



УДК 697.921.45

Н. А. ЛИТВИНОВА¹, д-р техн. наук, проф. кафедры техносферной безопасности; **В. Н. АЗАРОВ²**, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой безопасности жизнедеятельности в строительстве и городском хозяйстве; **О. А. СТЕПАНОВ¹**, д-р техн. наук, консультант кафедры промышленной теплоэнергетики; **А. Ф. ШАПОВАЛ¹**, д-р техн. наук, консультант кафедры инженерных систем и сооружений

СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ ПРИТОЧНОГО ВОЗДУХА С ПОМОЩЬЮ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ

¹ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет».

Россия, 625000, г. Тюмень, ул. Володарского, д. 38.

Тел.: +7(3452) 28-39-56; эл. почта: litvinovana@tyuiu.ru

²ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет».

Россия, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, д. 1.

Тел.: +7(8442) 96-99-07; эл. почта: azarovpubl@mail.ru

Ключевые слова: фотокатализатор, приточный воздух, титана диоксид, оксид меди, латунь, загрязняющие вещества, диоды.

Предложен способ для повышения эффективности очистки приточного воздуха с помощью фотокаталитической сетки из полупроводников: диоксида титана, оксида меди, латуни, диоксида титана/оксида меди. На основе экспериментальных данных получены уравнения множественной регрессии для расчета концентраций загрязнителей в поступающем воздухе, позволяющие определить величину концентраций кислотных оксидов и органических веществ в зависимости от изменения прямоугольного шага ячеек фотокатализатора, расстояния от диодной ленты до фотокатализатора и интенсивности ультрафиолетового излучения диодной ленты.

На сегодняшний день фотокаталитические фильтры и источники ультрафиолетового излучения света (диодные лампы) можно использовать в приточных установках с очисткой поступающего воздуха, которые монтируются по всем этажам здания. К таким установкам относятся клапаны естественной и принудительной системы вентиляции, каналные воздухоочистители воздуха, комбинированные с приточными вентиляционными установками, которые можно использовать как в жилищном, так и гражданском строительстве зданий, расположенных в условиях повышенного загрязнения атмосферного воздуха [1-3]. Преимуществами очистки приточного воздуха в системах вентиляции фотокатализаторами являются их высокая эффективность, нетоксичность, простота конструкции устройства (компактные размеры) и условий эксплуатации, небольшой вес [4-6].

В приточных установках систем вентиляции в основном в качестве фотокаталитических материалов используют оксиды различных металлов, полупроводники. Известно, что в полупроводниках есть достаточное количество электронов проводимости, поэтому необходимо «перебросить» электроны из заполненной зоны «в зону проводимости». Для того чтобы процесс фотокатализа приточного воздуха проходил эффективно, необходимо, чтобы электроны



получили количество энергии. После этого полученная энергия позволяет электронам преодолеть «ширину запрещенной зоны». Такую энергию металлические полупроводники получают за счет энергии света [7-9].

Наиболее часто в фотокатализе приточного воздуха в системе вентиляции используют диоксид титана, что связано с его высокой фотокаталитической активностью, высокой химической стабильностью, низкой стоимостью и отсутствием токсичности. С другой стороны, имеются недостатки: ширина «запрещенной зоны» полупроводника диоксида титана достаточно высокая (от 3,4 эВ); поглощение света диоксидом титана лежит в диапазоне УФ-излучения, поэтому эффективность работы фотокатализаторов под действием видимого излучения менее 10...12%. Наблюдается низкий квантовый выход после процесса фотокатализа из-за низкой удельной поверхности диоксида титана [10-11]. В связи с этим появляется интерес исследовать для повышения эффекта очистки приточного воздуха помещений влияние размера шага фотокаталитической сетки полупроводников из различных металлов, что будет влиять на их электронную проводимость. Требуется подробно исследовать повышение фотокаталитической активности катализаторов на основе диоксида титана, оксида меди и латуни (сплава меди и цинка), а также комбинированное действие диоксида титана и оксида меди для очистки приточного воздуха помещений.

Для проведения оценки качества очистки приточного воздуха собрана экспериментальная установка, приближенная к реальным условиям загрязнения атмосферного воздуха (рис. 1). Выбран замкнутый объем в виде куба, ограниченный плоскостями (6 x 4 x 3) м, объемом 72 м³.

Со стороны *D* замкнутого объема 6 размещен пластиковый воздуховод 3 круглого сечения (120 мм), со стороны *K* замкнутого объема размещена круглая решетка для вытяжной естественной вентиляции 5.

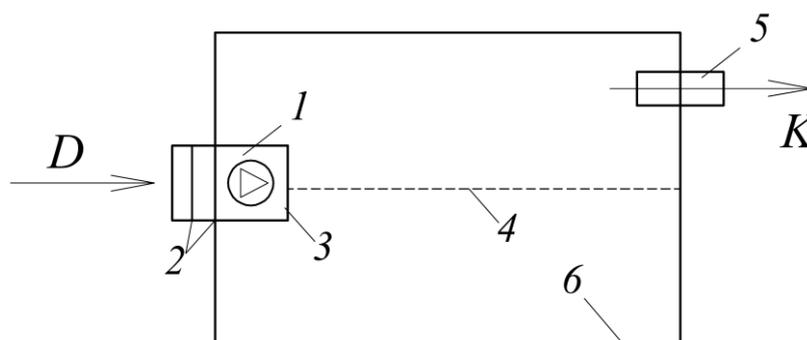


Рис. 1. Экспериментальная установка для проведения опытных испытаний оценки качества очистки приточного воздуха с помощью сменных сеток фотокатализаторов (полупроводников) и диодной ленты – диодных ламп УФ-излучения 320 нм:

1 – каналный вентилятор; 2 – сменная фотокаталитическая сетка и диодная лента; 3 – пластиковый воздуховод; 4 – датчики зондов газоанализаторов; 5 – вытяжная решетка; 6 – замкнутый объем, ограниченный плоскостями (материал авторов)



На входе в пластиковый воздуховод 3 расположены зонды газоанализаторов 4 «Колион-1В», «Палладий 3М» для контроля концентраций загрязнителей в наружном воздухе, а также зонды 4 с датчиками газоанализаторов расположены внутри замкнутого объема для контроля степени загрязнения кислотными оксидами и органическими веществами после прохождения очистки фотокаталитическим методом. Источником загрязнения являлся двигатель внутреннего сгорания объемом 1,6 литров, восьмикратный мотор мощностью 82 л/с (вид топлива бензин АИ-92), рабочий объем 1596 см³. Источник загрязнения размещен на расстоянии не более 50 метров до экспериментальной установки, что позволило оценить концентрации загрязнений в наружном воздухе в реальных условиях атмосферного воздуха. Скорость движения воздушного потока при проведении экспериментальных измерений выбрана снаружи от 1 до 5 м/с). В пластиковом круглом воздуховоде 3 размещена вставка со сменными фотокаталитическими сетками 2 различных полупроводников (вариантов), затем внутри воздуховода 3 расположена диодная лента 320 нм по его диаметру, далее размещен осевой канальный вентилятор 1 производительностью до 130 м³/ч для нагнетания воздуха.

Варианты исследований сменных фотокаталитических сеток (прямоугольных ячеек) следующие: 1) оксид меди Cu₂O, шаг сетки (1,0x1,0) мм; 2) Cu₂O, (0,6x0,6) мм; 3) Cu₂O, (0,1x0,1) мм; 4) латунь (сплав меди с цинком), (1,0x1,0) мм; 5) латунь, (0,6x0,6) мм; 6) латунь, (0,1x0,1) мм; 7) титана диоксид TiO₂, (1,0x1,0) мм; 8) TiO₂, (0,6x0,6) мм; 9) TiO₂, (0,1x0,1) мм; 10) титана диоксид/оксид меди TiO₂ / Cu₂O, (1,0x1,0) мм; 11) TiO₂ / Cu₂O, (0,6x0,6) мм; 12) TiO₂ / Cu₂O, (0,1x0,1) мм.

За основу (контроль) принят фотокатализатор (сетка) диоксида титана, с шагом прямоугольных ячеек (0,1x0,1) мм. Полупроводник диоксида титана – наиболее распространенный полупроводник, используемый в фотокаталитическом окислении приточного воздуха в установках приточной системы вентиляции.

В табл. 1 представлены экспериментально измеренные усредненные значения интенсивности ультрафиолетового излучения I (Вт/м²) от разных расстояний от диодов и при разном шаге ячеек фотокаталитических сеток из меди, латуни, титана диоксида, диоксида титана/оксида меди. Каждое измерение проводилось в 10-кратной повторности, что соответствует минимально необходимой повторности измерений согласно критерию Стьюдента. С уменьшением шага ячеек полупроводников от (1,0x1,0) мм до (0,1x0,1) мм растет показатель интенсивности УФ-излучения во всех спектрах длин волн, наибольшая интенсивность отмечена при УФ-А излучении на расстоянии 0,5 см от диодов (табл. 1).

В табл. 2 представлены концентрации варианта контроля качества воздуха снаружи и внутри замкнутого объема экспериментальной установки при использовании полупроводника из титана диоксида/оксида меди, который показал наилучший эффект очистки приточного воздуха на расстоянии 0,5 см от сетки до диодов и в диапазоне УФ-А излучения 8,1 Вт/м², при шаге ячеек фотокаталитической сетки (0,1x0,1) мм.



Таблица 1

Экспериментально измеренные значения I интенсивности ультрафиолетового излучения ($\text{Вт}/\text{м}^2$) на разных расстояниях R от диодов при разном шаге ячеек фотокатализаторов (a , мм)

R , см	УФ-А, $\text{Вт}/\text{м}^2$			УФ-В, $\text{Вт}/\text{м}^2$			УФ-С, $\text{Вт}/\text{м}^2$		
	1 x 1	0,6 x 0,6	0,1 x 0,1	1 x 1	0,6 x 0,6	0,1 x 0,1	1 x 1	0,6 x 0,6	0,1 x 0,1
медная фотокаталитическая сетка									
0,5	4,6	5,0	5,8	3,0	2,8	2,9	1,7	1,8	1,0
5	3,2	3,5	4,3	1,9	2,2	2,2	1,3	1,1	0,9
10	2,5	2,6	2,7	1,2	1,8	1,8	1,0	0,8	0,7
латунь (сплав меди с цинком)									
0,5	3,2	3,8	4,3	1,7	2,1	2,6	1,0	1,2	1,4
5	2,0	2,9	3,0	1,1	1,8	2,0	0,9	0,9	1,0
10	1,2	2,1	2,4	0,5	1,1	1,5	0,7	0,76	0,8
титана диоксид									
0,5	5,2	6,2	7,2	2,6	3,6	3,9	1,1	1,3	1,7
5	2,4	3,4	4,4	1,0	2,0	2,7	0,4	0,8	1,1
10	1,0	2,0	3,0	0,7	0,9	1,1	0,5	0,7	0,9
титана диоксид/оксид меди									
0,5	6,1	7,2	8,1	3,6	4,5	4,7	2,1	2,2	2,7
5	3,2	4,4	5,3	2,0	3,1	3,6	1,5	1,8	2,1
10	2,1	3,2	4,1	1,6	1,9	2,1	1,4	1,6	1,9

Таблица 2

Результаты контроля качества воздуха снаружи и внутри замкнутого объема экспериментальной установки при использовании фотокаталитических полупроводников

повторность	диоксид серы SO_2 , $\text{мг}/\text{м}^3$		оксид углерода (II) CO , $\text{мг}/\text{м}^3$		формальдегид CH_2O , $\text{мг}/\text{м}^3$	
	снаружи	внутри установки	снаружи	внутри установки	снаруж и	внутри установки
1	0,22	0,02	8,11	5,1	0,053	0,002
2	0,22	0,02	8,10	5,2	0,052	0,001
3	0,21	0,02	8,20	5,1	0,052	0,002
4	0,23	0,02	8,50	5,2	0,056	0,001
5	0,22	0,02	8,20	5,1	0,054	0,002
повторность	фенол $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}$, $\text{мг}/\text{м}^3$		углеводороды алифатические, C_xH_y , $\text{мг}/\text{м}^3$		диоксид азота, NO_2 , $\text{мг}/\text{м}^3$	
	снаружи	внутри установки	снаружи	внутри установки	снаруж и	внутри установки
1	0,011	0,001	2,2	0,003	0,098	0,004
2	0,011	0,002	2,1	0,004	0,096	0,005
3	0,012	0,002	2,3	0,001	0,095	0,004
4	0,014	0,001	2,3	0,002	0,094	0,003
5	0,013	0,002	2,4	0,003	0,093	0,003



На величину концентраций загрязнителей при очистке поступающего приточного воздуха фотокаталитическим фильтром оказывают влияние следующие зависимые факторы:

a – шаг фотокаталитической сетки, мм;

I – интенсивность УФ-излучения внутри корпуса рассматриваемой приточной установки, Вт/м²;

R – расстояние от диодов до сетки фотокатализатора, см.

По результатам обработки экспериментальных данных получены уравнения множественных регрессий (1)–(21) величин концентраций диоксида серы, диоксида азота, оксида углерода (II), углеводородов алифатических (C1–C5), фенола, формальдегида.

При использовании диоксида титана в качестве фотокатализатора для очистки приточного воздуха представлены уравнения множественных регрессий (1)–(6):

$$C_{\text{SO}_2} = 0,54 + 0,61 \cdot a - 0,03 \cdot I + 0,01 \cdot R; \quad (1)$$

$$C_{\text{NO}_2} = 0,57 + 0,72 \cdot a - 0,02 \cdot I + 0,09 \cdot R; \quad (2)$$

$$C_{\text{CO}} = 0,054 \cdot a + 5,640; \quad (3)$$

$$C_{\text{C}_x\text{H}_y} = 0,070 + 0,0003 \cdot a - 0,010 \cdot I; \quad (4)$$

$$C_{\text{фенол}} = 0,004 + 0,063 \cdot a - 0,001 \cdot I + 0,008 \cdot R; \quad (5)$$

$$C_{\text{формальдегид}} = 0,006 + 0,002 \cdot a + 0,001 \cdot R; \quad (6)$$

Значимые факторы выбраны по критерию Стьюдента, $|t| > t(0,05; 59)$, $t(0,05; 59) = 1,67$, надежность уравнения регрессии 95%.

Из уравнений (1)–(6) множественных регрессий наибольшее влияние на концентрацию кислотных оксидов в приточном воздухе оказывает шаг фотокаталитической сетки диоксида титана a .

Увеличение шага фотокаталитической сетки a на 1 единицу измерения приводит к увеличению концентрации диоксида серы, диоксида азота на 0,61; 0,72 единиц соответственно. Увеличение интенсивности ультрафиолетового излучения I приводит к уменьшению концентрации диоксида серы, диоксида азота на 0,032; 0,02 единиц соответственно. Концентрация оксида углерода уменьшается незначительно при изменении шага фотокаталитической сетки, на уменьшение концентрации оксида углерода получен способ очистки приточного воздуха с помощью хемосорбента (диоксида марганца), силикагеля, совместно с шунгитом и цеолитом [12].

Титановый фотокатализатор показал высокую эффективность очистки приточного воздуха для помещений от органических загрязнителей, наименьшие концентрации фенола, формальдегида, углеводородов алифатических отмечены при шаге сетки фотокатализатора диоксида титана (0,1x0,1) мм и интенсивности излучения в диапазоне 7,1...7,2 Вт/м² в спектре УФ-А излучения, удельная проводимость диоксида титана выбрана 1,72 МСм/м.

Титаново-медный фотокатализатор эффективен для очистки приточного воздуха помещений от органических загрязнителей, концентрации фенола, формальдегида, углеводородов алифатических и одновременно зафиксирован высокий эффект очистки от концентраций кислотных оксидов. Такой эффект отмечен при шаге сетки фотокатализатора диоксида титана (0,1x0,1) мм и



интенсивности излучения в диапазоне $8,1 \dots 8,2 \text{ Вт/м}^2$ в спектре УФ-А излучения, удельная проводимость металлов составила 59 МСм/м , что в 30 раз выше, чем при использовании сетки только из диоксида титана. Энергия за счет высокой удельной проводимости позволяет электронам легко преодолеть «ширину запрещенной зоны».

По результатам проведенных экспериментальных исследований авторами получено, что при увеличении интенсивности ультрафиолетового излучения от $1,5$ до 7 Вт/м^2 при использовании фотокаталитической сетки диоксида титана уменьшается концентрация диоксида азота и диоксида серы до $0,7$; $0,35 \text{ мг/м}^3$ соответственно, уменьшились концентрации органических веществ в 2 раза. Концентрация оксида углерода незначительно уменьшается с $5,7$ до $5,5 \text{ мг/м}^3$, что связано с тем, что монооксид углерода обладает устойчивой молекулярной связью и может быть эффективно «захвачен» только с помощью хемосорбентов. В связи с этим при очистке приточного воздуха от монооксида углерода целесообразно использовать фотокаталитический метод, который скомбинирован с очисткой хемосорбентами и сорбентами, предложенный в [12].

При проведении экспериментальных исследований очистки приточного воздуха с помощью полупроводника оксида меди Cu_2O и диодной ленты получены уравнения множественной регрессии (7)...(11):

$$C_{\text{SO}_2} = 0,34 + 0,32 \cdot a - 0,02 \cdot I + 0,01 \cdot R; \quad (7)$$

$$C_{\text{NO}_2} = 0,27 + 0,52 \cdot a - 0,01 \cdot I + 0,08 \cdot R; \quad (8)$$

$$C_{\text{C}_x\text{H}_y} = 0,09 + 0,001 \cdot a - 0,05 \cdot I; \quad (9)$$

$$C_{\text{фенол}} = 0,004 + 0,063 \cdot a - 0,072 \cdot I + 0,009 \cdot R; \quad (10)$$

$$C_{\text{формальдегид}} = 0,009 + 0,072 \cdot a + 0,001 \cdot R. \quad (11)$$

При использовании для очистки приточного воздуха в качестве фотокатализатора оксида меди Cu_2O концентрации кислотных оксидов уменьшились в 1,59 раза (концентрации органических соединений в поступающем (приточном) воздухе после очистки незначительно возрастают в 1,16 раз. Фотокатализатор сетчатый оксида меди Cu_2O показал высокий эффект очистки от кислотных оксидов в связи с большей удельной проводимостью, чем у сетки из диоксида титана. У фотокатализатора оксида меди удельная проводимость выбрана до $57,8 \text{ МСм/м}$, что выше практически в 2 раза, чем у диоксида титана.

С увеличением шага сетки a фотокатализатора оксида меди наблюдается аналогичная закономерность: с ростом шага a сетки от $0,1$ до 1 мм растет концентрация загрязнителей в приточном воздухе в 2,5 раза для кислотных оксидов. Выбор полупроводника оксида меди необходим из-за большой работы выхода электрона и относительной дешевизны.

При проведении экспериментальных исследований очистки приточного воздуха с помощью фотокатализатора латуни и диодной ленты получены следующие уравнения множественной регрессии (12)...(16):

$$C_{\text{SO}_2} = 0,74 + 0,88 \cdot a - 0,04 \cdot I + 0,05 \cdot R; \quad (12)$$

$$C_{\text{NO}_2} = 0,78 + 0,82 \cdot a - 0,09 \cdot I + 0,19 \cdot R; \quad (13)$$



$$C_{C_xH_y} = 0,10 + 0,001 \cdot a - 0,09 \cdot I; \quad (14)$$

$$C_{\text{фенол}} = 0,008 + 0,076 \cdot a - 0,087 \cdot I + 0,010 \cdot R; \quad (15)$$

$$C_{\text{формальдегид}} = 0,010 + 0,087 \cdot a + 0,003 \cdot R. \quad (16)$$

При использовании для очистки приточного воздуха в качестве фотокатализатора латуни концентрации кислотных оксидов увеличились в 1,38 раза, при этом концентрации органических соединений в поступающем воздухе после очистки незначительно возрастают в поступающем воздухе (приточном) в 1,2 раза. С увеличением шага сетки наблюдается аналогичная закономерность, с ростом шага сетки от 0,1 до 1 мм фотокатализатора растет концентрация загрязнителей в приточном воздухе в 2,5–3 раза для кислотных оксидов и органических веществ.

С ростом интенсивности УФ-излучения при использовании латуни концентрации диоксида серы и оксида азота в помещении выше в 1,4...2,1 раза, чем при использовании фотокатализатора оксида меди. Удельная проводимость у латуни в 3 раза меньше, чем у оксида меди, что не способствует быстрому «переходу» электронов и, соответственно, влияет на эффект очистки приточного воздуха в сторону уменьшения.

При использовании фотокатализатора на поверхности диоксида титана с оксидом меди Cu_2O , в диапазоне УФ-А излучения 8,1...8,2 Вт/м² отмечены наименьшие концентрации как по органическим, так и по неорганическим (кислотным оксидам) загрязнениям в приточном воздухе, при этом концентрация кислотных оксидов уменьшается в 2 раза.

При использовании диоксида титана/оксида меди в качестве фотокатализатора для очистки приточного воздуха представлены уравнения множественной регрессии (17)...(22):

$$C_{SO_2} = 0,12 + 0,11 \cdot a - 0,001 \cdot I + 0,001 \cdot R; \quad (17)$$

$$C_{NO_2} = 0,18 + 0,12 \cdot a - 0,01 \cdot I + 0,002 \cdot R; \quad (18)$$

$$C_{C_xH_y} = 0,07 + 0,0003 \cdot a - 0,01 \cdot I; \quad (19)$$

$$C_{\text{фенол}} = 0,004 + 0,063 \cdot a - 0,001 \cdot I + 0,008 \cdot R; \quad (20)$$

$$C_{\text{формальдегид}} = 0,006 + 0,002 \cdot a + 0,001 \cdot R. \quad (21)$$

Авторами получены обобщенные экспериментальные данные снижения концентраций диоксида серы в зависимости от интенсивности УФ-А излучения при разных используемых полупроводниках в приточной установке. Наилучший эффект очистки приточного воздуха достигается от 8,1 Вт/м² в УФ-А диапазоне при использовании фотокатализатора на основе комбинированных полупроводников диоксид титана/оксид меди: концентрации при всех диапазонах УФ-А составили минимальные значение в пределах норматива. Увеличились концентрации диоксида серы на выходе из экспериментальной установки при фотокатализаторе оксид меди до 0,28 мг/м³. Наиболее высокие концентрации диоксида серы на выходе из приточной установки зафиксированы при использовании фотокатализатора латуни до 0,66 мг/м³, что объясняется низкой удельной проводимостью металла от 15 МСм/м.



В качестве заключения авторы отмечают, что установлена аналогичная динамика снижения концентраций диоксида азота: наименьшие концентрации диоксида азота отмечены при фотокатализаторе диоксид титана/оксид меди, с шагом ячеек (0,1x0,1) мм, в спектре УФ-А в диапазоне 8,1...8,2 Вт/м². Эффективность очистки приточного воздуха (фотокатализатор TiO₂ / Cu₂O) составила: по диоксиду азота – 96,80%, диоксиду серы – 96,20%, фенолу – 90,91%, формальдегиду – 96,23%, углеводов алифатических – 98,64%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Литвинова, Н. А. Клапаны с очисткой воздуха от газообразных загрязнителей системы приточной вентиляции / Н. А. Литвинова, В. Н. Азаров. – Текст : непосредственный // Известия вузов. Строительство. – 2022. – № 4 (760). – С. 50–66.
2. Бутцев, Б. И. Приточные устройства – достойное дополнение к герметичным окнам / Б. И. Бутцев. – Текст : непосредственный // Светопрозрачные конструкции. – 2000. – № 3. – С. 34–36.
3. Кривошеин, А. Д. Обеспечение регулируемого притока воздуха в жилых зданиях: проблемы и решения / А. Д. Кривошеин. – Текст : непосредственный // Вентиляция. Отопление. Кондиционирование. АВОК. – 2018. – № 4. – С. 32–38.
4. A review of indoor air treatment technologies / A. Luengas, A. Barona, C. Hort [et al.] // Rev Environ Sci Biotechnol. – 2015. – Vol. 14. – P. 499–522.
5. The viability of photocatalysis for air purification / S. O. Hay, T. Obee, Z. Luo [et al.] // Molecules. – 2015. – Vol. 20. – P. 1319–1356.
6. Photocatalytic air purifiers for indoor air: European standard and pilot room experiments / N. Costarramone, C. Cantau, V. Desauziers [et al.] // Environ Sci Pollut Res. – 2017. – Vol. 24. – P. 12538–12546.
7. 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. – P. 2229–2246.
8. Portable photocatalytic air cleaners: efficiencies and by-product generation / J. Gunschera, D. Markewitz, B. Bansen [et al.] // Environ Sci Pollut Res. – 2016. – Vol. 23. – P. 7482–7493.
9. Зайнишев, А. В. Особенности процесса управления работой фотокаталитического воздухоочистителя / А. В. Зайнишев. – Текст: непосредственный // Безопасность жизнедеятельности. – 2015. – № 12. – С. 11–14.
10. Alamelu, K. TiO₂-Pt composite photocatalyst for photo-degradation and chemical reduction of recalcitrant organic pollutants / K. Alamelu, Ali B. M. Jaffar // J. Environ. Chem. Eng. – 2018. – Vol. 6. – P. 5720–5731.
11. Titanium (IV) oxide having a copper co-catalyst: a new type of semihydrogenation photocatalyst working efficiently at an elevated temperature under hydrogen-free and poison-free conditions / H. Kominami, M. Shiba, A. Hashimoto [et al.] // Phys. Chem. Chem. Phys. – 2018. – № 20. – P. 19321.
12. Патент № 2 747863 С1 Российская Федерация, МПК В01Д 53/04(2006.01), В01Д 35/01(2006.01), В01J 20/06(2006.01), В01J 20/10(2006). Способ очистки от газообразных загрязнителей приточного воздуха помещений : заявл. 11.06.20 ; опубл. 05.17.21 / Литвинова Н. А. ; заявитель и патентообладатель Н. А. Литвинова. – Бюл. № 14. – 8 с. – Текст : непосредственный.



LITVINOVA Natalya Anatolyevna¹, doctor of technical sciences, professor of the chair of technosphere security; AZAROV Valeriy Nikolaevich², doctor of technical sciences, professor, head of the chair of life safety in construction and urban economy; STEPANOV Oleg Andreevich¹, doctor of technical sciences, consultant of the chair of industrial thermal power engineering; SHAPOVAL Anatoliy Filippovich¹, doctor of technical sciences, consultant of the chair of engineering systems and structures

A METHOD FOR INCREASING THE EFFICIENCY OF SUPPLY AIR PURIFICATION USING PHOTOCATALYTIC SEMICONDUCTORS

¹Industrial University of Tyumen.

38, Volodarsky St., Tyumen, 625000, Russia.

Tel.: +7(3452) 28-39-56; e-mail: litvinovana@tyuiu.ru

²Volgograd State Technical University.

1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russia.

Tel.: +7 (8442) 96-99-07; e-mail: azarovpubl@mail.ru

Key words: photocatalyst, supply air, titanium dioxide, copper oxide, brass, pollutants, diodes.

A method is proposed to increase the efficiency of supply air purification using a photocatalytic grid of semiconductors: titanium dioxide, copper oxide, brass, titanium dioxide/copper oxide. Based on experimental data, multiple regression equations were obtained for calculating the concentrations of pollutants in the incoming air, which make it possible to determine the concentrations of acid oxides and organic substances depending on the change in the rectangular pitch of the photocatalyst cells, the distance from the diode strip to the photocatalyst, and the intensity of ultraviolet radiation from the diode strip.

REFERENCES

1. Litvinova N. A., Azarov V. N. Klapany s ochistkoy vozdukhа ot gazoobraznykh zagryazniteley sistemy pritochnoy ventilyatsii [Valves with air purification from gaseous pollutants in the supply ventilation system]. *Izvestiya vuzov. Stroitelstvo [News of Universities. Construction]*. 2022, № 4 (760), P. 50–66.
2. Butcev B. I. Pritochnye ustroystva – dostoynoe dopolnenie k germetichnym oknam [Supply air devices are a worthy addition to airtight windows]. *Svetoprozrachnyye konstruktsii [Translucent structures]*. 2000, № 3, P. 34–36.
3. Krivoshein A. D. Obespechenie regulirovannogo pritoka vozduha v zhilykh zdaniyakh: problemy i resheniya [Ensuring regulated air supply in residential buildings: problems and solutions]. *Ventilyaciya. Otoplenie. Kondicionirovanie: AVOK [Ventilation. Heating. Conditioning: AVOC]*. 2018, №4, P. 32–38.
4. Luengas A., Barona A., Hort C., et al. A review of indoor air treatment technologies. *Rev Environ Sci Biotechnol*. 2015. Vol.14. P. 499–522.
5. Hay S. O., Obee T., Luo Z., et al. The viability of photocatalysis for air purification. *Molecules*. 2015. Vol. 20. P. 1319–1356.
6. Costarramone N., Cantau C., Desauziers V. et al. Photocatalytic air purifiers for in-door air: European standard and pilot room experiments. *Environ Sci Pollut Res*. 2017. Vol.24. P. 12538–12546.
7. Mo J., Zhang Y., Xu Q., Lamson J. J., Zhao R. Photocatalytic purification of volatile organic compounds in indoor air: a literature review. *Atmos Environ*. 2009. Vol. 43. P. 2229–2246.



8. Gunschera J., Markewitz D., Bansen B., et al. Portable photocatalytic air cleaners: efficiencies and by-product generation. *Environ Sci Pollut Res.* 2016. Vol.23. P. 7482–7493.

9. Zaynishev A. V. Osobennosti protsessa upravleniya rabotoy fotokataliticheskogo vozduhoochistitelya [Features of the photocatalytic air purifier operation control process]. *Bezopasnost zhiznedeyatel'nosti* [Life safety]. 2015, № 12, P. 11–14.

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. P. 5720–5731.

11. Kominami H., Shiba M., Hashimoto A., Imai S., Nakanishi K., Tanaka A., Hashimoto K., Imamura K. Titanium (IV) oxide having a copper co-catalyst: a new type of semihydrogenation photocatalyst working efficiently at an elevated temperature under hydrogen-free and poison-free conditions. *Phys. Chem. Chem. Phys.* 2018. № 20. P.19321.

12. Patent № 2 747863 C1, Rossiyskaya Federatsiya, MPK B01D 53/04(2006.01), B01D 35/01(2006.01), B01J 20/06(2006.01), B01J 20/10(2006). Sposob ochistki ot gazoobraznykh zagryazniteley pritochnogo vozduha pomeshcheniy [A method for cleaning indoor supply air from gaseous pollutants]. Litvinova N. A.; zayavitel i patentoobladatel N. A. Litvinova. № 2 747863; zayavl.: 2020.11.06; opubl.: 2021.05.17. Byul. № 14. 8 p.

© Н. А. Литвинова, В. Н. Азаров, О. А. Степанов, А. Ф. Шаповал, 2025

Получено: 05.04.2025 г.