

محاسبه سیستمهای سرمایشی گلخانه با حل یک مثال

عرض گلخانه : ۵۲ متر

طول گلخانه: ۷۴ متر

مساحت گلخانه: ۳۸۴۸ متر مربع

محل گلخانه: اصفهان

تهیه و تنظیم: شرکت کولان سل

www.koolancel.ir

۳.....: مقدمه

۴.....: محاسبه سیستم سرمایش

۷.....: تعداد فن ها:

۸.....: پد سلولزی:

۱۰.....: پمپ آب:

۱۰.....: حجم مخزن:

۱۱.....: مصرف برق:

۱۲.....: نکاتی در ارتباط بانصب قاب آلومینیومی

۱۳.....: نکاتی در ارتباط با سیستم برق

۱۳.....: نکاتی در ارتباط با نصب و نگهداری

مقدمه:

سیستم سرمایش تبخیری یکی از موثرترین روشها برای خنک کردن گلخانه های صنعتی در اقلیم گرم و خشک ایران میباشد. سیستم سرمایش تبخیری مکانیزمی است شامل: واسطه سرمایش تبخیری (پد سلولزی)، فن، مخزن آب، پمپ آب و قاب نگهدارنده ی پد سلولزی.

در این سیستم جریان هوای گرم که از طریق فن های نصب شده در یک طرف گلخانه از پد سلولزی (که در سمت دیگر گلخانه نصب شده است)، عبور میکند، طی فرآیند تبخیر در هنگام عبور از لایه های مرطوب پد سلولزی به هوای خنک تبدیل شده و دمای محیط گلخانه را کاهش میدهد.

در این مقاله سعی میکنیم با بیان یک مثال و انجام محاسبات ریاضی آن، اجزاء سیستم سرمایش را به درستی محاسبه کنیم تا به بهترین راندمان و کارایی در گلخانه برسیم.

مرجع این محاسبات فصل ۴ کتاب مدیریت گلخانه نوشته پاوول وی نلسون، (ترجمه سازمان پارکها و فضای سبز شهر تهران) و کتاب مهندسی گلخانه نوشته روبرت ای آلدريج و همچنین اصول سرمایشی در گلخانه تهیه و تدوین پریسا شاهین رخسار میباشد.

جهت دریافت کتابهای مذکور و همچنین کتب و مراجع دیگر مرتبط با گلخانه به لینک <https://t.me/greenhousebooks> مراجعه نمایید.

محاسبه سیستم سرمایش:

المانهای متعددی در تعیین مقدار جابه جایی هوای گلخانه موثر هستند. ارتفاع از سطح دریا، شدت نور منطقه، اختلاف دمای ابتدا و انتهای گلخانه، و همچنین فاصله بین پد سلولزی و فن (فصل ۴ مدیریت گلخانه)

با مراجعه به جداول اطلاعات زیر را به دست خواهیم آورد.

ارتفاع از سطح دریای شهر اصفهان ۱۵۷۱ متر است با مراجعه به جدول ۴-۱ کتاب مدیریت گلخانه

$$F_{\text{elev}}=1.2$$

| جدول ۴-۱ فاکتورهای مورد استفاده برای اصلاح سرعت جابجایی هوا در ارتفاعات مختلف از سطح دریا |              |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| فوت                                                                                       | کمتر از ۱۰۰۰ | ۱۰۰۰ | ۲۰۰۰ | ۳۰۰۰ | ۴۰۰۰ | ۵۰۰۰ | ۶۰۰۰ | ۷۰۰۰ | ۸۰۰۰ |
| متر                                                                                       | کمتر از ۳۰۰  | ۳۰۰  | ۶۰۰  | ۹۰۰  | ۱۲۰۰ | ۱۵۰۰ | ۱۸۰۰ | ۲۱۰۰ | ۲۴۰۰ |
| Felev                                                                                     | ۱            | ۱,۰۴ | ۱,۰۸ | ۱,۱۲ | ۱,۱۶ | ۱,۲  | ۱,۲۵ | ۱,۳  | ۱,۳۶ |

شدت نور ماکزیمم منطقه ۵۳,۸ K lux با مراجعه به جدول ۴-۲

$$F_{\text{light}}=1.0$$

| جدول ۴-۲ فاکتورهای مورد استفاده برای اصلاح سرعت خروج هوادر شدت نورهای ماکزیمم مختلف در گلخانه |      |      |      |      |      |       |      |      |      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|
| Fc                                                                                            | ۴۰۰۰ | ۴۵۰۰ | ۵۰۰۰ | ۵۵۰۰ | ۶۰۰۰ | ۶۵۰۰۰ | ۷۰۰۰ | ۷۵۰۰ | ۸۰۰۰ |
| Klux                                                                                          | ۴۳,۱ | ۵۸,۴ | ۵۳,۸ | ۵۹,۲ | ۶۴,۶ | ۷۰    | ۷۵,۳ | ۸۰,۱ | ۸۶,۱ |
| Flight                                                                                        | ۰,۸  | ۰,۹  | ۱    | ۱,۱  | ۱,۲  | ۱,۳   | ۱,۴  | ۱,۵  | ۱,۶  |

اختلاف دمای بین پد و فن ۳,۵ درجه سانتیگراد و با مراجعه به جدول ۴-۳

$$F_{temp}=1.0$$

| جدول ۳-۴ فاکتورهای مورد استفاده برای تصحیح سرعت جابجایی هوا برای افزایش دماهای (پد سلولزی تا فن) مختلف داده شده |     |      |     |      |      |     |                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|------|-----|------|------|-----|-------------------|
| ۴                                                                                                               | ۵   | ۶    | ۷   | ۸    | ۹    | ۱۰  | F                 |
| ۲,۲                                                                                                             | ۲,۸ | ۳,۳  | ۳,۹ | ۴,۴  | ۵    | ۵,۶ | C                 |
| ۱,۷۵                                                                                                            | ۱,۴ | ۱,۱۸ | ۱   | ۰,۸۸ | ۰,۷۸ | ۰,۷ | F <sub>temp</sub> |

فاصله بین پد و فن ۵۲ متر و با مراجعه به جدول ۴-۴

$$F_{vel}=1.0$$

| جدول ۴-۴ فاکتورهای مورد استفاده برای اصلاح سرعت حرکت هوا برای فواصل مختلف فن تا پد |      |      |      |      |      |     |      |      |                  |
|------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------------------|
| ۱۰۰ و بیشتر                                                                        | ۹۵   | ۹۰   | ۸۵   | ۸۰   | ۷۵   | ۷۰  | ۶۵   | ۶۰   | فوت              |
| ۳۰,۱                                                                               | ۲۹   | ۲۷,۴ | ۲۵,۹ | ۲۴,۴ | ۲۲,۹ | ۲۱  | ۱۹,۸ | ۱۸,۳ | متر              |
| ۱                                                                                  | ۱,۰۲ | ۱,۰۵ | ۱,۰۸ | ۱,۱۲ | ۱,۱۶ | ۱,۲ | ۱,۲۴ | ۱,۲۹ | F <sub>vel</sub> |

طبق جداول فوق به اعداد زیر رسیدیم

$$F_{elev}=1.2$$

$$F_{light}=1.0$$

$$F_{temp}=1.12$$

$$F_{vel}=1.0$$

$$F_{house} = F_{elev} * F_{light} * F_{temp}$$

$$F_{house}=1.2 * 1.0 * 1.12 =1.344$$

این ضریب از  $F_{vel}=1.0$  بزرگتر است لذا  $F_{house}$  مبنای محاسبات ما قرار میگیرد.

مقدار جابجایی هوادر یک گلخانه استاندارد معادل ۸ فوت مکعب به ازاء هر فوت مربع از مساحت کف گلخانه در دقیقه میباشد.

عدد بدست آمده با ضریب  $F_{hous}$  اصلاح میگردد.

مقدار کل جابجایی هوا برای گلخانه با مساحت ۳۸۴۸ متر مربع خواهد شد

$$=3848 * 10.76 * 1.344 * 8$$

$$=445181 \text{ CFM}$$

$$=756808 \text{ M}^3/\text{hr} \quad (\text{CFM} * 1.7 = \text{M}^3/\text{hr})$$

ضریب ۱۰,۷۶ تبدیل متر مربع به فوت مربع و ضریب ۱,۷ تبدیل فوت مکعب بر دقیقه به متر مکعب بر ساعت است.

تعداد فن ها :

فنهای دهنه ۱,۴ متری با موتوری به قدرت ۱,۱ کیلو وات کار میکنند. این فنها قدرت تخلیه ای معادل ۴۵۰۰۰ متر مکعب در ساعت در فشار صفر پاسکال (هنگامی که مانعی در مکش هوا وجود نداشته باشد) دارند.

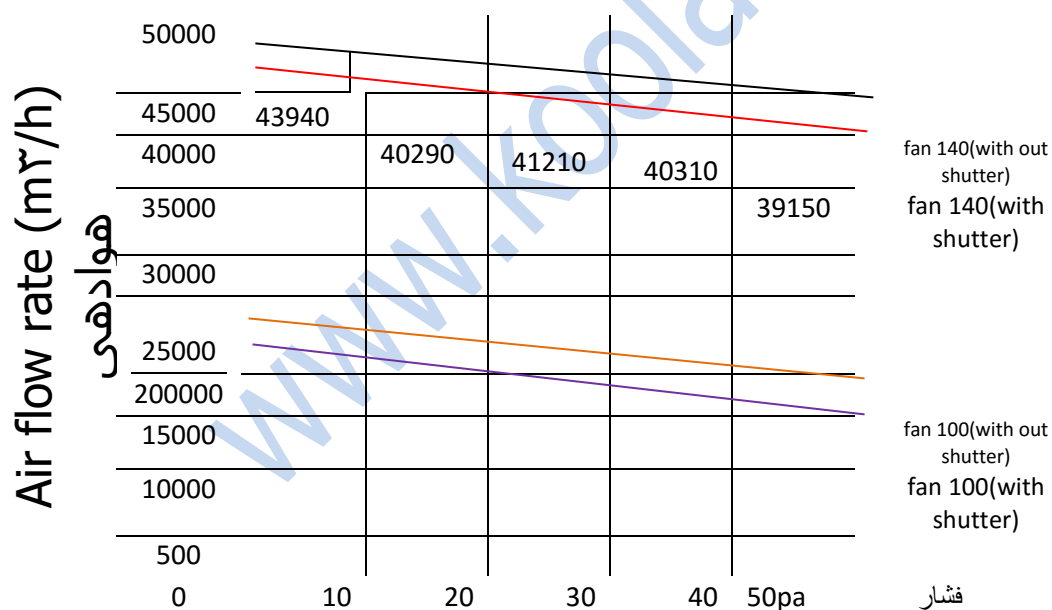
با وجود پد سلولزی این مقدار مکش در فشار ۳۰ پاسکال محاسبه میشود.

همانطور که در جدول زیر مشاهده میشود مقدار تخلیه هوا تا ۴۰۳۱۰ متر مکعب در ساعت افت میکند

$$75680.8 / 40310 = 19$$

اگر از فنهای اگزاست ۱۴۰ یا ۱,۴ متری استفاده شود به ۱۹ عدد فن نیاز خواهیم داشت این تعداد فن در طول ۷۴ متر نصب میشود. لذا فاصله فن ها از یکدیگر ۴ متر خواهد بود .

با توجه به اینکه فاصله مجاز بین فن ها ۷,۶ متر است مشاهده میشود که فن ها در حد مجاز قرار گرفته است



## پد سلولزی

مقدار هوای مجاز برای پد سلولزی ۱۰ سانتیمتری ۲۵۰ CFM در هر فوت مربع میباشد. با توجه به قدرت مکش فن ها برای هر فن با دهنه ۱ متر (با قدرت ۱۶۱۸۰ متر مکعب در ساعت) به ۳,۵ متر مربع پد ۱۰ سانتیمتری و برای دهنه ۱,۴ متر (با قدرت ۴۰۳۱۰ متر مکعب در ساعت) به ۸,۸ متر مربع پد ۱۰ سانتیمتری نیاز خواهیم داشت.

$$=19 \times 8.8 = 168 \text{ m}^2$$

در این گلخانه با وجود ۱۹ عدد فن نیاز به ۱۶۸ متر مربع پد ۱۰ سانتیمتری داریم. این مقدار پد در طول ۷۴ متری نصب میشود. لذا پد با ارتفاع ۲ متر در طول ۷۴ متر نصب میشود (عملاً ۱۴۸ متر مربع نصب میشود) در صورتی که راندمان سیستم سرمایشی را بدانیم، میتوانیم دمای خروجی سرد شده از پد را با استفاده از رابطه زیر تخمین بزنیم:

$$T_{cool} = T_{out} - (\% EF) (T_{out} - T_{wb})$$

که در آن،  $T_{cool}$  = دمای خروجی از پد،

$T_{out}$  = دمای خشک بیرون،

$T_{wb}$  = دمای تر بیرون

و  $EF$  = راندمان سیستم (درصد) میباشد.

بهترین زمان برای اندازه گیری درجه حرارت تر، ظهر میباشد. چرا که میزان تابش خورشید و دمای هوا در این زمان به حداکثر مقدار خود میرسند و در نتیجه اختلاف درجه حرارت خشک و تر حداکثر است. به بیان دیگر در این زمان حداکثر پتانسیل سرد شوندگی توسط سیستم به خوبی نشان داده میشود. بطور کلی کارایی پدها در شرایط گوناگون آب و هوایی مختلف متفاوت است.

| شرایط بیرونی    |       | شرایط بعد از عبور |      | اختلاف دما |
|-----------------|-------|-------------------|------|------------|
| رطوبت<br>(درصد) | (دما) | رطوبت(درصد)       | دما  | $\Delta t$ |
| ۱۰              | ۴۵    | ۶۰                | ۲۶,۵ | ۱۸,۵       |
| ۱۰              | ۴۰    | ۶۰                | ۲۳,۵ | ۱۶,۵       |
| ۱۰              | ۳۵    | ۶۲                | ۲۱   | ۱۴         |
| ۱۰              | ۳۰    | ۶۳                | ۱۷,۵ | ۱۲,۵       |
| ۲۰              | ۴۵    | ۶۷                | ۳۰   | ۱۵         |
| ۲۰              | ۴۰    | ۶۸                | ۲۶,۵ | ۱۳,۵       |
| ۲۰              | ۳۵    | ۷۰                | ۱۹,۵ | ۱۱,۵       |
| ۲۰              | ۳۰    | ۶۹                | ۲۳   | ۱۲         |
| ۳۰              | ۴۵    | ۷۴                | ۳۳   | ۱۲         |
| ۳۰              | ۴۰    | ۷۵                | ۲۹   | ۱۱         |
| ۳۰              | ۳۵    | ۷۸                | ۲۵   | ۱۰         |
| ۳۰              | ۳۰    | ۸۰                | ۲۱   | ۹          |
| ۴۰              | ۴۵    | ۷۶                | ۳۴   | ۱۱         |
| ۴۰              | ۴۰    | ۷۸                | ۳۰   | ۱۰         |
| ۴۰              | ۳۵    | ۸۰                | ۲۷   | ۸          |
| ۴۰              | ۳۰    | ۸۰                | ۲۳   | ۷          |

(انواع سیستمهای سرمایش گلخانه ای، پریسا شاهین رخسار)

## پمپ آب

به ازاء هر متر طول پد سلولزی ۱۰ سانتیمتری آب باید با سرعتی معادل ۶,۲ لیتر در دقیقه به بالا انتقال یابد (صفحه ۲۲۵ کتاب مدیریت گلخانه). برای طولهای بزرگ دو و یا چند سیستم توزیع مشابه استفاده میشود. برای ۷۴ متر طول، توان پمپ مورد نیاز ۴۵۸,۸ لیتر در دقیقه خواهد بود.

محاسبه پمپ برای پد ۱۵ سانتیمتری ۹,۳ لیتر در دقیقه به ازاء هر متر طول خواهد بود.

## حجم مخزن

حجم مخزن آب ۳۰,۵ لیتر به ازاء هر متر مربع پد سلولزی ۱۰ سانتیمتری است (صفحه ۲۲۹ کتاب مدیریت گلخانه) برای ۱۶۸ متر مربع مخزنی با ظرفیت ۵۰۰۰ لیتر مورد کفایت میکند.

## مصرف برق

فن هاباموتور ۱,۵ اسب یا ۱,۱ کیلو وات کار میکنند و جریان مصرفی آنها ۲,۸ آمپر است. باتوجه به ۱۹ عدد فن مصرف برق ۵۳,۲ آمپر خواهد شد. که به این عدد مصرف پمپ آب نیز اضافه میگردد. لذا حداقل برق ۶۲ آمپر برای سیستم سرمایش گلخانه ۳۸۴۸ متر مربعی نیاز خواهد داشت.

با مراجعه به جدول ۱-۱ کتاب مهندسی گلخانه نیز از ابتدا تخمین مناسبی از مصرف برق داشته باشیم در این جدول برای گلخانه تا مساحت ۲۷۰۰ متر ۵۰ آمپر و برای گلخانه تا مساحت ۳۷۰۰ متر ۶۶ آمپی پیش بینی شده است.

این جدول بصورت کامل قابل مشاهده است. لازم به ذکر است که بیشترین هزینه انرژی در گلخانه برای سیستم سرمایش میباشد.

| GREEN HOUSE SIZE | ELECTRICAL SERVICE ENTRANCESIZE |
|------------------|---------------------------------|
| <5000            | 60/240                          |
| 5000-20000       | 100/240                         |
| 20000-30000      | 150/240                         |
| 30000-40000      | 200/240                         |
| 40000-80000      | 400/240                         |
| 80000-120000     | 600/240                         |
| 120000-160000    | 400/440                         |
| 160000-200000    | 600/440                         |
| 200000-300000    | 800/440                         |

نکاتی در ارتباط با نصب قاب آلومینیومی (نقل از فایل نحوه محاسبه سیستم سرمایش گلخانه سایت مرصوص کام)

<http://marsus.ir/fa/download/index.htm>

قاب پد آلومینیومی از ۳ قسمت تشکیل شده است:

– فریم ناودانی کف

– فریم قاب بالا

– رویه قاب بالا که بعد از قرار گرفتن پدها نصب میشود

\* قاب پد ۱۳ سانتیمتر از طول پد بزرگتر میباشد.

\* سر وته ناودانی ها با ورقهای گالوانیزه بسته شده و با خمیر سیلیکون آب بندی میشود.

\* قاب پد بصورت تراز نصب شده و شیب تنها در لوله های خروجی لحاظ میشود.

\* ورودی آب با فلوتر در نیمه مخزن قرارمیگیرد. این مساله برای این است که پس از خاموش شدن پمپ آب، آبهای برگشتی به مخزن سر ریز نکند.

\* پمپ کف کش آب را از انتهای مخزن در سیستم جاری میکند. مقدار دبی آب با شیر بای پس، کنترل میشود.

\* شیر bleed Off برای خروج ۱ تا ۲ درصد از آب در حال گردش به بیرون از سیستم میباشد. خروج این مقدار آب باعث میشود تا وردی آب به درون سیستم بیشتر از میزان تبخیر آب برروی پدها باشد و در نتیجه از ایجاد نمک برروی پدها جلوگیری میشود.

\* سایز لوله توزیع آب بر روی پدها ۴ (۱ و ۱/۴ اینچ) میباشد و طول آن نباید از ۱۵ متر تجاوز کند.

\* لوله های توزیع آب در هر ۶ سانتیمتر با مته ۳ میلیمتر سوراخ میشوند. این سوراخها هنگام نصب به سمت بالا قرارمیگیرند تا نیاز به هواگیری نداشته و ذرات معلق در آب باعث گرفتگی سوراخها نشوند.

\* در صورتیکه پدها در شبکه های مجزا استفاده شوند میبایست برای هر قاب شیرآب مجزا برای سرویس آنها تعبیه شود.

\* انتقال و توزیع آب از پمپ به سمت پدها بصورت شبکه تار عنکبوتی صورت میگیرد و در صورت استفاده از شبکه خطی با توزیع غیر یکنواخت آب مواجه خواهیم شد.

\* آب با سرعت ۴ لیتر در دقیقه از هر ۱ متر مربع پد در یک روز گرم و خشک تبخیر میشود. به عبارتی دیگر برای ۱۲۸ متر مربع پد ۵۱،۲ لیتر در دقیقه مصرف آب خواهیم داشت.

نکاتی در ارتباط با سیستم برق

\* کابل کشی فن ها میبایست به نحوی صورت گیرد که ابتدا نیمی از فنها (ردیفهای فرد) و در صورت نرسیدن به دمای مطلوب نیمه دیگر (ردیفهای زوج) وارد مدار شوند.

\* به علت جریان راه انداز بالای موتورها نباید تمامی فن های یک گروه با یکدیگر شروع بکار نمایند و میبایست با رله تأخیری این کار صورت گیرد.

\* قبل از راه اندازی فن ها از باز بودن پنجره پشت پد اطمینان حاصل شود.

توصیه هایی در ارتباط با نگهداری، سرویس و نصب

\* در صورتیکه آب سیستم املاح زیادی داشته باشد، بهتر است حداقل هر هفته آب مخزن کلا تعویض شود

\* فن سمت جنوب و پد در شمال گلخانه نصب میشود تا پدها سایه اندازی به داخل گلخانه نداشته باشند و همچنین تابش آفتاب روی پدها باعث تبخیر سریع و رسوب کردن املاح روی پد نشود

\* در صورتیکه فن و پد بصورت شرقی، غربی نصب شود به جهت استفاده حداکثری از آفتاب غرب میبایست پد ها در سمت شرق نصب شوند.

\* محصول داخل گلخانه نباید مانعی برای حرکت هوای سیستم سرمایش ایجاد کند و در جریان هوا میبایست براحتی از میان گیاهان عبور کند.

\* در گلخانه هایی که محصولات مختلف نگهداری میشود، میبایست به اختلاف دمای ابتدا و انتهای گلخانه توجه نمود و گیاهان براساس حساسیت به دما در گلخانه چیده شوند.

\*طبق یک قاعده کلی هدف از اجرای سیستم سرمایش قراردادن گیاه در دمای مطلوب میباشد لذا دمای زیربستر کشت و همچنین بالاتر از سطح گیاه برای ما اهمیت ندارد. به همین جهت ارتفاع نصب فن و پد باید طوری باشد که هوا از زیر سطح گیاه عبور کند

\*نقشه های نصب پد را میتوانید از سایت شرکت مرصوص کام دانلود کنید.

<http://marsus.ir/fa/data/downloads/pad96-installation.pdf>

www.koolancel.ir