

УДК 697.911

Фильчакина И.Н. – старший преподаватель

E-mail: Filchakina@mail.ru

Ерёмкин А.И. – доктор технических наук, профессор

E-mail: eremkin@pquas.ru

Береговой А.М. – доктор технических наук, профессор

E-mail: bereg@rambler.ru

Ежов Е.Г. – доктор физико-математических наук, доцент

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Адрес организации: 440028, Россия, г. Пенза, ул. Г. Титова, д. 28

Разработка и исследование воздухораспределителя для локальной раздачи воздуха на предприятиях текстильной промышленности

Аннотация

Рассмотрена новая конструкция воздухораспределителя для локальной раздачи воздуха непосредственно в обслуживаемую зону помещения, благодаря которой решается задача равномерного распределения параметров микроклимата (t , v , ϕ) и получения высокого коэффициента затухания приточной струи на выходе. Использование данной конструкции в производственных условиях позволяет сократить воздухообмен в помещении до 49 %, уменьшить затраты на электроэнергию до 50 %, а также повысить производительность труда и оборудования до 25 % путём снижения обрывностей нитей на 30 %.

Ключевые слова: воздухораспределитель локальной раздачи, метод неполного физического моделирования, количественный показатель теплопотуплений.

На текстильных предприятиях применяются разнообразные конструкции воздухораспределительных устройств, исследованием которых занимались многие авторы, такие как: М.И. Гримитлин, К.С. Белов, Н.Я. Кириленко, Н.С. Сорокин, П.В. Участкин, Ф.С. Холмогоров, А.Н. Селивёрстов, В.Н. Талиев, Б.Н. Юрманов, И.Ф. Молодкин, Т.П. Авдеева, А.И. Ерёмкин и др.

Анализ известных воздухораспределительных устройств позволил сделать вывод, что в связи с большими габаритами их нельзя устанавливать вблизи технологического оборудования с целью подачи больших объёмов приточного воздуха с допустимо малыми скоростями. Этот факт послужил предпосылкой для разработки новой конструкции воздухораспределителя для локальной раздачи воздуха на предприятиях текстильной промышленности (рис. 1) [1, 2, 3].

Эффективность данной конструкции воздухораспределителя подтверждена экспериментально в лабораторных условиях на модели прядильного цеха, выполненного в геометрическом масштабе 1:10 (рис. 2). Экспериментальная модель разработана на основании метода неполного физического моделирования [4] и позволяет с достаточной точностью моделировать геометрические, тепловые и аэродинамические процессы, применительно к помещениям с теплоизбытками на примере прядильного производства.

Внутри модели прядильного цеха 1 (рис. 2), непосредственно над моделями технологического оборудования 5, смонтированы модели предлагаемого воздухораспределителя 6 с односторонней раздачей (рис. 1, б) в количестве четырёх штук. В данном случае подача приточного воздуха осуществляется непосредственно в технологическую зону помещения локальным способом по схеме воздуходачи «снизу – вверх».

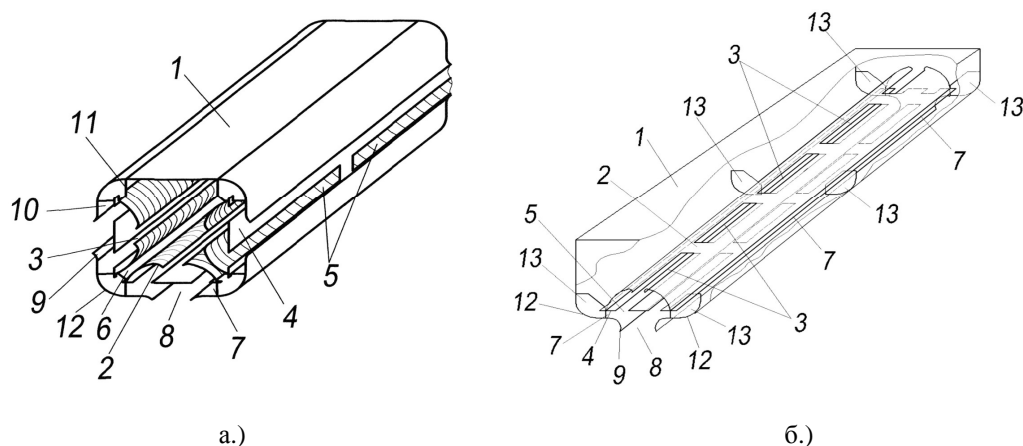


Рис. 1. Воздухораспределитель локальной раздачи воздуха с интенсивным гашением скорости приточных встречных струй: а – с трёхсторонней раздачей воздуха [3]; б – с односторонней раздачей воздуха; 1, 12 – отражательные планки; 2 – дугообразный экран; 3 – продольные щели дугообразного экрана; 4 – стенки воздухораспределителя в виде плоских экранов; 5 – продольные щели плоского экрана; 6 – воздугонаправляющий зазор; 7, 10 – воздугонаправляющие оппозитные каналы; 8 – результирующий канал; 9 – отогнутые кромки; 11 – пластинчатые разделители воздушного потока; 13 – пластинчатый разделитель воздушного потока

Основной задачей и целью экспериментальных исследований, проведённых на модели прядильного цеха, являлась оценка эффективности системы технологического кондиционирования воздуха локальным способом по типу вытесняющей вентиляции с использованием нового воздухораспределителя.

Предполагая, что при локальной раздаче воздуха из общего количества тепла, поступающего от солнечной радиации через световые проёмы, покрытие, стены, а также от технологического оборудования и искусственного освещения, в рабочую зону поступает лишь некоторая их часть, характеризуемая коэффициентами теплопоступления $k_1 \cdot Q_{\text{рад.верт}}$, $k_2 \cdot Q_{\text{рад.покр}}$, $k_3 \cdot Q_{\text{рад.обор}}$, $k_4 \cdot Q_{\text{рад.осв}}$. Остальная часть $(1 - k_n) \cdot Q$ приточным воздухом и конвективными потоками от технологического оборудования вытесняется в верхнюю зону, откуда вместе с уходящим загрязнённым воздухом удаляется наружу. В дальнейшем эти теплопоступления предлагается не учитывать при определении воздухообменов в помещении, что позволит существенно снизить объём приточного воздуха. Теплопоступления от людей $Q_{\text{люд}}$ полностью приходятся на рабочую зону.

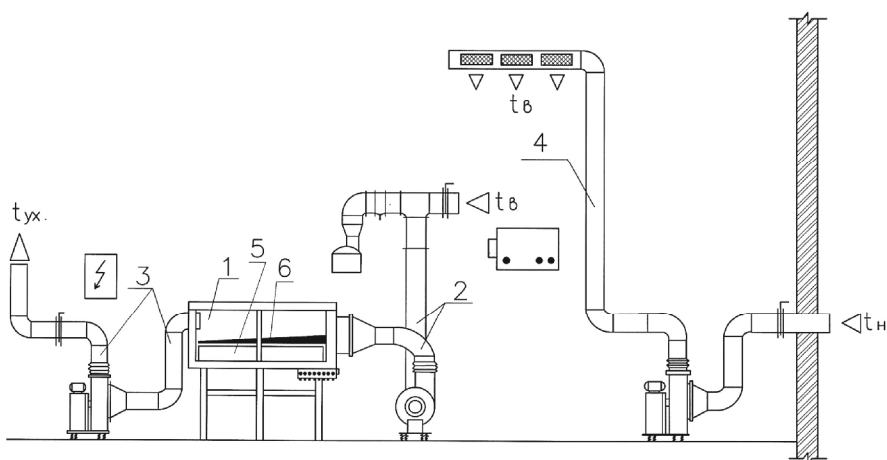


Рис. 2. Схема экспериментального стенда: 1 – модель прядильного цеха (М 1:10); 2 – установка для подачи воздуха в модель; 3 – установка для удаления воздуха из модели; 4 – установка для поддержания постоянной температуры в лаборатории; 5 – модель технологического оборудования; 6 – модель воздухораспределителя с односторонней раздачей воздуха

Путём моделирования на модели теплоступлений от различных видов источников, были получены количественные показатели k_1, k_2, k_3, k_4 , учитывающие долю теплоступлений в нижнюю зону помещения соответственно от солнечной радиации через стены (окна), покрытие, оборудования и искусственного освещения. Данные показатели необходимы для расчёта количества приточного воздуха $L_{пр}$, м³/ч, подаваемого в помещение локальным способом по схеме воздухообмена «снизу-вверх» при помощи предлагаемого воздухоораспределителя.

$$L_{пр} = \frac{(k_1 \cdot Q_{\text{рад. верт.}} + k_2 \cdot Q_{\text{рад. покр.}} + k_3 \cdot Q_{\text{обор.}} + k_4 \cdot Q_{\text{осв.}} + Q_{\text{люд.}} + Q_{\text{пр.}}) \cdot 3,6}{(I_{\text{р.з}} - I_{\text{т}}) \cdot r_{\text{р.з}} \cdot k_3}, \quad (1)$$

где $I_{\text{р.з}}$ и $I_{\text{т}}$ – энтальпии воздуха, соответственно в рабочей и технологической зонах, кДж/кг с.в.; $Q_{\text{пр.}}$ – прочие теплоступления, равные 5 % от общего количества теплоступлений в нижнюю зону, Вт; $Q_{\text{люд.}}$ – тепловыделения от людей, применительно к нижней зоне помещения, Вт; k_3 – коэффициент эффективности воздухообмена, определяемый по формуле:

$$k_3 = \frac{t_{\text{yx}} - t_{\text{т}}}{t_{\text{р.з}} - t_{\text{т}}}, \quad (2)$$

здесь t_{yx} , $t_{\text{т}}$, $t_{\text{р.з}}$ – соответственно температуры уходящего воздуха, воздуха технологической и рабочей зон, °С.

Численные значения количественных показателей теплоступлений были получены согласно формуле:

$$k_i = \frac{Q_{(\text{р.з.})i}}{Q_{(\text{п.т.})i}}, \quad (3)$$

где $Q_{(\text{р.з.})i}$ и $Q_{(\text{п.т.})i}$ – теплоступления от отдельного вида источника, соответственно в рабочую зону и во весь объём помещения, Вт.

Введение численных значений полученных на модели коэффициентов k_1, k_2, k_3, k_4 (табл.) в расчётную формулу (1) позволяет сократить объём приточного воздуха примерно в два раза, по сравнению с вариантом системы кондиционирования, действующей по типу перемешивающей вентиляции по схеме воздухообмена «снизу-вверх». Это подтверждает эффективность системы технологического кондиционирования воздуха локальным способом по типу вытесняющей вентиляции.

Таблица

**Количественные показатели теплоступлений
для расчёта системы технологического кондиционирования воздуха локальным способом
по типу вытесняющей вентиляции по схеме воздухообмена «снизу-вверх»
для прядильного производства (Пензенская обл.)**

Теплоступления	Количественный показатель теплоступлений в рабочую зону k_i				Количественный показатель теплоступлений в верхнюю зону $(1 - k_i)$			
	k_1	k_2	k_3	k_4	$1 - k_1$	$1 - k_2$	$1 - k_3$	$1 - k_4$
В нижнюю зону помещения	0,35	0,30	0,55	0,32				
В верхнюю зону помещения					0,65	0,70	0,45	0,68

Представленные в таблице значения количественных показателей следует применять при расчёте воздухообменов только для конкретного случая, а именно прядильного производства.

На модели были выявлены графические зависимости эмпирических моделей, полученных в результате статистической обработки в оболочке *MS Excel*, пакет «Статистика» (рис. 3), которые позволяют определить значения количественных показателей теплопоступлений k_1, k_2, k_3, k_4 с учётом тепловой мощности различного оборудования, осветительных приборов и интенсивности солнечной радиации.

На основании исследований на модели получены универсальные уравнения для практических расчётов значений количественных показателей k_i теплопоступлений от:

- солнечной радиации через вертикальные ограждающие конструкции:

$$k_1 = 0,153 \cdot Q^{0,227}; \quad (4)$$

- солнечной радиации через покрытие:

$$k_2 = 0,021 \cdot \ln Q + 0,2415; \quad (5)$$

- технологического оборудования:

$$k_3 = 0,158 \cdot Q^{0,191}; \quad (6)$$

- искусственного освещения:

$$k_4 = 0,041 \cdot Q^{0,417}. \quad (7)$$

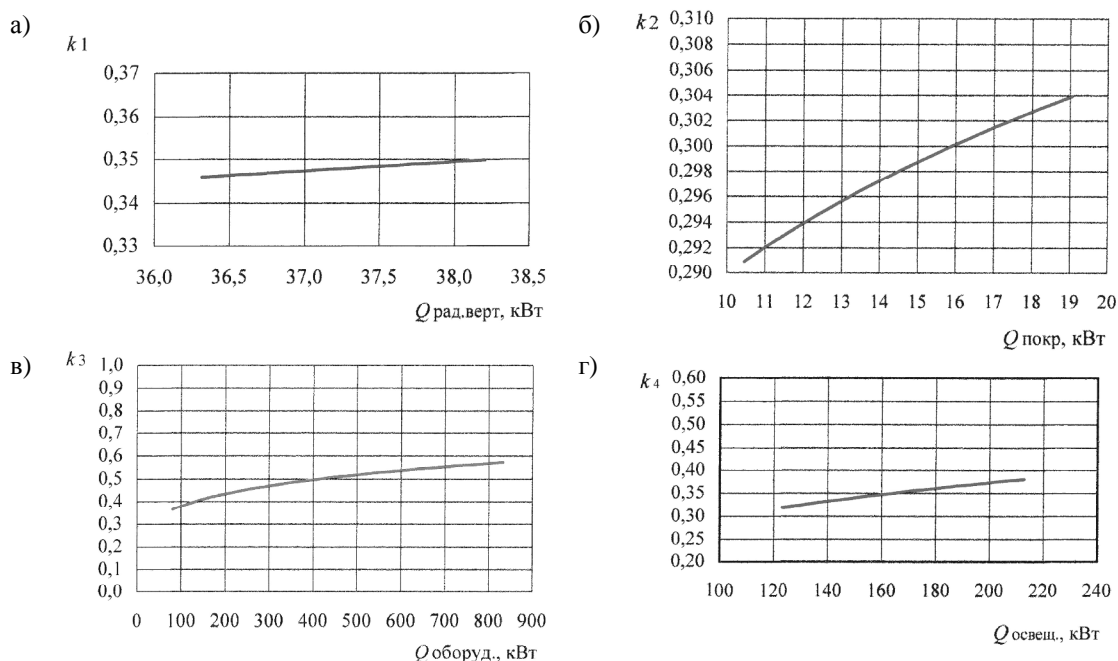


Рис. 3. График зависимости количественного показателя k_i от теплопоступлений Q_i , кВт: а – через стены и остекления; б – через покрытие; в – от оборудования; г – от освещения

Анализ полученных экспериментальным путём результатов, приведённых на графиках (рис. 3), позволяет сделать вывод, что с увеличением тепловой мощности Q , кВт, источника численное значение количественного показателя k возрастает в большей или меньшей степени.

Основываясь на методике неполного физического моделирования, были выполнены расчёты количества $L_{пр}$ и параметров приточного воздуха (t, v), которые необходимо было подать и создать в модели. Относительную влажность воздуха ϕ , %, внутри модели прядильного цеха невозможно моделировать, поэтому этот параметр

устанавливается по фактической величине, принимаемой для натурального помещения в соответствии с требованиями СанПиН 2.2.4.548-96 – Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений, т.е. $\varphi_n = \varphi_m$.

Проведённые на модели исследования воздухоораспределителя для локальной раздачи приточного воздуха доказали высокую степень его эффективности, а именно способность обеспечивать равномерность распределения параметров микроклимата (t , v , φ) по длине, стабильность их по высоте рабочей (рис. 4) и технологической зон.

На основании анализа представленных на рис. 4 графиков можно сделать вывод, что при подаче приточного воздуха локальным способом по схеме воздухообмена «снизу-вверх» с помощью предлагаемого воздухоораспределителя параметры микроклимата (t , v , φ) поддерживаются равномерными по длине рабочей зоны цеха с незначительными колебаниями в пределах: $t_{p,3} = 23,4 \dots 23,7$ °С, $v_{p,3} = 0,15 \dots 0,25$ м/с; $\varphi_{p,3} = 43,5 \dots 44,8$ %.

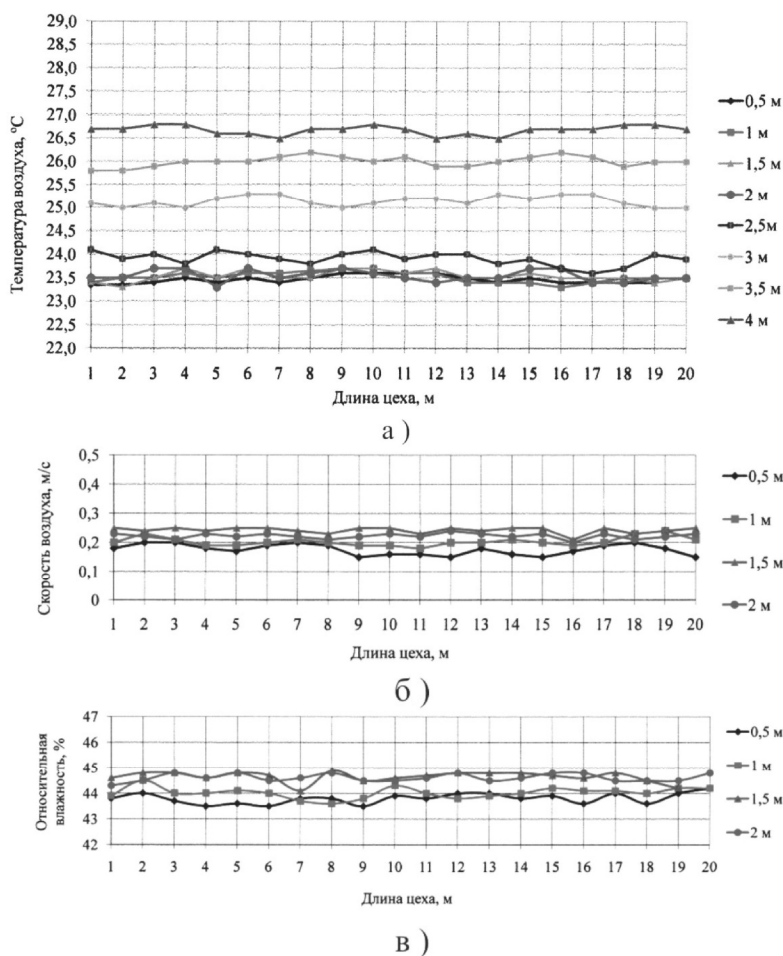


Рис. 4. Изменение параметров искусственного микроклимата помещения по длине и высоте рабочей зоны цеха: а – температуры t , °С; б – скорости v , м/с; в – относительной влажности φ , %

Дальнейший анализ приведённых на рис. 4 графических зависимостей подтверждает высокую эффективность воздухоораспределителя, при которой значения параметров микроклимата (t , v , φ) в рабочей зоне по высоте до уровня стратификации остаются постоянными при незначительных колебаниях в пределах: $t_{p,3} = 23,47 \dots 23,55$ °С; $v_{p,3} = 0,18 \dots 0,22$ м/с; $\varphi_{p,3} = 43,8 \dots 44,6$ %.

Указанные данные позволяют сделать вывод, что значения параметров искусственного микроклимата соответствуют санитарно-гигиеническим условиям для категории работ данного вида текстильного производства.

Закономерность распределения температуры воздушных потоков по высоте помещения (рис. 4, а) позволила на расстоянии 2,5 метра от пола выявить уровень

стратификации, который делит помещение на две зоны – верхнюю загрязнённую и нижнюю – чистую. До уровня стратификации температура воздуха в помещении меняется незначительно, а выше 2,5 метров более резко и интенсивно от 24 °С до 26,5 °С.

Аналогичным образом проводились исследования параметров искусственного микроклимата (t , v , φ) в технологической зоне помещения, где так же, как и в рабочей зоне, наблюдается равномерность распределения всех параметров воздуха.

Приведённые данные позволяют сделать вывод, что полученные в помещении значения параметров микроклимата с помощью предлагаемой конструкции воздухораспределителя (рис. 1) соответствуют технологическим нормам для производств текстильной промышленности, чего нельзя достичь другими конструкциями воздухораспределителей.

На основании оценки полученных результатов на модели можно утверждать, что система технологического кондиционирования воздуха, за счёт применения новой конструкции воздухораспределителя, позволяет одновременно поддерживать параметры микроклимата (t , v , φ), соответствующие технологическим (в технологической зоне) и санитарно-гигиеническим (в рабочей зоне) требованиям при минимальных воздухообменах, что подтверждает эффективность конструкции воздухораспределителя и системы в целом.

Особенно большое внимание уделялось исследованиям скорости потока на выходе из воздухораспределителя в технологическую зону помещения. При локальной раздаче воздуха в технологическое оборудование требовалось создать допустимо малую скорость потока на выходе в технологическую зону обслуживаемого помещения. С целью гашения скорости на выходе и подачи большого объёма приточного воздуха в основу конструкции предлагаемого воздухораспределителя был положен эффект соударения приточных встречных струй.

Предлагаемый воздухораспределитель обеспечивает достаточный угол бокового расширения струи $\alpha = 11^\circ$, а скорость воздуха на выходе из результирующей щели в технологической зоне составляет 0,8...0,3 м/с на расстоянии 0,1...0,5 метров от неё, а в рабочей зоне не превышает 0,2 м/с, что отвечает санитарно-гигиеническим условиям. Кроме того, воздухораспределитель имеет компактные габаритные размеры, с целью размещения его в технологическом оборудовании.

Техническое решение предлагаемой конструкции воздухораспределителя прошло цикл испытаний в производственных условиях и внедрено в ОАО «Сурская Мануфактура» им. В. Асеева в г. Сурске Пензенской области.

За счёт использования предлагаемого воздухораспределителя для локальной раздачи приточного воздуха непосредственно в технологическое оборудование стало возможным сократить воздухообмен до 49 %, уменьшить энергозатраты до 50 %, а также повысить производительность труда и оборудования до 25 % за счёт снижения обрывностей нитей на 30 %.

Список литературы

1. Ерёмкин А.И., Фильчакина И.Н. Результаты исследования воздухораспределителя с оппозитным соударением приточных струй // Приволжский научный журнал, 2010, № 4. – С. 122-129.
2. Фильчакина И.Н., Ерёмкин А.И. Разработка и исследование воздухораспределителя для локальной системы технологического кондиционирования по типу вытесняющей вентиляции // Региональная архитектура и строительство, 2010, № 1. – С. 116-123.
3. Устройство локальной раздачи в технологическую зону прядильного оборудования: пат. 2400578 Рос. Федерация. № 2009117015/12; заявл. 04.09.2009; опубл. 27.09.10, Бюл. № 27 (II ч). – 6 с.
4. Ерёмкин А.И., Фильчакина И.Н. Методика расчёта локальной раздачи воздуха методом неполного физического моделирования // Региональная архитектура и строительство, 2008, № 2. – С. 47-54.

Filchakina I.N. – senior lecturer

E-mail: Filchakina@mail.ru

Eremkin A.I. – doctor of engineering sciences, professor

E-mail: eremkin@pquas.ru

Beregovoy A.M. – doctor of engineering sciences, professor

E-mail: bereg@rambler.ru

Ezhov E.G. – doctor of physico-mathematical sciences, associate professor

Penza State University of Architecture and Construction

The organization address: 440028, Russia, Penza, G. Titova st., 28

Modern building material

Resume

Given the nature of air-conditioning production facilities of textile enterprises, as a variety of areas with excessive heat, it can be concluded that the existing and known at the time construction of diffusers are not able to supply large amounts of fresh air directly into the work zone area, namely in the process equipment.

The authors propose a new design of the diffuser, which is able to rapidly extinguish the rate of supply air stream at the output, which allows the flow of supply air to the slow speed is permissible in the local way of processing equipment. Intensive quenching rate of air in and the output was made possible due to design features of the diffuser. The basis of the principle of the proposed diffuser on the effect of collision plane jets.

The results of the research design of the new diffuser on the developed model spinning mill. The values of quantitative indicators of heat gain through vertical (k_1) and horizontal (k_2) walling, from process equipment (k_3) and artificial lighting (k_4), with respect to spinning with reference to the Penza region.

We obtain the universal equation for the determination of quantitative heat gain k_1 , k_2 , k_3 , k_4 in the lower and upper zones of the room ($1-k_1$), ($1-k_2$), ($1-k_3$), ($1-k_4$), taking into account the thermal power equipment, lighting, and solar radiation intensity. Experiments on the model of the regularities of variation of the parameters (t , v , φ) in the room with the new design of the diffuser, thus ensuring uniform distribution of these parameters on the length and stability of their adjustment process and the work zones.

The technical solution proposed diffuser design has passed the test cycle in a production environment and put into production.

Keywords: an airdistributor of the local dispensing, method of incomplete physical modeling, quantitative measure of heat gain.

References

1. Eremkin A.I., Filchakina I.N. The results of studies with opposite diffuser supply air jet collision // Volga Scientific Journal, 2010, № 2. – P. 122-129.
2. Filchakina I.N., Eremkin A.I. Research and development of the diffuser for the local system of technological air-conditioning type displacement ventilation // The regional architecture and construction, 2010, № 1. – P. 116-123.
3. The unit of the local distribution in the technological area of spinning equipment: the patent 2400578 Russian Federation. № 2009117015/12; It is declared 04.09.2009; it is published 27.09.10. The bulletin. № 27 (II part). – 6 p.
4. Eremkin A. I., Filchakina I. N. Methods of calculating the local distribution of the air by an incomplete physical modeling // The regional architecture and construction, 2008, № 2. – P. 47-54.