

УДК 628.87:536.33

РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРНОЇ ПРОГРАМИ ДЛЯ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У СУОП ПРИ ПРОЕКТУВАННІ І ВПРОВАДЖЕННІ СИСТЕМ З ГІВ

КАСЬЯНОВ М. А.^{1*}, *д.т.н., проф.*,

ГУНЧЕНКО О. М.², *к.т.н., доц.*,

САВЧЕНКО І. В.³, *к.т.н., доц.*,

КОРИННИЙ В. І.⁴, *викладач.*

^{1*} Кафедра охорони праці і навколишнього середовища, Київський Національний університет будівництва і архітектури, Повітрофлотський проспект, 31, 03680, Київ, Україна, тел. +38(044)2449614, e-mail: kasyanov_n_a@ukr.net

² Кафедра безпеки життєдіяльності та охорони праці, Державний університет телекомунікацій, вул. Солом'янська, 7, 03680, Київ, Україна

³ Кафедра промислового транспорту, Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, Радянський проспект, 59 а, 93406, Северодонецьк, Україна

⁴ Кафедра охорони праці і навколишнього середовища, Київський Національний університет будівництва і архітектури, Повітрофлотський проспект, 31, 03680, Київ, Україна

Анотація. *Мета.* Аналіз результатів наукових робіт свідчить про те, що дотепер не існує єдиної точки зору відносно припустимої норми опромінення людини при використанні систем з газовими інфрачервоними випромінювачами (ГІВ), методи розрахунку не враховують їх спектральні характеристики, спрямовані на приблизне визначення потужності цих систем і не дають можливості оптимізувати розміщення ГІВ з урахуванням впливу на організм людини. У зв'язку з цим доцільним є виконання не тільки дослідження впливу їх характеристик на параметри мікроклімату у виробничих приміщеннях, опромінення і теплообмін людини, а і розробка комп'ютерної програми для підтримки прийняття рішень у системі управління охороною праці (СУОП) при проектуванні і впровадженні систем з ГІВ. *Методика.* Запропоновано алгоритм моделювання розробленої комп'ютерної програми, який складається з послідовних кроків, що ведуть до вирішення поставлених задач: оцінки можливого негативного впливу на організм людини-оператора на робочих місцях систем з ГІВ з-за порушення нормативних вимог; раціонального розміщення ГІВ для забезпечення нормованих параметрів мікроклімату та теплового опромінення людини-оператора; отримання розподілу температурних полів при променистому опаленні в залежності від будівельно-планувальних особливостей. В основу покладена ідея використання блок-схеми причинно-наслідкового зв'язку при розробці схеми розміщення ГІВ у виробничому приміщенні з урахуванням теплового опромінення людини-оператора. *Результати.* Розроблена комп'ютерна програма складається з трьох частин – моделювання виробничого приміщення, редагування розміщення ГІВ і виводу рішень, а алгоритм її моделювання - з послідовних кроків, які призводять до вирішення поставлених задач, у т.ч. визначення: кутових коефіцієнтів опромінення з метою раціонального розміщення ГІВ для забезпечення нормованих параметрів мікроклімату та теплового опромінення людини-оператора; розподілу полів щільності теплового потоку у горизонтальному і вертикальному перетині приміщення у залежності від будівельно-планувальних особливостей; економії теплової енергії при використанні ГІВ для робочих місць. *Наукова новизна.* Удосконалено інформаційно-аналітичну складову СУОП підприємства використанням розробленого програмного продукту для підтримки прийняття рішень при проектуванні і впровадженні систем з ГІВ у виробничих приміщеннях з урахуванням полів теплового опромінення робочих місць, що дозволяє забезпечити виконання вимог нормативних документів з охорони праці і економію енергетичних ресурсів. *Практична значимість.* Розроблений програмний продукт сприяє, як складова інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень, розробці схеми розміщення ГІВ і дозволяє точніше розраховувати параметри мікроклімату виробничих приміщень у процесі проектування їх опалення. Це призводить до зниження витрат палива і тепла, підвищує безпеку життєдіяльності шляхом забезпечення нормованих параметрів мікроклімату у виробничих приміщеннях у холодну пору року і знижує екологічне навантаження на життєве середовище.

Ключові слова: алгоритм моделювання; комп'ютерна програма; газові інфрачервоні випромінювачі; параметри мікроклімату; виробничі приміщення; блок-схема; теплове опромінення; графічна інтерпретація.

РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В СУОТ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И ВНЕДРЕНИИ СИСТЕМ С ГИИ

КАСЬЯНОВ Н. А.^{1*}, *д.т.н., проф.*,

ГУНЧЕНКО О. Н.², *к.т.н., доц.*,

САВЧЕНКО И. В.³, *к.т.н., доц.*,

КОРЕННОЙ В. И.⁴, *преподаватель.*

^{1*} Кафедра охраны труда и окружающей среды, Киевский Национальный университет строительства и архитектуры, Воздухофлотский проспект, 31, 03680, Киев, Украина, тел. +38(044)2449614, e-mail: kasyanov_n_a@ukr.net

² Кафедра безопасности жизнедеятельности и охраны труда, Государственный университет телекоммуникаций, ул. Соломенская, 7, 93680, Киев, Украина

³ Кафедра промышленного транспорта, Восточнoукраинский национальный университет им. В. Даля, Советский проспект, 59 а, 93406, Северодонецк, Украина⁴ Кафедра охраны труда и окружающей среды, Киевский Национальный университет строительства и архитектуры, Воздухофлотский проспект, 31, 03680, Киев, Украина

⁴ Кафедра охраны труда и окружающей среды Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Воздухофлотский проспект, 31, 03680, Киев, Украина

Аннотация. Цель. Анализ результатов научных исследований свидетельствует о том, что до сих пор не существует единой точки зрения относительно допустимой нормы облучения человека при использовании систем с газовыми инфракрасными излучателями (ГИИ), методы расчета не учитывают их спектральные характеристики, направленные на приблизительное определение мощности этих систем и не дают возможности оптимизировать размещение ГИИ с учетом влияния на организм человека. В связи с этим целесообразным является выполнение не только исследования влияния их характеристик на параметры микроклимата в производственных помещениях, облучения и теплообмен человека, но и разработка компьютерной программы для поддержки принятия решений в системе управления охраной труда (СУОТ) при проектировании и внедрении систем с ГИИ. **Методика.** Предложен алгоритм моделирования разработанной компьютерной программы, который состоит из последовательных шагов, ведущих к решению поставленных задач: оценки возможного негативного влияния на организм человека-оператора на рабочих местах систем с ГИИ из-за нарушения нормативных требований; рационального размещения ГИИ для обеспечения нормируемых параметров микроклимата и теплового облучения человека-оператора; получение распределения температурных полей при лучистом отоплении в зависимости от строительно-планировочных особенностей. В основу положена идея использования блок-схемы причинно-следственной связи при разработке схемы размещения ГИИ в производственном помещении с учетом теплового облучения человека-оператора. **Результаты.** Разработанная компьютерная программа состоит из трех частей – моделирование производственного помещения, изменение размещения ГИИ и вывода решений, а также алгоритм ее моделирования из последовательных шагов, которые приводят к решению поставленных задач, в т.ч. определение угловых коэффициентов облучения с целью рационального размещения ГИИ для обеспечения нормируемых параметров микроклимата и теплового облучения человека-оператора; распределения полей плотности теплового потока в горизонтальном и вертикальном сечении помещения в зависимости от строительно-планировочных особенностей; экономии тепловой энергии при использовании ГИИ для рабочих мест. **Научная новизна.** Усовершенствована информационно-аналитическая составляющая СУОТ предприятия использованием разработанного программного продукта для поддержки принятия решений при проектировании и внедрении систем с ГИИ в производственных помещениях с учетом полей теплового облучения рабочих мест, что позволяет обеспечить выполнение требований нормативных документов по охране труда и экономии энергетических ресурсов. **Практическая значимость.** Разработанный программный продукт содействует, как составляющая интеллектуальной системы поддержки принятия решений, разработке схемы размещения ГИИ и позволяет точнее рассчитывать параметры микроклимата производственных помещений в процессе их проектирования отопления. Это приводит к снижению расхода топлива и тепла, повышает безопасность жизнедеятельности путем создания нормированных параметров микроклимата в производственных помещениях в холодное время года и снижает экологическую нагрузку на среду обитания.

Ключевые слова: алгоритм моделирования; компьютерная программа; газовые инфракрасные излучатели; параметры микроклимата; производственное помещение; блок-схема; тепловое облучение; графическая интерпретация

DEVELOPMENT OF SOFTWARE TO SUPPORT DECISION MAKING IN THE OSH IN DESIGN AND IMPLEMENTATION OF ON GIE

KASYANOV N. A.^{1*}, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,

GUNCHENKO O. N.², *Cand. Sc.*,

SAVCHENKO I. V.³, *Cand. Sc.*,

KORENNOI V. I.⁴, *a teacher.*

Abstract. Purpose. Analysis of the results of scientific research indicates that so far there is no single point of view regarding the permissible norms of human exposure when using systems with gas infrared emitters (GIE), the methods of calculation does not take into account their spectral characteristics, designed to approximate the definition of the power of these systems and not make it possible to optimize the placement of the GIE, taking into account effects on the human body. In this regard, it is appropriate to perform not only the study of the influence of the characteristics of the parameters of the microclimate in industrial premises, irradiation and heat transfer rights, but also the development of a computer program to support decision making in the management of occupational safety and health (OSH) in the design and implementation of systems with the GIE. **Methodology.** The algorithm simulation developed computer program, which consists of a sequence of steps leading to the decision of tasks: evaluation of possible adverse effects on the human operator's workplace systems GIE due to violation of regulations; rational distribution of the GIE for normalized parameters of microclimate and thermal radiation of the human operator; obtaining distribution of temperature fields in the radiant heating, depending on the construction and planning features. It is based on the idea of using block diagrams of a causal relationship in the development of the layout of GIE in the production area, taking into account the thermal radiation of the human operator. **Findings.** A computer program consists of three parts - the simulation of the production facilities, changing accommodation

GIE and output solutions as well as its modeling algorithm of sequential steps that lead to the solution of problems, including determining the angular radiation coefficients for the purpose of rational distribution of GIE for normalized parameters of microclimate and thermal exposure of the human operator; field distribution of the heat flow in the horizontal and vertical cross section of the room, depending on the construction and planning features; thermal energy saving when using the GIE for jobs. **Originality.** Improved information-analytical component of OSH enterprise using the developed software to support decision-making when designing and implementing GIE systems in production facilities taking into account the fields of thermal radiation jobs, which ensures compliance with the requirements of regulations on occupational safety and energy savings. **Practical value.** The developed software facilitates, as a component of intelligent decision support systems, design layout GIE and allows to better calculate the parameters of the microclimate of industrial premises in the process of designing heating. This results in reduced fuel consumption and heat increases the safety of life through the creation of standardized parameters of microclimate in industrial premises during the cold season and reduces the environmental burden on the environment.

Keywords: simulation algorithm; computer program; gas infrared heaters; microclimate parameters; production room; a block diagram; thermal radiation; graphic interpretation

Вступ

У наш час проблема забезпечення нормативних параметрів мікроклімату у виробничих приміщеннях, енергозбереження і екологічної чистоти при використанні систем опалення є однією з найважливіших для промислового комплексу України. В умовах наростаючого дефіциту паливно-енергетичних ресурсів їх економічне використання стає пріоритетним принципом промислової політики поряд з підвищенням якості продукції, що виробляється, відповідно до вимог стандартів ДСТУ ISO 14001: 2006, ДСТУ ISO 9001:2009 і ДСТУ OHSAS 18001:2010 [8-10]. Розробка і використання механізмів, що забезпечують баланс і інтегрування інтересів між цілями підприємства і задачами охорони праці у частині створення нормальних умов для робітників, у т.ч. стосовно параметрів мікроклімату у виробничих приміщеннях, дозволить модернізувати виробництво і досягти конкурентних переваг.

У кліматичних умовах України велика частка енергетичних витрат приходить на системи та установки опалення, що пов'язане, передусім, з тим, що більшість виробничих приміщень характеризуються великими розмірами через габарити обладнання або складальних одиниць, недостатніми теплотехнічними властивостями і наявністю не задіяних у виробничому процесі площин [4]. У зв'язку з цим їх децентралізація економічно та екологічно виявляється більш вигідною, а інфрачервоне (ІЧ) газове опалення дозволяє підтримувати необхідні температурні параметри у приміщенні при менших витратах палива.

Перехід машинобудівних підприємств і підприємств будівельної галузі на системи опалення з ГВ виходить за межі технічної сторони у галузь великої економіки, оскільки фізичний знос обладнання систем теплопостачання досягнув 80...100% і промислові споживачі тепла постали перед необхідністю значних капітальних інвестицій у їх оновлення. При впровадженні таких систем у порівнянні з існуючими досягається і економія палива, тому що вони мають досить високий ККД – 40...60%, можливість автоматичного регулювання температури повітря у приміщенні, надійність, безпеку і простоту обслуговування, прийнятне співвідношення між ціною

і корисним значенням, довговічність, не займають корисну площу, при них відсутнє активне переміщення повітряних мас, що вирішує проблему вторинної запиленості і протягів, знижується екологічна навантага на життєве середовище [15].

Дослідження показників, що використовуються при розрахунку систем газового ІЧ опалення, які враховують не тільки теплообмін у виробничому приміщенні, а і параметри мікроклімату, слугуватимуть удосконаленню науково обгрунтованої методики прогнозування теплового режиму при проектуванні систем з оптимізацією розташування ІЧ випромінювачів [12]. Їх впровадження забезпечує зниження витрат теплової енергії в середньому на 30...40% і матеріальних ресурсів на технічну частку систем у середньому – на 10...15% у порівнянні з найбільш прогресивними системами конвекційного опалення [16-17].

У даний час особливої актуальності набувають три питання, пов'язані з методологією використання систем ІЧ опалення – це характеристики його можливого негативного впливу на організм людини, а також наслідки їх використання з точки зору енергетичної ефективності з врахуванням асиметрії опромінення, поглинання теплового випромінювання повітрям, вуглекислим газом, паром води та пилом, і відведення продуктів згоряння газу з виробничих приміщень, з яких випливає, у свою чергу, питання щодо оптимізації параметрів такого опалення. У зв'язку з цим вважається за доцільне виконання досліджень впливу характеристик ІЧ випромінювачів на параметри мікроклімату у виробничих приміщеннях, стан і теплообмін людини [6, 7, 11, 18, 20-23].

Стаття написана відповідно до завдань концепції «Загальнодержавної соціальної програми поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища на 2014-2018 роки», затвердженої Законом України від 4 квітня 2013 року № 178-VII, а також відповідно до задач «Комплексної державної програми енергозбереження України», схваленої постановою Кабінету Міністрів України від 5.02.1997 р. №148, «Галузевої програми поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища на підприємствах та організаціях, які належать до сфери управління Держрезерву України на 2014-2018 роки», затвердженої наказом Державного агентства резерву

України 11 грудня 2013 року N 220 шляхом наукового обґрунтування напрямів вирішення задач поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища [1, 4, 5, 26].

Мета дослідження

Метою статті є пошук методів і засобів підвищення життєдіяльності у виробничому приміщенні визначенням впливу систем з ГВ на показники його мікроклімату і променевого опромінення людини-оператора шляхом моделювання теплового режиму з урахуванням особливостей теплообміну між людиною і ГВ та поверхнями внутрішніх огорожень для забезпечення їх нормованих значень та економії енергетичних ресурсів [2, 3, 19, 25, 27-29].

Відповідно до мети визначено задачі дослідження, заключною з яких є розробка прикладної комп'ютерної програми для інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень при проектуванні і впровадженні систем з ГВ у виробничих приміщеннях на машинобудівних підприємствах з урахуванням опромінення людини-оператора [19, 24].

Ідея роботи полягає у вдосконаленні розрахункових моделей визначення полів щільності випромінювання ГВ і теплової навантаги людини-оператора у виробничому приміщенні з урахуванням необхідності виконання вимог нормативних документів щодо параметрів мікроклімату і теплового опромінення.

Методика

Запропоновано алгоритм моделювання розробленої комп'ютерної програми, який складається з послідовних кроків, що ведуть до вирішення поставлених задач: оцінки можливого негативного впливу на організм людини-оператора на робочих місцях систем з ГВ з-за порушення нормативних вимог; раціонального розміщення ГВ для забезпечення нормованих параметрів мікроклімату та теплового опромінення людини-оператора; отримання розподілу температурних полів при променистому опаленні в залежності від будівельно-планувальних особливостей; економії теплової енергії при використанні ГВ для робочих місць. В основу покладена ідея використання блок-схеми причинно-наслідкового зв'язку при розробці схеми розміщення ГВ у виробничому приміщенні з урахуванням теплового опромінення людини-оператора.

Результати

Практичне значення отриманих результатів полягає у вдосконаленні методу визначення необхідної теплової потужності ГВ і схеми їх розміщення з урахуванням впливу на поглинання теплового випромінювання променево-конвективного теплообміну висоти підвісу ГВ, геометричних параметрів виробничого приміщення, будівельно-планувальних рішень, необхідної кратності повітрообміну, вологості і запиленості повітря та

нормованих параметрів мікроклімату і опромінення людини-оператора.

Цей метод, а також розроблений програмний продукт сприяють, як складові інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень, розробці схеми розміщення ГВ і дозволяють точніше розраховувати параметри мікроклімату виробничих приміщень у процесі проектування їх опалення, оскільки уточнення особливостей процесу впливу ІЧ випромінювання на теплообмін у приміщенні і на організм людини у більш повній мірі відображає зазначений процес [2, 3, 11, 12]. Це призводить до зниження витрат палива і тепла, підвищується безпека життєдіяльності шляхом створення нормованих параметрів мікроклімату у виробничих приміщеннях у холодну пору року і знижується екологічне навантаження на життєве середовище.

Використання інтелектуальних систем є необхідною умовою ефективної роботи промислових підприємств внаслідок того, що виробнича галузь потребує оперативної обробки інформації та використання результатів її аналізу в процесі своєї діяльності [14]. Розробка повноцінної системи прийняття рішень з охорони праці та попередження професійних захворювань являє собою ключовий крок у переході виробництва на рівень сучасних вимог відповідно до діючого Євростандарту [10]. При цьому проектування і реконструкція опалення без порушення технологічного циклу підприємства з необхідністю дотримання нормативних параметрів з охорони праці, особливо якщо мова йде про великі промислові об'єкти – один з найбільш важливих і тривалих етапів технічної підготовки виробничого комплексу [19, 20].

Незважаючи на значні досягнення в галузі штучного інтелекту на даний момент особі, що приймає рішення у системі управління охороною праці машинобудівного підприємств складно працювати з великими масивами інформації взагалі і, зокрема, при проектуванні і оснащенні виробничих приміщень системами з ГВ. Розробка нових проектних рішень – процес тривалий і трудомісткий, який вимагає моделювання, проведення експериментів, тестування різних варіантів. У таких умовах домогтися поліпшення санітарно-гігієнічних чинників при впровадженні нових технологічних рішень, устаткування і схем у промислове виробництво можливо при використанні комп'ютерних систем, що дозволяють застосувати накопичений досвід процесу проектування. При цьому існує необхідність класифікувати і систематизувати знання та аналіз проблем при застосуванні прогресивних енергозберігаючих технологій, створювати ефективні інструменти пошуку необхідної інформації та прийняття рішень для забезпечення комфортних умов праці людини-оператора та зменшення ризику його травмування [26].

У системі управління охороною праці підприємств машинобудівного чи будівельного комплексів, спираючись на експертну та інформаційну базу даних в галузі охорони праці і методологічну базу з

розрахунку та використання систем з ГВ, впровадження підтримки прийняття рішень, можливо значно зменшити витрати для вирішення низки завдань, що виникають при забезпеченні нормованих параметрів мікроклімату і теплового опромінення людини-оператора. Але застосування комп'ютерів при розрахунку та оцінці цих параметрів при використанні ГВ поки є обмеженим, внаслідок недостатнього програмного забезпечення [14].

Для перевірки теоретичних досліджень полів опромінення і забезпечення енергозбереження при використанні газового ІЧ випромінювача з довільним його розташуванням стосовно поверхні, що опромінюється, необхідно виконати чисельне моделювання (рис. 1) розрахунку поверхневої щільності енергії, що передається від ГВ до виробничого приміщення.

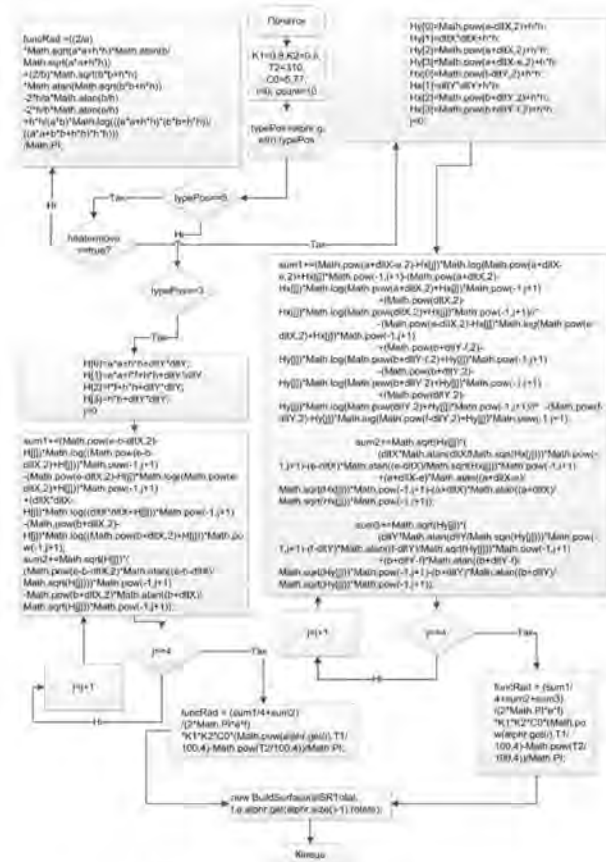


Рис. 1. Алгоритм моделювання / The simulation algorithm

Розроблений алгоритм моделювання і комп'ютерна програма підтримки прийняття рішень при проектуванні систем з ГВ для виробничих приміщень з урахуванням теплового опромінення людини-оператора має діалогову схему, виконує аналіз даних, що вводяться, встановлює значення вагових коефіцієнтів і має можливість виводити варіанти відповідей [13]. Вони забезпечують визначення кутових коефіцієнтів опромінення і графічне зображення побудованих епюр щільності сумарного опромінення або графічний інтерфейс

розподілу температурних полів при променистому опаленні в залежності від будівельно-планувальних особливостей виробничого приміщення. В основу програми покладена ідея використання блок-схеми (рис. 2) причинно-наслідкового зв'язку при розробці схеми розміщення ГВ, за умови виконання нормативних вимог по величині опромінення людини-оператора.

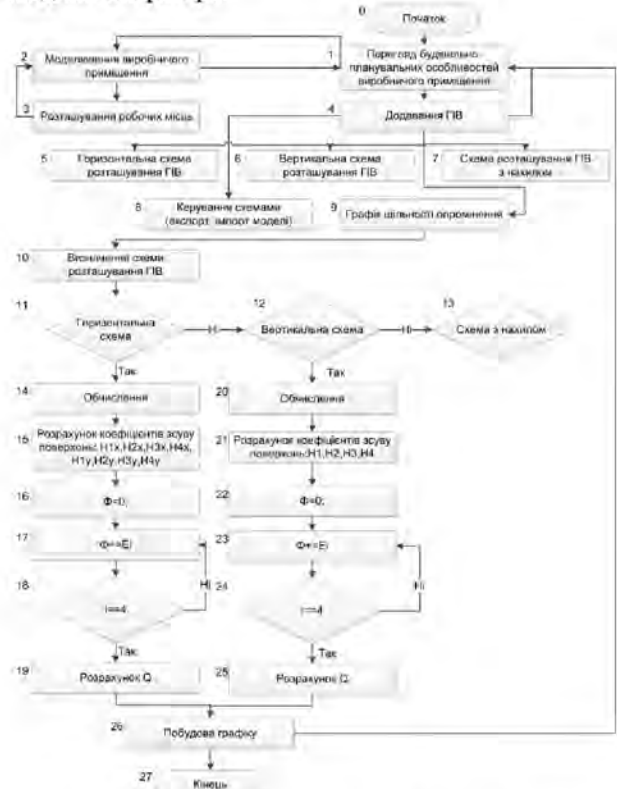


Рис. 2. Блок-схема програми підтримки прийняття рішень при розробці схеми розміщення ГВ у виробничому приміщенні з урахуванням теплового опромінення людини-оператора / The block diagram of the program

При цьому схема програмної підтримки складається із поєднаних визначеними зв'язками блоків, які здійснюють:

- блок 1 – перегляд виробничого приміщення у тривимірному просторі;
- блок 2 – моделювання виробничого приміщення (необхідно обрати галузь виробництва, вказати зовнішню температуру, задати параметри приміщення та коефіцієнт інфільтрації);
- блок 3 – розміщення робочих місць (установка координат у графічному двовимірному редакторі, представлення даних у табличному вигляді);
- блок 4 – додавання ГВ (включає 3 схеми розміщення ГВ) при потребі зміни їх кількості;
- блок 5 – визначення схеми з горизонтальним розміщенням ГВ (крок і відстань між рядами випромінювачів вибирають у залежності від висоти, на якій закріплюється ГВ з урахуванням припустимої нерівномірності опромінення приміщення, задається

тип пальника та температура поверхні випромінюючої панелі);

- блок 6 – визначення схеми розміщення з нахилом ГІВ (задається тип ГІВ та температура поверхні його випромінюючої панелі);

- блок 7 – схема з вертикальним розміщенням ГІВ (задається тип ГІВ та температура поверхні його випромінюючої панелі);

- блок 8 – управління схемами (можливість експорту поточної моделі, імпорту збереженої моделі);

- блок 9 – побудову графіку кількості теплоти;

- блок 10 – визначення схеми розміщення;

- блоки 11, 12, 13 – блоки умовного переходу (необхідно визначити схему розміщення для подальшого обчислення кількості теплоти за алгоритмом відповідно до схеми);

- блок 14 – обчислення кількості теплоти за алгоритмом горизонтальної схеми розміщення;

- блок 15 – розрахунок коефіцієнтів зсуву (дозволять розрахувати коефіцієнти опромінення для поверхонь, зсунутих по відношенню одна до іншої);

- блок 16 – $\varphi=0$ – ініціалізацію змінного коефіцієнту опромінення для кожного ГІВ;

- блок 17 – знаходження коефіцієнта опромінення, де E_i – складова коефіцієнту;

- блок 18 – умовний перехід завершення підсумовування складових коефіцієнту;

- блок 19 – розрахунок кількості теплоти Q ;

- блок 20 – обчислення кількості теплоти за алгоритмом вертикальної схеми розміщення ГІВ;

- блок 21 – розрахунок коефіцієнтів зсуву (дозволять розрахувати коефіцієнти опромінення для поверхонь, зсунутих за відношенням одна до іншої);

- блок 22 – $\varphi=0$ – ініціалізацію змінного коефіцієнту опромінення для кожного ГІВ;

- блок 23 – знаходження коефіцієнта опромінення, де E_i – складова коефіцієнту;

- блок 24 – умовний перехід завершення підсумовування складових коефіцієнту;

- блок 25 – розрахунок кількості теплоти Q ;

- блок 26 – побудову графіку кількості теплоти.

Комп'ютерна програма функціонує на комп'ютерах IBM і сумісна в операційному середовищі Windows XP/Vista/7/8. Для роботи комплексу є необхідним ресурс Java SE Runtime Environment. Розмір необхідної дискової пам'яті залежить від розмірності і класу вирішуваних завдань і повинен бути достатній для розміщення вихідних даних, робочих файлів і результатів розрахунку.

На етапі моделювання виробничого приміщення через відповідне вікно вибирається галузь виробництва, зовнішня температура, геометричні параметри приміщення, коефіцієнт інфільтрації і вносяться будівельно-планувальні особливості виробничого приміщення. Програма здійснює аналіз даних, що були введені, та встановлює значення вагових коефіцієнтів, планує розташування обладнання і робочих місць з можливістю зміни їх кількості додаванням чи видаленням (рис. 3).

На другому етапі здійснюється редагування розміщення ГІВ за їх характеристиками, оскільки контекстне меню створює можливість для їх додавання або видалення на етапі проектування та редагування їхніх характеристик. В програмі передбачена можливість додати автоматично кілька ГІВ на стелю або стіни з зазначенням відстані між ними по вісях X, Y та висоти розміщення.

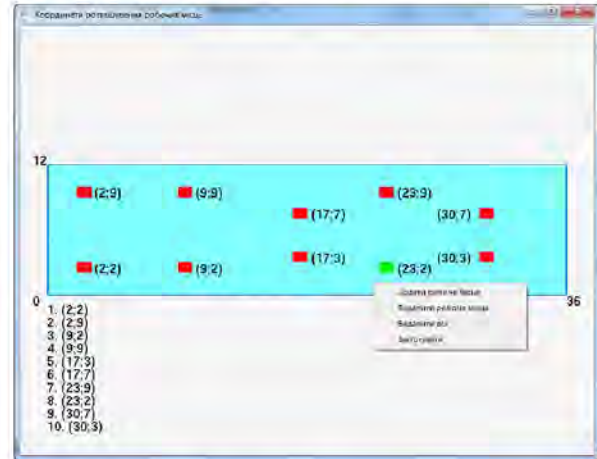


Рис. 3. Діалогове вікно коригування розміщення робочих місць / Dialog adjustments to accommodate jobs

На етапі виводу рішення програма виконує розрахунок теплового навантаження приміщення та графічні інтерпретації епюри сумарного опромінення поверхні (рис. 4), у залежності від геометричних параметрів розміщення ГІВ і конкретних робочих місць, з точки зору визначення можливого його перевищення нормованого значення згідно з ДСН 3.3.6.042-99.

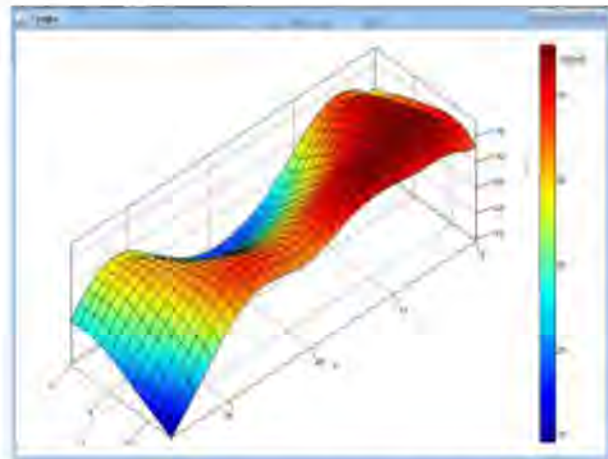


Рис. 4. Графічна інтерпретація епюри сумарного опромінення поверхні / Graphical interpretation of plots the total exposure of the surface

На будь-якому етапі роботи із схемою приміщення користувачеві доступна широка гама засобів коригування і редагування геометрії розрахункової схеми, що включає різні функції видалення, переносу,

копіювання та доповнення як окремих вузлів та елементів, так і їх груп.

Наукова новизна

Удосконалено інформаційно-аналітичну складову системи управління охороною праці підприємств використанням розробленого програмного продукту для підтримки прийняття управлінських рішень при проектуванні і впровадженні систем опалення з газовими інфрачервоними випромінювачами у виробничих приміщеннях з урахуванням полів теплового опромінення робочих місць, що дозволяє забезпечити виконання вимог нормативних документів з охорони праці і економію енергетичних ресурсів.

Висновки

У результаті виконаного дослідження удосконалено розрахункову модель забезпечення нормованих параметрів мікроклімату при використанні ГІВ у виробничих приміщеннях підприємств машинобудівної та будівельної галузі і

розроблено комп'ютерну програму, яка дозволяє отримати суттєву інформацію, вкрай необхідну при підтримці прийняття управлінських рішень у СУОП, і придатну на етапі, як проектування нових, так і аналізу існуючих систем, для урахування нормативних параметрів мікроклімату і теплового опромінення людини-оператора, що дозволяє уникнути необхідності здійснення дорогих натурних випробувань. Формування вихідних документів, як текстових, так і графічних, надає підсистема документування, що дозволяє сформулювати повний звіт про виконаний розрахунок. Передбачена можливість адаптації комп'ютерної програми під умови конкретного виробничого приміщення, що забезпечує коректність розрахунків енергетичних потреб і надає нові можливості для підтримки управлінських рішень при впровадженні ефективної політики щодо забезпечення вимог охорони праці і енергозбереження на рівні підприємства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ / REFERENCES

1. Аналіз страхових нещасних випадків на виробництві та профзахворювань за 2014 рік. – Режим доступу: <http://www.social.org.ua/view/4787>.

Analiz strahovyh neshhasnyh vypadkiv na vyrobnytctvi ta profzahvorjvan' za 2014 rik. – Rezhym dostupu: <http://www.social.org.ua/view/4787>.

2. Беликов А. С. Некоторые аспекты оптимизации исследований условий труда по микроклимату в промышленной индустрии / А. С. Беликов, С. Ю. Рагимов, В. Д. Акиншин // Будівництво, матеріалознавство, машинобудування. – Дніпропетровськ, 2010. – Вип. 52. – Ч. 2. – С. 3-9.

Belikov A. S. Nekotorye aspekty optimizacii issledovanij uslovij truda po mikroklimatu v promyshlennoj industrii / A. S. Belikov, S. Ju. Ragimov, V. D. Akin'shin // Budivnyctvo, materialoznavstvo, mashynobuduvannja. – Dnipropetrovsk, 2010. – Vyp. 52. – Ch. 2. – S. 3-9.

3. Беликов А. С. Исследование термодинамической напряженности на рабочих местах с высоким тепловыделением / А. С. Беликов, С. Ю. Рагимов, Г. Г. Капленко, В. И. Кравчук // Научно-технический сборник Харьковского национального университета им. А. М. Бекетова «Коммунальное хозяйство городов». – Харьков, 2011. – Вип. 99. – С. 3-8.

Belikov A. S. Issledovanie termodinamicheskoj naprjazhennosti na rabocnih mestah s vysokim teplovydeleniem / A. S. Belikov, S. Ju. Ragimov, G. G. Kaplenko, V. I. Kravchuk // Nauchno-tehnicheskij sbornik Har'kovskogo nacional'nogo universiteta im. A. M. Beketova «Kommunal'noe hozjajstvo gorodov». – Har'kov, 2011. – Vip. 99. – S. 3-8.

4. Галузева програма поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища на 2008-2012 рр. Міністерства політики України, затверджена Наказом Міністерства промислової політики України 30.09.2008 р. № 615. – Режим доступу:

<http://www.uapravo.net/akty/ministerstwaresolution/akt3dydq4g/index.htm>.

Galuzeva programa polipshennja stanu bezpeky, gigijeny pracj ta vyrobnychoho sredovyshha na 2008-2012 rr. Minprompolityky Ukraїny, zatverdzhena Nakazom Ministerstva promyslovoi' polityky Ukraїny 30.09.2008 r. № 615. – Rezhym dostupu: <http://www.uapravo.net/akty/ministerstva-resolution/akt3dydq4g/index.htm>.

5. Державні будівельні норми ДБН В.2.5-20-2001. Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Газопостачання. – Введ. 2001-08-01 // Держбуд України. – Київ, 2001. – 131 с.

Derzhavni budivel'ni normy DBN V.2.5-20-2001. Inzhenerne obladnannja budynkiv i sporud. Zovnishni merezhi ta sporudy. Gazopostachannja. – Vved. 2001-08-01 // Derzhbud Ukraїny. – Kyїv, 2001. – 131 s.

6. Державні санітарні норми ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. – надано чинності 1999-01-12. – Київ: Держспоживстандарт України, 1999. – 12 с.

Derzhavni sanitarni normy DSN 3.3.6.042-99. Sanitarni normy mikroklimatu vyrobnychyh prymishhen'. – nadano chynnosti 1999-01-12. – Kyїv: Derzhspozhyvstandart Ukraїny, 1999. – 12 s.

7. Державні санітарні норми та правила. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу / затв. Наказом Міністерства охорони здоров'я України N 248 від 08.04.2014 р. – Режим доступу: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/RE25249.html.

Derzhavni sanitarni normy ta pravyla. Gigijenichna klasyfikacija pracj za pokaznykamy shkidyvosti ta nebezpechnosti faktoriv vyrobnychoho sredovyshha, vazhkosti ta napruzhenosti trudovogo procesu / zatv. Nakazom Ministerstva ohorony zdorov'ja Ukraїny N 248 vid 08.04.2014 r. Rezhym dostupu: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/RE25249.html.

8. Державний стандарт України ДСТУ ISO 14001:2006. Системи екологічного керування. Вимоги та настанови щодо застосування (ISO 14001:2004, IDT). – Режим доступу: <http://document.ua/docs/tdoc14235.php>.
- Derzhavnyj standart Ukrainy DSTU ISO 14001:2006. Systemy ekologichnogo keruvannja. Vymogy ta nastanovy shhodo zastosovuvannja (ISO 14001:2004, IDT). – Rezhym dostupu: <http://document.ua/docs/tdoc14235.php>.
9. Державний стандарт України ДСТУ ISO 9001:2009 (ISO 9001:2008, IDT). Системи управління якістю. Вимоги. – Режим доступу: <http://3umf.com/doc/3736/>.
- Derzhavnyj standart Ukrainy DSTU ISO 9001:2009 (ISO 9001:2008, IDT). Systemy upravlinnja jakistju. Vymogy. – Rezhym dostupu: <http://3umf.com/doc/3736/>.
10. Державний стандарт України ДСТУ OHSAS 18001:-2010. Системи управління гігієною та безпекою праці. Вимоги. – Режим доступу: <http://document.ua/docs/tdoc24609.php>.
- Derzhavnyj standart Ukrainy DSTU OHSAS 18001:-2010. Systemy upravlinnja gigijenoju ta bezpekoju pracj. Vymogy. – Rezhym dostupu: <http://document.ua/docs/tdoc24609.php>.
11. Касьянов М. А. Визначення опромінення окремих частин тіла людини-оператора при використанні інфрачервоного газового опалення / М. А. Касьянов, В. О. Медяник, О. М. Гунченко, І. В. Савченко // Збірник наукових праць Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля «Ресурсозберігаючі технології виробництва та обробки тиском матеріалів у машинобудуванні». – Луганськ, 2009. – С. 333-339.
- Kas'janov M. A. Vyznachennja oprominennja okremnyh chastyn tila ljudyny-operatora pry vykorystanni infrachervonogo gazovogo opalennja / M. A. Kas'janov, V. O. Medjanyk, O. M. Gunchenko, I. V. Savchenko // Zbirnyk naukovykh prac' Shidnoukrai'ns'kogo nacional'nogo univrsytetu im. V. Dalja «Resursozberigajuchi tehnologii' vyrobnictva ta obrobky tyskom materialiv u mashynobuduvanni». – Lugans'k, 2009. – S. 333-339.
12. Касьянов М. А. Обґрунтування необхідності введення додаткових критеріїв комфортності при використанні у виробничих приміщеннях газових інфрачервоних випромінювачів (ГТВ) / М. А. Касьянов, І. В. Савченко // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – Луганськ, 2012. – № 3 (174). – С. 79-86.
- Kas'janov M. A. Obgruntuvannja neobhidnosti vvedennja dodatkovykh kryterijv komfortnosti pry vykorystanni u vyrobnichykh primishhenjah gazovyh infrachervonyh vyprominjувачiv (GTV) / M. A. Kas'janov, I. V. Savchenko // Visnyk Shidnoukrai'ns'kogo nacional'nogo univrsytetu im. V. Dalja. – Lugans'k, 2012. – № 3 (174). – S. 79-86.
13. Касьянов М. А., Комп'ютерна програма «Інтелектуальна система підтримки прийняття рішень при розробці схеми розміщення газових інфрачервоних випромінювачів у виробничому приміщенні з урахуванням теплового опромінення людини-оператора» / М. А. Касьянов, І. В. Савченко, В. Д. Рябічев // Свідчення про реєстрацію авторського права на твір № 53534. Дата реєстрації 06.02.2014.
- Kas'janov M. A., Komp'juterna programa «Intelektual'na sistema pidtrymky pryjnjattja rishen' pry rozrobci shemy rozmishhennja gazovyh infrachervonyh vyprominjувачiv u vyrobnichomu primishhenni z urahuvannjam teplovogo oprominennja ljudyny-operatora» / M. A. Kas'janov, I. V. Savchenko, V. D. Rjabchev // Svidoctvo pro rejestraciju avtors'kogo prava na tvir № 53534. Data rejestracij 06.02.2014.
14. Кружалько О. Є. Наукові засади оперативного управління охороною праці: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.26.01 / Кружалько Олег Євгенович; Національний науково-дослідний інститут промислової безпеки та охорони праці. – Київ, 2011. – 36 с.
- Kruzhylko O. Je. Naukovi zasady operatyvnoho upravlinnja ohoronoju pracj: avtoref. dys. ... dokt. tehn. nauk: 05.26.01 / O. Je. Kruzhylko; Nacional'nyj naukovo-doslidnyj instytut promyslovoi' bezpeky ta ohorony pracj. – Kyj'v, 2011. – 36 s.
15. Корончик Д. А. Обеспечение допустимых параметров производственного микроклимата участков повышенной загазованности машиностроительных предприятий: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.26.01 / Корончик Денис Алексеевич; Донской государственный технический университет. – Ростов-на-Дону, 2013. – 20 с.
- Koronchik D. A. Obespechenie dopustimyh parametrov proizvodstvennogo mikroklimata uchastkov povyshennoj zagazovannosti mashinostroitel'nyh predprijatij: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk: 05.26.01 / Koronchik Denis Alekseevich; Donskoj gosudarstvennyj tehniceskij universitet. – Rostov-na-Donu, 2013. – 20 s.
16. Михайлова Л. Ю. Разработка методики расчета радиационного отопления зданий производственного назначения: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.03 / Михайлова Лариса Юрьевна; Тюменский государственный архитектурно-строительный университет. – Тюмень, 2006. – 20 с.
- Mihajlova L. Ju. Razrabotka metodiki rascheta radiacionnogo otoplenija zdanij proizvodstvennogo naznachenija: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk: 05.23.03 / Mihajlova Larisa Jur'evna; Tjumen'skij gosudarstvennyj arhitektumno-stroitel'nyj universitet. – Tjumen', 2006. – 20 s.
17. Мирзоян Ж. В. Особенности газового инфракрасного отопления / Ж. В. Мирзоян, М. А. Масевский // Газовая промышленность. – Москва, 1971. – № 4 - С. 23-25.
- Mirzojan Zh. V. Osobennosti gazovogo infrakrasnogo otoplenija / Zh. V. Mirzojan, M. A. Maevskij // Gazovaja promyshlennost'. – Moskva, 1971. – № 4 - S. 23-25.
18. Ничкова Л. А. Постановка энергетической задачи по воздействию инфракрасного излучения на биологические объекты с целью дозового нормирования / Л. А. Ничкова // Вестник Севастопольского государственного университета. – Севастополь, 2002. – Вып. 36. – С. 207-212.
- Nichkova L. A. Postanovka jenergetičeskoj zadachi po vozdeystviuju infrakrasnogo izluchenija na biologičeskie ob'ekty s cel'ju dozovogo normirovanija / L. A. Nichkova // Vestnik Sevastopol'skogo gosudarstvennogo universiteta. – Sevastopol', 2002. – Vyp. 36. – S. 207-212.
19. Пушенко С. Л. Методология управления рисками и повышения эффективности организации охраны труда на предприятиях стройиндустрии: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.26.01 / Пушенко Сергей Леонардович; ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет». – Волгоград, 2012. – 36 с.
- Pushenko S. L. Metodologija upravlennja riskami i povyšennja jeffektivnosti organizacii ohrany truda na predprijatijah strojindustrii: avtoref. dis. ... dokt. tehn. nauk: 05.26.01 / Pushenko Sergej Leonardovich; FGBOU VPO «Volgogradskij gosudarstvennyj arhitektumno-stroitel'nyj universitet». – Volgograd, 2012. – 36 s.
20. Рагимов С. Ю. Обеспечение безопасности жизнедеятельности на рабочих местах с повышенным тепловым излучением: дис. кандидата техн. наук: 05.26.01 / Рагимов Сергей Юсупович. – Днепропетровск, 2012. – 254 с.
- Ragimov S. Ju. Obespechenie bezopasnosti zhiznedejatel'nosti na rabocih mestah s povyšennym teplovym izlucheniem: dis. kandidata tehn. nauk: 05.26.01 / Ragimov Sergej Jusupovich. – Dnepropetrovsk, 2012. – 254 s.
21. Репин Г. Н. Медицинские аспекты использования газовых горелок инфракрасного излучения для отопления

производственных помещений / Г. Н. Репин, Р. Ф. Афанасьева // Медицина труда и промышленная экология. – 1996. – № 9. – С. 42-45.

Repin G. N. Medicinskie aspekty ispol'zovaniya gazovyh gorelok infrakrasnogo izlucheniya dlja otopleniya proizvodstvennyh pomeshhenij / G. N. Repin, R. F. Afanas'eva // Medicina truda i promyshlennaja ekologiya. – 1996. – № 9. – С. 42-45.

22. Хусаинова Р. Г. Обоснование целесообразности изменения режимов труда и отдыха в условиях охлаждающего микроклимата: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.26.01 / Хусаинова Раина Гафуровна; Нац. минерально-сырьевой ун-т «Горный» – Санкт-Петербург, 2013. – 20 с.

Husainova R. G. Obosnovanie celesoobraznosti izmeneniya rezhimov truda i otdyha v usloviyah ohlazhdajushhego mikroklimata: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk: 05.26.01 / Husainova Ralina Gafurovna; Nac. mineral'no-syr'evoj un-t «Gornyj» – Sankt-Peterburg, 2013. – 20 s.

23. Чесанов Л. Г. Воздействие лучистого теплообмена на человека в помещениях зданий при различных системах обогрева и их оценка / Л. Г. Чесанов, В. О. Петренко, А. О. Петренко // Сборник научных трудов «Строительство, материаловедение, машиностроение». – Днепропетровск, 2005. – № 34. – С. 117-122.

Chesanol L. G. Vozdejstvie luchistogo teploobmena na cheloveka v pomeshhenijah zdaniy pri razlichnyh sistemah obogreva i ih ocenka / L. G. Chesanol, V. O. Petrenko, A. O. Petrenko // Sbornik nauchnyh trudov «Stroitel'stvo, materialovedenie, mashinostroenie». – Dnepropetrovsk, 2005. – № 34. – С. 117-122.

24. Шиванов В. В. Обеспечение теплового режима производственных помещений системами газового лучистого отопления: автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук / В. В. Шиванов. – Нижний Новгород. – 2007. – 23 с.

Shivanov V. V. Obespechenie teplovogo rezhima proizvodstvennyh pomeshhenij sistemami gazovogo luchistogo

otoplenija: avtoref. dis. na soiskanie uch. stepeni kand. tehn. nauk / V. V. Shivanov. – Nizhnij Novgorod. – 2007. – 23 s.

25. Calabrò, E. Thermoheliodome testing: Evaluation methods for testing directed radiant heat reflection [Virtual Resource] / Emanuele Calabrò, Forrest Meggers, Eric Teitelbaum, Hongshan Guo, Claire Gmachl, Germano Maioli Penello. – 6th International building physics conference, IBPC. – 2015. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ibpc2015.org/app/media/uploads/files/papers/IBPC15_ID901_FinalX.pdf.

26. Nikolay Kasyanov. The analysis of existing criteria of the comfortable condition of the person at infra-red heating / Nikolay Kasyanov, Victor Ryabichev, Ivan Savchenko // TEKA Com. Mot. i Energ. Rohn. – OL PAN, 2010. – Vol. XD. – P. 141-147.

27. Jin, X. A calculation method for the floor surface temperature in radiant floor system [Virtual Resource] / Xing Jin, Xiaosong Zhang, Yajun Luo. – School of Energy and Environment, Southeast University. – 2010. – No. 2 Sipailou, Nanjing 210096, PR China. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.uap-seu.com/uploads/201409/540db852c356a.pdf>

28. Luo, Y. Simplified modeling of the infra-red heating involving the air convection effect before the injection stretch blowing molding of PET preform [Virtual Resource] / Y. Luo, L Chevalier, F Utheza, X Nicolas. Material Forming ESAFORM 2014, May 2014, Espoo, Finland. Jari Larkiola, 611 - 612, pp.844-851. - 2014, Key Engineering Materials. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01077292/document>

29. Saedodin, S. Application of net radiation transfer method for optimization and calculation of reduction heat transfer, using spherical radiation shields [Virtual Resource] / S. Saedodin, M. Torabi, J. Moghimi Kandelousi, N. Maghsodloo. IDOSI Publications, Semnan, Iran. - 2010. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.390.7723&rep=rep1&type=pdf>.

Поступила в редколлегию 21.09.2015