تغییرات سرعت در داخل دودکش..... ۵۷
- شکل (۴-۹): افزایش دمای سیال در داخل کلکتور..... ۵۷
- شکل (۴-۱۰): نمودار توزیع دمای کف کلکتور..... ۵۸
- شکل (۶-۱): تأثیر بهینه سازی بر هزینه تولید هر کیلووات انرژی..... ۷۶

فهرست جداول

- جدول (۱-۳): مقایسه نتایج تئوری و تجربی دمای سیال برای دودکش مانزنارس..... ۳۲
- جدول (۱-۴): جزئیات شرایط مرزی مدل دودکش خورشیدی..... ۵۲
- جدول (۱-۵): پارامترهای دودکش خورشیدی کرمان..... ۶۱
- جدول (۲-۵): مقایسه راهکارهای مختلف در مقدار توان خروجی..... ۶۵
- جدول (۳-۵): پارامترهای بهینه شده دودکش خورشیدی کرمان، بدون تغییر مقیاس..... ۶۶
- جدول (۱-۶): قیمت واحد برخی از مواد و تغییرات درسازه دودکش خورشیدی ۷۴
- جدول (۲-۶): مقایسه راهکارهای مختلف در مقدار هزینه‌های تولید هر کیلووات انرژی ۷۵
- جدول (۳-۶): مقایسه راهکارهای مختلف در مقدار توان خروجی..... ۷۶

T_{roof2}	.....	دمای شیشه پایینی کلکتور
T_{Fluid}	.....	دمای سیال
$T_{Surface}$	.....	دمای سطح کلکتور
v	.....	سرعت
V_w	.....	سرعت باد
U	.....	سرعت خطی روتور
W	.....	سرعت مماسی
Z	.....	عمق زمین
α	.....	ضریب پخش
α_g	.....	زاویه گاید
β	.....	زاویه پیچش
ϵ_r	.....	ضریب صدورشیشه
ϵ_s	.....	ضریب صدورآسمان
ρ_a	.....	چگالی هوای محیط
ρ_{tow}	.....	چگالی هوای داخل دودکش
η	.....	بازده
V_{coll}	.....	حجم مخصوص هوای داخل کلکتور

P_s	.....	اختلاف فشار استاتیکی
P_{Tot}	.....	اختلاف فشار کلی
Nu	.....	عدد ناسلت
Pr	.....	پرانتل
q	.....	گرمای دریافتی از خورشید
Q	.....	گرما
Ra	.....	عدد رایلی
R	.....	شعاع کلکتور
S	.....	آنروپی
S_{coll}	.....	آنروپی داخل کلکتور
S_0	.....	آنروپی محیط
t	.....	زمان
T_0	.....	دمای محیط
T_a	.....	دمای محیط
T_s	.....	دمای آسمان
T_b	.....	دمای زمین
$T_{b,0}$	.....	دمای زمین در عمقی که گرادیان دما صفر است
T_r	.....	دمای سقف کلکتور
$T_{f,o}$	.....	دمای خروجی از المان سیال
$T_{f,i}$	.....	دمای ورودی به المان سیال
T_{roof1}	.....	دمای شیشه بالایی کلکتور

فهرست علائم

علامت	توضیح
A	سطح مقطع.....
C_p	گرمای ویژه.....
e	انرژی.....
e_{coll}	انرژی قابل دسترس کلکتور.....
f.....	ضریب اصطکاک.....
h.....	آنتالی.....
h_w	ضریب انتقال حرارت جریان باد.....
H.....	ارتفاع دودکش.....
h_0	آنتالی محیط.....
h_{coll}	آنتالی داخل کلکتور.....
g.....	شتاب جاذبه.....
I.....	شدت تابش.....
k.....	ضریب رسانایی.....
L.....	ارتفاع کلکتور.....
m	دبی حرمی.....
n.....	توان پلی تروپیک.....
P.....	فشار.....
P_d	اختلاف فشار دینامیکی.....

چکیده

در این گزارش به مبحث بهینه سازی یک نمونه نیروگاه دودکش خورشیدی ساخته شده در شهر کرمان پرداخته شده است. دودکش خورشیدی مورد مطالعه، یک نیروگاه الکتریکی در مقیاس کوچک بوده و دودکش آن ۶۰ متر ارتفاع و ۳ متر قطر دارد و کلکتور آن مربعی و به ضلع ۴۰ متر بوده است. برای رسیدن به توان نامی این نیروگاه، به بررسی پارامترهای مؤثر در بهینه سازی آن پرداخته شده است. در این راستا پیشنهاداتی برای حداکثر استفاده از انرژی خورشیدی و انرژی جنبشی، ارائه و بررسی شده که از میان آنها، افزایش قطر و ارتفاع دودکش، انتخاب مناسب جنس کف و دو جداره کردن شیشه سقف کلکتور، اثر مثبت و قابل توجه در افزایش توان خروجی داشته، و به عنوان راهکارهای عملی شناخته شده‌اند. محاسبه توان ماکزیمم نیز از اهداف این پروژه بوده است. برای این منظور ابتدا اجزای مختلف دودکش خورشیدی بطور جداگانه از نظر تئوری بررسی و با تحلیل اثر پارامترهای مؤثر در بازدهی هر یک از آنها، به ارائه یک مدل مناسب از دودکش خورشیدی پرداخته شده است. سپس از این مدل تحلیلی برای محاسبه پارامترهای مختلف یک هندسه دودکش خورشیدی که نتایج تجربی آن مشخص است استفاده شده است. پس از مقایسه نتایج تحلیلی و تجربی و اطمینان از صحت جوابها، دودکش خورشیدی ساخته شده در شهر کرمان مورد ارزیابی قرار گرفته است. در قسمت بعد جهت اطمینان از جوابهای تحلیلی به مدل سازی و تحلیل عددی یک نمونه دودکش خورشیدی پرداخته شده است. در این راستا برای محاسبه میدان جریان و دما از شبیه سازی عددی استفاده شده است. نتایج حاصله با نتایج تحلیلی و نتایج تجربی بدست آمده از دودکش خورشیدی مانرنارس تطابق خوبی را نشان می‌دهد. در پایان نیز پیشنهاداتی جهت حصول توان ماکزیمم مطرح شده است. ارزیابی اقتصادی این نیروگاه نیز نشان می‌دهد که هزینه تولید هر کیلو وات انرژی از این نیروگاه، بیشتر از سیستمهای رایج انرژی خورشیدی دیگر شده است.

فصل اول:

مقدمه و تاریخچه

۱-۱- انرژی خورشیدی

ذخایر انرژیهای مهم دنیا مانند نفت و گاز و زغال سنگ که تجدید شونده نیستند دیر یا زود به پایان می‌رسند. عمر منابع زیر زمینی نفت و گاز در بسیاری از کشورهای مهم تولید کننده آن در مدتی شاید کمتر از ۴۰ سال به پایان می‌رسد. دانشمندان برجسته دنیا در مورد امکان جایگزینی انرژی دیگری جای نفت اظهار ناامیدی کرده‌اند. سوخته‌های مصنوعی، انرژی خورشیدی و کارمایه‌های دیگر که می‌توان از منابع و وسایل حرارتی بدست آورد نیز قادر نیست که در آینده نزدیک جایگزین نفت شود.

بنابراین دنیای بدون نفت که می‌توان آنرا دنیای بدون انرژی نام نهاد غیر قابل تصور است. بنابراین از هم اکنون باید بشر به فکر جهان فردا، که عاری از هر گونه انرژی است، باشد و تمهیدات لازم را به کار بسته و راه را برای استفاده از منابع لایزال انرژی هموار سازد. امروزه با توجه به بحران انرژی در سطح دنیا که در آینده نزدیک به وقوع خواهد پیوست استفاده از انرژیهای لایزالی مانند انرژی خورشیدی امری ضروری می‌باشد که ذهن دانشمندان جهان را به خود مشغول ساخته است.

خورشید مبدأ اولیه بیشترین انرژی است که اکنون بر روی زمین وجود دارد. خورشید شامل ۸۰ درصد هیدروژن و ۱۹ درصد هلیوم است و واکنش همجوشی هسته‌ای هیدروژن به هلیوم منبع تولید انرژی در آن می‌باشد که این انرژی به شکل تابش الکترومغناطیسی در فضا منتشر می‌شود.

کشور ایران نیز بدلیل گستردگی و نزدیکی به خط استوا یکی از معدود کشورهای دنیا است که میزان قابل ملاحظه‌ای از انرژی خورشیدی را دریافت می‌کند. مقدار این انرژی در این کشور بطور متوسط $18 \text{ MJ}/\text{m}^2 \text{ day}$ در روز برآورد شده است که این مقدار تقریباً ۲۵۰۰ برابر انرژی مصرفی ایران در سال ۷۲ تخمین زده می‌شود.

در حال حاضر بیش از ۸۱ درصد کل انرژی مصرفی در ایران را سوخته‌های فسیلی تأمین می‌کنند که علاوه بر پایان پذیر بودن آنها، باعث تولید گازهای سمی، بارش باران‌های اسیدی و آلودگی محیط زیست

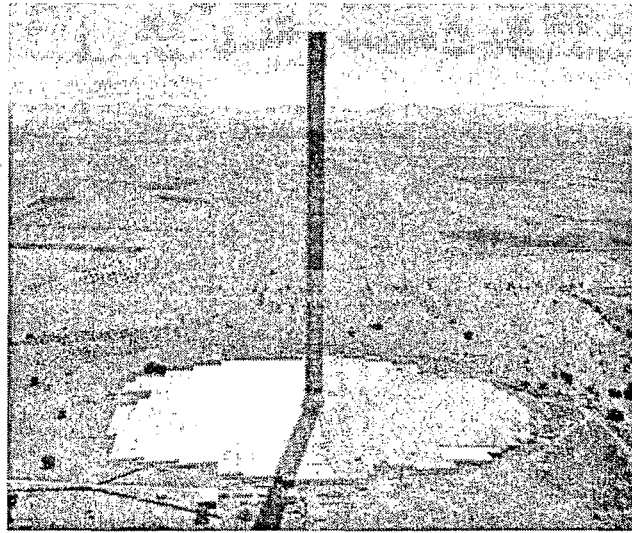
و اثرات گلخانه‌ای می‌گردد. لذا استفاده از انرژی خورشیدی که منبعی لایزال و سازگار با محیط زیست است، ضروری به نظر می‌رسد.

۱-۲- مروری بر تحقیقات گذشته

بررسی‌های عددی و شبیه‌سازیهای صورت گرفته همواره مورد توجه محققان و پژوهشگران بوده است که به دنبال بهبود کیفیت عملکرد دودکش خورشیدی در راستای استفاده از آن به عنوان یک طرح اقتصادی بوده‌اند.

نیروگاه دودکش خورشیدی اولین بار توسط پرفسور اشلایش^۱ از دانشگاه اشتوتگارت آلمان در سال ۱۹۷۰ مطرح شد. حدود هشت سال بعد از طرح این نظریه در یک کنفرانس، ساخت این نیروگاه در مانرنارس اسپانیا آغاز شد که پس از اتمام برای مدت هفت سال کارکرد که بیانگر بازده خوب و قابل اطمینان این ایده بود. دودکش این نیروگاه ۱۹۴/۶ متر طول و ۱۰ متر قطر داشت و شعاع کلکتور آن ۱۲۲ متر بود. سرعت هوای ایجاد شده در داخل دودکش حدود ۱۵ متر بر ثانیه بود. بررسی‌های اولیه این سیستم توسط هاف^۲ در سال ۱۹۸۳ ارائه شد [۱]. در این مقاله یک بحث خلاصه بالانس انرژی، محدوده طراحی و آنالیز قیمت ارائه شده است. هاف در سال ۱۹۸۴ نتایج اندازه‌گیری‌های اولیه را ارائه کرده است [۲]. ابعاد دودکش خورشیدی برای قدرتهای متفاوت نیز در مقاله وی ارائه شده است. شکل زیر نمایی از این نیروگاه را نشان می‌دهد.

Schlaich¹
Haaf²



شکل ۱-۱: دودکش نیروگاه مانزنارس در اسپانیا

مولت^۱ در سال ۱۹۸۷ روشی برای محاسبه بازده کلی دودکش خورشیدی ارائه کرده که مقادیر عددی آن بر اساس دودکش خورشیدی ساخته شده در مانزنارس می‌باشد. در این آنالیز دودکش با قطر ثابت در نظر گرفته شده است و از تغییرات معمول دما و فشار در اتمسفر به همراه تغییرات دمای داخل دودکش و افت های آن صرفنظر شده است. سرعت هوا در بالای دودکش نیز با مساوی قرار دادن کار انجام شده در بالا آمدن هوا در هر مقطع برشی، با انرژی ناشی شده از ستون هوا بدست آمده است. وی با یک بررسی اقتصادی نشان داد که دودکشی به ارتفاع ۱۰۰۰ متر از نظر اقتصادی مقرون به صرفه می‌باشد [۳]. در سال ۱۹۸۷ پادکی^۲ و شریف^۳ معادلات حاکم بر دودکش خورشیدی را ارائه و اثرات یک سری پارامترها در وضعیت های مختلف همانند ارتفاع دودکش، نسبت سطح ورودی و خروجی و همچنین شماتیک دودکش را برای یک قدرت و بازدهی در دسترس بررسی کردند. آنها نشان دادند که بازدهی دودکش تابع ضعیفی از دمای زیر سقف کلکتور است که دودکش بازدهی تقریباً یکسانی در

Mullett¹
Padki²
Sherif³

طول روز دارد. در نهایت اثر سطح ورودی به خروجی در بازدهی و قدرت دستیابی دودکش را بررسی کرده اند [۴].

باکستورم^۱ و گانون^۲ به معرفی یک جریان یک بعدی تراکم پذیر برای محاسبه متغیرهای ترمودینامیکی که به طول دودکش، اصطکاک دیواره، افتهای کلی، دراگ داخلی و تغییرات سطح وابسته هستند، پرداختند و با ارائه یک مدل با دودکش به طول ۱۵۰۰ متر به بررسی این متغیرها و نحوه انتقال حرارت پرداختند. محاسبات آنها نشان داد که انتقال حرارت ناشی از دیواره دودکش قابل صرفنظر است و نیز اثر تغییر ارتفاع بر روی انرژی پتانسیل قابل صرفنظر است اما برای دودکش های مرتفع باید در نظر گرفته شود و یک معادله دیفرانسیل که اثرات مربوط به متغیرهای تغییر سطح، اصطکاک و دراگ، وزن سیال، دمای سکون و عدد ماخ را در دودکش عمودی به صورت یک بعدی در بر می‌گرفت را بدست آوردند [۵]. در یک بررسی دیگر که توسط گانون و باکستورم انجام شد یک آنالیز سیکل استاندارد هوای ایده آل و ارتباط بین متغیرهای اصلی را به ما می‌دهد. آنالیز به کار برده شده شباهت زیادی به توربین گاز دارد به طوری که میزان کاهش فشار و دما در اثر زیاد شدن ارتفاع را با کمپرسور، کلکتور خورشیدی را با محفظه احتراق، و توربین و دودکش را با توربین در سیکل توربین گاز شبیه سازی می‌کرد که هدف آنها از این آنالیز پیدا کردن ارتباط بین عملکرد نیروگاه و متغیرهای مربوط به آن از جمله ارتفاع دودکش و دمای افزایش یافته در سطح زیر کلکتور بوده است. این مدل بوسیله مقایسه بین یک نیروگاه شبیه سازی شده با مقیاس کوچک با داده های تجربی تأیید شده است [۶].

در یک بررسی که توسط پاسومارثی^۳ و شریف در سال ۱۹۹۸ در خصوص عملکرد تئوری و تجربی یک نمونه مدل آزمایشی دودکش خورشیدی در دانشگاه فلوریدا انجام شده است، ابتدا یک مدل ریاضی برای مطالعه اثر پارامترهای مختلف از قبیل درجه حرارت هوا، سرعت هوا و توان خروجی ارائه شده

Backstorm¹
Gannon²
Pasumarthi³