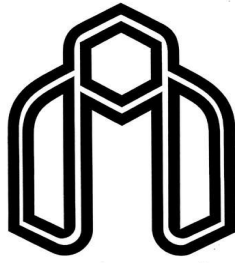


بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده : مکانیک

گروه : تبدیل انرژی

بهبود عملکرد برج خنک کن جابجایی طبیعی خشک تحت تاثیر بادهای متقاطع  
با استفاده از دود خروجی بویلر

دانشجو : مجتبی خاکسار

استاد راهنما :

دکتر محمد حسن کیهانی

استاد مشاور

دکتر علی عباس نژاد

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

ماه و سال انتشار :

دی ماه 1390



دانشگاه صنعتی شاهرود

مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره (۶)

بسمه تعالی

شماره :

تاریخ :

ویرایش :

فرم صورتجلسه دفاع پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر ( عج ) جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای مجتبی خاکسار رشته مهندسی مکانیک گرایش تبدیل انرژی تحت عنوان بهبود عملکرد برج خنک کن جابجایی طبیعی خشک تحت تاثیر بادهای متقاطع با استفاده از دود خروجی بویلر که در تاریخ ۹۰/۱۰/۲۱ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح زیر است :

قبول ( با درجه : عالی ) امتیاز ( ۱۹/۶۶ )  دفاع مجدد  مردود

۱- عالی ( ۲۰ - ۱۹ )

۳- خوب ( ۱۷/۹۹ - ۱۶ )

۲- بسیار خوب ( ۱۸/۹۹ - ۱۸ )

۴- قابل قبول ( ۱۵/۹۹ - ۱۴ )

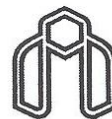
۵- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

امضاء	مرتبه علمی	نام و نام خانوادگی	عضو هیأت داوران
	دانشیار	دکتر محمد حسن کیهانی	۱- استاد راهنما
	استادیار	دکتر علی عباس نژاد	۲- استاد مشاور
	استادیار	دکتر پوریا اکبرزاده	۳- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی
	استادیار	دکتر محمد محسن شاه مردان	۴- استاد ممتحن
	استادیار	دکتر علی سرشته داری	۵- استاد ممتحن

تأیید رئیس دانشکده :

شماره :  
تاریخ :  
ویرایش :

بسمه تعالی



مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره (۷)

فرم تأییدیه اعضای هیأت داوران حاضر  
در جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد ( به فارسی )

اعضای هیأت داوران نسخه نهائی پایان نامه آقای مجتبی خاکسار  
تحت عنوان : بهبود عملکرد برج خنک کن جابجایی طبیعی خشک تحت تاثیر بادهای متقاطع با استفاده از  
دود خروجی بویلر  
را از نظر فرم و محتوی بررسی نموده و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد پیشنهاد می کنند.

امضاء	مرتبه علمی	نام و نام خانوادگی	اعضای هیأت داوران
	دانشیار	دکتر محمد حسن کیهانی	۱- استاد راهنما
	استادیار	دکتر علی عباس نژاد	۲- استاد مشاور
	استادیار	دکتر پوریا اکبر زاده	۳- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی
	استادیار	دکتر محمد محسن شاهمردان	۴- استاد ممتحن
	استادیار	دکتر علی سرشته داری	۵- استاد ممتحن

تقدیم:

بعد از حمد و سپاس فراوان از خداوندی که به من منت نهاد و قدرت  
اندیشیدن را به من ارزانی داشت، این کار کوچک را به پدر و مادرم  
که همیشه یار و یاورم بودند تقدیم می کنم.

## تقدیر و تشکر:

پس از ستایش خداوند یکتا، من وظیفه خود میدانم که از اساتید  
ارجمند جناب آقای دکتر محمد حسن کیهانی، دکتر علی عباس نژاد  
و مهندس رسول محبی که در انجام این تحقیق مرا یاری کردن  
کمال تشکر را داشته باشم.

## تعهد نامه

اینجانب مجتبی خاکسار دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مکانیک گرایش تبدیل انرژی دانشکده مکانیک دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه بهبود عملکرد برج خنک کن جابجایی طبیعی خشک تحت تاثیر بادهای متقاطع با استفاده از دود خروجی بویلر تحت راهنمایی دکتر محمد حسن کیهانی، متعهد می شوم .

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
  - در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
  - مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
  - کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
  - حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
  - در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده ( یا بافتهای آنها ) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .
- تاریخ 1390/10/2  
امضای دانشجو

### مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است ) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

## چکیده:

برج های خنک کن جابجایی طبیعی خشک یکی از متداول ترین برج ها در نیروگاههای موجود در مناطق کم آب می باشند. یکی از مهمترین عواملی که در رابطه با عملکرد این برج ها همواره مورد توجه بوده است اثر شرایط محیطی بویژه وزش باد است که باعث کاهش بازدهی برج ها می گردد و به دلیل ارتفاع و قطر زیاد اثر باد بر سازه برج حائز اهمیت می باشد.

جهت بررسی این اثر می توان از روش های عددی، تجربی و میدانی استفاده نمود. هر کدام از این روشها دارای مزایا و معایب مربوط به خود بوده و مکمل هم می باشند.

در این پایان نامه در ابتدا با مدلسازی یک برج خنک کن، به صورت تجربی تاثیر باد بر عملکرد برج های خنک کن جابجایی طبیعی خشک بررسی شده و توزیع فشار داخلی و خارجی بررسی می گردد. در ادامه اثر تزریق گاز برای جلوگیری از اثر نامطلوب وزش باد مورد ارزیابی قرار گرفته است. همچنین با قرار دادن المان های زبری تاثیر آنها بررسی می شود. در ادامه برج خنک کن جابجایی طبیعی به صورت عددی (به کمک نرم افزار FLUENT) مدل شده و اثر باد بر عملکرد برج بررسی می شود.

در انتها برای بهبود عملکرد برج تحت شرایط وزش باد، استفاده از تزریق دود در داخل برج برای حالت های مختلف حل می شود و همچنین پارامترهای دما، دبی، ارتفاع دودکش و قطر دودکش بررسی می شود. نتایج بدست آمده بیان کننده این مطلب است که تزریق گاز می تواند عاملی جهت بهبود عملکرد آنها تحت شرایط وزش باد باشد. همچنین می تواند باعث کاهش غلظت دود قبل از تخلیه به اتمسفر باشد.



## مقالات مستخرج از پایان نامه:

1) محمد حسن کیهانی، رسول محبی، مجتبی خاکسار، (1389)، " بررسی تجربی المانهای زبری در کاهش تاثیر باد بر عملکرد برجهای خنک کن جابجایی خشک"، هیجدهمین همایش سالانه بین‌المللی مهندسی مکانیک ایران، ISME2010-2653، تهران، دانشگاه صنعتی شریف

2) محبی ر، کیهانی م.ح، خاکسار م، (1389)، " بررسی تاثیر المانهای زبری در توزیع فشار خارجی برج های خنک کن"، دومین کنفرانس صنعت نیروگاههای حرارتی، تهران، دانشگاه صنعتی شریف و پژوهشگاه نیرو. PowerPlant 89 – MC-BOP-1992.

3) کیهانی م.ح، عباس نژاد ع، خاکسار م، محبی ر، (1391) " بررسی تجربی تاثیر المانهای زبری در توزیع فشار خارجی برج خنک کن جابجایی طبیعی"، چهاردهمین کنفرانس دینامیک شاره‌ها FD2012، بیرجند، دانشگاه بیرجند.

4) خاکسار م، کیهانی م.ح، عباس نژاد ع، (1391)، " بررسی تجربی اثر تزریق گاز در توزیع فشار داخلی و خارجی برج خنک کن"، بیستمین همایش سالانه بین‌المللی مهندسی مکانیک ایران، ISME2012-1208، شیراز، دانشگاه شیراز.

5) Mohammad Hassan Kayhani, Ali Abbas Nejad, Mojtaba Khaksar, (2012), "Experimental Study of the Flue Gas Injection to Improve the Natural Draft Cooling Tower Performance under Crosswind". **International Conference on Mechanical, Automobile and Robotics Engineering (ICMAR'2012)**, Penang, Malaysia.



11	2-3-1-1- برج خنک کن جابجایی طبیعی
15	2-1- اثر شرایط محیطی
15	1-2-1- دمای محیط
16	2-2-1- رطوبت نسبی
17	3-2-1- سرعت باد

## 21 فصل دوم: تاریخچه

22	1-2- مروری بر اقدامات انجام گرفته
37	نتیجه گیری
37	هدف از انجام پایان نامه

## فصل سوم : تونل باد و اجزای جانبی بکار رفته در آزمایش

40	1-3- آزمایشهای تونل باد
40	2-3- تاریخچه تونل باد
42	3-3- انواع تونل باد
47	4-3- اجزای تونل باد
47	1-4-3- اتاق آزمون
48	2-4-3- دیفیوزر
49	3-4-3- نازل
50	4-4-3- گوشه

51	5-4-3- اتاق آرامش
52	6-4-3- فن
52	5-3- تونل باد ویژه با سرعت کم
53	6-3- تشابه جریان در تونل باد
53	1_6_3 آنالیز ابعادی
55	2-6-3- پارامترهای مهم در جریان سیال
56	3_6_3 تشابه هندسی، سینماتیکی و دینامیکی
58	4_6_3 معادله‌های اساسی حرکت جریان سیال
60	7-3- اجزای جانبی بکار رفته در آزمایش
60	1-7-3- پراب سیم داغ
61	2-7-3- سنسور سیم داغ
63	3-7-3- پراب یک بعدی
64	4-7-3- مکانیزم انتقال دهنده پراب
64	5-7-3- لوله استاتیکی پیتوت و مبدل الکتریکی فشار
66	6-7-3- جمع‌آوری و دریافت داده‌ها
66	7-7-3- نرم‌افزار
<b>68</b>	<b>فصل چهارم : اندازه‌گیری نیروها</b>
69	اندازه‌گیری نیروها
70	1-1- اندازه‌گیری نیرو به روش اندازه‌گیری ممنتوم
76	2-2- اندازه‌گیری نیرو به روش اندازه‌گیری توزیع فشار

**81****فصل پنجم: روش انجام آزمایش و بررسی نتایج تجربی**

82

1-5- پارامتر های تشابهی

82

2-5- مشخصات تونل باد

84

3-5- مدل آزمایش

84

1-3-5- مدل برج خنک کن

87

4-5- انجام آزمایش

87

1-4-5- نتایج تجربی حاصل از مدل برج خنک کن

89

2-1-4-5- تغییرات سرعت وزش باد

92

5-5- استفاده از المان های زبری

94

نتیجه گیری

**95****فصل ششم : حل معادلات با نرم افزار FLUENT**

96

1-6- فرضیات

96

2-6- معادلات حاکم

98

3-6- مدلسازی جریان

100

1-3-6- فضای فیزیکی و محاسباتی و گرید

103

4-6- شرایط مرزی

103

1-4-6- شرط مرزی سرعت ورودی (Velocity inlet)

104	2-4-6- شرط مرزی فشار ورودی (Pressure inlet)
104	3-4-6- شرط مرزی فشار خروجی (Pressure outlet)
104	4-4-6- شرط مرزی دیوار (Wall)
104	5-4-6- مدل سازی مبدل های حرارتی
106	5-6- ارائه نتایج
108	1-5-6- بدون وزش باد
110	2-5-6- وزش باد
116	3-5-6- راندمان گرمی

## 123

### فصل هفتم : بحث و نتیجه گیری

124	1-7- ارائه راه حل
124	1-1-7- نتایج تجربی تزریق دود در داخل برج
126	2-1-7- نتایج عددی تزریق دود در داخل برج
127	1-2-1-7- تزریق دود بدون وزش باد محیطی
133	2-2-1-7- تزریق دود با وزش باد محیطی
139	نتیجه گیری
141	مراجع
145	چکیده انگلیسی

## فهرست شکلها

صفحه	عنوان
2	شکل (1-1) نمونه ای از سیستم خنک کن آب
3	شکل (2-1) سیستم خنک کن یک بار گذر
5	شکل (3-1) سیستم خنک کن خشک مستقیم
7	شکل (4-1) برج خنک کن خشک غیر مستقیم و کندانسور تماس مستقیم
9	شکل (5-1) برج خنک کن مکشی
10	شکل (6-1) برج خنک کن جریان مخالف
10	شکل (7-1) برج خنک کن جریان متقاطع
13	شکل (8-1) برج خنک کن جابجایی طبیعی
14	شکل (9-1): پیشرفت تاریخی برج خنک کن جابجایی طبیعی
18	شکل (10-1) نمایی از برج خنک کن هلر
19	شکل (11-1): مدل المان زبری
20	شکل (12-1) نمایی از توزیع ضریب فشار خارجی
23	شکل (1-2) متلاشی شدن برج خنک کن نیروگاه
25	شکل (2-2) توزیع فشار برجها و مدل‌های آنها
26	شکل (3-2) توزیع فشار برجهای خنک کن
27	شکل (4-2) توزیع فشار داخلی و خارجی برج
28	شکل (5-2) توزیع فشار برای دو برج در آرایش پشت سر هم با فواصل مختلف از هم
29	شکل (6-2) توزیع فشار در گلوبی برج نسبت به سرعت جریان باد به سرعت میانگین

30	شکل (7-2): تیروگاه حرارتی با تزریق دود در ارتفاع بالا
31	شکل (8-2): پاسخ برج به هرکدام از پارامترهای مستقل
31	شکل (9-2): اثر دمای دود تزریقی بر روی دبی هوا
33	شکل (10-2): مقایسه بین توزیع فشار بدست آمده در پیرامون برج با نتایج تئوری نیمان
34	شکل (11-2): میزان ضریب فشار در گلوبی
36	شکل (12-2): مقایسه ضریب فشار استاندارد VGB و نتایج عددی
36	شکل (13-2): مقایسه ضریب فشار نتایج عددی و تجربی در گلوگاه برج
37	شکل (14-2): مدل پیشنهادی
42	شکل (1-3): تونل باد ساخت برادران رایت در سال 1901
43	شکل (2-3): محدوده ماخ برای انواع وسایل آیرودینامیکی
44	شکل (3-3): تونل باد مدار باز مکنده
45	شکل (4-3): تونل باد مدار باز دمنده
45	شکل (5-3): تونل باد مدار بسته با اتاق آزمون بسته
45	شکل (6-3): تونل باد مدار بسته با اتاق آزمون باز
46	شکل (7-3): نمای شماتیک از تونل باد مدار بسته با اتاق آزمون باز
46	شکل (8-3): اتاق آزمون نیمه باز
48	شکل (9-3): دیفیوزر تونل باد مدار بسته که در پایین دست فن قرار دارد
49	شکل (10-3): نازل تونل باد شرکت مزدا، ژاپن
50	شکل (11-3): گوشه به ارتفاع 12 متر و پره های راهنما (تونل باد شرکت مزدا)
51	شکل (12-3): اتاق آرامش تونل باد



52	شکل (3-13) لانه زنبوری
52	شکل (3-14) فن به قطر 8 متر (تونل باد شرکت مزدا)
62	شکل (3-15) پراب با سنسور روکش دار و بدون روکش
63	شکل (3-16) پراب مایل SY (فراسنجش صبا WU11)
63	شکل (3-17) پراب لایه مرزی (فراسنجش صبا WP13)
64	شکل (3-18) مکانیزم انتقال دهنده پراب
65	شکل (3-19) لوله استاتیکی پیتوت
72	شکل (4-1) ناحیه دنباله در پشت یک استوانه
76	شکل (4-2) ایجاد اوریفیس بر روی یک ایرفویل برای اندازه‌گیری توزیع فشار استاتیکی روی سطح آن
77	شکل (7-3) استوانه عمود بر جریان
83	شکل (5-1): تغییرات شدت اغتشاشات بر حسب سرعت در مرکز اتاق آزمون
83	شکل (5-2): شماتیک تونل باد دانشگاه صنعتی شاهرود
84	شکل (5-3): نمایی از تجهیزات جانبی تونل باد دانشگاه صنعتی شاهرود
85	شکل (5-4): برج خنک کن نیروگاه اسلام آباد
86	شکل (5-5): مدل های مورد استفاده در آزمایش و لوله های تست
86	شکل (5-6): دمنده مورد استفاده در آزمایش
87	شکل (5-7): آفست گیری انجام گرفته قبل از شروع هر آزمایش
87	شکل (5-8): توزیع فشار خارجی
88	شکل (5-9): توزیع فشار داخلی
88	شکل (5-10): دیاگرام قطبی توزیع فشار خارجی برای رینولدز $Re = 1.1 \times 10^5$

90	شکل (5-11): تغییرات توزیع فشار خارجی با تغییر سرعت
90	شکل (5-12): تغییرات قسمت مثبت توزیع فشار خارجی با تغییر سرعت
91	شکل (5-13): تغییرات توزیع فشار داخلی با تغییر سرعت
91	شکل (5-14): منحنی میانگین توزیع فشار بر حسب عدد رینولدز
92	شکل (5-15): شماتیک المانهای زبری به کار رفته در آزمایشات
93	شکل (5-16): تغییرات توزیع فشار خارجی با تغییر $h/a$ در استاندارد VGB[28]
93	شکل (5-17): تغییرات توزیع فشار خارجی با تغییر $h/a$ در گلوبی
93	شکل (5-18): تغییرات توزیع فشار خارجی با تغییر $h/a$ در $z/H=0.25$
94	شکل (5-19): مقایسه متوسط منفی $C_p$ مدل های مختلف
99	شکل (6-1): مدل سه بعدی برج
101	شکل (6-2): نمای کلی از برج خنک کن جابجایی طبیعی و شرایط مرزی
101	شکل (6-3): شبکه فضای محاسباتی
102	شکل (6-4): شبکه تولید شده برای برج و مبدل ها
102	شکل (6-5): شبکه تولید شده برای کف برج و فضای محاسباتی
107	شکل (6-6): نمودار ضریب برا با زمان برای استوانه به قطر 1 متر شبه پایا $Re=10E+7$
107	شکل (6-7): نمودار ضریب برا با زمان برای برج پایا
108	شکل (6-8): بردارهای سرعت در صفحه تقارن (بدون وزش باد)
109	شکل (6-9): بردارهای سرعت در صفحه افقی ارتفاع 12 متری (بدون وزش باد)
109	شکل (6-10): کانتورهای دما در صفحه تقارن برای حالت جابجایی طبیعی (بدون وزش باد)

110	شکل (6-11): بردارهای سرعت در صفحه تقارن برای سرعت 5m/s
111	شکل (6-12): بردارهای سرعت در صفحه افقی در ارتفاع 12 متری برای سرعت 5m/s
111	شکل (6-13): کانتورهای دما در صفحه تقارن برای سرعت 5m/s
112	شکل (6-14): کانتورهای فشار استاتیکی بر حسب پاسکال در صفحه تقارن برای سرعت 5m/s
112	شکل (6-15): کانتورهای فشار استاتیکی بر حسب پاسکال در صفحه افقی 12 متری برای سرعت 5m/s
113	شکل (6-16): بردارهای سرعت در صفحه افقی در ارتفاع 12 متری برای سرعت 10m/s
114	شکل (6-17): بردارهای سرعت در صفحه تقارن برای سرعت 10m/s
114	شکل (6-18): کانتورهای دما در صفحه تقارن برای سرعت 10m/s
115	شکل (6-19): بردارهای سرعت در صفحه تقارن برای سرعت 15m/s
116	شکل (6-20): بردارهای سرعت در صفحه افقی در ارتفاع 12 متری برای سرعت 15m/s
117	شکل (6-21): تغییرات دبی جرمی در سرعتهای مختلف باد
117	شکل (6-22): تغییرات راندمان جرمی در سرعتهای مختلف باد
118	شکل (6-23): نحوی تقسیم بندی رادیاتورهای برج
119	شکل (6-24): تغییرات دبی جرمی رادیاتورها برای سرعت های مختلف
119	شکل (6-25): تغییرات دبی جرمی رادیاتور 1 برای سرعت های مختلف
120	شکل (6-26): تغییرات دبی جرمی رادیاتور 2 برای سرعت های مختلف
120	شکل (6-27): تغییرات دبی جرمی رادیاتور 3 برای سرعت های مختلف
121	شکل (6-28): تغییرات دبی جرمی رادیاتور 4 برای سرعت های مختلف
121	شکل (6-29): تغییرات دبی جرمی رادیاتور 5 برای سرعت های مختلف

- 125 شکل (1-7): منحنی بر حسب برای سطح خارجی برای یک رینولدز نمونه
- 
- 127 شکل (2-7): بردارهای سرعت در صفحه تقارن برای ارتفاع دود کش 34m، بدون وزش باد
- 
- 128 شکل (3-7): کانتورهای دما در صفحه تقارن برای ارتفاع دود کش 34m، بدون وزش باد
- 
- 129 شکل (4-7): کانتورهای فشار استاتیکی بر حسب پاسکال در صفحه افقی ارتفاع 12 متری و برای قطر 6.4m، بدون وزش باد
- 
- 129 شکل (5-7): کانتورهای دما در صفحه تقارن برای قطر 6.4m، بدون وزش باد
- 
- 130 شکل (6-7): کانتورهای فشار استاتیکی بر حسب پاسکال در صفحه تقارن برای دبی 530kg/s، بدون وزش باد
- 
- 131 شکل (7-7): بازده جرمی برج برای دبی جرمی های مختلف دود تزریقی؛ بدون وزش باد
- 
- 131 شکل (8-7): بازده جرمی برج برای ارتفاع مختلف دود تزریقی؛ بدون وزش باد
- 
- 132 شکل (9-7): بازده جرمی برج برای دماهای مختلف دود تزریقی؛ بدون وزش باد
- 
- 132 شکل (10-7): بازده جرمی برج برای قطرهای مختلف دودکش دود تزریقی؛ بدون وزش باد
- 
- 133 شکل (11-7): بردارهای سرعت در صفحه تقارن برای ارتفاع دود کش 12m؛ باد با سرعت 5m/s
- 
- 134 شکل (12-7): بردارهای سرعت در صفحه تقارن برای ارتفاع دود کش 24m؛ باد با سرعت 5m/s
- 
- 134 شکل (13-7): بردارهای سرعت در صفحه تقارن برای ارتفاع دود کش 100m؛ باد با سرعت 5m/s
- 
- 135 شکل (14-7): کانتورهای دما در صفحه تقارن برای ارتفاع دود کش 12m؛ باد با سرعت 5m/s
- 
- 135 شکل (15-7): کانتورهای دما در صفحه تقارن برای ارتفاع دود کش 24m؛ باد با سرعت 5m/s