

out a number of computational experiments to study zones of atmospheric air pollution by sulfur dioxide emissions from enterprises of Kamensky. The result of calculations makes possible to determine the most polluted areas, taking into account meteorological condi-

tions. Carried out researches are necessary for safe functioning of the enterprises which activity influences the environment condition.

**Key words:** industrial enterprises, pollution emission intensity, pollution concentration, chemical transformation, impurity transfer equation, numerical model.

УДК 697.7

**Болотских Н.Н.**

*Харьковский национальный университет строительства и архитектуры  
(ул. Сумская, 40, Харьков, 61002, Украина; e-mail: tgvter@gmail.com)*

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА СИСТЕМ ИНФРАКРАСНОГО ПАНЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОТОПЛЕНИЯ ПОМЕЩЕНИЙ

Приведены результаты исследований систем инфракрасного панельного электрического отопления помещений, а также алгоритм усовершенствованной методики расчета.

**Ключевые слова:** инфракрасный нагреватель, тепловой комфорт, интенсивность облучения, алгоритм методики расчета.

**Введение.** Для отопления помещений различного назначения с высотой потолков от 2 до 15 м в мировой практике широко используются децентрализованные энергоэффективные инфракрасные системы на базе электрических панельных нагревателей. С их применением в рабочих зонах помещений обеспечивается необходимый тепловой комфорт для находящихся в них людей, а также экономятся при этом энергоресурсы.

Исследованиям и разработке методик расчета систем инфракрасного электрического панельного отопления в отечественной и зарубежной научно-технической литературе посвящен ряд работ [1-5]. В ХНУСА выполнен подробный анализ этих исследований и разработок. Главным выводом из этого анализа является то, что описанные методы расчета нуждаются в дальнейшем совершенствовании и развитии. Прежде всего необходима разработка специального алгоритма расчета оптимальных параметров микроклимата в рабочих зонах помещений в соответствии с действующими в Украине санитарными нормами ДСН 3.3.6.042-99 [6] при минимальных расходах электроэнергии на отопление. Кроме того, для исключения возможных случаев неблагоприятного воздействия инфракрасного облучения на организм человека при расчетах необходимо учитывать

не только допустимую интенсивность облучения (плотность теплового потока) в рабочей зоне, но и длину волны электромагнитного излучения. С учетом этих выводов и рекомендаций в ХНУСА выполнены дополнительные исследования и разработки. В результате была создана усовершенствованная методика расчета, описанию которой и посвящается настоящая статья.

**Целью настоящего исследования** является создание усовершенствованной методики расчета систем инфракрасного панельного электрического отопления помещений, позволяющей обеспечить на практике оптимальных параметров микроклимата в рабочих зонах в соответствии с санитарными нормами ДСН 3.3.6.042-99 при минимальных расходах электроэнергии.

**Основное содержание.** Расчет инфракрасного отопления с использованием электрических панельных нагревателей включает в себя: определение тепловых потерь в помещении (необходимой тепловой мощности); выбор типа, конструкции и количества нагревателей; выбор места установки нагревателей в отапливаемом помещении и обеспечение равномерности распределения теплового излучения; проверка соблюдения установленных санитарно-гигиенических норм при использовании про-

ектируемой системы инфракрасного электрического отопления (температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также интенсивности облучения в рабочей зоне).

При разработке усовершенствованной методики расчета систем инфракрасного электрического отопления были приняты следующие базовые принципы: суммарная мощность нагревательного инфракрасного оборудования в помещении должна соответствовать величине общих тепловых потерь; значения параметров, характеризующих микроклимат в рабочей зоне помещения (температура, относительная влажность и скорость движения воздуха), должны быть оптимальными, а интенсивности инфракрасного облучения – допустимыми в соответствии с санитарными нормами ДСН 3.3.6.042-99; реализация норм ДСН [6] на практике должна осуществляться только при условии обеспечения минимальных расходов электроэнергии на отопление помещения; для исключения возможности появления случаев неблагоприятного воздействия инфракрасного облучения на организм человека при расчетах необходимо учитывать не только интенсивность облучения, но и длину волны в соответствии с рекомендациями института медицины труда АМН Украины [7].

Теплопотери в отапливаемом помещении слагаются из двух частей: потерь путем теплопроводности через ограждающие конструкции (стены, полы, окна, двери и крышу) и на нагревание воздуха, поступающего в помещение за счет вентиляции (воздухообмена) и возможной инфильтрации через ограждающие конструкции.

Потери тепла путем теплопроводности через ограждающие конструкции могут быть вычислены по формуле

$$P_T = Fk(t_B - t_{нв}), \quad (1)$$

где  $F$  – площадь ограждающей конструкции,  $m^2$ ;  $k$  – коэффициент теплопроводности,  $Вт/м^2 \cdot ^\circ C$ ;  $t_B$  – расчетная температура воздуха в помещении,  $^\circ C$ ;  $t_{нв}$  – минимальная расчетная наружная температура воздуха в данной местности,  $^\circ C$ .

Расчетная температура воздуха в помещении ( $t_B$ ) может быть принята на  $2 \div 3^\circ C$

ниже, чем нормируемая при конвективном способе отопления [8]. В дальнейшем по мере выполнения расчетов параметров оптимального микроклимата в рабочей зоне помещения величина  $t_B$  уточняется.

Для больших помещений производственного назначения (например, цехов крупных промышленных предприятий) расчет потерь тепла путем теплопроводности через каждую ограждающую конструкцию (стены, пол, кровля) производится по формуле [9]

$$P_T = (1/R_o)F_o(t_o - t_{нв})(1 + \Sigma\beta) \cdot n \cdot 10^{-3}, \quad (2)$$

где  $F_o$  – расчетная площадь ограждающей конструкции,  $m^2$ ;  $R_o$  – сопротивление теплопередачи ограждающей конструкции, которое определяется по СНиП II-3-79<sup>xx</sup> [10] с учетом установленных нормативов оптимального термического сопротивления ограждения,  $m^2 \cdot ^\circ C/Вт$ ;  $n$  – коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающей конструкции по СНиП II-3-79<sup>xx</sup>;  $\beta$  – добавочные потери тепла в долях от основных потерь, определяемые по СНиП 2.01.01-82.

Потери тепла на нагревание воздуха, поступающего в помещение за счет вентиляции (воздухообмена), определяются по формуле [3]

$$P_v = qcp(t_B - t_{нв}), \quad (3)$$

где  $q = n^1 \cdot V_3$  – расчетный наружный воздушный поток,  $m^3/ч$ ;  $n^1$  – число оборотов воздуха в час;  $V_3$  – объем помещения,  $m^3$ ;  $c$  – удельная теплоемкость воздуха, равная  $1 \text{ кДж}/(кг \cdot ^\circ C)$ ;  $\rho$  – плотность воздуха,  $кг/m^3$ .

В помещениях, в которых имеется инфильтрация наружного воздуха, дополнительные потери тепла на его нагрев определяются с использованием зависимости [9]

$$P_v^n = 0,28 \Sigma Q^n c (t_B - t_{нв}) K, \quad (4)$$

где  $\Sigma Q^n$  – расход инфильтрующегося воздуха,  $кг/ч$ ;  $K$  – коэффициент, учитывающий влияние встречного теплового потока в ограждающих конструкциях (стыки стен и др.).

Общие тепловые потери определяются по формулам

$$P_{\text{общ.}} = P_T + P_v \text{ или } P_{\text{общ.}} = P_T + P_v + P_v^n. \quad (5)$$

Необходимую тепловую мощность инфракрасного оборудования принимаем равной величине общих тепловых потерь, т.е.

$$N_{\text{общ.}} = P_{\text{общ.}} \quad (6)$$

В соответствии с подсчитанной потребной мощностью нагревательного оборудования в зависимости от характеристики помещения (площади, высоты потолков, состояния ограждающих конструкций, назначения и т.д.), а также имеющихся финансовых и других возможностей, выбираются типы и конструкции инфракрасных электрических панельных нагревателей. Количество нагревателей в системе инфракрасного отопления зависит от их мощности. При выборе количества нагревателей следует учитывать возможности покрытия обогреваемой площади лучами от всех нагревательных приборов и, соответственно, обеспечения равномерного распределения лучистого теплового потока при различных высотах их установки в отапливаемом помещении. Расположение нагревателей в помещении при подвеске их под потолком может быть рассредоточенным, когда нагреватели располагаются отдельно друг от друга, и групповым, когда нагреватели подключаются друг к другу и составляют непрерывные ряды (ленты). При этом могут быть использованы одно-, двух- либо трехпанельные конструкции нагревателей. При решении вопросов, связанных с расположением потолочных электрических панельных нагревателей в различных помещениях, целесообразно учитывать «...принципы правильного расположения панелей...», сформулированные компанией «БИЛЮКС Украина» [3]. С учетом этих рекомендаций составляются возможные схемы расположения нагревательных панелей в помещении для последующего их анализа и расчета.

Весьма важным этапом расчета систем инфракрасного отопления помещений является проверка соблюдения действующих санитарно-гигиенических норм. Основным документом, нормирующим параметры микроклимата в рабочей зоне помещения, в настоящее время в Украине явля-

ется ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» [6]. Согласно этих норм микроклимат в рабочей зоне характеризуется: температурой ( $t_b, ^\circ\text{C}$ ), относительной влажностью ( $\varphi_b, \%$ ) и скоростью движения воздуха на рабочем месте ( $V_b, \text{м/с}$ ), интенсивностью теплового (инфракрасного) излучения ( $q, \text{Вт/м}^2$ ) и температурой внутренних поверхностей в рабочей зоне (стен, пола, потолка, экранов и т.д.) ( $t_{\text{п}}, ^\circ\text{C}$ ). В санитарных нормах указаны оптимальные и допустимые значения  $t_b, \varphi_b$  и  $V_b$ , а также допустимые значения интенсивности теплового облучения работающих [ $q$ ] в зависимости от величины облучаемой поверхности их тела (не более 25%, от 25 до 50%, 50% и более).

Согласно санитарных норм тепловой комфорт в рабочей зоне возможен только в случае обеспечения в ней оптимальных значений параметров воздуха и допустимой величины интенсивности облучения, т.е. при выполнении следующих условий [1]

$$t_b = t_b^{\text{opt}}, \varphi_b = \varphi_b^{\text{opt}}, V_b = V_b^{\text{opt}} \text{ и } q \leq [q] \quad (7)$$

где  $t_b^{\text{opt}}, \varphi_b^{\text{opt}}$  и  $V_b^{\text{opt}}$  – соответственно, оптимальные значения температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха,  $^\circ\text{C}, \%$  и  $\text{м/с}$ ; [ $q$ ] – допустимое значение интенсивности облучения,  $\text{Вт/м}^2$ .

Температура внутренних поверхностей рабочей зоны ( $t_{\text{п}}$ ) при этом не должна превышать более чем на  $2^\circ\text{C}$  оптимальные значения температуры воздуха для данной категории работ, установленные санитарными нормами.

Эффективная температура (температура теплоощущения человека) в рабочей зоне помещения формируется за счет температур воздуха и лучистой добавки, т.е.

$$t_{\text{эф.}} = t_b + t_{\text{л}}, \quad (8)$$

где  $t_{\text{л}}$  – добавочная температура, образуемая лучистым (инфракрасным) потоком,  $^\circ\text{C}$ .

В выражениях (7) вместо  $t_b$  запишем  $t_{\text{эф.}}$ , т.е.

$$t_{\text{эф.}} = t_b^{\text{opt}}, \varphi_b = \varphi_b^{\text{opt}}, V_b = V_b^{\text{opt}} \text{ и } q \leq [q] \quad (9)$$

Лучистая добавочная температура ( $t_{\text{л}}$ ) определяет увеличение ощущения тепла человеком за счет инфракрасного облучения. Западногерманской фирмой «Шванк»

на основании экспериментальных исследований и расчетов для определения добавочной температуры, образуемой инфракрасным потоком, предложена эмпирическая зависимость [11]  $t_{\text{д}} = 0,0716 \cdot q$ , (10) где 0,0716 – эмпирический (переводной) коэффициент,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ .

С учетом (10) формула (8) принимает вид  $t_{\text{эф}} = t_{\text{в}} + 0,0716 \cdot q$ . (11)

В виду того, что интенсивность облучения в различных точках рабочей зоны отапливаемого помещения неодинакова целесообразно при расчете эффективной температуры принимать максимальные значения ( $q^{\text{max}}$ ). При использовании для целей отопления нескольких инфракрасных нагревателей следует учитывать величину максимальной суммарной интенсивности облучения в рабочей зоне ( $q_{\text{сум}}^{\text{max}}$ ). В связи с этим зависимость (11) может быть записана в виде  $t_{\text{эф}} = t_{\text{в}} + 0,0716 q_{\text{сум}}^{\text{max}}$ . (12)

Выражения (9) в этом случае принимают вид

$$t_{\text{эф}} = t_{\text{в}} + 0,0716 \cdot q_{\text{сум}}^{\text{max}} = t_{\text{в}}^{\text{opt}}, \quad \varphi_{\text{в}} = \varphi_{\text{в}}^{\text{opt}}, \\ V_{\text{в}} = V_{\text{в}}^{\text{opt}} \text{ и } q = q_{\text{сум}}^{\text{max}} \leq [q]. \quad (13)$$

Формула для определения значений расчетной температуры воздуха ( $t_{\text{в}}$ ) в рабочей зоне отапливаемого помещения в этом случае может быть записана в виде  $t_{\text{в}} = t_{\text{в}}^{\text{opt}} - 0,0716 q_{\text{сум}}^{\text{max}}$ . (14)

На начальном этапе расчета и выбора системы инфракрасного отопления конкретного помещения  $q_{\text{сум}}^{\text{max}}$  является неизвестной величиной, поэтому ее значением приходится задаваться с учетом требований ДСН 3.3.6.042-99 [6] При этом следует иметь ввиду то, что большим значениям  $q_{\text{сум}}^{\text{max}}$  соответствуют большие величины температур излучающей поверхности инфракрасного нагревателя и, соответственно, более высокая лучистая составляющая передачи энергии. С учетом этих обстоятельств при определении  $t_{\text{в}}$  величину  $q_{\text{сум}}^{\text{max}}$  целесообразно принимать равной  $[q]$ . В этом случае формула (14) принимает вид  $t_{\text{в}} = t_{\text{в}}^{\text{opt}} - 0,0716 \cdot [q]$ . (15)

С учетом (15) выражения (13) могут быть записаны в виде

$$t_{\text{эф}} = t_{\text{в}} + 0,0716[q] = t_{\text{в}}^{\text{opt}}, \quad \varphi_{\text{в}} = \varphi_{\text{в}}^{\text{opt}}, \quad V_{\text{в}} = V_{\text{в}}^{\text{opt}} \text{ и} \\ q = q_{\text{сум}}^{\text{max}} \leq [q]. \quad (16)$$

Для выбранных ранее схем расположения панелей в помещении производятся расчеты интенсивности облучения ( $q$ ) в нескольких наиболее характерных точках рабочей зоны. Величина  $q$  в общем случае, согласно исследованиям [4, 5], определяется

$$q = \frac{Q_{n-q}}{F_q}, \quad (17)$$

где  $Q_{n-q}$  – количество тепла, передаваемого излучением от нагретой поверхности панели на облучаемую поверхность человека, Вт;  $F_q$  – площадь облучаемой поверхности тела человека,  $\text{м}^2$ .

Приняв расчетную схему теплообмена между поверхностями панели и головы человека представленной на рис. 1 и принимая во внимание выражение (17), после соответствующих преобразований формулы Стефана-Больцмана [4] с использованием приемов стереометрии, получена зависимость для определения интенсивности облучения головы человека в виде

$$q = \frac{1,8\Delta x^2 F_n}{R^4} \left[ \left( \frac{t_n + 273}{100} \right)^4 - 92 \right], \quad (18)$$

где  $F_n$  – площадь поверхности излучения панели,  $\text{м}^2$ ;  $t_n$  – температура излучающей поверхности панели,  $\text{°C}$ ;  $R$  – расстояние между центрами поверхностей панели и головы человека, м. Величина  $R$  может быть определена из выражения  $R^2 = \Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2$  [4,5].

С использованием зависимости (18) определяются значения интенсивности облучения в расчетных точках рабочей зоны помещения от каждого участвующего в теплообмене панельного нагревателя и затем суммируются для каждой точки отдельно [5]. Полученные результаты тщательно анализируются и выявляются точки рабочей зоны помещения, в которых имеют место максимальные значения интенсивности облучения.

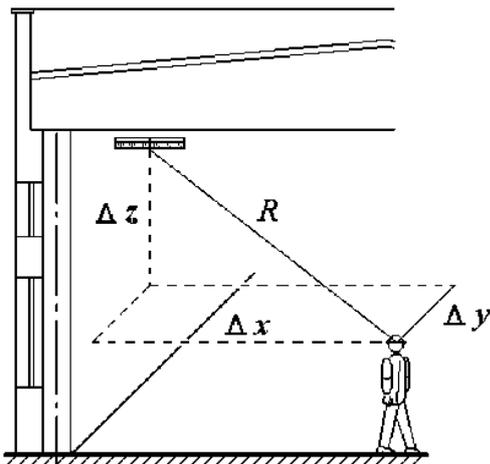


Рис 1. Расчетная схема теплообмена излучением между потолочным электрическим панельным нагревателем и головой человека:  $\Delta x$ ,  $\Delta y$ ,  $\Delta z$  – соответственно, продольное, поперечное и вертикальное расстояния от головы человека до середины поверхности излучающей панели, м.

Институтом медицины труда АМН Украины [7] доказано, что на организм человека влияет не только интенсивность облучения, но и длина волны электромагнитного излучения. Институтом разработаны рекомендации для выбора допустимых значений интенсивности облучения в зависимости от длины волны с учетом теплозащиты используемой спецодежды, при облучении передней части поверхности тела человека (25-50%), с максимумом энергии облучения на его груди (табл. 1).

Таблица 1 - Рекомендуемые величины допустимой интенсивности облучения [q] в зависимости от длины волны ( $\lambda_{\text{макс}}$ ) и теплозащиты одежды.

$\lambda_{\text{макс}}$	Интенсивность облучения (Вт/м <sup>2</sup> ) при теплозащите одежды (ккло) 0,6-0,8	Интенсивность облучения (Вт/м <sup>2</sup> ) при теплозащите одежды (ккло) >1
1,5	35	65
3,0	50	100
4,5	75	140
6,0	100	120

Для исключения возможности появления случаев неблагоприятного воздействия инфракрасного облучения на организм человека эти рекомендации и выводы, безусловно, необходимо учитывать при расчетах систем инфракрасного отопления помещений, особенно с использованием средне- и коротковолновых электрических панельных нагревателей.

На рис. 2 представлен алгоритм усовершенствованной методики расчета инфракрасных систем отопления помещений с помощью электрических панельных нагревателей, разработанной в ХНУСА.

При реализации первых пяти этапов предложенного алгоритма методики расчета (на рис. 2 светлые) целесообразно использовать опубликованные работы [3, 11], а начиная с п. 6 до п. 11 (на рис. 2 затемнены) – [1,4,5,11]. Согласно этому алгоритму после выбора типа и конструкции нагревателей, а также составления схемы их размещения в помещении (п.5) выполняется проверка соблюдения установленных в Украине санитарно-гигиенических норм проектирования систем инфракрасного отопления. При этом производится расчет интенсивности облучения в рабочей зоне и нахождение максимальных значений  $q_{\text{сум}}^{\text{max}}$ . Затем после выбора величины допустимой интенсивности облучения [q] с учетом длины волны и санитарных норм производится сопоставление  $q_{\text{сум}}^{\text{max}}$  и [q]. Эти расчеты и сопоставления производятся для ряда характерных точек рабочей зоны, в которых имеет место максимальная суммарная интенсивность облучения. В случае превышения  $q_{\text{сум}}^{\text{max}}$  значения [q] расчет повторяют, начиная с п. 5. При этом вносятся необходимые корректировки в первоначально выбранные: типы, параметры нагревателей либо схемы их размещения. После достижения соблюдения условия  $q_{\text{сум}}^{\text{max}} \leq [q]$  уточняется температура теплоощущения человека, которая должна находиться в пределах оптимальных величин, регламентированных ДСН [6]. В случае несоблюдения этого условия вносятся соответствующие коррективы в принятые исходные данные и весь расчет повторяется. Выше было указано на то, что выполнение норм ДСН 3.3.6.042-99 должно осуществляться только при условии обеспечения минимальных энергозатрат на отопление. Вследствие необходимости реализации этого требования расчеты систем инфракрасного отопления с помощью электрических панельных нагревателей часто являются многовариантными.

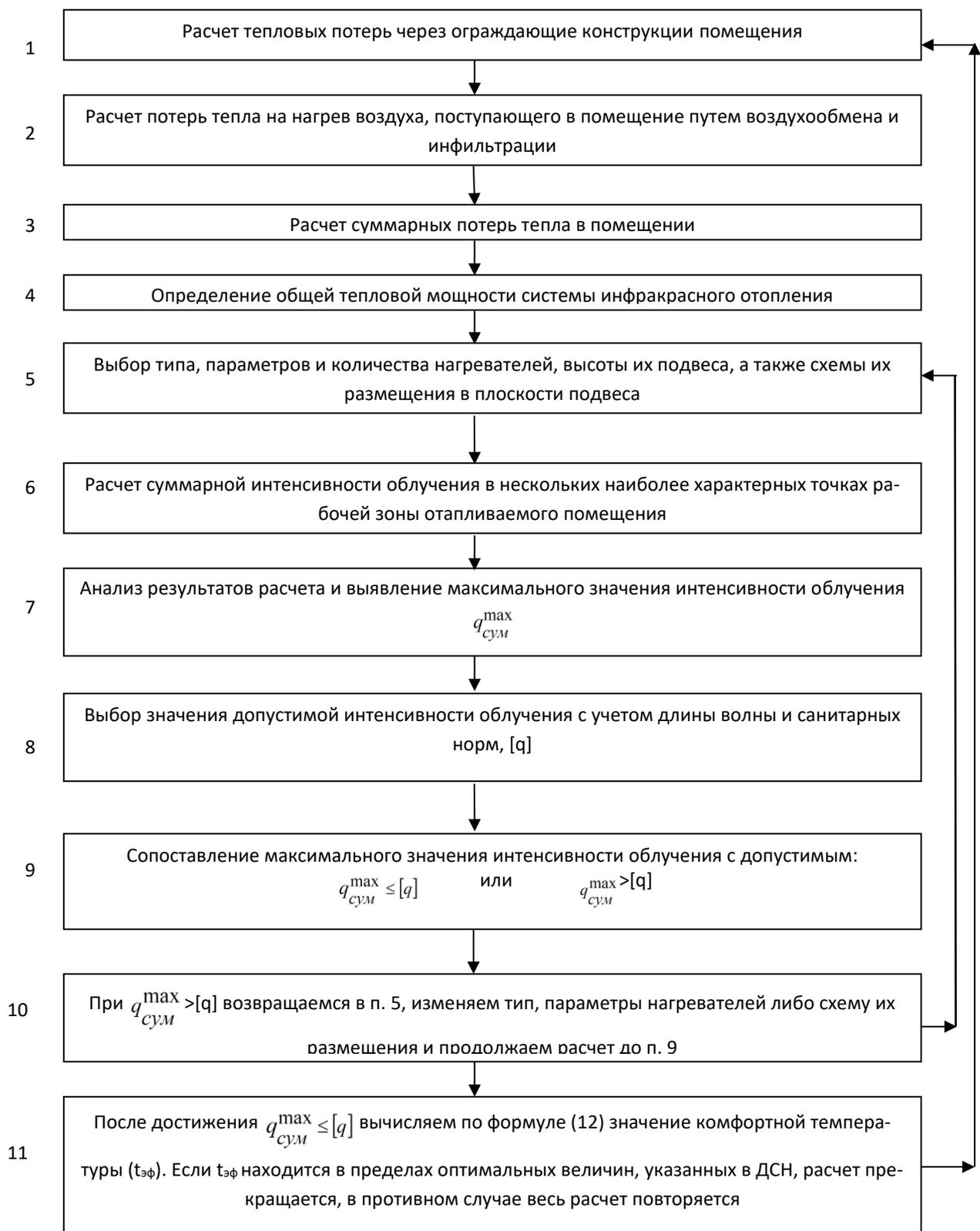


Рис. 2. Алгоритм усовершенствованной методики расчета инфракрасных систем отопления помещений с помощью электрических панельных нагревателей

В зависимости от характеристики помещения и ряда возможных других факторов последовательность расчета может быть несколько изменена. Независимо от

последовательности расчетов и необходимости рассмотрения большого количества возможных вариантов отопления в конечном итоге необходимо добиваться того,

чтобы спроектированная система отопления с помощью электрических панельных нагревателей обеспечивала на практике комфортные параметры микроклимата в рабочей зоне помещения в соответствии с требованиями ДСН 3.3.6.042-99 [6] при минимальных расходах электроэнергии.

Описанная усовершенствованная методика позволяет выполнять необходимые расчеты для получения в помещении комфортной (оптимальной) температуры воздуха, а также значений интенсивности облучения ниже допустимых, и выбирать нагреватели с минимально необходимой мощностью. За счет этого могут быть существенно сокращены расходы электроэнергии на отопление помещения.

**ВЫВОДЫ.** 1. Разработанная усовершенствованная методика расчета систем инфракрасного отопления с помощью электрических панельных нагревателей позволяет обеспечивать на практике комфортные параметры микроклимата в помещениях в соответствии с нормами ДСН [6] при минимальных расходах электроэнергии.

2. Усовершенствованная методика рекомендуется для использования при выполнении инженерных расчетов при проектировании систем инфракрасного отопления с помощью электрических панельных нагревателей.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Болотских Н.Н. Формирование теплового комфорта в рабочих зонах помещений с инфракрасным обогревом. Зб. «Науковий вісник будівництва», вип. 3(85), Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2016. – с. 194-200.
2. Болотских Н.Н. Энергосбережение при инфракрасном электрическом отоплении помещений. Зб. «Науковий вісник будівництва», вип. 2(84), Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2016. – с. 343-349.
1. Система потолочного отопления на базе электрических длинноволновых обогревателей. Техническая документация. БИЛЮКС, Отопление суперэкономичное. Украина: БИЛЮКС. Режим доступа: <http://bilux.ua>, 2015, – 67 с.
2. Шумилов Р.Н., Толстова Ю.И., Поммер А.А. Совершенствование методики расчета лучистого отопления. Материалы международной научно-технической конференции «Теоретиче-

ские основы теплогазоснабжения и вентиляции». – Россия, М: Изд. МГСУ, 2005. – С. 107-112.

3. Науменко А.В., Кузнецов П.В., Толстова Ю.И., Шумилов Р.Н. Энергоэффективные системы отопления. Учебное пособие. Россия: Уральский государственный технический университет – УПИ, Екатеринбург, 2003, – 107 с.
4. «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» ДСН 3.3.6.042-99. Постанова Державного санітарного лікаря України від 1 грудня 1999 р., № 42. – 11 с.
5. Гвозденко Л.А. Обоснование допустимых нормативов облученности инфракрасным излучением в зависимости от его спектрального состава. Институт медицины труда АМН Украины, г. Киев, «Медицина труда и промышленная экология», № 12, 1999 г.
6. Котенко А.А. Особенности расчета тепловой мощности системы отопления при использовании ИК-нагревателей «Отопление, водоснабжение. Вентиляция и кондиционеры», № 4, 2006, Киев. – с. 59-60.
7. Изменение № 1 СНиП 2.04.05-91 «Отопление, вентиляция и кондиционирование». Государственный комитет строительства, архитектуры и жилищной политики Украины, Киев, 1988, – 19 с.
8. Изменение № 1 к СНиП 11-3-79<sup>xx</sup> «Строительная теплофизика». «Строительство Украины», № 6, 1996.
9. Болотских Н.Н. Совершенствование методики расчета систем отопления газовыми трубчатыми инфракрасными нагревателями. Зб. «Науковий вісник будівництва». Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, вип. 54, 2009. – с. 76-91.

#### Болотських М.М. УДОСКОНАЛЮВАННЯ МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ СИСТЕМ ІНФРАЧЕРВОНОГО ПАНЕЛЬНОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО ОПАЛЕННЯ ПРИМІЩЕНЬ

Наведено результати досліджень систем інфрачервоного панельного електричного опалення приміщень, а також алгоритм удосконаленої методики розрахунку.

**Ключові слова:** інфрачервоний нагрівач, тепловий комфорт, інтенсивність опромінення, алгоритм методики розрахунку.

#### Bolotskih N.N. PERFECTION OF METHODOLOGY OF CALCULATION OF SYSTEMS OF INFRA-RED PANEL ELECTRIC HEATING OF APARTMENTS

Results over of researches of the systems of the infrared panel electric heating of apartments, and also algorithm of the improved methodology of calculation, are brought.

**Keywords:** infrared heater, thermal comfort, intensity of irradiation, algorithm of methodology of calculation.