

# PHÂN TÍCH HIỆU QUẢ GIẢM NĂNG LƯỢNG BỨC XẠ MẶT TRỜI CỦA KÍNH KẾT HỢP VỚI PHIM DÁN KÍNH CÁCH NHIỆT

## Analysis of the solar energy reduction efficiency of glasses combined with isolation glass films

PGS.TS Trương Tích Thiện<sup>1</sup>, và Huỳnh Công Trữ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bộ môn Cơ kỹ thuật, Khoa Khoa học Ứng dụng, Trường Đại học Bách Khoa – ĐHQG TP HCM, Việt Nam  
tttruong@hcmut.edu.vn

<sup>2</sup>Học viên Cao học Trường Đại học Kinh tế Công nghiệp Long An, Long An, Việt Nam  
truhuynhcong@gmail.com

**Tóm tắt** — Bài báo nghiên cứu về các cơ chế hoạt động của các loại kiến trúc cửa sổ với tác động của bức xạ mặt trời. Tác giả sử dụng công cụ mô phỏng số ANSYS và WINDOW giúp định lượng sự khác biệt giữa các kiến trúc này trong việc giảm bức xạ mặt trời, và cho thấy rằng có thể vận hành các quy trình mô phỏng tương tự cho cả hai phần mềm trong cùng điều kiện biên nhiệt độ. Kết quả mô phỏng đã chỉ ra rằng, môi trường, thư viện và khả năng của ANSYS đóng góp rất nhiều trong nghiên cứu về trường nhiệt độ phân bố. Mặt khác, mặc dù WINDOW cũng cung cấp các khả năng đó như trên, nhưng lợi thế đáng kể là WINDOW có thể đánh giá một cách đầy đủ hơn các hệ số quang học của các sản phẩm kiến trúc cửa sổ khác nhau. Bài báo khai thác nhu cầu lựa chọn phim phù hợp cho kiến trúc cửa sổ khi thiết kế và công cụ ANSYS và WINDOW có thể giúp đưa ra quyết định nhằm dự đoán các tính chất quang học của sản phẩm. Người dùng có thể chọn sản phẩm phù hợp cho các yêu cầu cụ thể.

**Abstract** — The paper has done research on the mechanism of action of different types of window architectures with the impact of solar radiation. The author used digital simulation tools ANSYS and WINDOW to help quantify the difference between these architectures in reducing solar radiation, and showed that it is possible to operate similar simulation procedures for both soft wares under the same temperature range conditions. The simulation results have shown that the environment, libraries and capabilities of ANSYS contribute greatly to the study of temperature distribution fields. On the other hand, although WINDOW also provides the same capabilities as above, but the significant advantage is that WINDOW can more fully evaluate the optical coefficients of different window architecture products. The paper explores the need to select the right film for a window architecture when designing, and ANSYS and WINDOW tools can help make decisions in order to predict optical properties of the product. Users can choose suitable products for specific requirements.

**Từ khóa** — Bức xạ mặt trời, phim dán cửa sổ, solar radiation, window film, ANSYS.

## 1. Giới thiệu

Cùng với sự phát triển kinh tế xã hội, điều kiện sống của con người ngày một cải thiện, nhu cầu có môi trường không khí tiện nghi trong nhà phù hợp với điều kiện sống, nghỉ ngơi và làm việc cho con người là đòi hỏi tất yếu hiện nay. Về mùa hè, trong các công trình, điều kiện tiện nghi của con người liên quan đến nhiệt độ do bức xạ mặt trời tác động. Để thỏa mãn điều kiện tiện nghi tại Việt Nam hiện nay, thường sử dụng công nghệ điều hòa không khí để làm lạnh môi trường không khí trong nhà. Tuy nhiên, nếu chỉ dùng công nghệ điều hòa nhiệt độ mà không có kết cấu bao che cách nhiệt như kính nhiều lớp kết hợp với phim dán chống bức xạ mặt trời đối với mỗi loại công trình thì dưới tác động của dòng bức xạ mặt trời mạnh trong mùa hè, yêu cầu hệ thống điều hòa không khí phải có công suất làm lạnh đủ lớn, dẫn đến chi phí vận hành tăng. Những vấn đề liên quan đến việc nghiên cứu tác động của bức xạ nhiệt mặt trời lên kết cấu cũng được thực hiện ở Việt Nam, có thể kể ra một số nghiên cứu điển hình như Nguyễn Thế Bảo và Lê Chung Phúc [3] đã xây dựng chương trình tính toán bức xạ mặt trời theo giờ từ số liệu bức xạ mặt trời trung bình tháng, hay Nguyễn Đức Lượng và cộng sự [4] đã ứng dụng bím để mô phỏng lượng nhiệt bức xạ mặt trời tác động lên một tòa nhà văn phòng ở thành phố Hà Nội.

Việc lựa chọn kính và phim dán cho các công trình hợp lý không những đảm bảo điều kiện tiện nghi mà nó còn góp phần quan trọng trong việc tiết kiệm năng lượng trong suốt quá trình sử dụng công trình. Do vậy, đề tài phân tích hiệu quả làm giảm năng lượng bức xạ mặt trời của kính kết hợp với phim dán kính cách nhiệt nhằm tiết kiệm năng lượng sử dụng để làm mát trong tòa nhà rất có ý nghĩa thực tiễn ở Việt Nam hiện nay.

## 2. Cơ sở lý thuyết

### 2.1. Hệ số U

Hệ số U là cách tiêu chuẩn để định lượng giá trị cách nhiệt. Nó chỉ ra tốc độ dòng nhiệt qua kiến trúc cửa sổ. Hệ số U là tổng hệ số truyền nhiệt của hệ thống kiến trúc cửa sổ, tính bằng  $W/m^2\text{°C}$ , bao gồm truyền nhiệt, đối lưu và truyền nhiệt cho một tập hợp các điều kiện môi trường nhất định. Hệ số U của vật liệu càng nhỏ thì tốc độ dòng nhiệt càng thấp.

$$U_t = \frac{[\Sigma(U_f * A_f) + \Sigma(U_c * A_c) + \Sigma(U_d * A_d)]}{A_{pf}}$$

Trong đó:  $U_t$  – tổng hệ số U của kiến trúc cửa sổ ( $W/m^2\text{K}$ );  $A_{pf}$  – Khu vực chiếu dự kiến,  $m^2$ ;  $U_f$  – Hệ số U khung ( $W/m^2\text{K}$ );  $A_f$  – Diện tích khung,  $m^2$ ;  $U_c$  – Hệ số chữ U trung tâm ( $W/m^2\text{K}$ );  $A_c$  – Khu vực trung tâm kính,  $m^2$ ;  $U_d$  – Bộ chia hệ số U ( $W/m^2\text{K}$ );  $A_d$  – Diện tích ô kính,  $m^2$ .

### 2.2. Hệ số tăng nhiệt mặt trời (SHGC)

Hệ số tăng nhiệt mặt trời (SHGC) thể hiện mức tăng nhiệt mặt trời thông qua bức xạ mặt trời truyền tới:

$$SHGC_t = \frac{[\Sigma(SHGC_f * A_f) + \Sigma(SHGC_c * A_c) + \Sigma(SHGC_d * A_d)]}{A_{pf}}$$

Trong đó:  $SHGC_t$  – tổng sản phẩm SHGC ( $W/m^2\text{K}$ );  $A_{pf}$  – diện tích chiếu,  $m^2$ ;  $SHGC_f$  – khung SHGC ( $W/m^2\text{K}$ );  $A_f$  – Diện tích khung,  $m^2$ ;  $SHGC_c$  – trung tâm SHGC ( $W/m^2\text{K}$ );  $A_c$  – Khu vực trung tâm bằng kính,  $m^2$ ;  $SHGC_d$  – Bộ chia SHGC ( $W/m^2\text{K}$ );  $A_d$  – Diện tích ô kính,  $m^2$ .

### 2.3. Độ sáng truyền qua cửa sổ

Độ sáng truyền qua cửa sổ là một yếu tố quan trọng trong việc cung cấp ánh sáng ban ngày, tầm nhìn, cũng như trong việc kiểm soát ánh sáng chói:

$$Tvis_t = \frac{[\Sigma(Tvis_f * A_f) + \Sigma(Tvis_c * A_c) + \Sigma(Tvis_d * A_d)]}{A_{pf}}$$

Với:  $Tvis_t$  – tổng truyền sản phẩm có thể nhìn thấy ( $W/m^2\text{K}$ );  $A_{pf}$  – Khu vực chiếu dự kiến,  $m^2$ ;  $Tvis_f$  – Truyền qua khung nhìn thấy ( $W/m^2\text{K}$ );  $A_f$  – Diện tích khung,  $m^2$ ;  $Tvis_c$  – Độ truyền qua trung tâm có thể nhìn thấy được ( $W/m^2\text{K}$ );  $A_c$  – Khu vực trung tâm bằng kính,  $m^2$ ;  $Tvis_d$  – Bộ chia tín hiệu có thể nhìn thấy ( $W/m^2\text{K}$ );  $A_d$  – Diện tích chia,  $m^2$ .

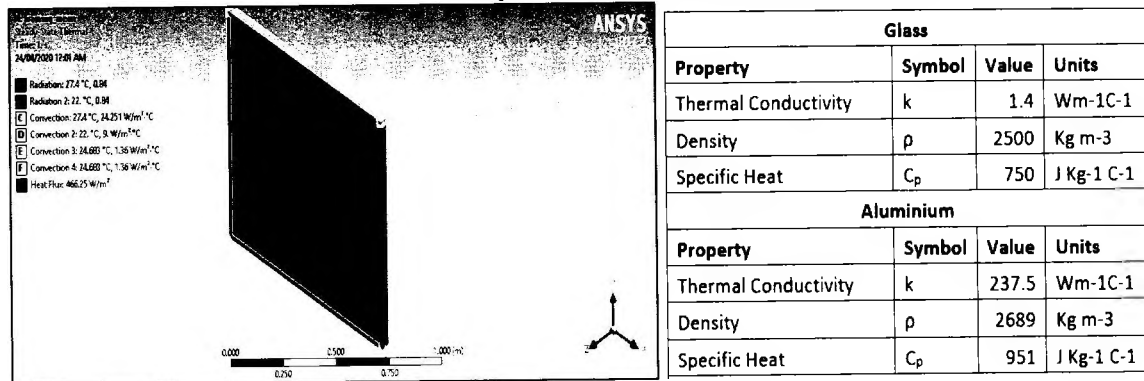
## 3. Mô hình và kết quả

### 3.1. Mô phỏng trường nhiệt độ lớp do bức xạ mặt trời tác động

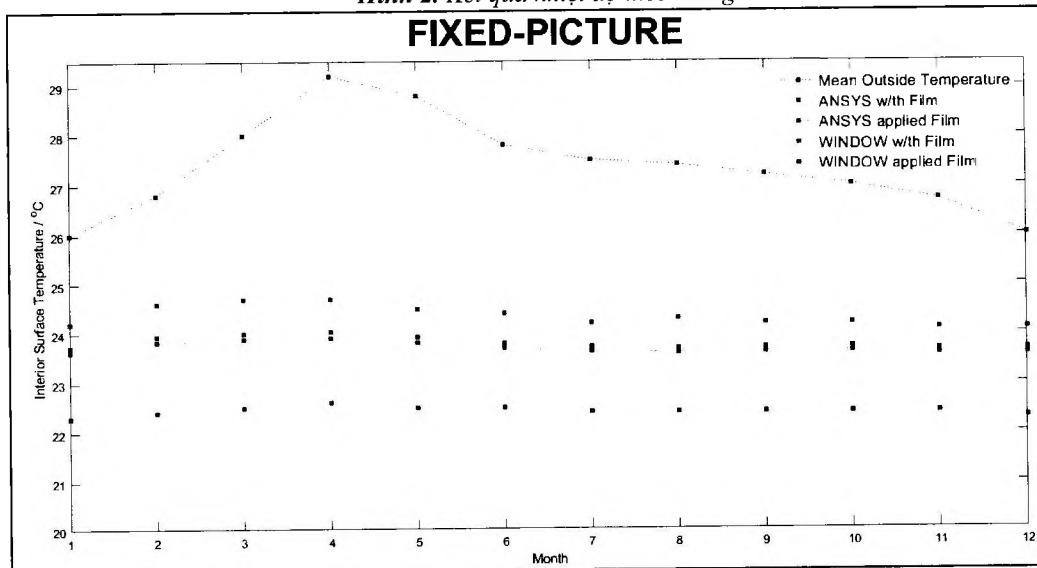
Xét mô hình cửa sổ với hai lớp kính 1200x1500 (mm). Các tấm kính cửa sổ dày 10 mm. Khoảng trống giữa hai lớp kính là 12,7 mm và được lấp đầy bởi khí Argon. Để đơn giản hóa mô hình truyền nhiệt, điều kiện trạng thái ổn định đã được chọn. Đối với mục đích của nghiên cứu này, hệ số truyền nhiệt đối lưu tự nhiên đã được xem xét cho cả điều kiện môi trường ngoài trời và trong nhà. Dựa trên kết quả thực tế có sẵn, hệ số truyền nhiệt đối lưu cho nội thất có thể

được xem xét với giá trị  $9\text{W/m}^2\text{C}$ ; giá trị trung bình của nhiệt độ không khí bên trong được coi là  $22^\circ\text{C}$  và độ phát xạ của kính là 0,84 (không thứ nguyên). Nhiệt độ của không gian giữa các kính được coi là  $24,6^\circ\text{C}$  là trung bình của nhiệt độ bên trong và bên ngoài, và hệ số đối lưu của các bề mặt được giả định bằng  $1,36\text{W/m}^2\text{C}$ . Các thông số đầu vào điều kiện biên được xem xét theo tiêu chuẩn ASHRAE 2017 (phiên bản SI) và QCVN 02:2009/BXD, tiêu chuẩn kỹ thuật quốc gia, được đo tại Trạm đo lường Tân Sơn Nhất, Thành phố Hồ Chí Minh. Bài báo tiến hành mô phỏng trường nhiệt độ phân bố trên kính nhiều lớp khi có ánh sáng mặt trời truyền qua trong hai trường hợp có phim dán và không có phim dán. Hai công cụ mô phỏng số được lựa chọn để thực hiện mô phỏng là phần mềm ANSYS và WINDOW và kết quả mô phỏng nhiệt độ theo thời gian sẽ được so sánh với nhau.

Hình 1. Thiết lập điều kiện biên và vật liệu trong ANSYS

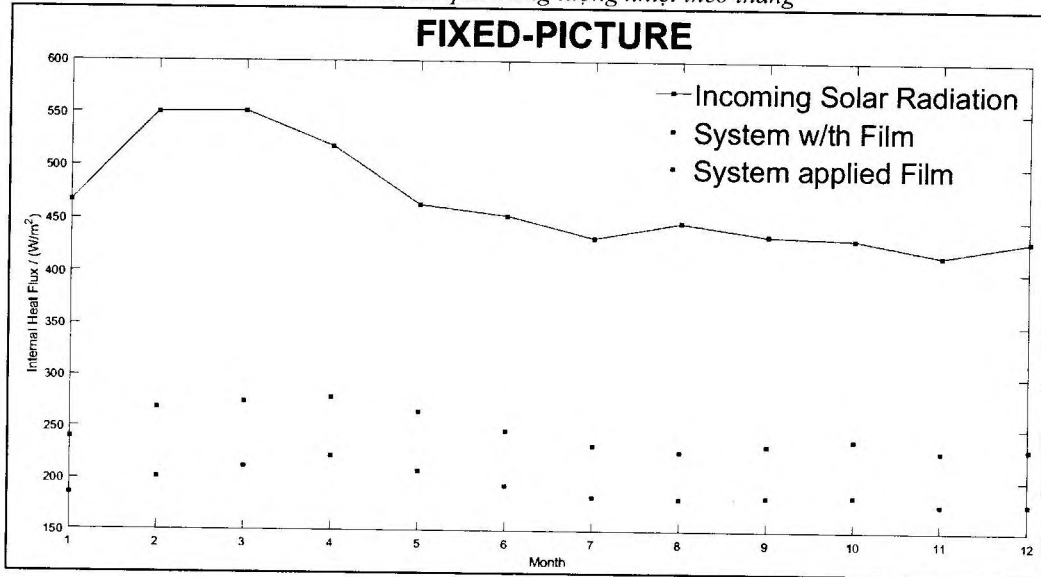


Hình 2. Kết quả nhiệt độ theo tháng



Trong trường hợp nhiệt độ, dễ dàng nhận ra rằng nhiệt độ bề mặt bên trong của hệ thống kiến trúc cửa sổ sẽ giảm so với nhiệt độ môi trường bên ngoài (khoảng 12,91%). Lắp đặt phim dán cửa sổ làm giảm nhiệt độ, khoảng 4 – 5 độ C. Nhiệt độ bên trong giảm 4.688 °C. Đối với việc làm giảm bức xạ nhiệt, bức xạ nhiệt giảm 25%. Do đó, kiến trúc cửa sổ khi có phim dán tăng rất nhiều hiệu quả cách nhiệt trong khi vẫn giữ nguyên thiết kế ban đầu của tòa nhà.

Hình 3. Kết quả thông lượng nhiệt theo tháng



3.2. Đánh giá các hệ số quang học khi có và không có phim dán kính

Tiếp theo, phần mềm WINDOW sẽ được sử dụng để đánh giá các hệ số quang học khi có và không có phim dán kính. Bảng I cho thấy sự so sánh các thuộc tính quang học được đánh giá qua các loại kiến trúc cửa sổ khi có và không có phim dán. Dựa trên các điều kiện môi trường, kính đã được coi là loại kính nguyên khối Saint - Goban được sử dụng phổ biến nhất (NFRC 21025 và 21431) trong Thư viện vật liệu thủy tinh.

Hình 4. Thiết lập hệ thống kính và hệ thống khung

**Step 1:** Single click on a frame component to select it. The frame color will change to indicate that it has been selected.

**Step 2:** To change the selected Glazing system, either click on the pull-down list to see the names from the Glazing System Library. Or click on the double arrow button to open a window showing all the information from the library.

**Step 3:** To change the selected Glazing system, either click on the pull-down list to see the names from the Glazing System Library. Or click on the double arrow button to open a window showing all the information from the library.

**Results show "1" because the Calc button has not been clicked.**

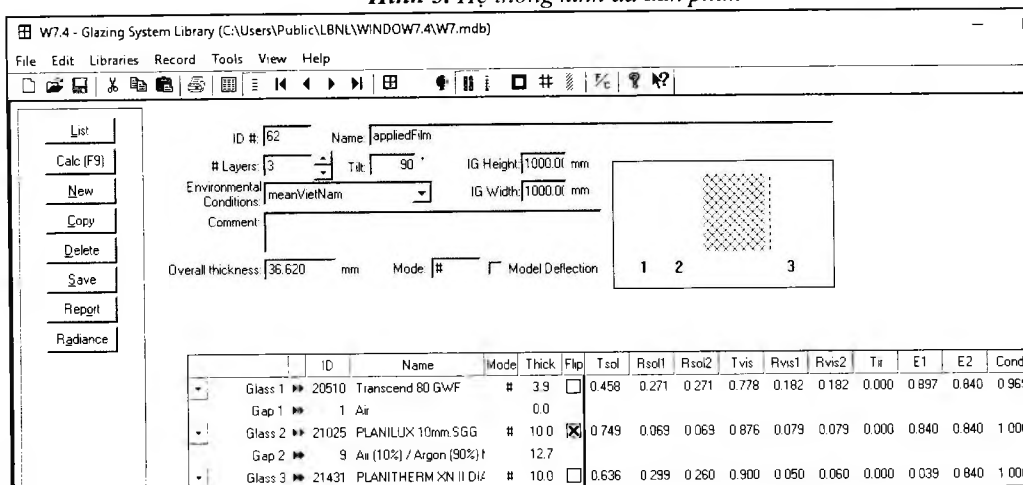
**Step 2:** The characteristics of the frame will be displayed in the lower right group box.

ID	Name	Unit	U-value	g-value	Shaded	Visible Transmittance
1	Double-pane IGU	m²	1.1	0.76	0.76	0.88
2	Triple-pane IGU	m²	0.8	0.76	0.76	0.88
3	Triple-pane IGU with argon	m²	0.7	0.76	0.76	0.88
4	Triple-pane IGU with argon and low-e	m²	0.6	0.76	0.76	0.88
5	Triple-pane IGU with argon and low-e and film	m²	0.5	0.76	0.76	0.88

ID	Name	Source	Type	Frame U-value	Edge U-value	Edge Condenser	Glazing Thickness	Phi	Alc	Gate
7	Wooden Frame	Thom	128	2.016	0.577	N/A	25.9	42.9	0.30	

WINDOW 7.4 mang đến khả năng mô tả các loại khung cho các kiến trúc cửa sổ trong công nghiệp được xác nhận trong ASHRAE / LBNL, với các loại vật liệu, phạm vi kích thước. Đối với mục đích của nghiên cứu này, khung nhôm cách nhiệt được chọn. Để xem các đặc điểm của khung của cửa sổ, nhấp vào thành phần khung và thông tin được hiển thị trong hộp nhóm bên phải phía dưới. Thông tin này là từ Thư viện khung. Phim dán cửa sổ được lựa chọn từ các nhà sản xuất nổi tiếng trên thế giới như: 3M Corporation; Madico Inc; Hanita Coatings; Erickson International LLC; Dalian Allied Nanotech Co.Ltd; Eastman Chemical Company, Global Window Films.

Hình 5. Hệ thống kính đã dán phim



BẢNG 1. Các hệ số quang học khi có và không có phim dán

	Độ dày (mm)	U-factor W/m <sup>2</sup> .°C	SHGC (non-dim)	T <sub>vis</sub> (non-dim)
Không có phim dán	32.7	1.292	0.468	0.662
Có phim dán	38.404	1.054	0.309	0.387
Hiệu quả, %	17.4434	↓ 18.421	↓ 33.974	↓ 41.54

Nói chung, tất cả ba hệ số quang học quan trọng của các kiến trúc cửa sổ đều giảm sau khi được áp dụng phim dán.

Hệ số U: giảm khoảng 18.421%. Hệ số U càng thấp, khả năng chống bức xạ càng lớn và tính chất cách nhiệt của nó càng tốt.

Hệ số SHGC: đã giảm khoảng 33,974%. Con số này càng thấp, nhiệt lượng mặt trời truyền đi càng ít; điều đó cũng có nghĩa là cửa sổ SHGC càng thấp, sản phẩm càng tốt trong việc chặn các tia mặt trời không mong muốn.

Hệ số Transmittance: giảm một lượng 41,54%. Độ sáng bị giảm.

#### 4. Kết luận

Nghiên cứu đã hoàn thành mục tiêu để cung cấp kiến thức cơ bản tốt hơn về các cơ chế hoạt động của các loại kiến trúc cửa sổ với tác động của bức xạ mặt trời. Các công cụ mô phỏng số ANSYS và WINDOW giúp định lượng sự khác biệt giữa các kiến trúc này trong việc giảm bức xạ mặt trời. Có thể vận hành các quy trình mô phỏng tương tự cho cả hai phần mềm trong cùng điều kiện biên nhiệt độ. Nghiên cứu đã chỉ ra rằng, môi trường, thư viện và khả năng của ANSYS đóng góp rất nhiều trong nghiên cứu về trường nhiệt độ phân bố. Mặt khác, mặc dù WINDOW cũng cung cấp các khả năng đó như trên, nhưng lợi thế đáng kể là WINDOW có thể đánh giá một cách đầy đủ hơn các hệ số quang học của các sản phẩm kiến trúc cửa sổ khác nhau. Nghiên cứu hiện tại khai thác nhu cầu lựa chọn phim phù hợp cho kiến trúc cửa sổ khi thiết kế và công cụ WINDOW có thể giúp đưa ra quyết định nhằm dự đoán các tính chất quang học của sản phẩm. Người dùng có thể chọn sản phẩm phù hợp cho các yêu cầu cụ thể. Có rất nhiều loại phim dán có sẵn trên thị trường, do đó cần phải có một bộ phim phù hợp cho cửa sổ, để góp phần đáng kể vào việc cải thiện hiệu suất nhiệt, quang và năng lượng của tòa nhà.

## LỜI CẢM ƠN

Tập thể tác giả xin chân thành cảm ơn đến Trường Đại học Bách khoa – ĐHQG TP.HCM, Trường Đại học Kinh tế Công nghiệp Long An đã tạo mọi điều kiện cho chúng tôi thực hiện và hoàn thành đề tài này.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] N.Đ. Toàn, “Kết cấu bao che chống nóng trong điều kiện khí hậu Việt Nam: lý thuyết và ứng dụng”, *tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng*, số 4/2012, 2012.
- [2] N.H.T. Tài và T.T. Nhân, *Tính toán dự báo nhiệt độ mặt đường bằng phương pháp số và ứng dụng*, 2015.
- [3] N.T. Bảo và L.C. Phúc, “Xây dựng chương trình tính toán bức xạ mặt trời theo giờ từ số liệu bức xạ mặt trời trung bình tháng”, *Tạp chí Phát triển KH&CN*, tập 9, số 11, 2006.
- [4] N.Đ.Lượng và cộng sự, “Ứng dụng bìm để mô phỏng lượng nhiệt bức xạ mặt trời tác động lên một tòa nhà văn phòng ở thành phố Hà Nội”, *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng*, tập 12, số 1, 2018.
- [5] L.V. Dominguez, R.G.Gomez, A.R.F.Vidal, J.Corredera and J.Fancisco, “Automatic modelling and simulating of daily global solar radiation series”, *Solar Energy*, Vol. 35, pp. 483-489, 1985.

**Ngày nhận: 30/09/2020**

**Ngày duyệt đăng: 14/01/2021**