

УДК 697.92

Н. А. Литвинова^а, В. Н. Азаров^б, О. А. Степанов^а

^а Тюменский индустриальный университет

^б ВНИИ «Экология»

РАЗРАБОТКА ПРИТОЧНОЙ УСТАНОВКИ С СОРБЦИОННЫМ И ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИМ ФИЛЬТРАМИ СО СВЕТОДИОДНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Исследована эффективность разработанной приточной установки с очисткой воздуха фотокаталитическим фильтром со светодиодными источниками ультрафиолетового излучения, сорбционными фильтрами. Исследовано воздухораспределение в помещении. Предложены аналитические зависимости, позволяющие определить параметры веерной струи от воздухораспределителя. Результаты экспериментальных измерений показали, что наилучший эффект очистки приточного воздуха достигается при расстоянии 1 см между титановой сеткой в виде конуса и диодной лентой. Получены экспериментальным и расчетным методами значения скорости воздушного потока, которые показали возможность применения предложенной установки в жилых помещениях.

К л ю ч е в ы е с л о в а: светодиодные источники, диффузор, скорость движения воздуха, экспериментальная установка, ультрафиолетовое излучение.

Введение

В настоящее время методы очистки воздуха, поступающего в помещения, включают в себя несколько этапов. Например, очистка сорбентами на основе активированного угля, шунгита, цеолита в сочетании с фотокаталитическим фильтром (титановая пластина и ультрафиолетовые (УФ) лампы) для окисления сложных органических веществ в безопасные продукты (вода и углекислый газ) [1—3]. Как правило, в конструкции таких очистителей воздуха предусматривают люминесцентные лампы, к эксплуатации, утилизации и обслуживанию которых предъявляют более жесткие требования [4—6]. В связи с этим многие исследователи отдают предпочтение диодным УФ-источникам излучения (с длиной волны от 315 нм), которые позволяют оказывать местный эффект на проходящий очищаемый воздух, обладают компактностью и имеют длительный срок службы.

Существуют различные воздухоочистители для приточного воздуха, использующие фотокаталитический метод очистки. В большинстве случаев в таких воздухоочистителях используют катализаторы на основе диоксида титана (TiO₂). Наибольшая эффективность очистки атмосферного воздуха, поступающего снаружи, достигается в диапазоне УФ-А излучения (около 330 нм). Такие реакции не требуют повышенной температуры, нет ограничений по относительной влажности воздушной среды. Недостатком конструкции таких устройств является достаточно большой прямоугольный корпус (со всеми этапами очистки), расположенный внутри помещения у стены. Также УФ-А излучение, создаваемое люминесцентными лампами, дает невысокий эффект очистки воздуха по кислотным оксидам, до 50...60 % [7—9].

Известен воздухоочиститель с диодной лентой. Такие диодные лампы располагают внутри полой трубки вместе с катализатором, что позволяет

создать местный эффект и повысить эффективность очистки воздуха до 80...85 %. Недостатками этой конструкции являются потери давления воздушного потока на трение, повышение коэффициентов аэродинамического сопротивления в связи с прохождением воздушного потока по спирали длинной полый трубки. Кроме того, конструкция воздухоочистителя не позволяет монтировать его в жилых помещениях, а может очищать воздух лишь в небольшом объеме автотранспортных средств [10—12].

Известны методы и способы очистки воздушной среды с использованием TiO_2 в фотокаталитическом фильтре и пористых природных сорбентов. Недостатком конструкции является использование УФ-ламп в оголовке прямоугольного сечения (воздухораспределителе). К таким лампам предъявляются высокие требования для эксплуатации в жилых помещениях, воздухораспределитель прямоугольного сечения способствует созданию конических струй сверху — вниз, что не всегда позволяет создать оптимальный скоростной и температурный режим в обслуживаемой зоне [13—15].

Очистка приточного воздуха с помощью установок с сорбентами и фотокаталитическим фильтром на основе диодных источников излучения и титановой сетки становится актуальной. Известен патент на изобретение приточного клапана с очисткой воздуха с использованием сорбентов (шунгитовый, цеолитовый) с определенными физико-химическими характеристиками и УФ-лампами с титановой сеткой [16], который монтируется в наружной стене здания. УФ-лампы размещались в оголовке клапана, который имел воздухораспределитель прямоугольной формы, образующий в помещении наклонную приточную струю сверху — вниз, что важно при формировании воздушного режима помещения. Недостатками устройства являются сложность эксплуатации (УФ-лампы чаще выходят из строя, чем диодные лампы, при этом они располагаются в оголовке), уменьшение времени и площади контакта воздушного потока между титановой сеткой и УФ-лампами, расположенными внутри оголовка корпуса прибора [17—19].

Основная проблема при использовании воздухоочистителей, их элементов (воздухораспределителей) состоит в том, что не всегда сочетаются эффект очистки от загрязнений атмосферного воздуха (органических веществ, кислотных оксидов) и воздухораспределение внутри помещения, скоростной режим и другие параметры микроклимата [20].

Цель данной работы — разработка приточной установки с очисткой воздуха фотокаталитическим фильтром со светодиодными источниками УФ-излучения и сорбционными фильтрами с использованием воздухораспределителя веерного типа от приточной струи в помещении и оценка ее эффективности и воздухораспределения.

Задачи работы:

- с помощью экспериментальной приточной установки с сорбционными фильтрами и диодными УФ-источниками измерить величины концентраций загрязняющих веществ снаружи и внутри помещения;
- экспериментально измерить интенсивность УФ-излучения между титановой сеткой и диодной лентой внутри корпуса экспериментальной приточной установки;
- провести теоретический расчет параметров веерной струи с учетом угла наклона воздухораспределителя очищающего приточного устройства,

расположенного в наружной стене на высоте h_0 от поверхности пола, преобразовав аналитические зависимости для расчета параметров струи;

- сравнить результаты теоретических и экспериментальных данных расчета параметров веерной струи от приточной установки со светодиодными источниками УФ-излучения;
- проанализировать расчетные параметры на осях поступающих веерных струй очищающей приточной установки в помещениях на разных расстояниях — 0,2; 0,8; 1,4 м от стены помещения.

Материалы и методы

В исследовании использована экспериментальная приточная установка (рис. 1), состоящая из оголовка веерного типа с диффузорами (воздухораспределителями) марок ДПУ-К или ДПУ-В. Установка монтировалась в наружной стене помещения для очистки поступающего воздуха.

За прототип принята запатентованная авторами конструкция устройства приточной вентиляции — клапан вентиляции с очисткой поступающего воздуха с целью улучшить качество очистки от кислотных оксидов и органических загрязнений. Предложено модернизировать элементы фотокаталитического фильтра, оптимизировать скоростной и температурный режимы внутри помещения заменой у воздухораспределителя оголовка прямоугольного сечения на круглый диффузор, расположенный не в потолке, а в стене помещения выше 1,4 м от поверхности пола вблизи отопительных приборов [16].

В отличие от предыдущей конструкции, очищаемый воздух снаружи с помощью осевого вентилятора 5 (производительностью от 100 м³/ч) нагнетается в пластиковый воздуховод 6 круглого сечения диаметром 100 мм, расположенный в наружной стене здания, и проходит очистку сначала сорбционными фильтрами 3 (сорбент на основе портландцемента и керамзитовой крошки), затем фотокаталитическим фильтром 2 (рис. 2), что позволяет захватить не только кислотные оксиды, но и органические вещества, поступающие из загрязненного атмосферного воздуха.

В новой конструкции (см. рис. 1) полностью поменяли не только сорбенты (шунгит и цеолит на сорбент на основе портландцемента, шунгита и керамзитовой крошки), но и элементы фотокаталитического фильтра. Титановую сетку круглого сечения, расположенную перед оголовком, видоизменили в форму конуса 2, а УФ-лампы из оголовка заменили на светодиодную ленту 4 внутри корпуса.

В отличие от привычных фильтров на основе фотокатализа, в экспериментальной установке (см. рис. 1, 2) фотокаталитический фильтр (диодные лампы в ленте) представляет собой конус 2 из титановой сетки (TiO₂) диаметром 100 мм. Высота конуса составляет 2 см, что необходимо для увеличения площади контакта воздушной среды при воздействии УФ-излучения. Воздух поступает на фильтры из сорбентов 3, затем в конусообразную конструкцию 2 из TiO₂, вокруг которой размещена диодная лента 4 с УФ-излучением от 315 нм. Диодная лента 4 размещена по внутреннему диаметру приточного устройства. После этого воздух распределяется с помощью диффузора 1 (ДПУ-К или ДПУ-В) во всем объеме помещения.

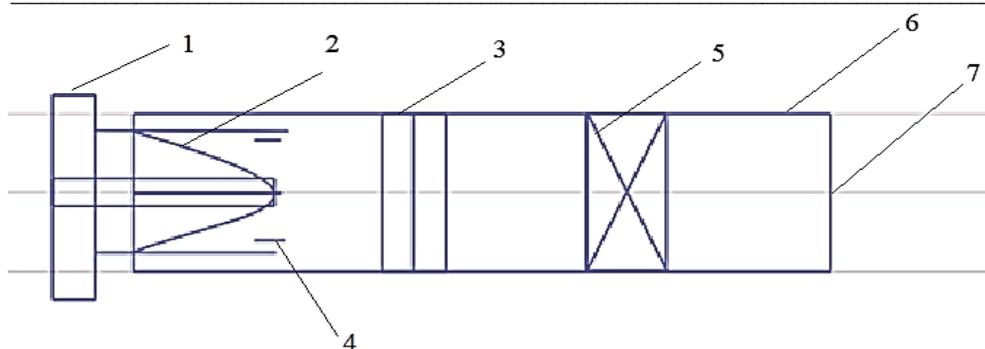


Рис. 1. Экспериментальная установка (приточная) с фотокаталитическим фильтром со светодиодными источниками УФ-излучения, сорбционными фильтрами, принципиальная схема: 1 — воздухораспределитель (диффузор); 2 — титановая сетка (TiO_2); 3 — сорбенты (сорбционные фильтры); 4 — светодиодная лента с УФ-излучением; 5 — вентилятор; 6 — воздуховод круглый из пластика; 7 — сетка от мелких дисперсных частиц



Рис. 2. Экспериментальная приточная установка с фотокаталитическим фильтром со светодиодными источниками УФ-излучения, сорбционными фильтрами

Экспериментальная установка размещалась на первом этаже в наружной стене здания, на расстоянии около 50 м от магистрали с интенсивностью движения свыше 2500 авт./ч. Измерялись выбросы (концентрации) газообразных загрязнителей одновременно снаружи (у здания непосредственно у воздухозаборной решетки устройства) и внутри помещения после прохождения очистки в приточной установке с помощью газоанализаторов Колион 1В, Ганк 4.

При исследованиях скоростного режима использовались следующие методы: наблюдение, измерение, эксперимент (скорость движения воздуха измерена анемометром Testo 341 по высоте и длине помещения с шагом 0,2 м), численное моделирование на основе преобразования общепринятых уравнений для расчета параметров на оси верной приточной струи (изотермиче-

ской и неизотермической), исходящей от стены помещения (наружной). При экспериментальных измерениях УФ-излучения внутри корпуса установки использовали сертифицированный УФ-радиометр в диапазонах измерений А, В, С по длинам волн.

В исследованиях принята схема воздухообмена подачи приточного воздуха сверху — вниз веерными струями (устройство расположено в стене на высоте от 1,4 м от поверхности пола и выше в зависимости от высоты помещения), стелящимися вниз помещения. Вытяжная вентиляция в помещениях организованная, естественная.

Результаты и обсуждение

Результаты экспериментальных исследований занесены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты исследования загрязненного атмосферного приточного воздуха до и после его очистки в установке

Диоксид серы SO ₂ , мг/м ³		Оксид углерода (II) CO, мг/м ³		Формальдегид CH ₂ O, мг/м ³	
наруж.	внутр.	наруж.	внутр.	наруж.	внутр.
0,1	0,03	26	2,2	0,051	0,001
0,3	0,01	28	2,3	0,052	0,002
0,2	0,01	29	2,2	0,053	0,001
0,5	0,02	24	1,9	0,055	0,002
0,4	0,01	23	1,8	0,051	0,003
Фенол C ₆ H ₆ O, мг/м ³		Углеводороды алифатические C _x H _y , мг/м ³		Диоксид азота NO ₂ , мг/м ³	
наруж.	внутр.	наруж.	внутр.	наруж.	внутр.
0,010	0,001	2	0,02	0,099	0,003
0,012	0,002	2,3	0,03	0,095	0,004
0,013	0,002	2,4	0,02	0,094	0,004
0,014	0,001	2,4	0,01	0,093	0,003
0,012	0,002	2,2	0,02	0,092	0,004

По результатам экспериментальных данных эффективность очистки воздушной среды от исследуемых загрязняющих веществ составила: по SO₂ — от 97,50 %, CO (II) — от 92,41 %; CH₂O — от 96,36 %; C₆H₆O — от 92,86 %; углеводородам алифатическим — от 99,58 %; по NO₂ — 96,97 %. Полученные концентрации не превышают норматив для жилых помещений.

На разных расстояниях от диодной ленты внутри корпуса разработанной экспериментальной установки измерено УФ-излучение (табл. 2). Измерения показали, что наилучший эффект очистки приточного воздуха достигается при расстоянии 1 см между титановой сеткой в виде конуса и диодной лентой в диапазоне длинноволнового УФ-А излучения 320 нм с интенсивностью УФ-излучения 2,05...2,2 Вт/м².

После оценки очищающей эффективности разработанного устройства было исследовано, как оно влияет на воздухораспределение внутри помещения,

особенно на скоростной режим. Проверялось, не будут ли создаваться участки с повышенным скоростным режимом в разных зонах помещения.

Исходными данными для получения расчетных параметров на оси приточной струи данной установки со светодиодными источниками излучения являлись: h_0 — высота установки от поверхности пола помещения, 1,4 м; α — угол наклона диффузоров ДПУ-К или ДПУ-В; L — расход объемный воздушного потока, м³/ч (от 100 м³/ч); все типовые параметры воздухораспределителя (площадь поперечного сечения F_0 , м²).

Таблица 2

Параметры интенсивности ультрафиолетового излучения от диодной ленты, в диапазоне 110...400 нм

Расстояние от диодных ламп R , см	Величина УФ-излучения, Вт/м ²		
	УФ-А	УФ-В	УФ-С
1	2,1	1,9	0,41
1	2	2	0,45
1	2,05	1,9	0,41
1	2	1,85	0,42
1	2,2	1,85	0,40
10	1,3	1,0	0,35
10	1,25	0,99	0,33
10	1,31	1,1	0,31
10	1,32	1,15	0,32
10	1,31	1,10	0,31
20	0,6	0,3	0
20	0,55	0,25	0
20	0,54	0,24	0
20	0,56	0,25	0
20	0,55	0,25	0

Расчет веерной струи с учетом угла наклона воздухораспределителя, расположенного в стене на высоте h_0 производился следующим образом.

Расстояние распространения изотермической струи составило:

$$X = \frac{h_0 - h_{03}}{\sin \alpha}, \quad (1)$$

где α — угол наклона для диффузоров ДПУ-К или ДПУ-В; h_0 — высота экспериментальной установки от поверхности пола помещения, м; h_{03} — высота зоны обслуживания, м.

Следовательно, максимальная скорость движения воздуха в приточной струе веерного типа V_x (м/с) в помещении:

$$V_x = \frac{m \cdot L \cdot \sin \alpha}{(h_0 - h_{03}) \sqrt{F_0}} \cdot k_c k_b k_H, \quad (2)$$

где m — скоростной безразмерный коэффициент; L — расход объемный воздушного потока, м³/ч; α — угол наклона диффузора ДПУ-К или ДПУ-В; h_0 — высота экспериментальной установки от поверхности пола помещения, м;

h_{03} — высота зоны обслуживания, м; F_0 — площадь поперечного сечения ДПУ-К или ДПУ-В, м²; k_c — коэффициент, учитывающий тормозящее влияние веерной струи (стеснения); k_b — коэффициент, учитывающий взаимодействие с поверхностями помещения (взаимодействия); k_H — коэффициент, учитывающий влияние гравитационных сил на приточную струю в помещении (неизотермичности).

Температура воздушной среды (°С) струи веерного типа (максимальная и минимальная температура на оси струи) составила:

$$\Delta t_x = \frac{n \cdot \Delta t_{03} \sqrt{F_0} \cdot \sin \alpha}{(h_0 - h_{03})} \cdot \frac{k_b}{k_c \cdot k_H}, \quad (3)$$

где n — температурный безразмерный коэффициент.

При неизотермической струе траектория описывается уравнением:

$$y = \frac{(h_0 - h_{03})}{\sin \alpha} \cdot \operatorname{tg} \alpha + \frac{(h_0 - h_{03})^3}{3H \cdot \cos^3 \alpha}. \quad (4)$$

После преобразования $\operatorname{tg} \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}$ получим:

$$y = \frac{(h_0 - h_{03})}{\cos \alpha} + \frac{(h_0 - h_{03})^3}{3H \cdot \cos^3 \alpha}. \quad (5)$$

Для расчета критерия Архимеда получим уравнение (6):

$$A_{rx} = \frac{n}{m^2} \cdot A_r \cdot \frac{(h_0 - h_{03})^2}{\sin^3 \alpha \cdot F_0}, \quad (6)$$

где n — температурный безразмерный коэффициент; m — скоростной безразмерный коэффициент; α — угол наклона диффузора ДПУ-К или ДПУ-В; h_0 — высота экспериментальной установки от поверхности пола помещения, м; h_{03} — высота зоны обслуживания, м; F_0 — площадь поперечного сечения ДПУ-К или ДПУ-В, м².

Сравнительный анализ скоростей движения воздуха, измеренных экспериментально и полученных в результате теоретического расчета, представлены на рис. 3 для расхода 100 м³/ч. На разных расстояниях X (0,2; 0,8; 1,4 м) от стены внутри помещения проведены расчеты и измерения параметров скоростей движения воздушного потока при использовании диффузоров разных марок: ДПУ-К, ДПУ-М, ДПУ-В (рис. 3).

В жилых помещениях для диффузора марки ДПУ-В рекомендовано использовать очищающие установки с производительностью от 100...150 м³/ч (табл. 3). На высоте обслуживаемой зоны и в центре помещения скорость движения воздушного потока не превышает 0,2 м/с, а дальше от центра помещения уменьшается до 0,13...0,15 м/с в теплый период года и до 0,2 м/с в холодный период.

В таблице 3 представлены полученные расчетные параметры скоростей движения воздуха, избыточная температура воздуха от установки с диодным

фотокаталитическим фильтром для производительности 100...200 м³/ч. Площадь поперечного сечения воздухоораспределителя принята 0,007 м².

Максимальная скорость движения воздушного потока при расходах воздуха в диапазоне 100...150 м³/ч находится в пределах допустимых значений. Максимальная избыточная температура не превышает норматив.

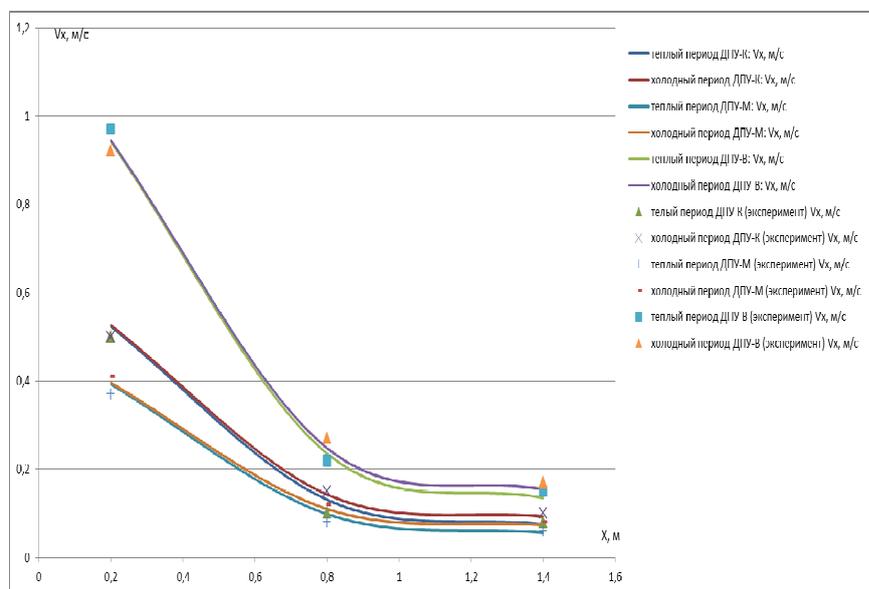


Рис. 3. Измерения и расчет величин скоростей движения воздушного потока (м/с) в зависимости от расстояния от стены помещения (X, м)

Таблица 3

Расчетные параметры на осях верных струй от ДПУ-В очищающей приточной установки в помещениях на расстояниях X (м) от наружной стены

Расход воздуха, L ₀ , м ³ /ч	X, м	Площадь сечения воздухоораспределителя, F ₀ , м ²	Геометрическая характеристика приточной струи, H, м	Коэффициент неизотермичности, k _н	Коэффициент стеснения, k _с	Коэффициент перехода, k _в	Скорость воздуха максимальная V _x , м/с		Избыточная температура воздуха в приточной струе, максимальная, Δt _х , °С
							Теплый период	Холодный период	
100	0,2	0,007	3,51	1,00	0,9	1,0	0,932	0,948	8,298
100	0,8	0,007	3,51	1,05	0,9	1,0	0,227	0,249	2,349
100	1,4	0,007	3,51	1,14	0,9	1,0	0,135	0,159	1,438
150	0,2	0,007	3,51	1,00	0,9	1,0	1,428	1,420	8,298
150	0,8	0,007	3,51	1,05	0,9	1,0	0,352	0,378	2,249
150	1,4	0,007	3,51	1,14	0,9	1,0	0,205	0,239	1,538
200	0,2	0,007	3,51	1,00	0,9	1,0	1,899	1,890	8,398
200	0,8	0,007	3,51	1,05	0,9	1,0	0,487	0,500	2,449
200	1,4	0,007	3,51	1,14	0,9	1,0	0,264	0,345	1,538

Результаты показали удовлетворительную сходимость параметров скоростей движения воздуха на осях веерных струй, полученных по теоретическим данным, с экспериментальными данными (см. рис. 3), расхождение не превышает 8...11 %, что подтверждает корректность проведенных исследований.

На рисунке 4 подробно представлены измеренные опытным путем значения скоростей воздушного потока с шагом 0,2 м при использовании диффузора ДПУ-В (приточная струя веерного типа) в разработанной экспериментальной установке с диодными источниками УФ-излучения.

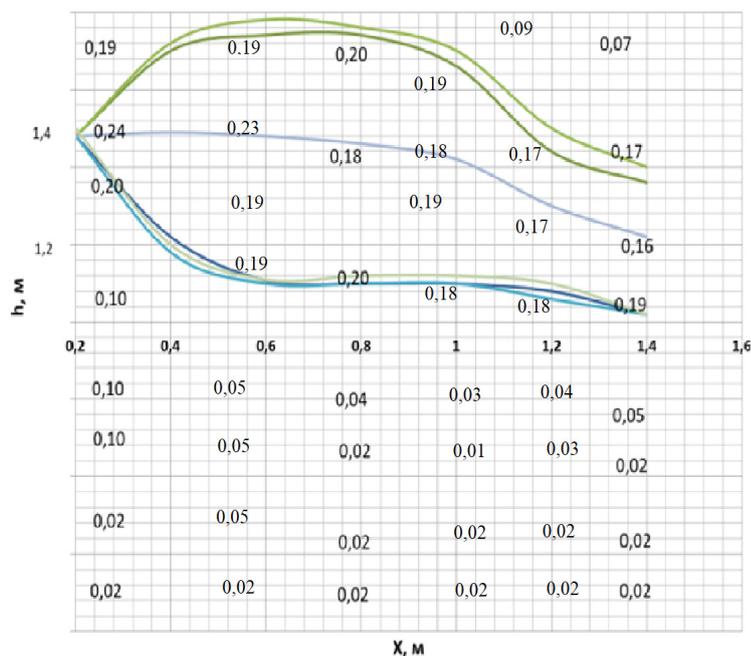


Рис. 4. Величины скоростей движения воздуха в помещении с шагом 0,2 м от экспериментальной приточной установки с диффузором ДПУ-В:
 X — расстояние от стены, м; h — высота от пола помещений, м; L — $100 \text{ м}^3/\text{ч}$

Величины скоростей движения воздуха от предложенной установки с диффузором марки ДПУ-В составили выше 1,5 м от пола 0,20...0,21 м/с. В нижней зоне до 1 м от пола помещения скорость движения воздушного потока устанавливается менее 0,021 м/с.

Выводы

1. При использовании предложенной приточной установки с фотокаталитическим фильтром (с диодными УФ-источниками излучения) и сорбционными фильтрами концентрации газообразных загрязнителей не превышают ПДК для жилых помещений. Эффективность очистки от газообразных загрязнений составила: по SO_2 — от 97,50 %, CO (II) — от 92,41 %; CH_2O — от 96,36 %; $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}$ — от 92,86 %; углеводородам алифатическим — от 99,58 %; по NO_2 — 96,97 %.

2. Новая предложенная установка отличается тем, что фотокаталитический фильтр (диодные лампы в ленте) представляет собой конус из титановой

сетки (TiO₂) с диаметром 100 мм. Высота конуса составляет 2 см, что необходимо для увеличения площади контакта воздушной среды при воздействии УФ-излучения. Воздух поступает на фильтры из сорбентов на основе портландцемента, керамзитовой крошки, шунгита, затем — в конусообразную титановую сетку, вокруг которой размещена диодная лента с УФ-излучением от 315 нм.

3. Результаты экспериментальных измерений показали, что лучший эффект очистки приточного воздуха достигается при расстоянии 1 см между титановой сеткой в виде конуса и диодной лентой в диапазоне УФ-А 320 нм, с интенсивностью УФ-излучения 2,05...2,2 Вт/м².

4. Предложены аналитические зависимости веерной струи с учетом угла наклона воздухораспределителя (при приточной струе веерного типа), расположенного в наружной стене на высоте h_0 от поверхности пола в помещении. Зависимости позволяют определить параметры веерной струи от разработанной конструкции приточной установки.

5. Расхождение теоретических и экспериментальных величин скоростей движения воздуха не превышает 8...11 %.

6. При монтаже в жилых помещениях диффузора ДПУ-В приточной установки рекомендовано использовать очищающие установки с производительностью 100...150 м³/ч. Скорость движения воздуха (до 0,021 м/с) и избыточная температура воздушной среды находятся в пределах норматива.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мусина У. И. Очистка выхлопных газов автотранспорта с помощью коксуской шунгитистой породы // Вестник КазНТУ. 2012. № 3(91). С. 62—66.
2. Литвинова Н. А., Азаров В. Н. Клапаны с очисткой воздуха от газообразных загрязнителей системы приточной вентиляции // Известия вузов. Строительство. 2022. № 4(760). С. 50—66.
3. Бутцев Б. И. Приточные устройства — достойное дополнение к герметичным окнам // Светопрозрачные конструкции. 2000. № 3. С. 34—36.
4. Кривошеин А. Д. Обеспечение регулируемого притока воздуха в жилых зданиях: проблемы и решения // Вентиляция. Отопление. Кондиционирование: АВОК. 2018. № 4. С. 32—38.
5. Delp W. W., Singer B. C. Performance assessment of US residential cooking exhaust hoods // Environ Sci Technol. 2012. Vol. 46. Iss. 11. Pp. 6167—6173.
6. Dor F., Le Moullec Y., Festy B. Exposure of city residents to carbon monoxide and monocyclic aromatic hydrocarbons during commuting trips in the Paris metropolitan area // Journal of the Air and Waste Management Association. 1995. Vol. 45. Iss. 2. Pp. 103—110.
7. Зайнишев А. В. Особенности процесса управления работой фотокаталитического воздухоочистителя // Безопасность жизнедеятельности. 2015. № 12. С. 11—14.
8. Photocatalytic purification of volatile organic compounds in indoor air: a literature review / J. Mo, Y. Zhang, Q. Xu, J. J. Lamson, R. Zhao // Atmos Environ. 2009. Vol. 43. Pp. 2229—2246.
9. Gunschera J., Markewitz D., Bansen B. Portable photocatalytic air cleaners: efficiencies and by-product generation // Environ Sci Pollut Res. 2016. Vol. 23. Pp. 7482—7493.
10. Alamelu K., Jaffar Ali B. M. TiO₂-Pt composite photocatalyst for photo-degradation and chemical reduction of recalcitrant organic pollutants // J. Environ. Chem. Eng. 2018. Vol. 6. Pp. 5720—5731.
11. Costarramone N., Cantau C., Desauziers V. Photocatalytic air purifiers for indoor air: European standard and pilot room experiments // Environ Sci Pollut Res. 2017. Vol. 24. Pp. 12538—12546.
12. Efficiency and harmfulness of air-purifying photocatalytic commercial devices: from standardized chamber tests to nanoparticles release / N. Costarramone, B. Kartheuser, C. Pécuyer, T. Pigot, S. Lacombe // Catalysis today, 8th European meeting on solar chemistry and photocatalysis. Environmental Applications. 2015. Vol. 252. Pp. 35—40.

13. *Tompkins D., Lawnicki B., Zeltner W., Anderson M.* Evaluation of Photocatalysis for Gas-Phase Air Cleaning Part 1: Process, Technical, and Sizing Considerations // *ASHRAE Transactions*. 2005. Vol. 111. Iss. 4791. Pp. 60—84.
14. *Hay S. O., Obee T., Luo Z.* The viability of photocatalysis for air purification // *Molecules*. 2015. Vol. 20. Pp. 1319—1356.
15. *Luengas A., Barona A., Hort C.* A review of indoor air treatment technologies // *Rev. Environ Sci Biotechnol*. 2015. Vol. 14. Pp. 499—522.
16. *Литвинова Н. А.* Клапан приточной принудительной вентиляции с очисткой воздуха: патент 2 744623 С1, РФ, МПК F 24F7/013(2006.01). Заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Тюменский индустриальный университет. № 2020121023. Заявл. 2020.06.17. Опубл. 2021.03.12. Бюл. № 8.
17. *Дацюк Т. А., Уляшева В. М., Верховский А. А.* Воздушный режим высотных зданий // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. 2024. № 2. С. 24—32.
18. *Стерлягов А. Н., Низовцев М. И.* Сравнительный анализ работы приточных клапанов в зимний период // *Известия вузов. Строительство*. 2022. № 4. С. 40—49.
19. Воздушный режим помещений небольшого объема общественных зданий при нестационарном характере работы / Р. Ш. Мансуров, А. И. Мухин, В. И. Костин, Д. А. Омельченко, В. А. Гавриленко, Ю. Г. Соколов // *Известия вузов. Строительство*. 2023. № 9. С. 46—57.
20. *Авсюкевич Д. А., Егоричев М. В.* Графоаналитическая модель параметров микроклимата в чистых помещениях // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2024. Вып. 3(96). С. 55—66.

© *Литвинова Н. А., Азаров В. Н., Степанов О. А.*, 2025

Поступила в редакцию
17.04.2025

Ссылка для цитирования:

Литвинова Н. А., Азаров В. Н., Степанов О. А. Разработка приточной установки с сорбционным и фотокаталитическим фильтрами со светодиодными источниками ультрафиолетового излучения // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2025. Вып. 2(99). С. 182—193. DOI: 10.35211/18154360_2025_2_182.

Об авторах:

Литвинова Наталья Анатольевна — д-р техн. наук, доц., проф. каф. техносферной безопасности, Тюменский индустриальный университет (ТИУ). Российская Федерация, 625005, г. Тюмень, ул. Володарского, 38; litvinova2010-litvinova2010@yandex.ru

Азаров Валерий Николаевич — д-р техн. наук, проф. ВНИИ «Экология». Российская Федерация, 117628, г. Москва, 36 км МКАД, двлд. 1, стр. 4; azarovpubl@mail.ru

Степанов Олег Андреевич — д-р техн. наук, проф., проф. каф. промышленной теплоэнергетики, Тюменский индустриальный университет (ТИУ). Российская Федерация, 625005, г. Тюмень, ул. Володарского, 38; stepanovoa@tyuiu.ru

Natalia A. Litvinova^a, Valerii N. Azarov^b, Oleg A. Stepanov^a

^a *Tyumen Industrial University*

^b *All-Russian Research Institute Environment*

DEVELOPMENT OF A SUPPLY AIR UNIT WITH SORPTION AND PHOTOCATALYTIC FILTERS WITH LED SOURCES OF ULTRAVIOLET RADIATION

The efficiency of the developed supply air unit with an air purification photocatalytic filter with LED sources of ultraviolet radiation and sorption filters is investigated. The air distribution in the room is investigated. Analytical dependences are proposed to determine the parameters of the fan jet from the air distributor. The results of experimental measurements have shown that the best effect of purifying the supply air is achieved at a distance of 1 cm between the titanium mesh in the form of a

cone and the diode strip. The values of air flow velocities were obtained by experimental and computational methods, which showed the possibility of using the proposed installation in residential premises.

Key words: diode radiation sources, diffuser, air velocity, experimental installation, ultraviolet radiation.

For citation:

Litvinova N. A., Azarov V. N., Stepanov O. A. [Development of a supply air unit with sorption and photocatalytic filters with LED sources of ultraviolet radiation]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2025, iss. 2, pp. 182—193. DOI: 10.35211/18154360_2025_2_182.

About authors:

Natalia A. Litvinova — Doctor of Engineering Sciences, Docent, Tyumen Industrial University (TIU). 38, Volodarsky st., Tyumen, 625005, Russian Federation; SCOPUS ID: 57191526844; litvinova2010-litvinova2010@yandex.ru

Valerii N. Azarov — Doctor of Engineering Sciences, All-Russian Research Institute Environment. 1, 36 km MKAD, Moscow, 117628, Russian Federation; azarovpubl@mail.ru; ORCID: 0000-0003-0944-0232

Oleg A. Stepanov — Doctor of Engineering Sciences, Professor, Tyumen Industrial University (TIU). 38, Volodarsky st., Tyumen, 625005, Russian Federation; SCOPUS ID: 57192041872; stepanova@tyuiu.ru