

فناوری‌های نوین مطرح  
در مدارهای نورگذر  
با عملکرد حرارتی بهبودیافته

هفتمین همایش ملی  
فناوری‌های نوین صنعت ساختمان  
National Conference of New  
Construction Industry Technologies  
07

اجرای قوانین امر  
در ساختمان

بهرورز کاری

- دکترای عمران با گرایش فیزیک ساختمان از دانشگاه UPS-INSa توله‌ز فرانسه
- عضو هیئت علمی و رئیس بخش انرژی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
- رئیس کمیته تخصصی و مسئول تهیه پیش‌نویس ویرایش چهارم (۹۹) میسٹ ۱۹

1

نما شیشه‌ای

انتظارات عملکردی از نمای شیشه‌ای

- ایجاد امکان رویت و ارتباط با محیط خارج
- ایجاد امکان بهره‌گیری از نور طبیعی
- محافظت فضاهای داخل ساختمان از محیط خارج
- هواپندی، آب‌بندی، مقاومت در برابر باد
- تأمین ایمنی و امنیت
- تأمین شرایط آسایش ساکنین (حرارتی، صوتی، ...)
- مقاومت در برابر نیروهای اعمال‌شده در حین بهره‌برداری
- دوام و حفظ کارایی

فناوری‌های نوین مطرح در مدارهای نورگذر با عملکرد حرارتی بهبودیافته

۲۷ الی ۲۸ بهمن ماه ۱۴۰۲

دکتر بهروز کاری

2

نما شیشه‌ای

انتظارات عملکردی از نماهای شیشه‌ای

هفتمین همایش ملی  
فناوری‌های نوین صنعت ساختمان  
National Conference of New  
Construction Industry Technologies  
07

رابط چقدر کولرگازی  
دراوردی می‌خواهی به دکتر  
پوست خوب بهت معرفی کنم؟

فناوری‌های نوین مطرح در مدارهای نورگذر با عملکرد حرارتی بهبودیافته

۲۷ الی ۲۸ بهمن ماه ۱۴۰۲

دکتر بهروز کاری

3

شیشه نوین با عملکرد بهبود یافته

شیشه هوشمند

|                                                                          |                          |
|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| Electrochromic Glass                                                     | شیشه الکتروکرومیک        |
| Photochromic Glass                                                       | شیشه فتوکرومیک           |
| Thermochromic Glass                                                      | شیشه ترموکرومیک          |
| SPD-SmartGlass                                                           | شیشه با فناوری ذرات معلق |
| Self-tinting Glass (LI & Electrons Injected into Tungsten Oxide Hydrate) | شیشه خودرنگ‌شونده        |

فناوری‌های نوین مطرح در مدارهای نورگذر با عملکرد حرارتی بهبودیافته

۲۷ الی ۲۸ بهمن ماه ۱۴۰۲

دکتر بهروز کاری

4

هفتمین همایش ملی فناوری‌های نوین صنعت ساختمان  
National Conference of New Construction Industry Technologies

## شیشه نوین با عملکرد بهبود یافته

### شیشه با عملکرد نوری مرارتی بهبود یافته

|                                          |                               |
|------------------------------------------|-------------------------------|
| Low-E Coated Glass                       | شیشه کم‌گسیل                  |
| Solar Control Glass                      | شیشه کنترل خورشید             |
| Anti-reflective coatings Glass           | شیشه با پوشش ضدانعکاس         |
| Insulating Glass (aerogel coatings, ...) | شیشه عایق (با پوشش آنزول)     |
| Transparent Solar PV Coated Glass        | شیشه شفاف پوشش‌دار فتوولتائیک |

فلان‌های نوین مطرح در مدارهای نوکار با عملکرد مرارتی بهبود یافته ۲۷ الی ۲۸ بهمن ماه ۱۴۰۳ دکتر بهروز کاری

5

هفتمین همایش ملی فناوری‌های نوین صنعت ساختمان  
National Conference of New Construction Industry Technologies

## شیشه نوین با عملکرد بهبود یافته

### شیشه چندمداره

|                             |                                             |
|-----------------------------|---------------------------------------------|
| Vacuum IGU                  | شیشه دوجداره تحت خلأ                        |
| Heat Mirror IGU             | شیشه آینه گرمایی (با فیلم‌های میانی پلیمری) |
| Multiple glazing assemblies | شیشه چندجداره                               |
| Warm edge IGU               | شیشه چندجداره لبه گرم                       |
| Substitute gases            | گازهای جایگزین                              |
| PCM Glass                   | شیشه با لایه تغییر فاز دهنده                |

فلان‌های نوین مطرح در مدارهای نوکار با عملکرد مرارتی بهبود یافته ۲۷ الی ۲۸ بهمن ماه ۱۴۰۳ دکتر بهروز کاری

6

هفتمین همایش ملی فناوری‌های نوین صنعت ساختمان  
National Conference of New Construction Industry Technologies

## شیشه نوین با عملکرد بهبود یافته

### شیشه‌های پوشش‌دار

### شیشه بهبود یافته از نظر ایمنی، آکوستیک، زیبایی، ...

|                                           |                                                         |
|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Enhanced Security Glass (Aluminosilicate) | شیشه ایمنی بهبود یافته (آلومینوسیلیکات، ...)            |
| Laminated Glass                           | شیشه چندلایه                                            |
| Printed, Sand Blust (Sprandel) Glass      | شیشه چاپی یا سند بلاست شده (اسپراندل)                   |
| Lightweight Glass                         | شیشه سبک (آلومینوسیلیکات، پلکسی گلاس، ای‌تی‌اف‌ای، ...) |
| Self-Cleaning Glass                       | شیشه خودتمیز شونده                                      |
| Bird-friendly Glass                       | شیشه دوستدار پرند                                       |
| PlexiGlass (PMMA), ETFE                   |                                                         |

فلان‌های نوین مطرح در مدارهای نوکار با عملکرد مرارتی بهبود یافته ۲۷ الی ۲۸ بهمن ماه ۱۴۰۳ دکتر بهروز کاری

7

هفتمین همایش ملی فناوری‌های نوین صنعت ساختمان  
National Conference of New Construction Industry Technologies

## شیشه نوین با عملکرد بهبود یافته

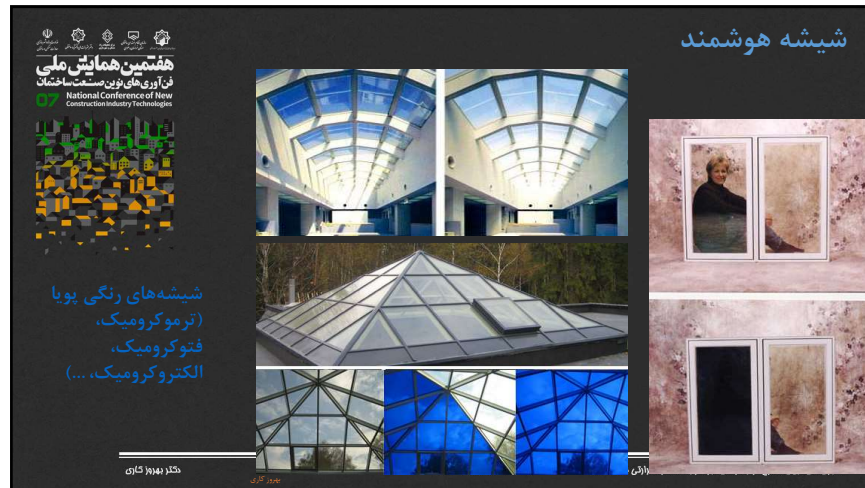
### شیشه‌های پوشش‌دار

### فریم‌های بهبود یافته از نظر عملکرد مرارتی

|                                                   |                                                                        |
|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Aluminium-clad wood/PVC Insulation Injected Frame | فریم چوبی/پی‌وی‌سی با روکش آلومینیومی<br>فریم با عایق حرارتی تزریق شده |
|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|

فلان‌های نوین مطرح در مدارهای نوکار با عملکرد مرارتی بهبود یافته ۲۷ الی ۲۸ بهمن ماه ۱۴۰۳ دکتر بهروز کاری

8



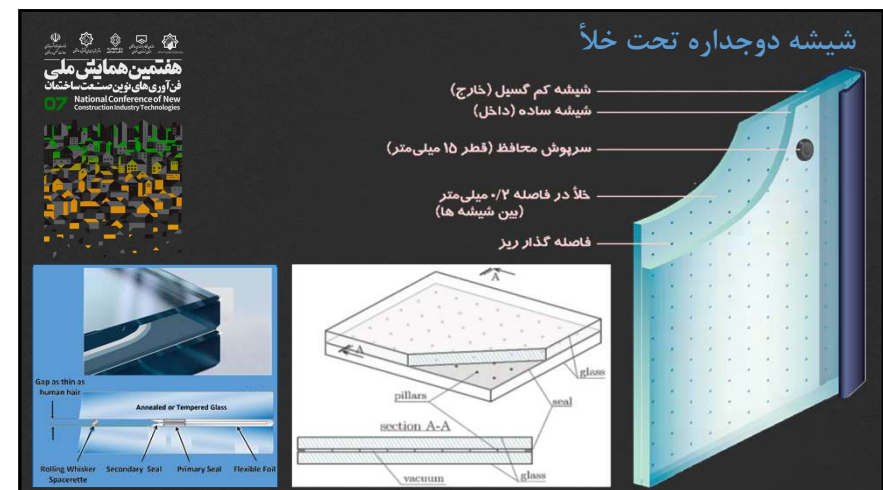
9



10



11



12

**شیشه آینه گرمایی**

تکنولوژی‌های روز در زمینه شیشه‌های چندجداره، استفاده از گاز تزریقی کریپتون، فاصل‌های استیل یا پلیمری و لایه‌های پلیمری آینه‌حرارت در بین لایه‌های شیشه‌است که ضریب انتقال حرارت را به  $0.5 \text{ [W/m}^2\cdot\text{K]}$  می‌رساند.



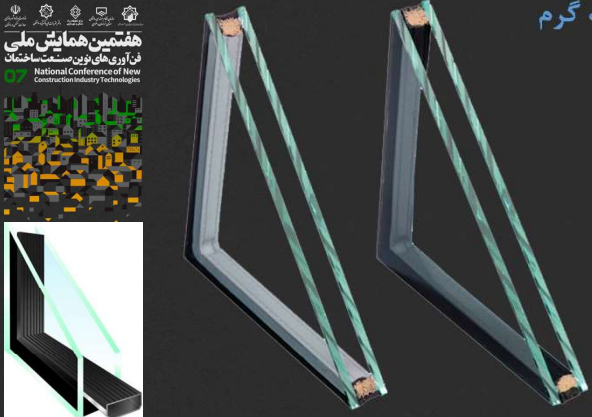
دکتر بهروز کاری

۱۷ الی ۲۸ بهمن ماه ۱۴۰۳

فلان‌های نوجن مطوع در مدارهای نورکار با عملکرد مرزانی بهبودیافته

13

**شیشه چندجداره لبه گرم**



پل‌های حرارتی  
ناشی از  
فاصل‌های آلومینیومی

دکتر بهروز کاری

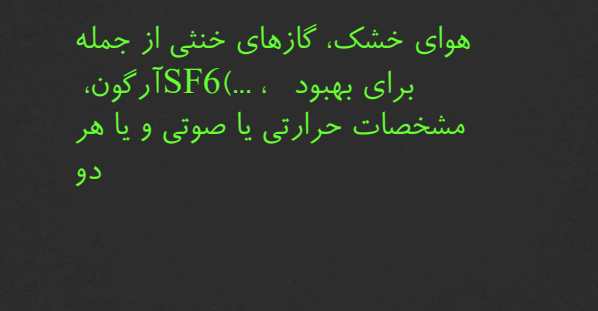
۱۷ الی ۲۸ بهمن ماه ۱۴۰۳

فلان‌های نوجن مطوع در مدارهای نورکار با عملکرد مرزانی بهبودیافته

14

**گازهای جایگزین**

هوای خشک، گازهای خنثی از جمله برای بهبود  $\text{SF}_6$  آرگون، مشخصات حرارتی یا صوتی و یا هر دو



دکتر بهروز کاری

۱۷ الی ۲۸ بهمن ماه ۱۴۰۳

فلان‌های نوجن مطوع در مدارهای نورکار با عملکرد مرزانی بهبودیافته

15

**شیشه با لایه تغییر فاز دهنده**



دکتر بهروز کاری

۱۷ الی ۲۸ بهمن ماه ۱۴۰۳

فلان‌های نوجن مطوع در مدارهای نورکار با عملکرد مرزانی بهبودیافته

16

شیشه با عملکرد مکانیکی بهبود یافته

هفتمین همایش ملی فناوری‌های نوین صنعت ساختمان  
National Conference of New Construction Industry Technologies

مقاومت مکانیکی شیشه

روش‌های تولید شیشه (تک‌جداره)

ریختگی، کشیدن، شناورسازی

لایه‌نشانی

اجرای عملیات حرارتی

چندلایه کردن

| مکاپاسکال | نوع شیشه                     |
|-----------|------------------------------|
| ۳۰        | شیشه جام                     |
| ۵۰        | شیشه سخت‌کاری شده (HS یا FT) |
| ۱۴        | شیشه مسلح با شبکه فلزی       |
| ۱۸        | شیشه چندلایه (لمینیت)        |

فلان‌های نوین مطرح در مدارهای نورکار با عملکرد مرزانی بهبود یافته

۲۷ الی ۲۸ بهمن ماه ۱۴۰۲

دکتر بهروز کاری

17

شیشه با عملکرد مکانیکی بهبود یافته

هفتمین همایش ملی فناوری‌های نوین صنعت ساختمان  
National Conference of New Construction Industry Technologies

شیشه آلومینوسیلیکات

شیشه با عملیات حرارتی یا آب‌دیده (تمپرد) FT یا HS

فلان‌های نوین مطرح در مدارهای نورکار با عملکرد مرزانی بهبود یافته

۲۷ الی ۲۸ بهمن ماه ۱۴۰۲

دکتر بهروز کاری

18

شیشه با عملکرد ایمنی بهبود یافته

هفتمین همایش ملی فناوری‌های نوین صنعت ساختمان  
National Conference of New Construction Industry Technologies

شیشه‌های چندلایه

فلان‌های نوین مطرح در مدارهای نورکار با عملکرد مرزانی بهبود یافته

۲۷ الی ۲۸ بهمن ماه ۱۴۰۲

دکتر بهروز کاری

19

شیشه با عملکرد ایمنی بهبود یافته

هفتمین همایش ملی فناوری‌های نوین صنعت ساختمان  
National Conference of New Construction Industry Technologies

شیشه‌های چندلایه

فلان‌های نوین مطرح در مدارهای نورکار با عملکرد مرزانی بهبود یافته

۲۷ الی ۲۸ بهمن ماه ۱۴۰۲

دکتر بهروز کاری

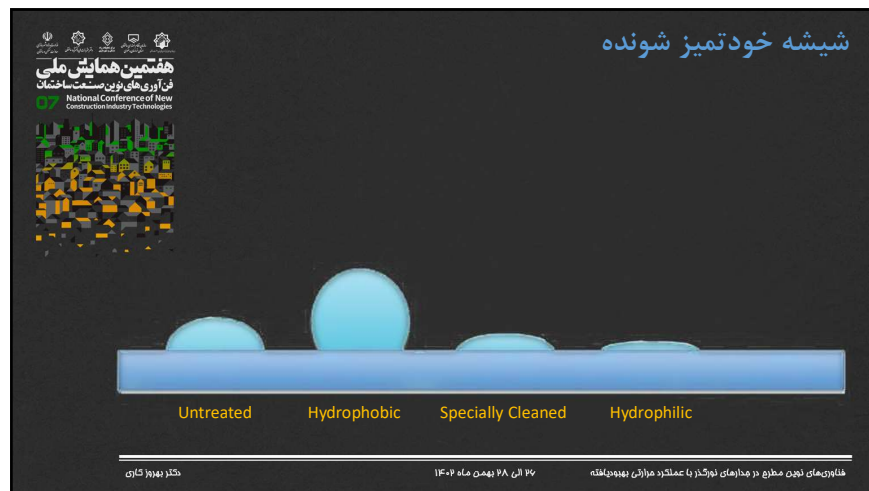
20



21



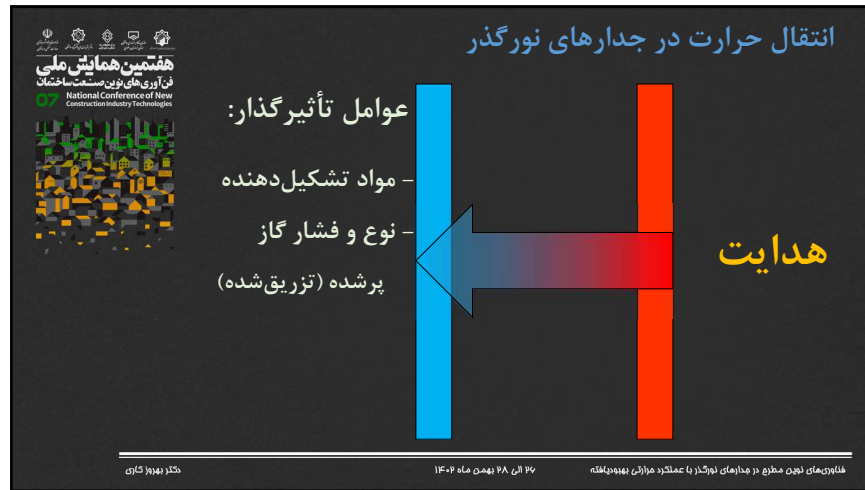
22



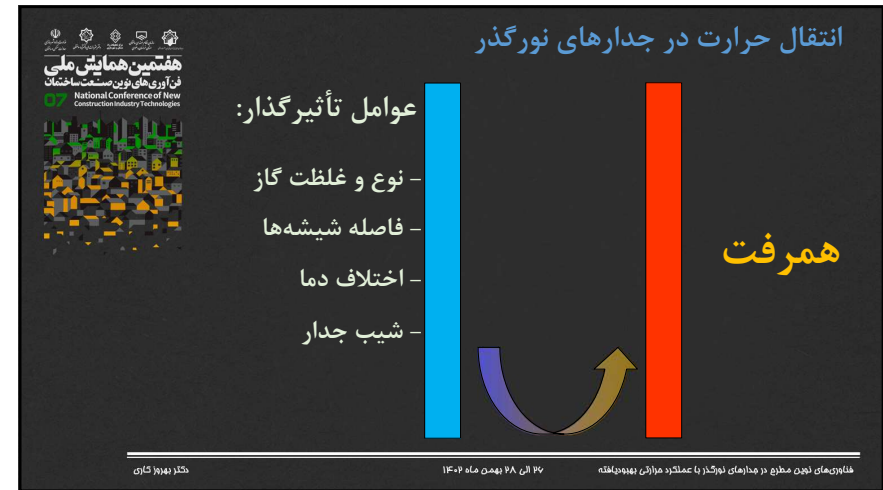
23



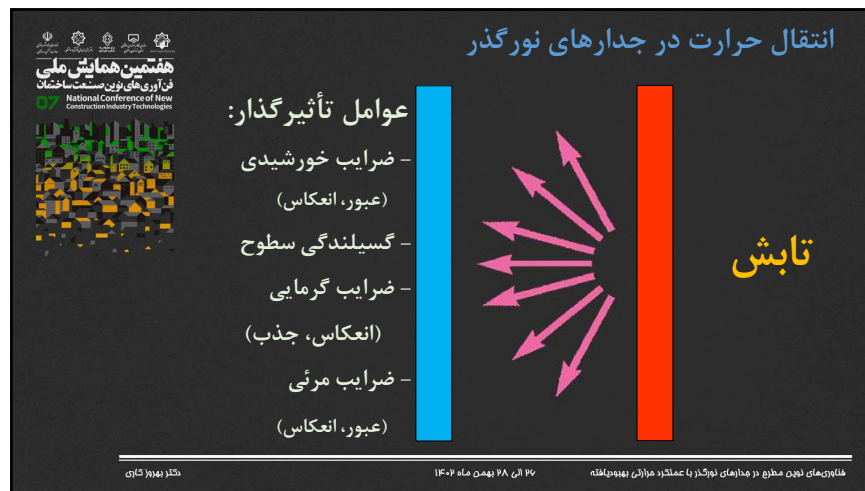
24



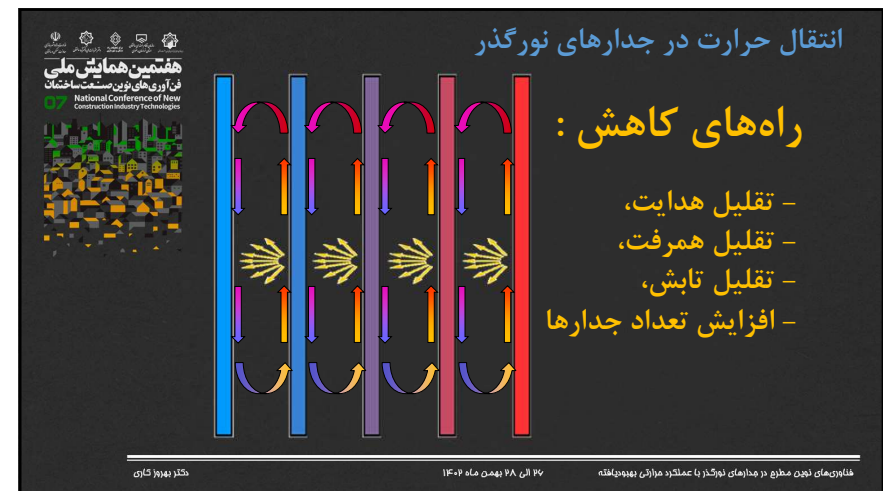
25



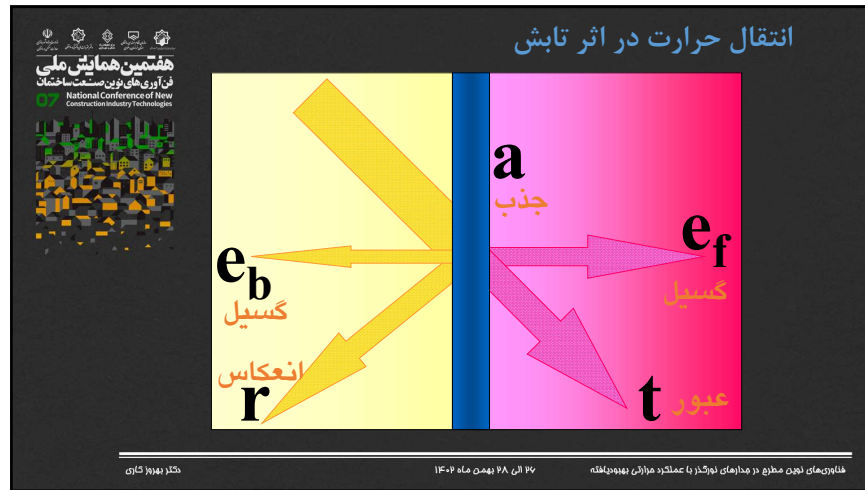
26



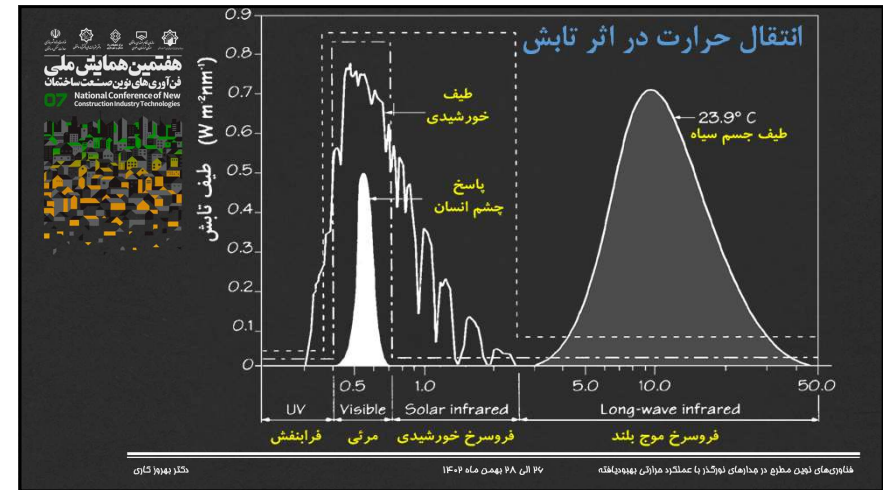
27



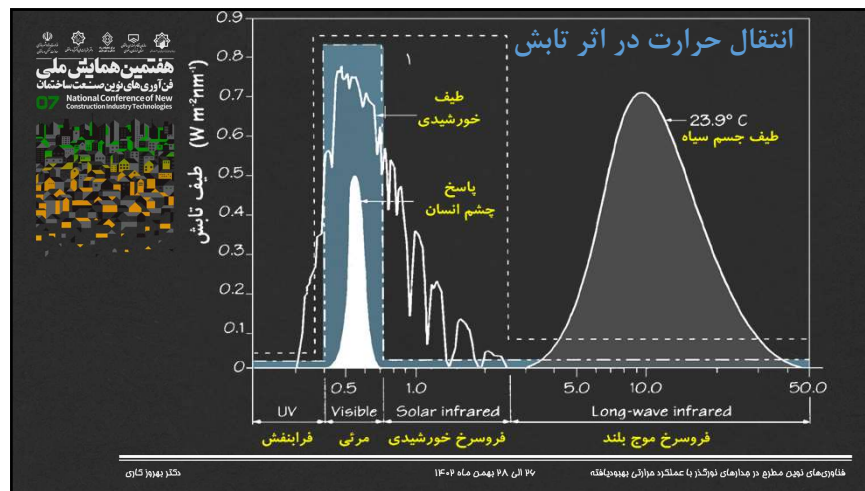
28



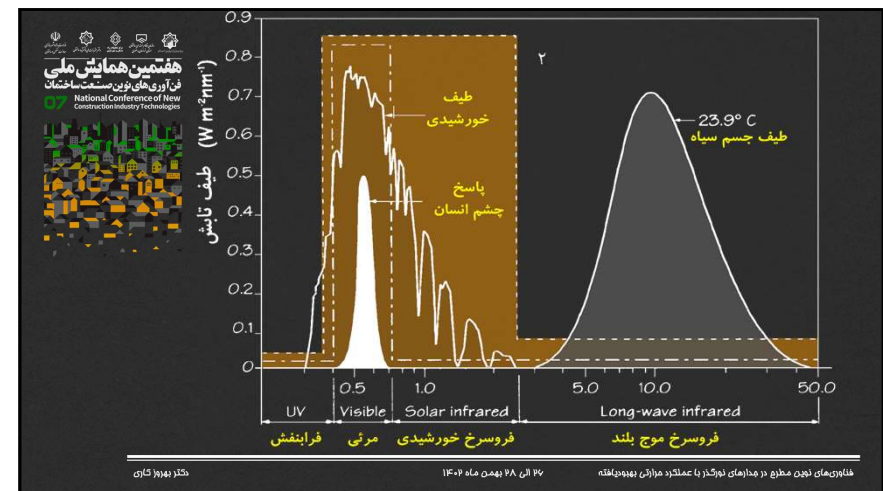
29



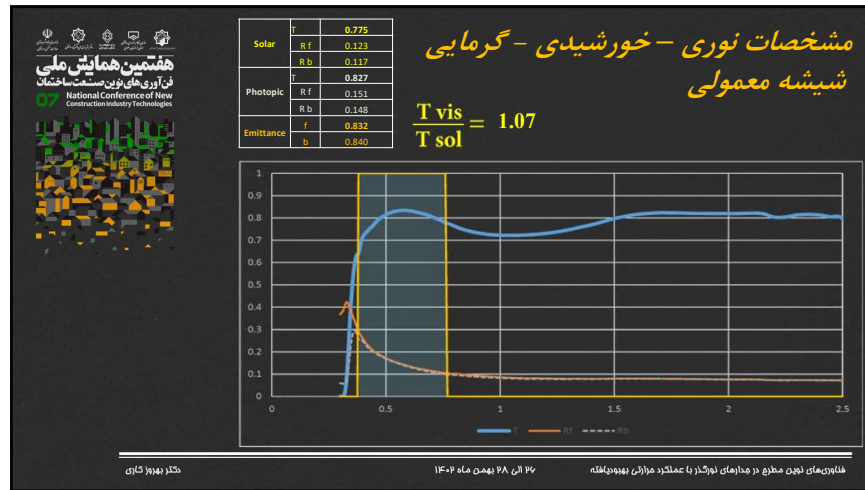
30



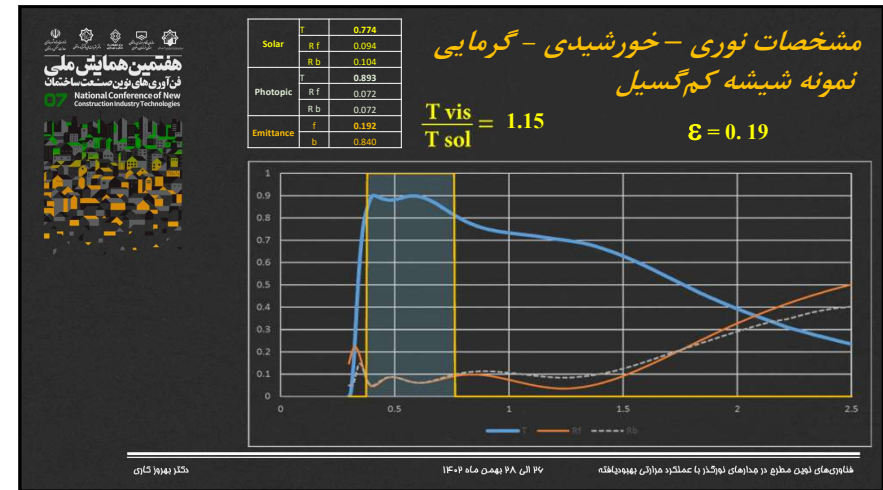
31



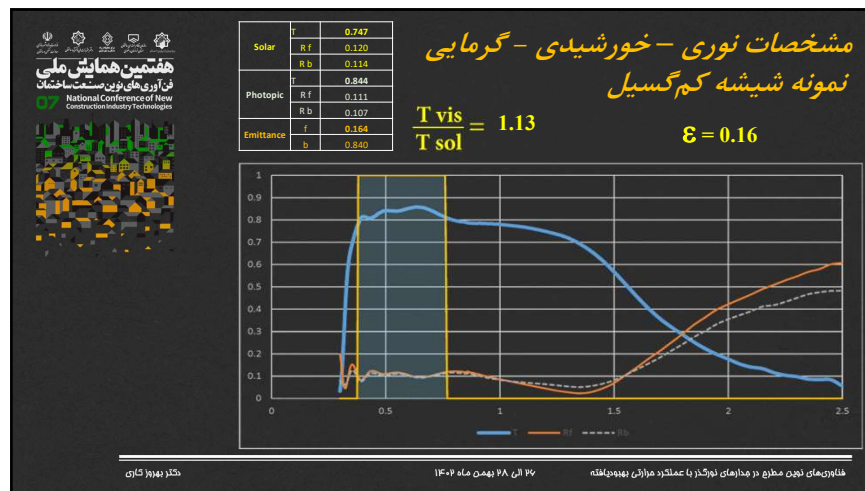
32



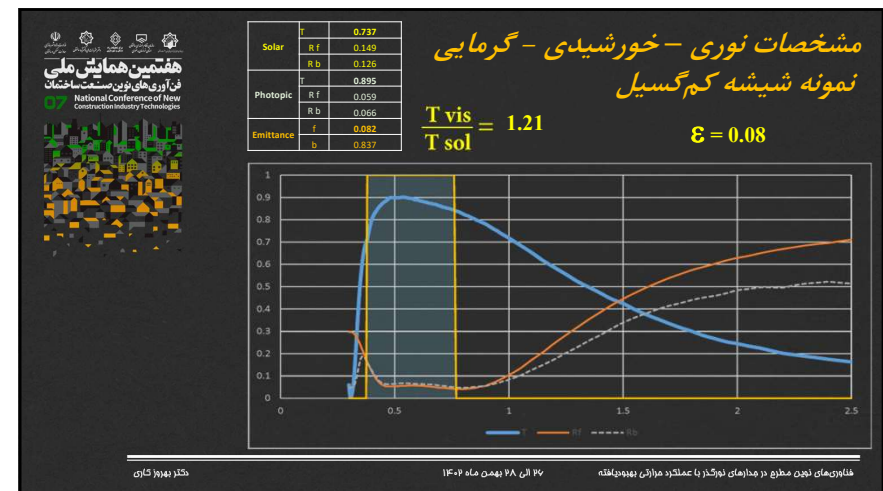
33



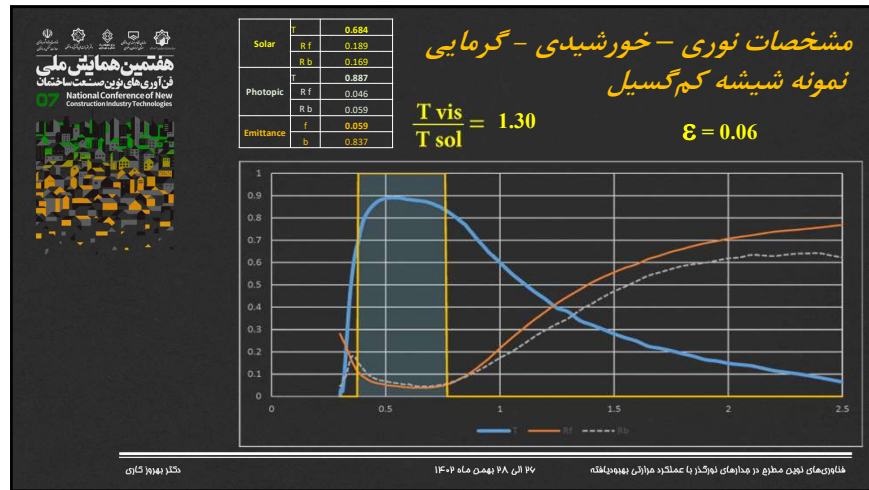
34



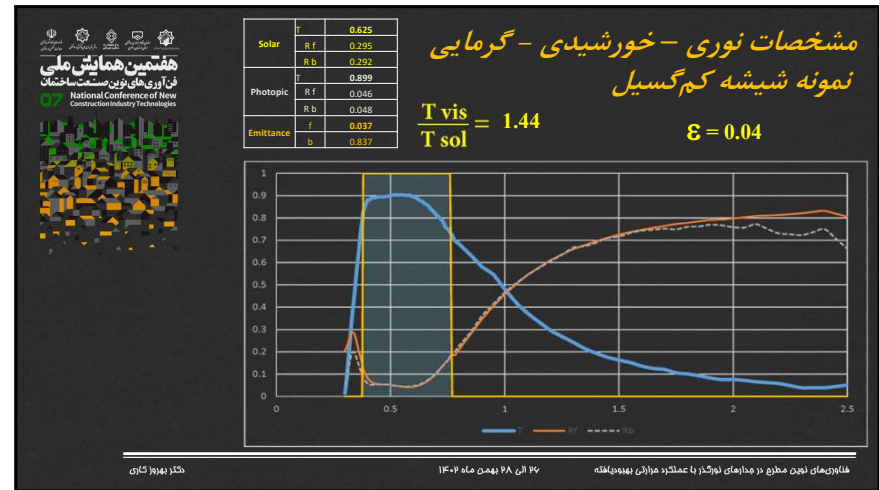
35



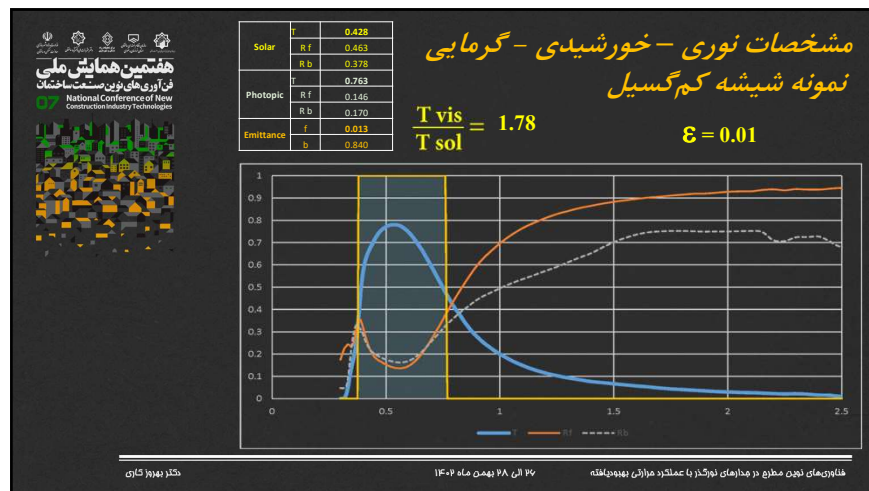
36



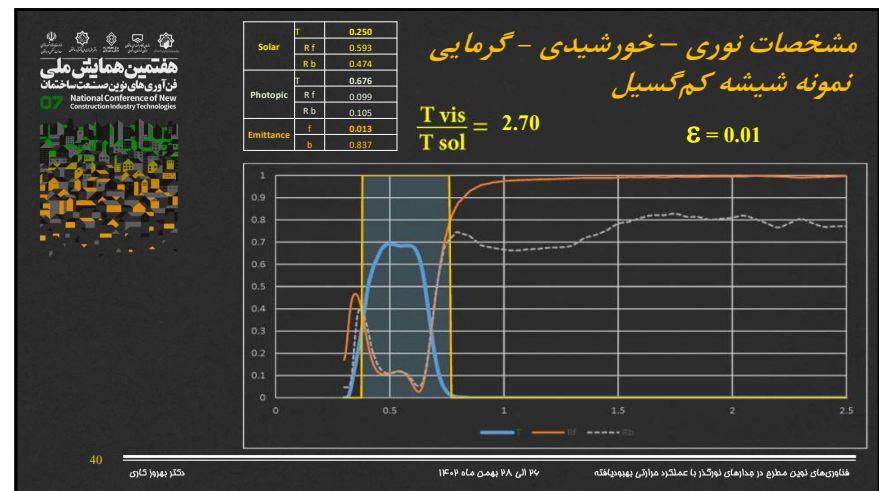
37



38



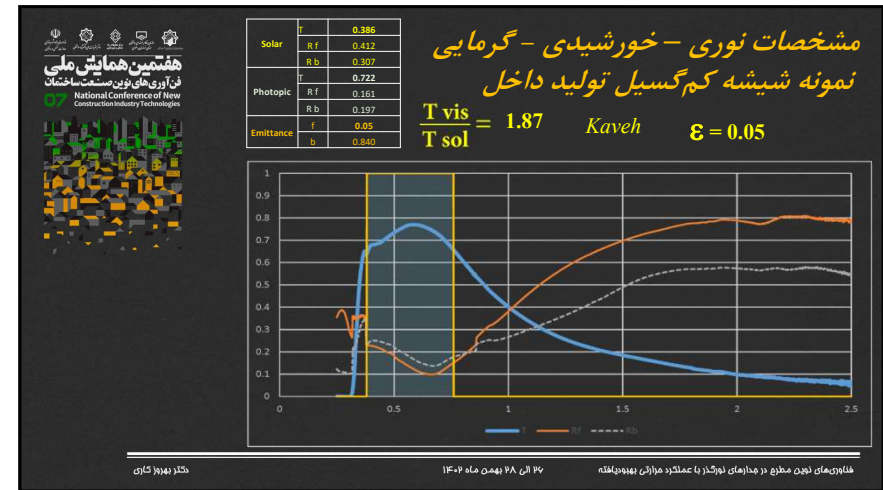
39



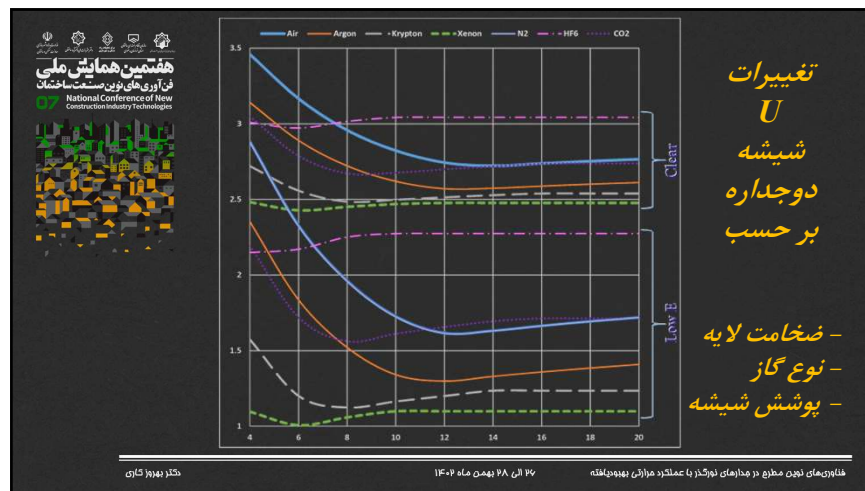
40



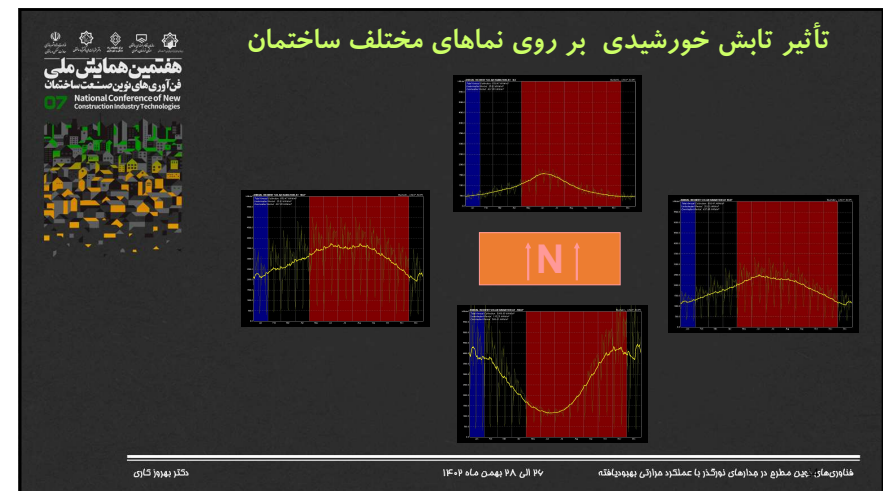
41



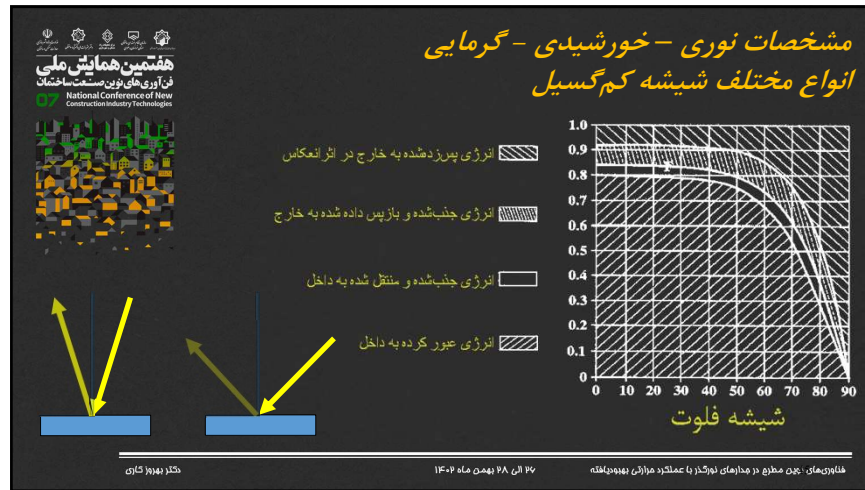
42



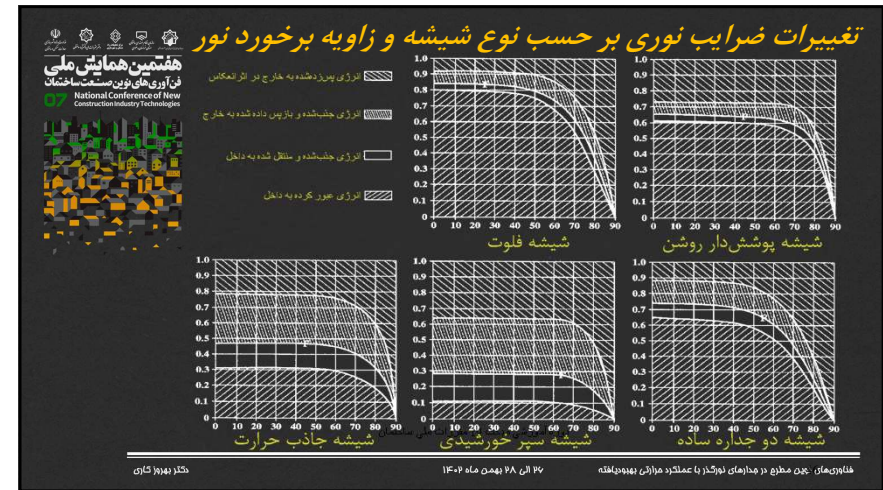
43



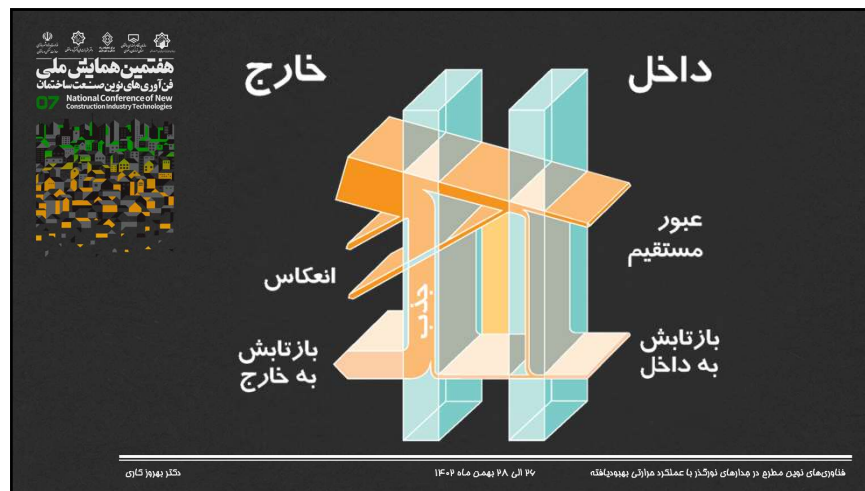
44



45



46



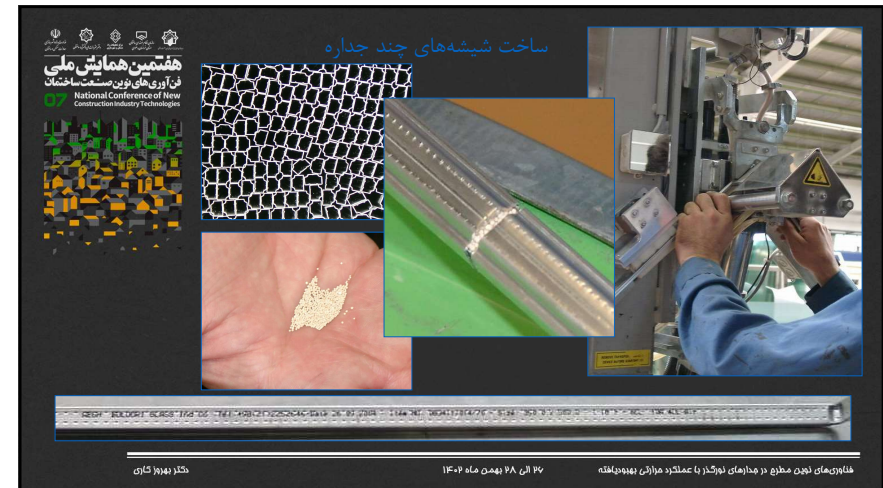
47



48



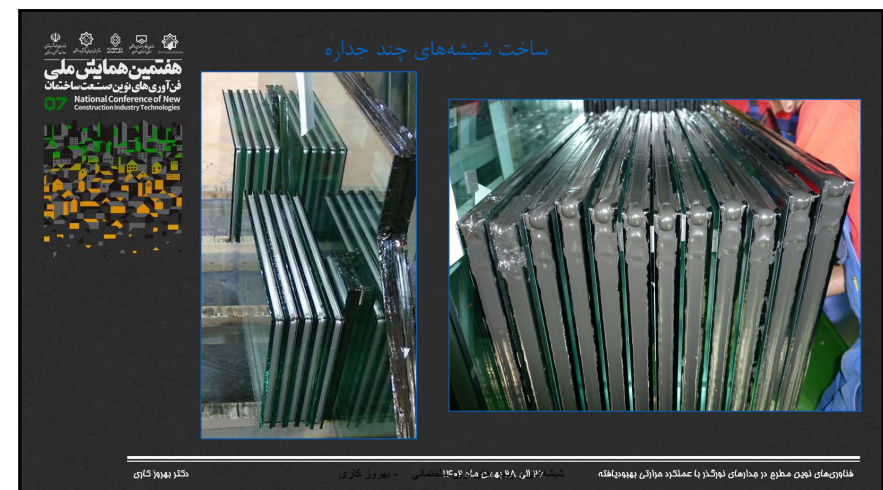
49



50



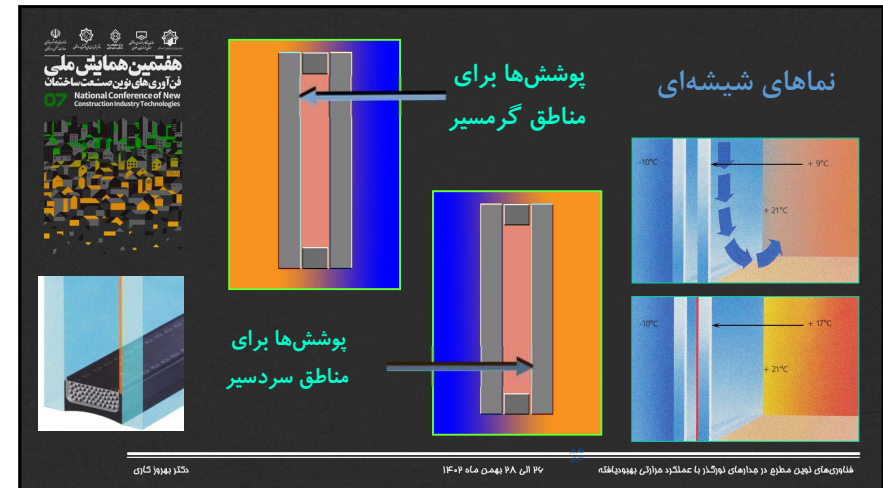
51



52



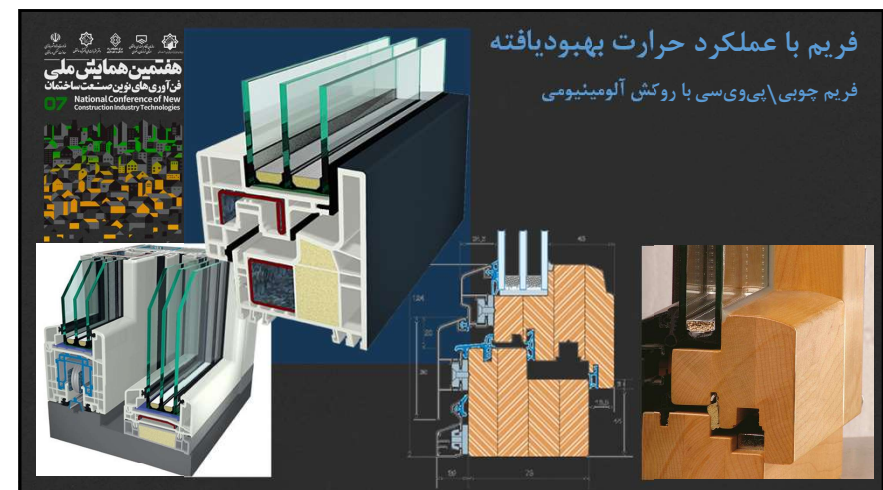
53



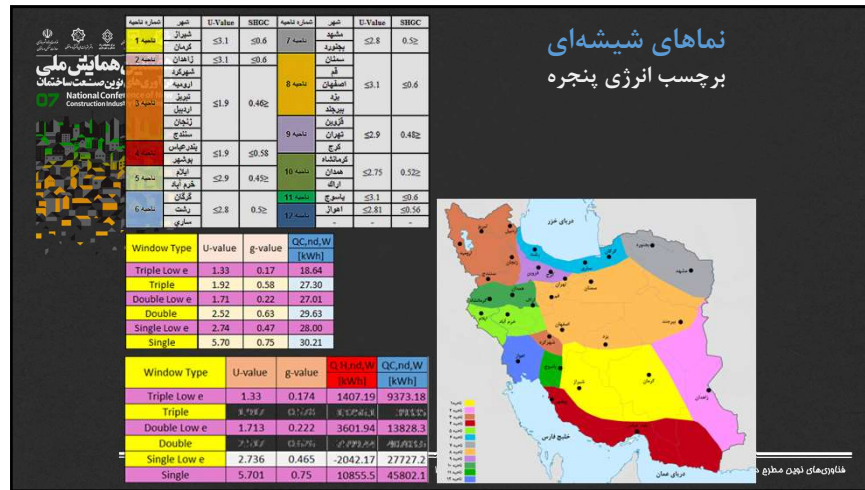
54



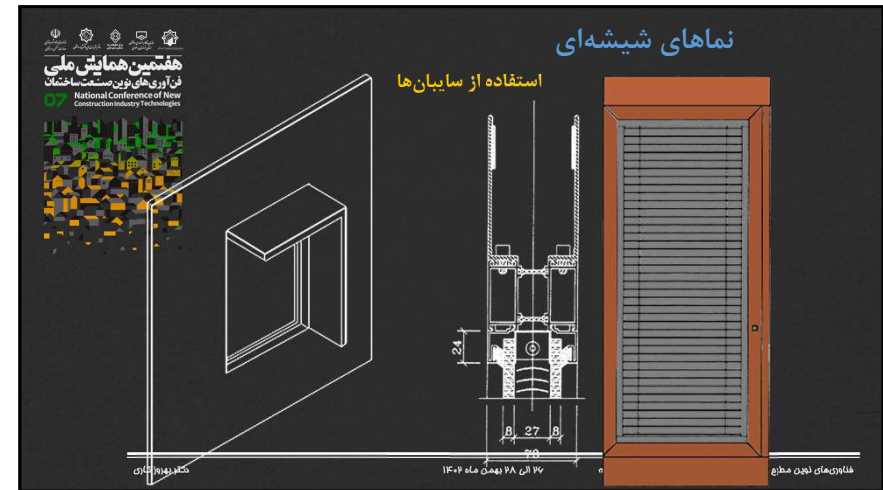
55



56



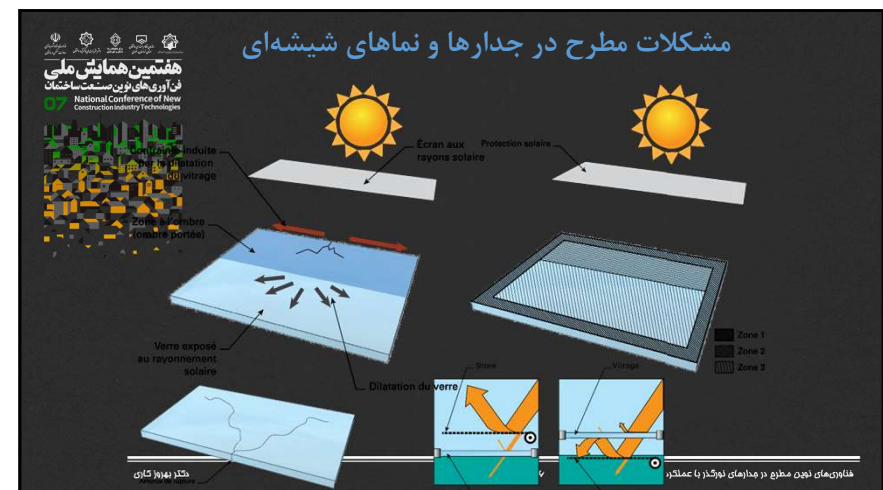
57



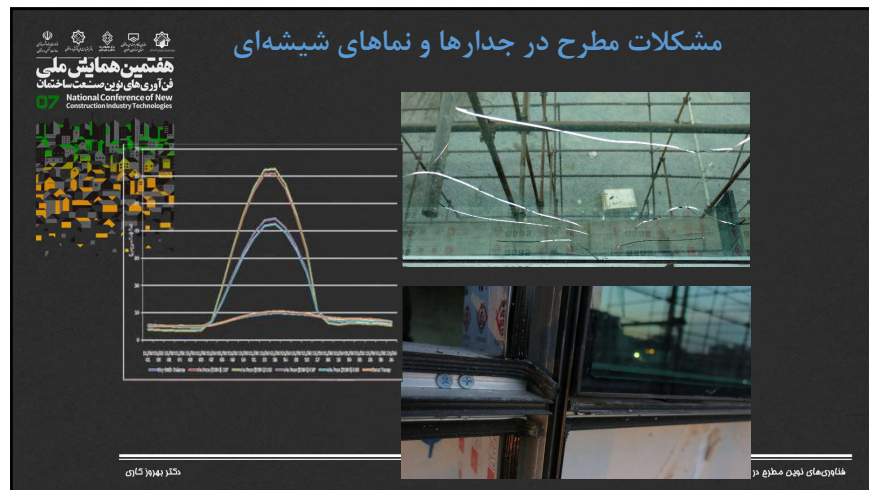
58



59



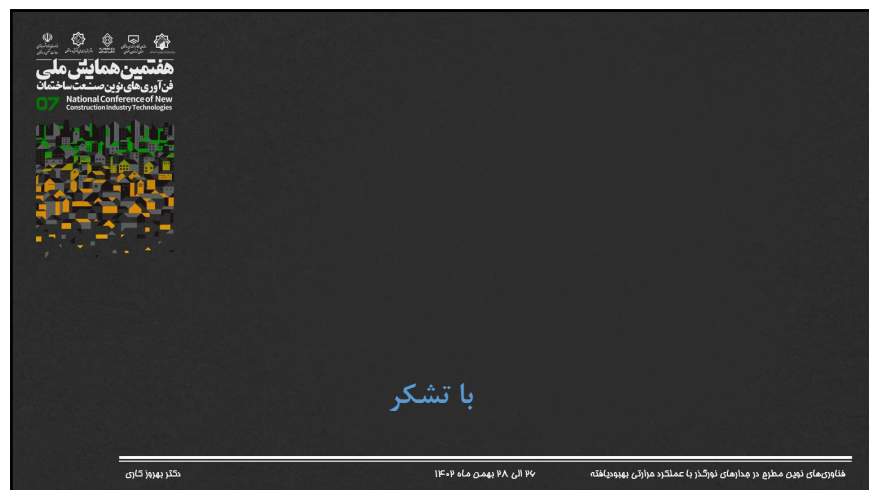
60



61



62



63



طراحی پوسته خارجی ساختمان  
به روش موازنه‌ای (Trade Off)

دکتر بهروز کاری  
عضو هیئت علمی و رئیس بخش انرژی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی  
رئیس کمیته تخصصی و مسئول تهیه پیش‌نویس ویرایش چهارم (۹۹) مبحث ۱۹

ساختمان در نظر گرفته شده برای روش های مختلف طراحی

مراحل مختلف طراحی

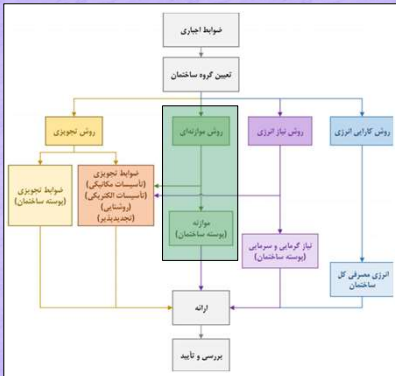
- پیوست ۳ : گونه بندی درجه انرژی سالانه شهرها
- پیوست ۴ : گونه بندی کاربری ساختمان ها
- پیوست ۴ : تعیین گروه انرژی ساختمان

ضوابط اجباری

- روش تجویزی
- روش موازنه ای
- روش نیاز انرژی
- روش کارایی انرژی

ساختمان در نظر گرفته شده برای روش های مختلف طراحی

روش های مختلف طراحی



ویژگی های اصلی روش های مختلف طراحی

| روش های طراحی                        | تجویزی | موازنه ای                    | نیاز انرژی                   | کارایی انرژی                                              |
|--------------------------------------|--------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| نیاز به متخصص انرژی برای طراحی       | ×      | ×                            | ×                            | نیازمند به کار گروهی متخصصین مختلف آشنا با مدل سازی انرژی |
| امکان طراحی به صورت یک پارچه         | ×      | ✓<br>(بین اجزای پوسته خارجی) | ✓<br>(بین اجزای پوسته خارجی) | ✓✓<br>(بین اجزای پوسته خارجی)                             |
| امکان دست یابی به راه حل های اقتصادی | ×      | ×                            | ×                            | ✓✓                                                        |

## محدودیت‌های مطرح برای روش‌های مختلف طراحی

۱۹-۳-۲-۱ شرایط لازم برای استفاده از روش‌های تجویزی و موازنه‌ای (کارکردی)

استفاده از روش‌های تجویزی و موازنه‌ای (کارکردی) تنها در صورت تحقق پنج شرط زیر (به صورت همزمان) مجاز است:

الف) نسبت سطح جدارهای نورگذر به سطح نما (برای هر یک از نماهای ساختمان) کمتر از ۴۰ درصد باشد؛

(ب) زیربنای مفید ساختمان کمتر یا مساوی ۲۰۰۰ مترمربع باشد؛

(پ) تعداد طبقات (بدون احتساب طبقات مربوط به فضاهای کنترل نشده نظیر پارکینگ و انبار) کمتر یا مساوی ۹ طبقه باشد؛

ت) اینرسی حرارتی ساختمان (مطابق پیوست ۲) متوسط یا زیاد باشد:

ث) ممنوعیت و محدودیتی در دستورالعمل‌ها و بخش‌نامه‌های صادر شده توسط وزارت راه و شهرسازی، با توجه به محل قرارگیری ساختمان (استان، شهر، ...) و مشخصات آن (تعداد طبقات، متراژ، کاربری، ...)، در این خصوص، وجود نداشته باشد.

## ویژگی‌های اصلی روش‌های مختلف طراحی

| روش های طراحی      |                 | تجویز                                                                            | موازنده ای                                                                       | نیاز انرژی                                                                       | کارایی انرژی                                  |
|--------------------|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| سهولت طراحی        | پوسته خارجی     | ساده، بدون نیاز به محاسبات پیچیده                                                | نسبتاً ساده، محاسبه ساده با نرم افزار (کالکس) (excel)                            | نسبتاً پیچیده، لازمه شبیه سازی (با نرم افزار) برای تعیین میزان نیاز انرژی سالانه | پیچیده لازمه شبیه سازی یکپارچه (با نرم افزار) |
|                    | تأسیسات مکانیکی | ساده، بدون نیاز به محاسبات پیچیده                                                | ساده، بدون نیاز به محاسبات پیچیده                                                | ساده، بدون نیاز به محاسبات پیچیده                                                | پای تعین میزان مصرف انرژی سالانه              |
| سهولت کنترل، نظارت | پوسته خارجی     | ساده                                                                             | نسبتاً پیچیده                                                                    | پیچیده                                                                           |                                               |
|                    | تأسیسات مکانیکی | ساده                                                                             | ساده                                                                             | ساده                                                                             | پیچیده                                        |
|                    | تأسیسات برقی    | ساده                                                                             | ساده                                                                             | ساده                                                                             |                                               |
| دامنه کاربرد       |                 | ساختمان های تعیین شده در بخش ۱۹-۱-۱ نسبت به سطح نمای کمتر از ۴۰ متر <sup>۲</sup> | ساختمان های تعیین شده در بخش ۱۹-۱-۱ نسبت به سطح نمای کمتر از ۴۰ متر <sup>۲</sup> | ساختمان های تعیین شده در بخش ۱۹-۱-۱                                              | ساختمان های تعیین شده در بخش ۱۹-۱-۱           |

فهرست مطالب فصل ششم: روش موازنه‌ای (کارکردی)

| جدول ۱-۶-۱۹: ضریب انتقال حرارت مجموع دیوار ساختمان گردباد ۱ بر حسب دیوارهای ساختمان |                     |                     |                      |                      |   |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|---|
| دیوار مجاور                                                                         | دیوار               |                     |                      |                      | ۲ |
|                                                                                     | خارج                | فضای                | مجاور                | دیوار                |   |
|                                                                                     | عایق حرارتی<br>ممکن | عایق حرارتی<br>ممکن | عایق حرارتی<br>داخلی | عایق حرارتی<br>خارجی | ۱ |
| فضای کسریل شده                                                                      |                     |                     |                      |                      | ۱ |
| EC                                                                                  | ۰/۸۲۰               | ۰/۴۶۱               | ۰/۴۰۵                | ۰/۳۲۰                | ۱ |
| EC+                                                                                 | ۰/۶۰۷               | ۰/۳۱۵               | ۰/۲۸۹                | ۰/۲۵۱                | ۱ |
| EC++                                                                                | ۰/۴۵۰               | ۰/۲۱۹               | ۰/۲۰۱                | ۰/۱۷۱                | ۱ |

فہرست مطالب

### ۱۹-۶ روش موازنه‌ای (کارکردی)

۱۹-۶-۱ اصول کلی

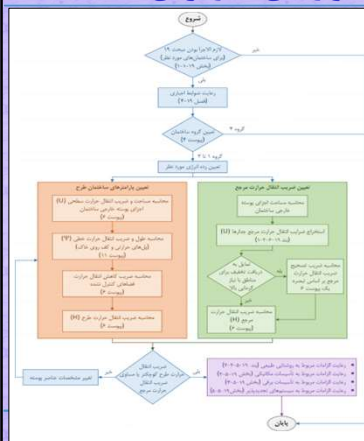
۱۹-۶-۲ پوسته خارجی ساختمان

۱۹-۶-۳ تاسیسات مکانیکی

۱۹-۴- تأسیسات برقی

- تعیین ضریب انتقال حرارت مرجع
- محاسبه ضریب انتقال حرارت طرح
- روشنامه طبعی

فهرست مطالب فصل ششم: روش موازنه‌ای (کارکردی)



فہرست مطالب

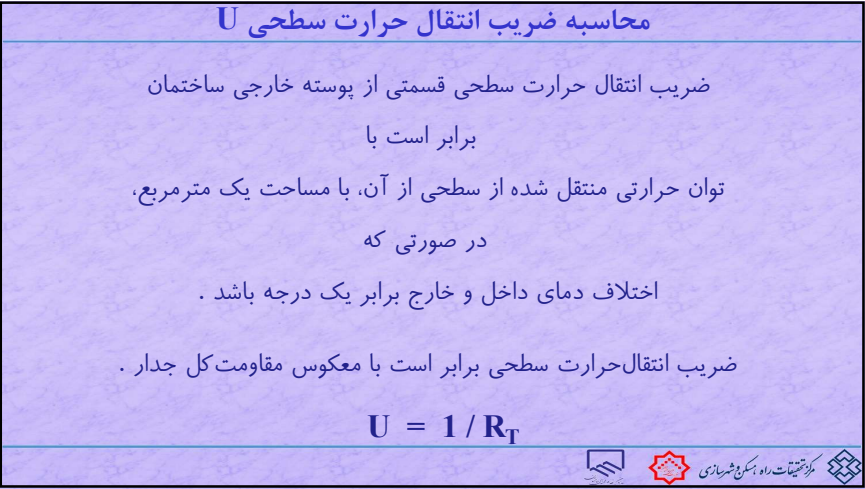
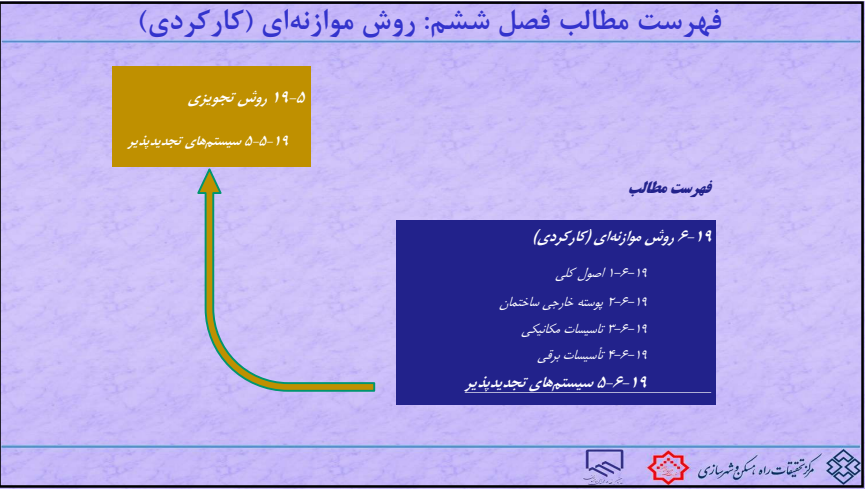
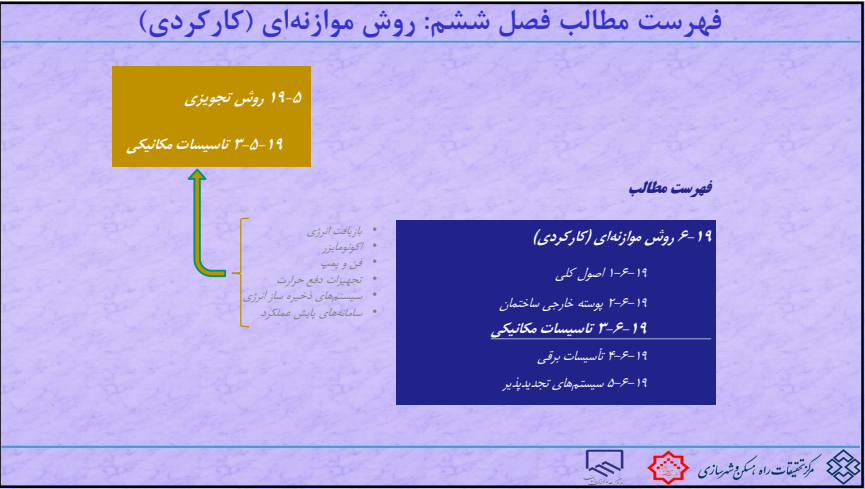
۱۹-۶ روش موازنه‌ای (کارکردی)

۱۹-۶-۱ اصول کلی

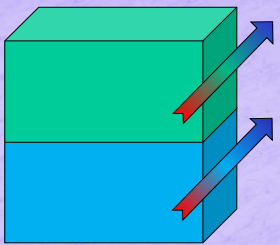
۱۹-۶-۲ پوسته خارجی ساختمان

۱۹-۶-۳ تاسیسات مکانیکی

۱۹-۶-۴ تأسیسات برقی



محاسبه ضریب انتقال حرارت سطحی متوسط



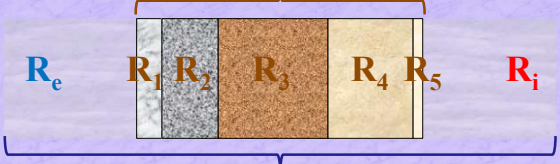
$Q_1 = U_1 \cdot A_1 \cdot \Delta T$   
 $Q_2 = U_2 \cdot A_2 \cdot \Delta T$   
 $Q_{tot} = Q_1 + Q_2$   
 $= U_{avg} \cdot (A_1 + A_2) \cdot \Delta T$   
 $U_{avg} = (U_1 \cdot A_1 + U_2 \cdot A_2) / (A_1 + A_2)$

مركز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

14

محاسبه ضریب انتقال حرارت سطحی U

**$R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5$** : مقاومت جدار مورد استفاده در روش تجویزی



$R_T = R + R_e + R_i$   
**U = 1 / R<sub>T</sub>**: ضریب انتقال حرارت مورد استفاده در روش موازنه‌ای

مركز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

13

تأثیر فضاهای کنترل نشده

کاهش اختلاف دمای بین دو طرف مدارهای فضاهای کنترل نشده

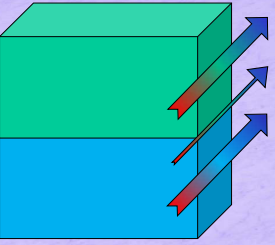


فضای کنترل شده  
فضای کنترل نشده  
 $\tau$   
پوسته خارجی  
پوسته فیزیکی

مركز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

16

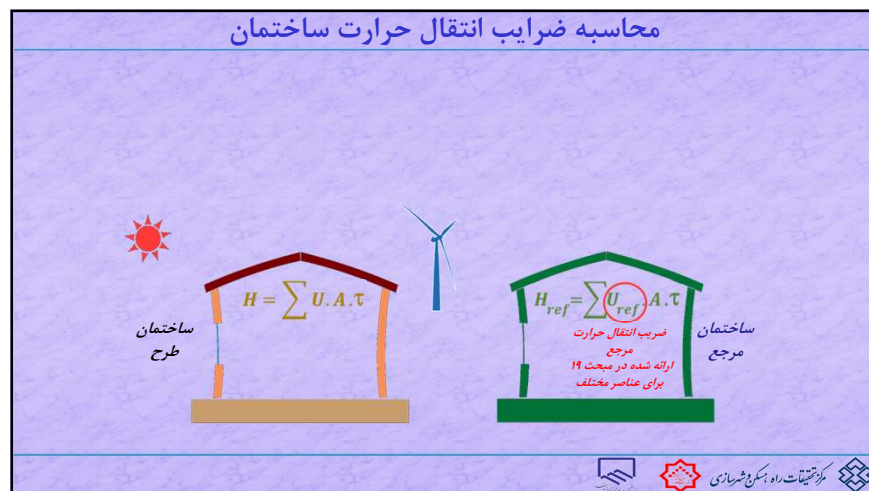
محاسبه ضریب انتقال حرارت سطحی متوسط



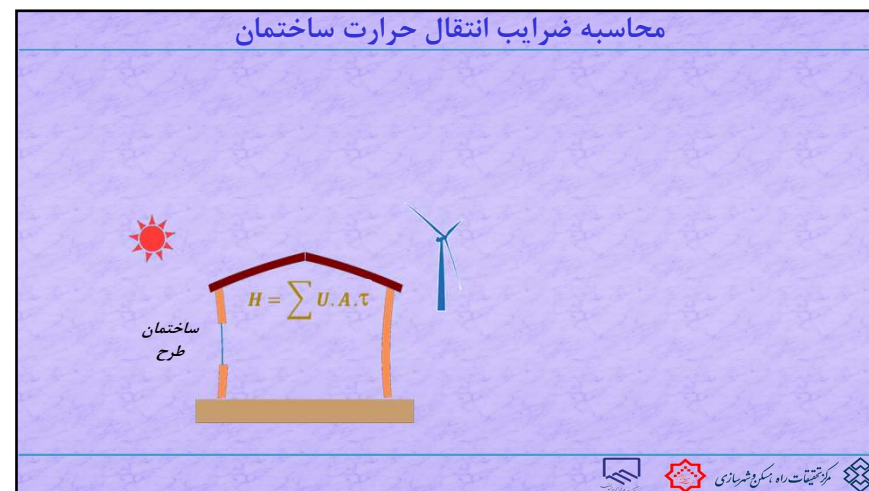
$Q_1 = U_1 \cdot A_1 \cdot \Delta T$   
 $Q_3 = \Psi_3 \cdot L_3 \cdot \Delta T$   
 $Q_2 = U_2 \cdot A_2 \cdot \Delta T$   
 $Q_{tot} = Q_1 + Q_2 + Q_3$   
 $= U_{avg} \cdot (A_1 + A_2) \cdot \Delta T$   
 $U_{avg} = (U_1 \cdot A_1 + U_2 \cdot A_2 + \Psi_3 \cdot L_3) / (A_1 + A_2)$

مركز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

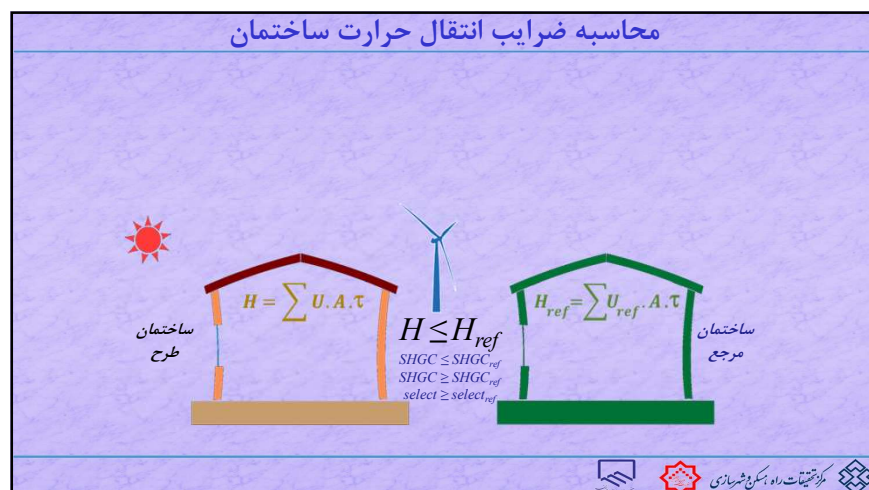
15



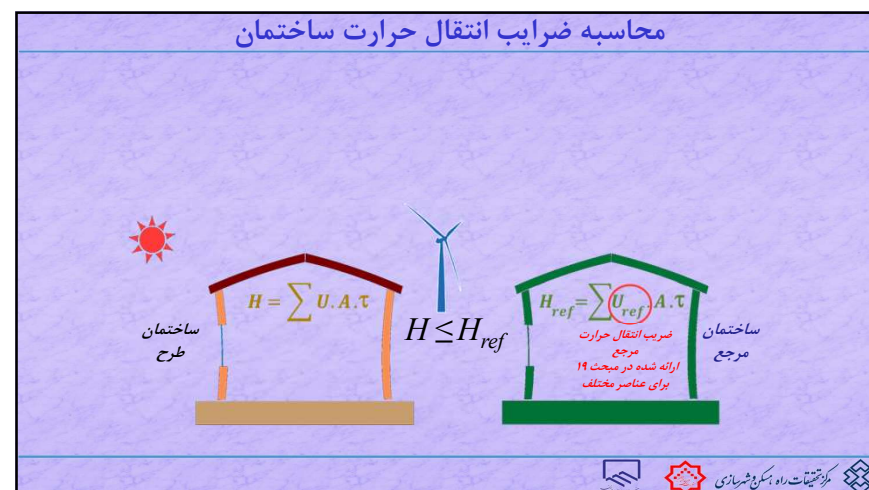
18



17



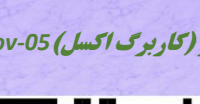
20



19

## محاسبه ضرایب انتقال حرارت ساختمان

### نرم افزار (کاربری اکسل) M19-TajMov-05 برای طراحی به روش های تجویزی و موازنه ای





## محاسبه ضرایب انتقال حرارت ساختمان

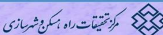
ضرایب انتقال حرارت مرجع

$$\hat{H} = \sum_{i=1}^n (A_{wi} \times \hat{U}_{wi} \times \tau_i) + \sum_{i=1}^n (A_{Ri} \times \hat{U}_{Ri} \times \tau_i) + \sum_{i=1}^n (A_{Fi} \times \hat{U}_{Fi} \times \tau_i) + \sum_{i=1}^n (A_{Gi} \times \hat{U}_{Gi} \times \tau_i) + \sum_{i=1}^n (A_{Di} \times \hat{U}_{Di} \times \tau_i) + \sum_{i=1}^n (P_i \times \hat{\Psi}_i \times \tau_i)$$

ضرایب انتقال حرارت طرح

$$H = \sum_{i=1}^n (A_{wi} \times U_{wi} \times \tau_i) + \sum_{i=1}^n (A_{Ri} \times U_{Ri} \times \tau_i) + \sum_{i=1}^n (A_{Fi} \times U_{Fi} \times \tau_i) + \sum_{i=1}^n (A_{Gi} \times U_{Gi} \times \tau_i) + \sum_{i=1}^n (A_{Di} \times U_{Di} \times \tau_i) + \sum_{i=1}^n (P_i \times \Psi_i \times \tau_i)$$





مرکز تحقیقات و راه‌اندازی انرژی ساختمان

با تشکر