

АНОТАЦІЯ

Бурмака В.О. Підвищення енергоефективності суміщеного освітлення будівель з врахуванням енергетичного балансу приміщень. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» (14 – Електрична інженерія). – Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2020.

Дана робота присвячена питанню підвищення енергоефективності суміщеного освітлення будівель, за рахунок збільшення частки природного світла та використання систем керування штучним освітленням.. Було розглянуто варіант з боковим природним освітленням офісних приміщень. Визначено вплив світлотехнічних та теплотехнічних параметрів світлопрозорих зовнішніх огорожувальних конструкцій на сумарний енергетичний баланс приміщення.

Дослідження щодо ефективності використання природного освітлення було проведено на основі використання коефіцієнту природного освітлення, який характеризується відсотковим відношенням природної освітленості у будь-якій точці в середині приміщення до одночасно виміряної на тому ж рівні освітленості зовнішньої горизонтальної площини рівномірно розсіяним світлом усього небосхилу. В роботі розглянуто вплив геометричних параметрів приміщень та світлопрозорих зовнішніх огорожувальних конструкцій на величину коефіцієнта природного освітлення в розрахунковій точці на робочій поверхні. Це важливо, тому що при використанні світлового коефіцієнту та коефіцієнту WWR (window-to-wall ratio), при сталому їх значенні, величина коефіцієнта природного освітлення відрізняється в декілька раз. Це пов'язано з тим, що площа СЗОК не відповідає площі застакління, через яке денне світло проходить в приміщення. Площа приміщення не відповідає площі робочої поверхні, на якій необхідно забезпечити нормоване освітлення, а розміри приміщення і робочої поверхні взагалі не враховуються в СК та в WWR. Тому існують об'єктивні труднощі з уніфікацією результатів досліджень

ефективності бокового природного освітлення, які обумовлені впливом розмірів приміщення на значення коефіцієнта природного освітлення в розрахунковій точці на робочій поверхні.

В результаті аналізу залежностей величини коефіцієнта природного освітлення від розмірів приміщень та площі світлопрозорої зовнішньої огорожувальної конструкції запропоновано використовувати зведений індекс засклення приміщення. Він враховує не тільки площу засклення світлопрозорої зовнішньої огорожувальної конструкції, але й розміри та площу робочої поверхні. Це дає можливість використовувати результати досліджень ефективності природного освітлення без прив'язки до конкретних розмірів приміщення. В результаті апроксимації даної залежності отримано рівняння, яке описує взаємозв'язок між даними величинами.

Для визначення площі світлопрозорої зовнішньої огорожувальної конструкції, при якій забезпечується необхідне значення коефіцієнту природної освітленості в розрахунковій точці, розроблено алгоритм, який враховує як ширину неprozорої частини світлопрозорої зовнішньої огорожувальної конструкції, так і її пропорції.

Проведено аналіз залежності тривалості забезпечення нормованої освітленості денним світлом приміщень (автономність природного освітлення) від величини коефіцієнта природного освітлення. Визначено питому автономність природного освітлення офісних приміщень (год/(рік·м²)) для м. Тернопіль. Доведено, що незалежно від розмірів приміщень, максимальна питома автономність природного освітлення (для нормованої освітленості 300 лк), при боковому природному освітленні досягається при коефіцієнті природного освітлення в межах від 1,7% до 1,9%, максимум при 1,8%. При нормованій освітленості 500 лк максимальна питома автономність природного освітлення має місце при величині від 2,6% до 3,0%, максимум – при 2,8%.

В роботі розглянуто питання впливу орієнтації, термічного опору та коефіцієнт відносного проникнення сонячної радіації світлопрозорої зовнішньої огорожувальної конструкції на сумарні втрати тепла в опалювальний період та його надходження в охолоджувальний період. Це обумовлено тим, що на даний час ві-

дсутні рекомендації щодо значення параметрів світлопрозорих зовнішніх огорожувальних конструкцій, при яких виникає зменшення сумарного споживання електроенергії при забезпеченні комфортних параметрів повітря в приміщенні. На даний час основним параметром, за яким обирають світлопрозорі зовнішні огорожувальні є термічний опір. Оскільки, термічний опір різних частин світлопрозорих зовнішніх огорожувальних конструкцій має різну величину виникла необхідність в розробці аналітичних виразів для отримання відносних та абсолютних площ засклення, профілю та запінення світлопрозорих зовнішніх огорожувальних конструкцій прямокутної конфігурації. В результаті досліджень отримані аналітичні вирази для визначення абсолютних і відносних площ засклення світлопрозорих зовнішніх огорожувальних конструкцій найпоширеніших конфігурацій. Це дало можливість отримати залежності витрат електроенергії на опалення та охолодження офісного приміщення, від коефіцієнту відносного проникнення сонячної радіації і термічного опору при зміні орієнтації світлопрозорої зовнішньої огорожувальної конструкції для м. Тернопіль. Отримані результати дали можливість визначити теплотехнічні та світлотехнічні параметри СЗОК, при яких природне бокове освітлення призводить до зменшення сумарного споживання електроенергії для забезпечення комфортних параметрів повітря в приміщенні.

Вирази для визначення автономності природного освітлення, втрат тепла та надходження сонячної радіації через світлопрозору зовнішню огорожувальну конструкцію в опалювальний період, та надлишкове надходження тепла в охолоджувальний період для м. Тернопіль поєднано. В результаті отримано вирази які дозволяють визначити параметри, при яких встановлення світлопрозорої зовнішньої огорожувальної конструкції дозволяє зменшити сумарне споживання електроенергії приміщенням. Також представлено нерівності для визначення світлотехнічних та теплотехнічних параметрів світлопрозорих зовнішніх огорожувальних конструкцій, при яких зменшується сумарне споживання електроенергії в приміщенні для м. Тернопіль при різній їх площі та орієнтації.

Крім того були проведені дослідження щодо економічної та енергетичної ефективності використання систем керування штучним освітленням сходів, мар-

шів та поверхових коридорів. Визначено економічну та енергетичну ефективність використання систем керування штучним освітленням за допомогою астрономічного реле та датчиків руху з різними типами джерел світла для сходів (майданчиків та маршів) багатоповерхових житлових будинків. Для цього було проведено аналіз помісячної інтенсивності руху мешканців 9-ти поверхових житлових будинків через дверні прорізи входних дверей будинку. Встановлено, що незалежно від енергоефективності джерел світла використання астрономічного реле призводить до зниження споживання електроенергії на штучне освітлення на 49,31-50,58%. В той час, як використання датчиків руху призводить до більш суттєвого зменшення споживання електроенергії, а саме: при використанні ламп розжарення – на 97,92%, галогенних ламп – на 97,73%, компактних люмінесцентних ламп – на 95,27%, світлодіодних ламп – на 93,98%. Уперше отримані дані інтенсивності руху мешканців 9-ти поверхових житлових будинків через дверний проріз першого поверху для м. Тернопіль.

З точки зору економічної ефективності результати виявилися дещо інші. У зв'язку з необхідністю в встановленні дев'яти датчиків руху, економічний ефект від їх використання значно менший. Так, при встановленні астрономічного реле, вартість володіння за 10 років зменшується: з лампами розжарення – на 50,04%, галогенними лампами – на 50,05%, компактними люмінесцентними лампами – на 46,38%, світлодіодними лампами – 43,98%, тоді як при використанні датчиків руху – з лампами розжарення – на 86,70%, галогенними лампами – на 84,40%, компактними люмінесцентними лампами – на 46,62%, світлодіодними лампами – 15,70%.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в науковому обґрунтуванні та вирішенні важливої наукової задачі підвищення адекватності оцінки енергоефективності бокового природного освітлення на основі одночасного врахування множини факторів, які суттєво впливають на його якісні та кількісні параметри в процесі експлуатації. При цьому одержано такі наукові результати:

1. Отримано аналітичні вирази для визначення відносних та абсолютних значень площ застління, профілю та запінення світлопрозорості зовнішньої огорожувальної конструкції прямокутної форми з будь-якою наперед заданою її від-

носною шириною, що дає можливість визначити оптимальні, з точки зору засклення, їх розміри.

2. Уперше отримано математичний вираз для зведеного індексу засклення приміщення, що дає можливість визначати площу світлопрозорої зовнішньої огорожувальної конструкції, при якій забезпечується нормоване значення КПО, без прив'язки до певних розмірів приміщення. Даний вираз враховує площу засклення світлопрозорої зовнішньої огорожувальної конструкції, площу робочої поверхні та глибину і ширину приміщення. Розроблено алгоритм розрахунку площі світлопрозорої зовнішньої огорожувальної конструкції для забезпечення нормованого значення коефіцієнту природного освітлення в незатінених приміщеннях довільних розмірів. Даний алгоритм дозволяє визначати площу односекційної світлопрозорої зовнішньої огорожувальної конструкції, при якій забезпечується нормоване значення коефіцієнту природної освітленості в розрахунковій точці i , відповідно, на всій робочій поверхні.

3. Розроблено методику для визначення площі світлопрозорої зовнішньої огорожувальної конструкції, при якій забезпечується необхідна величина коефіцієнту природного освітлення.

4. Доведено, що при різних розмірах приміщення характер зміни коефіцієнту природного освітлення відносно пропорцій світлопрозорої зовнішньої огорожувальної конструкції не є синхронним. Як видно з отриманих результатів, на одних і тих же проміжках пропорцій при одних розмірах приміщення величина коефіцієнту природного освітлення зростає, а при інших – спадає.

5. Встановлено, що найбільша ефективність використання природного світла для освітлення приміщень, при нормованій освітленості 300 лк характерна для значень коефіцієнту природного освітлення в межах від 1,7% до 1,9%. Для значення 1,8% – вона максимальна при нормованій освітленості в 500 лк максимальна ефективність використання світлопрозорої зовнішньої огорожувальної конструкції спостерігається при величині коефіцієнту природного освітлення від 2,6% до 3,0% з екстремумом при 2,8%.

6. Отримано вирази для визначення автономності природної освітленості, для нормованої величини освітленості в 300 лк, для приміщень різних розмірів з різною площею світлопрозорої зовнішньої огорожувальної конструкції.

7. Встановлено, що використання на сходах та поверхових коридорах датчиків руху призводить до суттєвого зменшення споживання електроенергії: при використанні ламп розжарення – на 97,92%, галогенних ламп – на 97,73% компактних люмінесцентних ламп – на 95,27%, світлодіодних ламп – 93,98%. в той час, як в залежності від енергоефективності джерел світла використання астрономічного реле призводить до зниження споживання електроенергії на штучне освітлення на 49,41-50,58%.

Практичне значення одержаних результатів: ґрунтуючись на результатах експериментальних досліджень, теоретичних узагальнень та розробок, вирішені проблеми, які мають важливе прикладне значення:

1. Отриманий вираз дозволяє розраховувати мінімальну площу засклення світлопрозорої зовнішньої огорожувальної конструкції для забезпечення нормованого значення коефіцієнту природної освітленості з стандартним відхиленням 0,894, спираючись виключно на розміри приміщення. Це складає передумови для використання отриманих результатів при розробці будівельних нормативних документів.

2. Отримано вирази для визначення автономності природного освітлення, для нормованої величини освітленості в 300 лк, для приміщень різних розмірів з різною площею світлопрозорої зовнішньої огорожувальної конструкції. Дані вирази дозволяють визначати тривалість забезпечення нормованої освітленості в офісних приміщеннях. Це дає можливість розрахувати енергоефективність використання бокового природного освітлення.

3. Отримано аналітичні вирази для визначення параметрів світлопрозорої зовнішньої огорожувальної конструкції, при яких виникає позитивний вплив на енергетичний баланс приміщення.

4. Експериментально досліджено інтенсивність руху мешканців 9-ти поверхових будинків через дверний проріз першого поверху для три-годинних проміжків

часу з 7:00 до 22:00 і 9-ти годинного інтервалу з 22:00 до 07:00 протягом року. Отримані дані дозволяють визначати енергетичну та економічну ефективність використання системи керування штучним освітленням за допомогою датчиків руху.

Ключові слова: коефіцієнт природного освітлення, суміщене освітлення, природне освітлення, освітлення офісних приміщень, автономність природного освітлення, питома автономність природного освітлення, система керування штучним освітленням, світлопрозора зовнішня огорожувальна конструкція, засклення, теплонадходження, втрати тепла, інтенсивність руху мешканців, зведений індекс засклення приміщення.

SUMMARY

Burmaka V.O. Improving the energy efficiency of combined lighting of buildings taking into account the energy balance of the premises. – Qualification scientific work with the manuscript copyright.

PhD thesis in Engineering Sciences with major in 141 «Electrical energetics, electrical engineering and electromechanics» (14 – Electrical Engineering). – Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, 2020.

The thesis deals with the economy of electric energy, which is spent on room lighting, because of increasing interests of daylight. Design decisions should be based on the cost-effectiveness of introducing light into the room. Light guide systems are useful for introducing light into rooms located deep in the building. The use of a clerestory and mansard translucent structures of external wall envelope (TSEWE) is possible only on the top floors of building, and side walls TSEWE can be installed in all rooms, located above the ground. From the above it follows that the building facades TSEWE is practically expedient, since they are durable, not labor-consuming to maintain and universal in terms of limitations on the place of their installation. As a result of the research, there has been obtained an analytical expression for determination of the absolute and relative glazed area of TSEWE of any configuration. Since the thermal resistance of TSEWE different parts has a different value, it became impossible to develop analytical expressions for obtaining the relative and absolute areas of glazing, profile and foam filling of the TSEWE of a rectangular configuration.

The next parameter characterizing the energy efficiency of the daylight use is DF, that indicating the ratio of the illumination at the selected point in comparison with lighting from the outside.

The effect of geometrical parameters of rooms and window openings on the value of the daylight factor (DF) in the reference point (RP) on the work surface (WS) is considered in the article. This is important, as while using a window to floor ratio (WFR) and a window to wall ratio (WWR), there is a significant error. Therefore, there are objective difficulties with the unification of the results of studies on the effectiveness of

natural sidelight, which are due to the influence of the size of the room on the DF value in the RP on the WS. The use of the above-mentioned coefficients to evaluate the efficiency of lateral natural light results in the fact that, at constant value of the coefficient, the value of the DF may differ several times. This is because the area of the window opening does not correspond to the area of glazing through which daylight passes into the room. The area of the room does not correspond to the area of the work surface on which it is necessary to provide prescribed by regulations illumination level, and the dimensions of both the room and the work surface are not taken into account in the LF or in the WWR at all.

As a result of the analysis of the DF value dependences on the rooms size and the TSEWE area, it is proposed to use a composite room glazing index (CRGI). It takes into account not only the glazing area of the TSEWE but also the dimensions and area of the work surface. This makes it possible to use the results of studies on the effectiveness of daylighting without binding them to the dimensions of a room. As a result of the approximation of this dependence, an equation describing the relationship between these quantities has been developed. An algorithm that takes into account both the width of the opaque portion of the TSEWE and its proportion has been developed to determine the area of the TSEWE at which the required DF value in the reference point is provided.

The rational use of daylight can significantly reduce the cost of electricity for artificial lighting. The purpose of this research was to investigate the parameters of translucent structures of building envelope, and the value of daylight factor, for which maximum efficiency of daylight usage is achieved in office rooms. The study analyzes the dependence of the office rooms daylight autonomy on the DF value for four European cities. The specific daylight autonomy ($\text{h}/(\text{year} \cdot \text{m}^2)$) of office rooms was found. It was proved, that regardless of the rooms size, the maximum specific daylight autonomy (at illumination of 300 lx, that is prescribed by regulations), with lateral daylight, occurs when the DF is in the range of 1.7% to 1.9%. Maxima – at 1.8%. At illumination of 500 lx, the maximum specific daylight autonomy will occur at a daylight factor range of 2.6% to 3.0%. Maxima – at 2.8%.

A study of the parameters affecting the efficiency of lateral daylight was made, especially against the background of the total use of modern energy-efficient windows, has not lost its relevance.

Issues addressed of the influence of orientation, thermal resistance, and the coefficient of relative penetration of solar radiation (CRPSR) of the translucent structures of exterior wall envelope (TSEWE) on total heat loss during the heating period and its inflow in the cooling period was studied. The aim of this study directed to determine the effect of both thermal resistance and CRPSR on the electricity consumption to compensate for heat losses and heat revenues through the TSEWE. As a result of research received the dependence of electricity consumption on the heating and cooling of the office space, from the CRPSR, the thermal resistance for different orientation of the TSEWE for the city of Ternopil. The obtained results made it possible to determine the conditions under which energy savings will be achieved, taking into account the reduction in its consumption for artificial lighting.

Based on the obtained results of determination of the daylight autonomy of and existing expressions for determining heat loss and gain of the solar radiation through the TSEWE in the heating period, and excess heat supply in the cooling period for Ternopil, obtained expressions allowed one to determine the parameters for which the installation of the TSEWE allows to reduce the rooms total energy consumption.

As a result of the above calculations, inequalities are obtained for determining the conditions for the positive effect of the TSEWE properties on the rooms total energy balance for Ternopol, for TSEWE of various orientations.

The next stage of the work was the study of the economic and energy efficiency of the artificial lighting control systems, with the help of astronomical relays and motion sensors, by various types of light sources for the for stairwells (stair landings and staircases) of multistory residential buildings. The analysis of the residents' monthly movement intensity of the 9-story residential buildings through the buildings entrance, doorways, and apartment doors was carried out. The economic and energy efficiency of use the artificial lighting control systems with an astronomical relays and motion sensors with different types of light sources was determined. Regardless of the light

sources' type, the astronomical relay's use leads to reduction in the electricity consumption of artificial lighting in 43.31% – 50.52%. Moreover, the motion sensors' use on stairwells leads to a significant reduction in electrical energy consumption: in a case of halogen lamps – by 97.73%, compact fluorescent lamps – by 95.27%, light-emitting diodes lamps – by 93.98%. For the first time, the data of 9-story residential buildings inhabitants' traffic intensity through the first-floor doorway for the Ternopil city, Ukraine has been carried out.

From the economic efficiency point of view, the situation is somewhat different. For the considered need for the establishment of nine motion sensors, the economic effect of their use is significantly reduced. So, when the astronomical relay is installed, the cost of ownership decreases for 10 years: from IL – by 50.04%, HL – by 50.05%, CFL – by 46.38% and LED – by 43.98%, whereas when using motion sensors with IL – by 86.70%, HL – by 84.40%, CFL – by 46.62% and LED – by 15.70%.

The scientific novelty of the study lies in the scientific substantiation and solution of an important scientific and technical problem of increasing the adequacy of energy efficiency assessment of lateral daylight based on an overnight account of many factors that significantly affect its qualitative and quantitative parameters during operation. The following scientific results were obtained:

1. It is obtained the analytical expressions for determining the relative and absolute values of the TSEWE glazing profile and foam filling area, of a rectangular shape TSEWE with any predetermined TSEWE coordination index, which makes it possible to determine the optimal, from the maximum glazing area point of view, their sizes.

2. The expression for the consolidated index of the glazing of a room is obtained, which makes it possible to determine the area of the TSEWE at which the prescribed by regulations value of the DF is provided without being tied to certain dimensions of the room. This expression takes into account the area of glazing the TSEWE, the WS area, as well as the depth and width of the room. An algorithm for calculating the window sill area has been developed to provide a prescribed by regulations DF value in non-shadowed rooms of arbitrary dimensions. This algorithm allows determining the area of

a single-section TSEWE at which the prescribed by regulations value of the DF in the RP and, consequently, throughout the WS will be ensured

3. A technique for determining the TSEWE area at which the required DF value is provided has been developed.

4. It has been proven that for different sizes of rooms, the nature of the DF change relative to proportions is not synchronous. As can be seen from the obtained results, on the same intervals of proportions and with the same sizes of rooms, the DF increases, whereas in other cases it decreases.

5. As a result of the research, it was found that the highest efficiency of daylight usage in office rooms lighting, with prescribed by regulations illumination of 300 lx, will have a DF values range of 1.7% to 1.9%. For a value of 1.8% – it is maxima. At a illumination of 500 lx, maximum efficiency of TSBE usage is observed, with DF values of 2.6% to 3.0% and maxima at 2.8%.

6. The expression is obtained for determining the daylight autonomy, for a prescribed by regulations illumination value of 300 lx, for rooms of various sizes with different TSEWE areas.

7. It was found, that using of motion sensors on stairwells leads to a significant reduction in electricity consumption: when using IL – in 97.95, HL – in 97.73%, CFL – in 95.27%, LED – in 93.98%, while regardless of the type of the LS, using the astronomical relay leads to a reduction in the electricity consumption of artificial lighting in 49.31% - 50.58%.

The practical significance of the results: based on the results of experimental research, theoretical generalizations and developments, decide whether there are problems that have important applied value:

1. Obtained results help calculate the minimum glazing area of the TSEWE to provide a prescribed by regulations DF value with a standard deviation of 0.894, based solely on the dimensions of the room. This is a prerequisite for using the obtained results in the development of buildings normative documents.

2. Expressions are obtained for determining the daylight autonomy, for 300 lx illumination value, for rooms of various sizes with different TSEWE areas. These expres-

sions make it possible to determine the duration of the provision of prescribed by regulations illumination in office rooms. It makes possible to calculate the energy efficiency of side daylighting using.

3. It was obtained the analytical expressions of determination of the parameters of the TSEWE, at which the positive effect on the energy balance of the room is blamed.

4. It has been conducted the experimentally determined the residents' movement intensity through the doorway of the 9-story buildings first floor for three-hour time intervals from 7:00 to 22:00 and a 9-hour interval from 22:00 to 07:00 during the year. The obtained data make it possible to determine the energy and economic efficiency of using the artificial lighting control system with motion sensors.

Key words: daylight factor, combined lighting, daylighting, office rooms lighting, daylight autonomy, specific daylight autonomy, lighting control system, translucent structures of exterior wall envelope, glazing, heat revenues, heat losses, intensity of residents' motion, composite room glazing index.

Список публікацій здобувача за темою дисертації

1. Burmaka, V., Tarasenko, M., Kozak, K., Khomyshyn, V. (2018). Definition of a composite index of glazing rooms. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4(10 (94)), 22-28. ISSN: 1729-4061. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.141018> (Індексується в Scopus).

2. Burmaka, V., Tarasenko, M., Kozak, K., Khomyshyn, V., Sbat, N. (2020). Economic and energy efficiency of artificial lighting control systems for stairwells of multistory residential buildings. *Journal of Daylighting*, 7(1), 72-88. ISSN: 2383-8701. <http://dx.doi.org/10.15627/jd.2020.8> (Індексується в Scopus).

3. Burmaka, V., Tarasenko, M., Kozak, K., Omeiza, L.A. Sabat, N. (2020). Effective use of daylight in office rooms, *Journal of Daylighting* 7(2), 154-166. ISSN: 2383-8701. <https://dx.doi.org/10.15627/jd.2020.15> (Індексується в Scopus).

4. Tarasenko, M., Burmaka, V., Kozak, K. (2018). Dependences of relative and absolute glazed area from configuration and common areas of window embrasure. *Sci-*

entific Journal of TNTU. – Tern.: TNTU, 89(1), 122-131. ISSN:2522-4433. https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2018.01.122. (Індексується в Index Copernicus).

5. Burmaka, V., Tarasenko, M., Kozak, K., Khomyshyn, V. (2019). Impact of the translucent structures of exterior wall envelope orientation on the energy balance of the premises. *Scientific Journal of TNTU*. – Tern.: TNTU, 94(2), 111-122. ISSN:2522-4433. https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2019.02.111. (Індексується в Index Copernicus).

6. Burmaka, V., Tarasenko, M., Kozak, K., Khomyshyn, V. (2019). Influence of the premises size on the value of the daylight factor at the reference point. *International scientific and practical conference Technical sciences: history, the present time, the future, EU experience Wloclawek, Republic of Poland, September 27-28*, 1, 10-13.

7. Бурмака, В., Тарасенко, М. (2018). Дослідження впливу геометричних параметрів віконних прорізів на коефіцієнт природної освітленості. *Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції «Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій» до 100 річчя з дня заснування НАН України та на вшанування пам'яті Івана Пулюя (100 річчя з дня смерті), 22-24 травня 2018*. – Т.: ТНТУ, 247-248.

8. Бурмака, В.О., Тарасенко, М.Г. (2019). Визначення мінімальної площі застелення для забезпечення нормованого коефіцієнта природної освітленості. *Енергоефективність: наука, технології, застосування: Матеріали IV Всеукраїнської науково-практичної конференції «енергоефективність: наука, технології, застосування». Частина II. Київ, 27 листопада 2019 р.* – Київ: НПУ імені М.П. Драгоманова, 2, 9-13.

9. Бурмака, В.О., Тарасенко, М.Г. (2016). Використання світлових тунелів для збільшення енергоефективності систем освітлення. *Збірник тез доповідей V Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», 17-18 листопада 2016 року*. – Т.: ТНТУ, 2, 148-149.

10. Тарасенко, М.Г., Козак, К.М., Бурмака В.О. (2017). Шляхи підвищення якості та енергоощадності освітлення житлових і нежитлових будівель. *Матеріа-*

ли XX наукової конференції ТНТУ ім. І. Пулюя, 17-18 травня 2017 року. – Т.: ТНТУ, 174-175.

11. Бурмака, В., Тарасенко, М. (2017). Енергоефективність застосування світлопрозорих конструкцій для природного освітлення приміщень. *Матеріали III Всеукраїнської науково-технічної конференції «Теоретичні та прикладні аспекти радіотехніки і приладобудування»*, 8-9 червня 2017 року, – Т.: ТНТУ, 196-198.

12. Тарасенко, М., Бурмака, В., Козак, К. (2018). Залежності відносної площі засклення від загальної площі віконного прорізу. *Materials 6th International Scientific Conference «Lighting and power engineering: history, problems and perspectives»*, 30 січня - 02 лютого 2018 року. – Т.: ФОП Паляниця В.А., 99-100.

13. Burmaka, V.O., Tarasenko M.G., Kozak K.M. (2018). Relative glazing area of window embrasure of triangular configuration. *Збірник тез доповідей VII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій»*, 28-29 листопада 2018 року. – Т.: ФОП Паляниця В. А., 3, 7-8.

14. Бурмака, В.О., Тарасенко, М.Г. (2019). Ефективність використання природного світла в офісних приміщеннях. *Збірник тез доповідей XXI наукова конференція Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя*, 16-17 травня 2019 року, – Т.: ТНТУ, 115-116.

15. Бурмака, В., Тарасенко, М. (2019). Підвищення енергоефективності використання суміщеного освітлення для сходових кліток. *Матеріали IV Міжнародної науково-технічної конференції «Теоретичні та прикладні аспекти радіотехніки, приладобудування і комп'ютерних технологій»* присвячена 80-ти річчю з дня народження професора Я.І. Проця, 20-21 червня 2019 року. – Т.: ФОП Паляниця В. А., 273-277.

16. Бурмака, В.О., Тарасенко, М.Г. (2019). Залежність теплотехнічних параметрів світлопрозорих зовнішніх огорожувальних конструкцій від їх площі. *Зелене будівництво: Матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції*. – Миколаїв: Торубара В.В., 83-85.

17. Бурмака, В.О., Тарасенко, М.Г. (2019). Вплив товщини зовнішньої огорожувальної конструкції на величину КПО в розрахунковій точці. *XIII Міжнародна науково-практична конференція магістрантів та аспірантів «Теоретичні та практичні дослідження молодих науковців» (19-22 листопада 2019 року): матеріали конференції* / за ред. проф. Є.І. Сокола. – Харків: НТУ «ХПІ», 175-176.

18. Бурмака, В.О., Тарасенко, М.Г. (2019). Дослідження енергоефективності використання природного освітлення. *Збірник тез доповідей VIII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», 27-28 листопада 2019 року.* – Т.: ТНТУ, 3, 14-15.

19. Бурмака, В.О., Тарасенко, М.Г. (2020). Енергоощадний вплив світлопрозорих зовнішніх огорожувальних конструкцій на енергетичний баланс офісного приміщення. *Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції «Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій» до 60-річчя з дня заснування Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя та 175-річчя з дня народження Івана Пулюя, 14-15 травня 2020 року.* – Т.: ТНТУ, 196-198.

20. Бурмака В.О., Тарасенко М.Г. Екологічні аспекти освітлення сходів багатоквартирних житлових будинків. *Проблеми та перспективи розвитку сучасної науки: збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції молодих науковців, аспірантів і здобувачів вищої освіти, м. Рівне, 21-22 травня 2020 року: у 2 ч. Ч. 1. Рівне: НУВГП, 2020, 14-16.*