

УДК 628.87:697.245.386

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ

РАБИЧ Е. В. ^{1*}, к.т.н., доц.

ЧУМАК Л. А. ^{2*}, к.т.н., доц.

ЛАУХИНА Л.Н. ^{3*}, к.т.н., доц.

РАГИМОВ С.Ю. ^{4*}, к.т.н.

^{1*} Кафедра безопасности жизнедеятельности, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (0562) 46-98-57, e-mail: elena.rabich@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-5600-0470

^{2*} Кафедра высшей математики, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (0562) 46-98-53, e-mail: gurchum@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-3858-8028

^{3*} Кафедра экономической теории и права, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (0562) 46-98-53, ORCID ID: 0000-0003-1404-6811

² Кафедра организации и технического обеспечения аварийно-спасательных работ Национальный университет гражданской защиты Украины, ул. Чернышевского 94, 61023, Харьков, Украина, тел +38 (057) 370-50-52, e-mail: sergragimov@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0572-4465

Аннотация. *Цель.* Исследование условий труда на рабочих местах с избыточным тепловым излучением в настоящий момент имеет ряд сложностей: перегрев приборов и, как следствие, снижение точности измерений, тепловая перегрузка исследователя. Оценка санитарно-гигиенических условий труда с тепловым перенапряжением расчетными методами также сопровождается погрешностями усреднений и обобщений, что в свою очередь приводит к снижению достоверности определяемых параметров. Необходим поиск новых, более совершенных методов изучения нагревательного микроклимата, основанных как на расчетных так и на экспериментальных подходах. *Методика.* Предложенный метод физического моделирования базируется на термическом исследовании энергетической облученности рабочего пространства. Для получения достоверных результатов был сформулирован следующий критерий: создаваемый прибор должен установить максимально правильные значения интенсивности теплового облучения и угла, под которым будет виден источник излучения с точки, расположенной на любом безопасном расстоянии от источника. *Результаты.* Предложен алгоритм измерений терморрадиационной напряженности на рабочих местах. Разработана и протестирована установка для светового моделирования. Обнаружена причина значительной погрешности при многократных измерениях высокоинтенсивных тепловых потоков. Предложена конструкция приемной головки для измерения лучистых потоков, позволяющая изменять угол визирования от 5° до 140° и снизить материалоемкость устройства. Проанализированы систематические составляющие, связанные с подобием световой модели и угловой ориентацией датчика - приемной головки фоновой засветки. *Научная новизна.* Предложен безопасный метод светового моделирования параметров нагревательного микроклимата. Усовершенствована установка физического моделирования энергетической освещенности, разработана более совершенная конструкция приемной головки. *Практическая значимость.* Использование метода светового моделирования при исследовании теплового перенапряжения рабочих мест позволяет прогнозировать с достаточной степенью надежности тепловую облученность на поверхности объекта облучения.

Ключевые слова: нагревательный микроклимат; тепловое перенапряжение; световое моделирование; интенсивность облучения; энергетическая облученность

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА ОСНОВІ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ

РАБИЧ О. В. ^{1*}, к.т.н., доц.

ЧУМАК Л. О. ^{2*}, к.т.н., доц.

ЛАУХІНА Л. . ^{3*}, к.т.н., доц.

РАГІМОВ С.Ю. . ^{4*}, к.т.н.

^{1*} Кафедра безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. . +38 (0562) 46-98-57, e-mail: elena.rabich@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-5600-0470

^{2*} Кафедра вищої математики, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (0562) 47-98-53, e-mail: gurchum@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-3858-8028

^{3*} Кафедра економічної теорії та права, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, ORCID ID: 0000-0003-1404-6811

⁴ Кафедра організації та технічного забезпечення аварійно-рятувальних робіт Національний університет цивільного захисту України, вул. Чернишевського 94, 61023, Харків, Україна, тел +38 (057) 370-50-52, e-mail: sergragimov@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0572-4465

Анотація. Мета. Дослідження умов праці на робочих місцях з надлишковим тепловим випромінюванням зараз має ряд складнощів: перегрів приладів і, як наслідок, зниження точності вимірювань, теплова перевантаження дослідника. Оцінка санітарно-гігієнічних умов праці з тепловим перенапруженням розрахунковими методами також супроводжується похибками усереднень і узагальнень, що в свою чергу призводить до зниження достовірності визначених параметрів. Необхідний пошук нових, більш досконалих методів вивчення нагрівального мікроклімату, заснованих як на розрахункових так і на експериментальних підходах. **Методика.** Запропонований метод фізичного моделювання базується на термічному дослідженні енергетичної опроміненості робочого простору. Для отримання достовірних результатів був сформульований наступний критерій: прилад повинен встановити максимально правильні значення інтенсивності теплового опромінення і кута, під яким буде видно джерело випромінювання з точки, розташованої на будь-якому безпечній відстані від джерела. **Результати.** Запропоновано алгоритм вимірювань терморадіаційної напруженості на робочих місцях. Розроблена і протестована установка для світлового моделювання. Виявлена причина значної похибки при багаторазових вимірах високоінтенсивних теплових потоків. Запропоновано конструкцію приймальні головки для вимірювання променистих потоків, що дозволяє змінювати кут візування від 5 ° до 140 ° і знизити матеріаломісткість пристрою. Проаналізовано систематичні складові, пов'язані з подібністю світлової моделі і кутової орієнтацією датчика - приймальні головки фонові засвітки. **Наукова новизна.** Запропоновано безпечний метод світлового моделювання параметрів нагрівального мікроклімату. Удосконалено установку фізичного моделювання енергетичної освітленості, розроблена більш досконала конструкція приймальної головки. **Практична значимість.** Використання методу світлового моделювання при дослідженні теплового перенапруження робочих місць дозволяє прогнозувати з достатнім ступенем надійності теплову опроміненість на поверхні об'єкту опромінення.

Ключові слова: нагрівальний мікроклімат; теплове перенапруження; світлове моделювання; інтенсивність опромінення; енергетичне опромінювання

MODELING THE PROCESS OF HIGH THERMAL RADIATION ON THE BASIS OF IRRADIANCE

RABICH H. ^{1*}, *Cand. Sc. (Tech.), Associate prof.*

CHUMAK L. ^{2*}, *Cand. Sc. (Tech.), Associate prof.*

LAUHUNA L. ^{3*}, *Cand. Sc. (Tech.), Associate prof.*

RAGIMOV.C. ^{4*}, *Cand. Sc. (Tech.)*

^{1*} Department of Reinforce-Concrete and Stone Constructions, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, тел. +38 (0562) 46-98-57, e-mail: elena.rabich@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-5600-0470

^{2*} Department of Higher Mathematics, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, тел. +38 (0562) 46-98-53, e-mail: gurchum@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-3858-8028

^{3*} Department of economic theory and law, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, ORCID ID: 0000-0003-1404-6811.

^{4*} Department of Organization and technical support rescue operations National University of Civil Defence of Ukraine, st. Chernyshevsky 94, Kharkiv, 61023, Ukraine, phone +38 (057) 370-50-52, e-mail: sergragimov@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0572-4465

Abstract. Purpose. Study of the conditions in the workplace with an excessive thermal radiation currently has a number of difficulties: overheating devices and as a consequence, reduction of measurement accuracy, thermal overload by the researcher. Evaluation of sanitary and hygienic working conditions with thermal over voltage calculation methods is also accompanied by errors of averages and generalizations. This reduces the reliability of the defined parameters. There is a need to search for new and better methods for studying the climate heating, based on the calculated and experimental approaches. **Methodology.** The proposed method is based on physical modeling study of thermal energy irradiance workspace. To obtain reliable results, the following criterion has been formulated: device must set the correct values of the maximum intensity of thermal radiation and the angle at which the radiation source will be visible. **Findings.** Measurement algorithm of thermo radiation tension in the workplace has been developed. The system for modeling light was developed and tested. Cause significant of errors in repeated measurements of high heat fluxes was found. The new construction of the head receptionist for measuring radiant flux was proposed. This makes it possible to change the viewing angle from 5 ° to 140 ° and reduce material of devices. Systematic components associated with the similarity of the light pattern and the angular of orientation of the sensor were analyzed. **Originality.** Safe method of modeling parameters of the heating light microclimate has been proposed. Installing physical modeling irradiance has been improved. Improved design of the receiving head has been proposed. **Practical value.** The use of light simulation in the study of the thermal surge jobs allows to predict reliably the thermal irradiation on the surface of the object exposure.

Keywords: microclimate heating; thermal overstress; light simulation; the intensity of the exposure; energy irradiance

Введение

Проектирование производственных помещений на уровне современной техники, с учетом расположения рабочих зон, выполняется в соответствии с требованиями новых стандартов [1,2], где главными функциями являются качество воздуха в помещении и температурный комфорт. Для оценки санитарно-гигиенических условий труда на рабочих местах операторов с избыточным излучением [3-5] необходимо производить замеры теплового излучения от источников излучения и на их основе определять облученность в заданных точках. Проведение таких исследований в условиях действующих предприятий трудоемкий и небезопасный процесс. При значительной интенсивности излучения и проведении замеров на близком расстоянии исследователь и приборы подвергаются существенным тепловым нагрузкам, что снижает точность измерения, а, следовательно, и достоверность данных.

В силу этих причин часто вместо экспериментальных методов используют расчетные. При применении расчетных методов возрастает величина ошибки и снижается достоверность данных, т.к. значения части параметров (температура внутреннего пространства печи, степень черноты источника и т.д.) приходится получать из таблиц. Эти средние величины являются ориентировочными и не могут учитывать все факторы любого процесса. Кроме того, при определении ряда параметров приходится использовать графики [6]. Все это делает расчеты трудоемкими и неэффективными для практики.

Цель

Для исследования тепловой напряженности на рабочих местах [7, 8] необходимо разработать безопасный метод, объединив экспериментальные и расчетные методики, не снижая при этом точности измерений. Моделирование параметров теплового излучения [9-11], как вредного производственного фактора, источником которого является тепловое излучение, позволит решить поставленную задачу.

Методика

Идея метода заключается в том, что необходимо создать прибор, который с базовой точки, расположенной на любом безопасном расстоянии от источника, позволяет провести с достаточной точностью измерение интенсивности теплового облучения и угла, под которым будет виден источник излучения.

За основу определения интенсивности теплового излучения принято распределение излучения:

$$E_0 = L \int_{\Omega} \cos \alpha d\Omega \quad (1)$$

где E_0 – энергетическая освещенность; Вт/м²;

L – яркость излучения источника; Вт/(м²•стер);

α – угол, под которым облучается объект относительно нормали; рад.;

Ω – телесный угол, под которым виден источник излучения.

Таким образом, при оценке термодинамической напряженности на рабочих местах может быть применен метод физического моделирования, основанный на термическом исследовании энергетической освещенности рабочего пространства.

При оценке термической облученности на рабочих местах нами было принято решение использовать световое моделирование [5]. Т.к. оптическая и энергетическая освещенности изменяются по одним законам, то в качестве источника теплового излучения использовался равномерно освещенный полупрозрачный экран. В качестве модели элементарной площадки тела человека использовалась приемная фотоголовка с датчиком теплового потока ИТТФ АН Украины ДПТ02 – ДПТ03.

В основном исследовалась зависимость местного углового коэффициента облучения и максимальных тепловых нагрузок. При этом предусматривался переход от косвенных измерений к прямым. Главным преимуществом метода светового моделирования является возможность исследования источников со сложными формами излучающей поверхности с последующим отображением полученных результатов в виде максимально приближенных к реальным полям облучения. Это позволит прогнозировать условия труда по тепловому фактору на рабочих местах.

Величина отношения угла зрения (видимости источника излучения) имеет физический смысл отношения плотности теплового потока излучения в данной и расчетной точке пространства, что позволяет решать поставленную задачу прогнозирования тепловой облученности на поверхности объекта облучения и обладает рядом преимуществ при проведении измерений.

Экспериментальная задача определения относительного теплового коэффициента облучения по физической дуге совпадает с физической задачей моделирования, для которой определяется отношение величин в произвольных точках пространства с последующим переходом к искомым единицам с помощью реперной точки. В нашем случае такой точкой может служить точка освещенности излучающего экрана и освещенность объекта [10, 11].

Измерения проводились на разработанной нами установке светового моделирования (рис. 1).

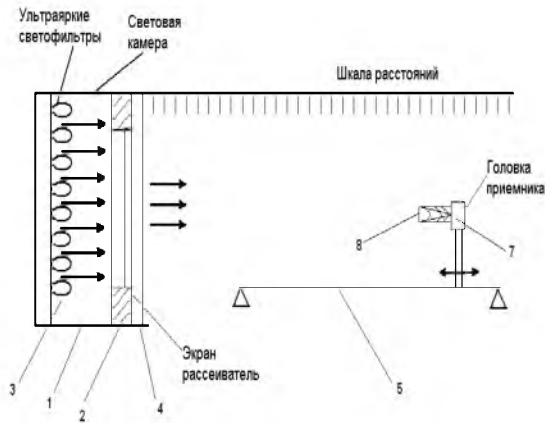


Рис.1. Функциональная схема установки физического моделирования энергетической освещенности / Functional diagram of the installation of physical modeling of irradiance:
 1 – световая камера; 2 – полупрозрачный экран; 3 – матрица ультраярких светодиодов; 4 – подвижные шторки; 5 – оптическая скамья; 6 – мерная шкала; 7 – приемная головка; 8 – светозащитная бленда

Установка для светового моделирования (рис.1) состоит из световой камеры (1), полупрозрачного экрана (2) и матрицы ультраярких светодиодов (3). Максимальный размер полупрозрачного экрана 300x340 мм. При помощи подвижных шторок (4) размер светящегося окна можно уменьшить до 20x20 мм, а при помощи специальных непрозрачных масок получать модель излучающей поверхности сложной формы. Ультраяркие диоды в количестве 700 шт. яркостью 10...15 кандел питаются от источника напряжением 4,5 В, которое возможно регулировать от 2,0 до 4,5 В, потребляемый ток при максимальной яркости 35-40 А. Световая камера располагалась на оптической скамье (5), которая имеет мерную шкалу (6) и приемная головка (7) имеет возможность по ней перемещаться на ползках.

Измерения можно разбить на следующие этапы:

- подготовка установки к исследованиям;
- моделирование явления подобия;
- проведения измерений и перевод измеренных величин в графические изображения.

Результаты

На разработанной установке были достигнуты следующие параметры и показатели. Контролируемая отражательная способность исследуемой поверхности составила 0...100 %, определение пропускания ИК излучения находилось в пределах 0...100 %. Площадь исследуемой поверхности 320 см², угол поворота образца в горизонтальной и вертикальной плоскости 360°, время одного измерения 2...3 сек. Диапазон спектра измерения менялся от 0,76 мкм до 10 мкм. Технические параметры установки: напряжение питания 220/9 В, потребляемая мощность не более 5 Вт, температура эксплуатации прибора -5 °С...+40 °С в

условиях лаборатории; масса – 5,0 кг. Погрешность – 5...7 %.

Для уменьшения погрешности измерения, связанной с фоновой засветкой, а также влияния засветки от других источников использован светозащитный экран с подвижными диафрагмами, т.к. очень часто необходимо было изменять угол визирования головки. Подобные усовершенствования использованы в специальной приемной головке для измерения энергетической освещенности. Для уменьшения помех от фоновой засветки и повышения точности измерения было использовано уменьшенное сечение пружины по мере приближения и приемнику, что сделало ее равножесткой по всей длине.

Устройство разработанной приемной головки представлено на рис.2 в положении максимального и минимального угла визирования. Устройство состоит из полого корпуса (1), плоской цилиндрической пружины (2), подвижной системы (3) с установленным приемником (4).

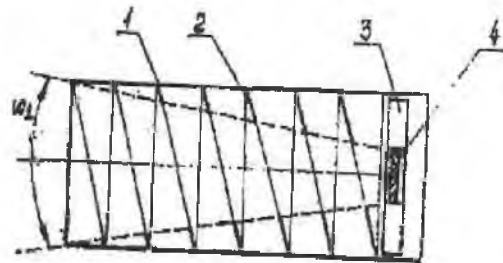


Рис.2. Приемная головка для измерения энергетической освещенности / Receiving head for measuring irradiance:

1 – корпус; 2 – подвижная диафрагма; 3 – подвижная обойма; 4 – приемник

Предлагаемая конструкция приемной головки для измерения лучистых потоков позволяет изменять угол визирования от 5° до 140°, обойтись одним корпусом и снизить материалоемкость, переналадку и настройку в 10...15 раз, за счет того, что расстояния между витками пружины (диафрагмами) будет оптимальным [11].

Устройство работает следующим образом. В исходном положении приемная головка имеет минимально-допустимый угол визирования. Для увеличения угла визирования подвижная система 3 с приемником 4 перемещается вдоль полого корпуса головки 1, сжимая витки плоской цилиндрической пружины. При этом, расстояние между витками пружины (диафрагмами) уменьшается, сохраняя равное межвитковое расстояние, которое уменьшается с увеличением угла визирования.

Данное устройство позволяет повысить точность измерения в приборах. Погрешность измерения не превышает 3...4 %.

Но при всей положительности результатов измерений обнаружилась причина значительной погрешности при многократных измерениях высокоинтенсивных тепловых потоков. При измерениях с малыми промежутками между ними за

счет нагрева подвижной диафрагмы нагревается корпус приемной головки, который сам становится вторичным источником излучения. Авторами было проведено усовершенствование приемной головки, которое имеет техническую новизну и заявлено на уровне изобретения, позволившее значительно уменьшить температуру корпуса приемной головки и привести ее до значения температуры окружающей среды (рис.3).

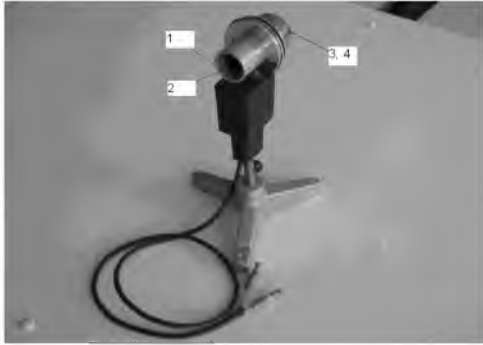


Рис.3. Общий вид усовершенствованной приемной головки / General view of the improved reception head:
1 – корпус; 2 – подвижная диафрагма; 3,4 – подвижная система с приемником

Эти усовершенствования позволили улучшить условия теплоотдачи от избыточного нагрева корпуса (рис.4). Отверстия расположены по всей длине корпуса и находятся под углом 45° относительно друг друга, что позволяет создать оптимальные условия для охлаждения корпуса до температуры окружающей среды и не пропускать входящее прямое измеряемое излучение.

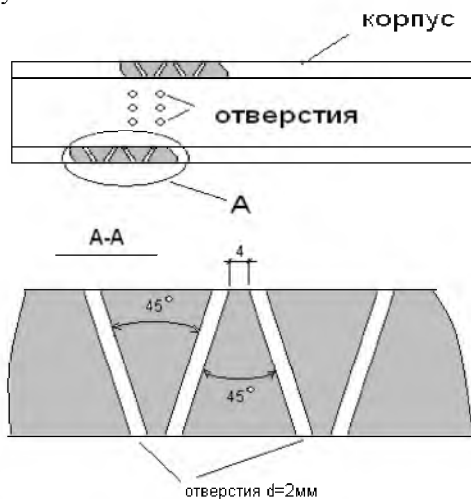


Рис.4. Усовершенствованная приемная головка / Improved reception head

Данное усовершенствование позволило повысить точность и достоверность измерений терморadiационной напряженности на рабочих местах.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

Научная новизна и практическая значимость

Световое моделирование на разработанной установке включает в себя две экспериментальные задачи: воспроизведение явления, подобного натуре, и проведение измерений. Каждая из этих задач формирует свои погрешности, которые в сумме дают погрешность метода [13,14].

Анализ погрешностей позволил выявить и учесть систематические составляющие, связанные с подобием световой модели и угловой ориентацией датчика приемной головки фоновой засветки. Средняя квадратичная погрешность, обусловленная этими источниками составляет не более 6...8% для всего пространства.

Определение величины отношения угла зрения можно корректно осуществлять только для равномерно светящегося экрана модели, т.к. угол зрения определяется для изотермических теплообменных полей. Однако, результаты измерения можно распространять с достаточной точностью для инженерных расчетов на довольно широкий класс неравномерно нагретых поверхностей. Этот класс охватывает поверхности, допускающие деление на примерно равные участки, разность температур точек, которых не превышает 20°C ; средние температуры соседних участков не отличаются более 20°C ; при переходе от одного участка к соседнему допускается изменение температур скачками. Определение плотности измеряемого потока в этом случае осуществляется через величину отношения угла зрения для элементарной площадки, помещенной в заданную точку, от всей излучающей поверхности с помощью светового моделирования.

Выводы

1. Для оценки санитарно-гигиенических условий труда на рабочих местах с избыточным излучением необходимо производить замеры теплового излучения от источников излучения. Проведение таких исследований в условиях действующих предприятий - небезопасный процесс.
2. Предложен безопасный метод светового моделирования параметров нагревательного микроклимата.
2. Усовершенствована установка физического моделирования энергетической освещенности, разработана более совершенная конструкция приемной головки.
3. Использование метода светового моделирования при исследовании теплового перенапряжения рабочих мест позволяет прогнозировать с достаточной степенью надежности тепловую облученность на поверхности объекта облучения.

1. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування
www.dnaop.com/http/32609/doc_ДБН_В.2.5-67_2013
ДБН В.2.5-67:2013 Heating, ventilation and condition
www.dnaop.com/http/32609/doc_ДБН_В.2.5-67_2013

2. Новые европейские стандарты в области ОВК
<http://www.ivik.ua/press/publikatsii/5793/novve-evropeyskie-standarty-v-oblasti-ovk/>

Novyye evropeyskie standarty v OVK
<http://www.ivik.ua/press/publikatsii/5793/novve-evropeyskie-standarty-v-oblasti-ovk/>

3. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу»
<http://zakon4.rada.gov.ua/laws/z0472-14>

Derzhavni sanitarni normi ta pravila «Gigienichna klasifikatsiya pratsi za pokaznikami shkidlivosti ta nebezpechnosti faktoriv virobничого середовища, vazhkosti ta napruzhenosti trudovogo protsesu»
<http://zakon4.rada.gov.ua/laws/z0472-14>

4. Гігієна праці: підручник/Ю.І. Кундієв, О.П.Яворовський, А.М. Шевченко та ін. – К.: ВСВ «Медицина», 2011. - 904с. <http://ecat.knmu.edu.ua/>
 Gigena pratsi: pidruchnik/YU.I. Kundie'v, O.P.Yavorovskiy, A.M. Shevchenko ta i'n. - K.: VSV «Medicina», 2011. - 904p. <http://ecat.knmu.edu.ua/>

5. Методология выявления и профилактики заболеваний, связанных с работой / Н.Ф. Измеров и др. // Медицина труда и промышленная экология. — 2010. №9. - pp. 1-7. www.fesmu.ru/elib/search/

Metodologiya vyyavleniya i profilaktiki zabolevaniy, svyazannyh s rabotoy / N.F. Izmerov i dr. // Medicine of work and industrial ecology - 2010. №9. - pp. 1-7. www.fesmu.ru/elib/search/

6. Рагимов С.Ю. Разработка универсальных номограмм для оценки интенсивности теплового облучения на рабочих местах // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури: Сучасні будівельні матеріали, конструкції та інноваційні технології зведення будівель та споруд. – Макіївка, - 2010.- Вип.5(85).- С.406-411. http://irbis-nbuv.gov.ua/.../cgiirbis_64.exe

Ragimov S.YU. Razrabotka universalnyh nomogramm dlya otsenki intensivnosti teplovogo oblucheniya na rabochih mestah // Visnik Donbaskoi' nacionalnoi' akademii budivnitsva i arhitekturi: Suchasni budivelnii materialy, konstruktsii ta innovatsiyni tehnologii i zvedennya budivel ta sporud. - Makiivka, - 2010.- Vip.5(85).- pp.406-411. http://irbis-nbuv.gov.ua/.../cgiirbis_64.exe

7. Беликов А.С., Рабич Е.В., Рагимов С.Ю., Мещерякова И.В. Оценка условий труда на рабочих местах операторов с избыточным тепловым излучением производственной среды/ Строительство, материаловедение, машиностроение //Сб .научн. трудов. Вып.74, - Днвск, ГВУЗ «ЛГАСА»,2014. – с.201-205. <http://pgasa.dp.ua/a/international%20conferences/starodubov/archive/referats%20of%20starodubov%202014-74.pdf>

Belikov A.S., Rabich E.V., Ragimov S.YU., Meshcheryakova I.V. Otsenka usloviy truda na rabochih mestah operatorov s izbytochnym teploizluchenim proizvodstvennoy sredy/ Construction, materials science, mechanical engineering: Collection of scientific papers Issue №74 – Dnipropetrovsk, PSAES,2014. - p.201-205.

<http://pgasa.dp.ua/a/international%20conferences/starodubov/archive/referats%20of%20starodubov%202014-74.pdf>

8. Беликов А.С., Рагимов С.Ю. Капленко Г.Г. Кравчук, В.М. Исследование термодинамической напряженности на рабочих местах с высоким тепловыделением/ Комунальне господарство міст. –Харків. – 2011, -с.3-9. http://eprints.kname.edu.ua/21569/1/39_Belikov_AC.pdf

Belikov A.S., Ragimov S.YU. Kaplenko G.G. Kravchuk, V.M. Issledovanie termodinamicheskoy napryajenosti na rabochih mestah s vysokim teplovydeleniem/ Komunalne gospodarstvo mist. -Harki'v. - 2011, -pp.3-9. http://eprints.kname.edu.ua/21569/1/39_Belikov_AC.pdf

9. Тепловое излучение http://www.all-fizika.com/article/index.php?id_article=1987
 Teplovoe izluchenie http://www.all-fizika.com/article/index.php?id_article=1987

10. Законы теплового излучения www.solar-climate.com
 Zakony teplovogo izlucheniya www.solar-climate.com

11. Квантовая природа излучения
<http://fizika.ugtu.net/files/stroitelstvo/glava17.pdf>

Kvantovaya priroda izlucheniya
<http://fizika.ugtu.net/files/stroitelstvo/glava17.pdf>

12. Пат. 12478 МПК F21V 11/08, B22D 9/02 Приймальна голівка для вимірювання енергетичної освітленості./ Беликов А.С., Рабич О.В., Стрежекуров Е.С., Кияниця А.О./ Заявл. 31.10.05; Опубл. 15.02.2006. Бюл.№2. -3с.

Pat. 12478 MPK F21V 11/08, B22D 9/02 Priymal'na goli'vka dlya vimi'ryuvannya energetichnoi' osvittlenosti'./ Be'li'kov A.S., Rabi'ch O.V., Strejekurov E.E.", Kiyani'cy A.O./ Zayavl. 31.10.05; Opubl. 15.02.2006. Byul.№2. -3p.

13. Рагимов С.Ю. К вопросу теоретических исследований интенсивности энергетической освещенности термических участков производства / А.С. Беликов, С.Ю. Рагимов, А.М. Кравчук // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Дніпропетровськ, - 2010.- Вип.8.- С.21-27. <http://pgasa.dp.ua/academy/periodical/bulletin/>

Ragimov S.YU. K voprosu teoreticheskikh issledovaniy intensivnosti e'nergeticheskoy osveshchennosti termicheskikh uchastkov proizvodstva / A.S. Belikov, S.YU. Ragimov, A.M. Kravchuk // Visnik Pridniprovs'koi' derzhavnoi' akademii' budivnitsva ta arhitekturi. - Dnipropetrovsk, - 2010.- Vip.8.- pp.21-27. <http://pgasa.dp.ua/academy/periodical/bulletin/>

14. Рагимов С.Ю. Моделирование изменения энергетической освещенности источников высокотемпературного излучения / А.С. Беликов, С.Ю. Рагимов, В.А. Шаломов // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Дніпропетровськ, - 2010.- Вип.8.- С.50-54. <http://pgasa.dp.ua/academy/periodical/bulletin/>

Ragimov S.YU. Modelirovanie izmeneniya energeticheskoy osveshchennosti istochnikov vysokotemperaturnogo izlucheniya / A.S. Belikov, S.YU. Ragimov, V.A. Shalomov // Visnik Pridniprovs'koi' derzhavnoi' akademii' budivnitsva ta arhitekturi. - Dnipropetrovsk, - 2010.- Vip.8.- pp.50-54.

<http://pgasa.dp.ua/academy/periodical/bulletin/>

Статья рекомендована к публикации докт. техн. наук, проф. В. И. Большаковым (Украина); докт. техн. наук, проф. Д. В. Лаухиным (Украина)

Поступила в редколлегию 21.01.2015

Принята к печати 24.03.2015