

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ

УДК 697.98

DOI: 10.17673/Vestnik.2016.02.3

Д.Н. ВАТУЗОВ
С.М. ПУРИНГ

МЕТОДИКА ПОДБОРА И РАСЧЕТА АППАРАТОВ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА ОТ КАПЕЛЬНЫХ АЭРОЗОЛЕЙ

METHOD OF SELECTION AND CALCULATION DEVICES AIR CLEANING FROM CONDENSED AEROSOLS

Определены варианты повышения эффективности системы местной вытяжной вентиляции путем включения в схему аппаратов очистки воздуха от капельных аэрозолей. Разработаны схемы подсоединения аппарата очистки в вентиляционную систему цеха. В первом варианте размещения аэрозолеуловителя очищенный вентиляционный воздух выбрасывается непосредственно в атмосферу, во втором варианте очищенный воздух используется в системе рекуперации, после которой удаляется. Целесообразность использования в схеме рекуператора обосновывается технико-экономическим сравнением вариантов и необходимостью повышения энергосбережения. Предложена методика подбора и расчета аппаратов очистки воздуха от капельных аэрозолей, на основании которой возможно определить конструктивные параметры аппарата, оценить объем уловленного материала и подобрать наиболее приемлемый в каждом конкретном случае аппарат, ориентируясь на требуемую производительность вентиляционной системы, необходимые степень очистки и площадь для установки аппарата.

Ключевые слова: аэрозоли, вентиляционные выбросы, аппарат очистки воздуха, эффективность очистки, потери давления, габариты аппарата, количество уловленного материала

This article defines the options to improve the efficiency of local exhaust ventilation systems by incorporating into the circuit from the air cleaning devices droplet aerosol. Schemes connecting cleaning apparatus in ventilation management system are worked out. In the first embodiment, the placement aэрозолеуловителя purified ventilation air is discharged directly to the atmosphere, in the second embodiment, the cleaned air is used in the recovery system, which is removed after the street. The feasibility of using the heat exchanger in the scheme is justified by comparing the technical and economic options and the need to improve energy efficiency. The method of selection and calculation of air cleaning devices from droplet sprays, on the basis of which it is possible to determine the design parameters of the system, to evaluate the amount of captured material, and choose the most appropriate in each case unit, focusing on the desired performance of the ventilation system, the necessary degree of purification and the area for mounting the device.

Keywords: aerosols, air emissions, air purification apparatus, cleaning efficiency, pressure drop, dimensions of the device, the amount of captured material

Одним из основных видов производств, в процессе функционирования которого выделяются мелкодисперсные капельные аэрозоли, является производство изделий из полимерных материалов [1–5]. При производстве изделий из полимерных материалов используется смешивание полимеров с различными добавками, в том числе с пластификаторами [1].

Пластификаторы – вещества, вводимые в полимерные материалы для придания (или повышения)

эластичности и (или) пластичности при переработке и эксплуатации. Пластификаторы классифицируют обычно по химической природе и степени совместимости с полимером. Пластифицировать можно практически все полимеры, однако эффективность пластифицирующего действия, свойства пластифицирующихся полимеров определяются в первую очередь химическим составом и молекулярной массой пластификатора. Использование в производственном

процессе изготовления полимеров различных добавок сопровождается выделением аэрозолей [2, 6].

Например, при производстве поливинилхлоридных изделий в качестве пластификаторов используются диоктилфталат, дибутилфталат, диоктилсебаценат и сланцевое масло. Их количество, процентное соотношение зависят от требований, предъявляемых к производимому материалу. Технологический процесс изготовления полимера происходит при повышенной температуре (120-190 °С) и сопровождается выделением тумана, состоящего из мелкодисперсных аэрозолей пластификаторов и газообразных примесей.

Загрязнение воздуха производственных помещений и атмосферы аэрозолями пластификаторов, которые, испаряясь, превращаются в высокодисперсный аэрозоль и даже в молекулярную фракцию, может привести к серьезным заболеваниям.

Для локализации выбросов загрязняющих веществ и недопущения их попадания в общее цеховое пространство применяется наиболее близкое размещение местных отсосов к очагам выделения вредных веществ, по возможности полное укрытие загрязняющего воздух цеха технологического оборудования. Следует отметить, что, поскольку вентиляционные выбросы имеют, как правило, более низкие концентрации, чем технологические выбросы, вопросу их очистки уделяется недостаточно внимания. Кроме того, частицы пластификаторов, попавшие в вентиляционную систему, не улавливаются и не возвращаются в производство, в то время как их количество может быть значительным, особенно при высокой производительности систем местной вытяжной вентиляции.

Поэтому для повышения эффективности работы вентиляционной системы целесообразно в ее

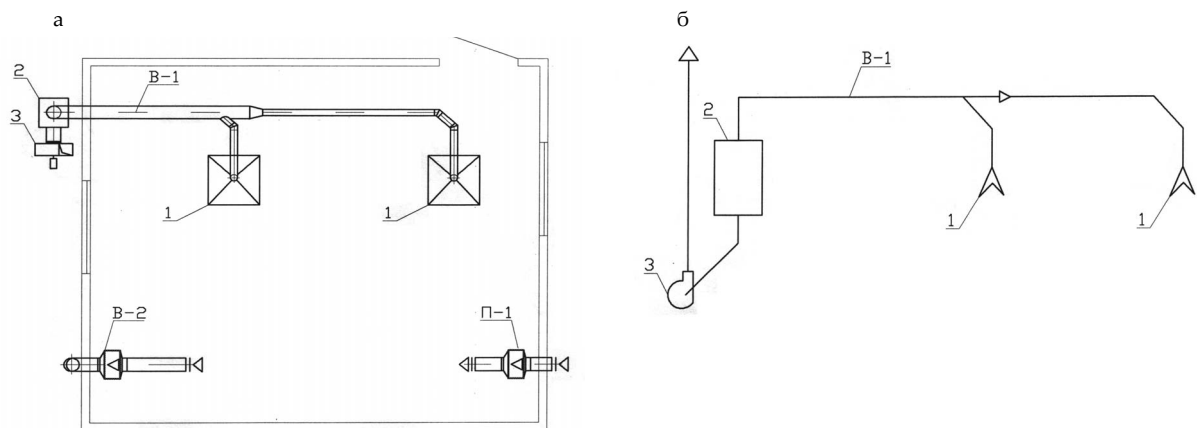


Рис. 1. Первый вариант размещения аэрозолеуловителя в системе вентиляции:
а – план производственного помещения; б – схема вентсистемы В-1;
1 – местный отсос; 2 – очистное устройство; 3 – вентагрегат

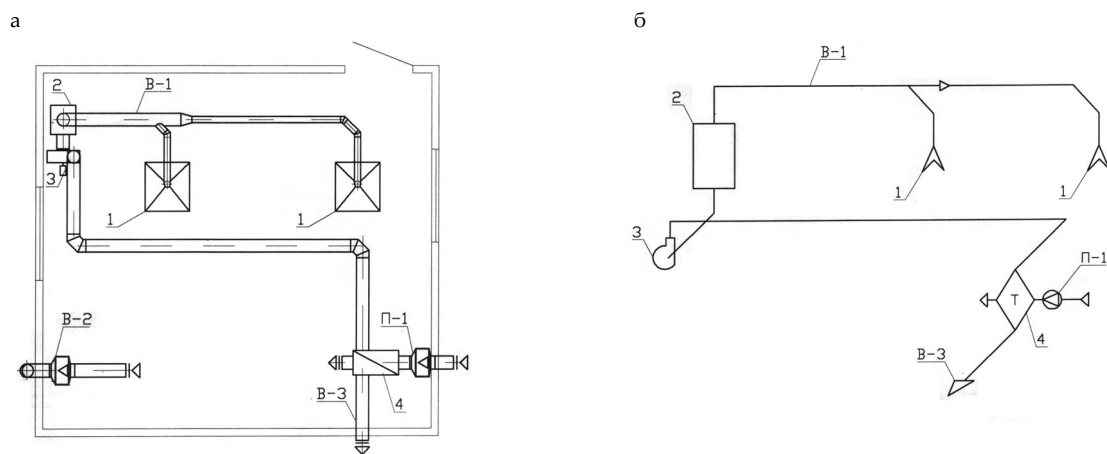


Рис. 2. Второй вариант размещения аэрозолеуловителя в системе вентиляции:
а – план производственного помещения; б – схема вентсистемы В-1, В-3, П-1;
1 – местный отсос; 2 – очистное устройство; 3 – вентагрегат; 4 – теплоутилизатор (рекуператор)

Таблица 1

Подбор пластинчатого аэрозолеуловителя

Эффективность аппарата η , %	Потери давления Δ_p , Па	Скорость потока U_m , м/с	Площадь живого сечения $F_{ж.с.}^*$, м ²	Габаритные размеры аппарата $A \times B$, м	Количество уловленного вещества M^{**} , г/ч
1	2	3	4	5	6
90	900	12	0,2315	0,500×0,557	900
92	1100	13,5	0,2059	0,500×0,495	920
94	1300	15	0,1853	0,500×0,446	940
96	1600	17	0,1635	0,500×0,393	960
98	2000	19	0,1463	0,500×0,352	980

* Для определения параметров аппарата при расчетной производительности вентиляции L_p , м³/ч, в столбцах 4 и 5 значения $F_{ж.с.}$ и B необходимо умножить на коэффициент $a = L_p/10000$.

** При известной начальной концентрации c_p , мг/м³, в столбце 6 значение M необходимо умножить на коэффициент $b = c_p/100$.

составе предусматривать установку разработанных аэрозолеуловителей [7–14].

Для размещения аппаратов очистки можно предложить следующие две схемы (рис. 1, 2).

Использование первого варианта размещения пылеуловителя позволяет очищать вентиляционные выбросы до концентраций, создающих загрязнение атмосферы на уровне значительно меньшем, чем установлено санитарными нормами. Использование второго варианта размещения помимо экологической эффективности дает значительную экономию энергии, т.е. повышает энергоэффективность предприятия в целом.

Для подбора аппарата очистки необходимо подготовить следующую исходную информацию.

Объем удаляемого воздуха от местного отсоса задается технологическим процессом производства L_p , м³/ч. Концентрация аэрозоля, удаляемого от технологического оборудования, принимается по опытным данным или по данным производителя технологического оборудования c_p , мг/м³. Эффективность очистки аппарата η , %, определяется санитарными требованиями в диапазоне $92 \leq \eta \leq 98$.

Для предварительного подбора пластинчатого аэрозолеуловителя можно пользоваться данными, приведенными в табл. 1, для вентиляционной системы производительностью $L = 10000$ м³/ч и начальной концентрацией $c_p = 100$ мг/м³.

Общий алгоритм подбора и расчета очистного аппарата заключается в следующем:

1. Определяем объем удаляемого воздуха от оборудования через местный отсос L_p , м³/ч.

2. Определяем концентрацию аэрозоля, удаляемого от технологического оборудования, по опытным данным (при отсутствии данных от производителя технологического оборудования) c_p , мг/м³.

3. Задаемся требуемой степенью очистки воздуха η , %.

4. По рис. 3 и 4 или по табл. 1 определяем скорость потока аэрозоля в очистном аппарате U_m , м/с, и потери давления Δ_p , Па.

5. Рассчитываем необходимую площадь живого сечения $F_{ж.с.}$, м²:

$$F_{ж.с.} = \frac{L}{3600 \times U_m}. \quad (1)$$

6. Ширина аппарата A – постоянная величина и принимается равной 0,5 м. Величину B , м, определяем по формуле

$$B = 2,4 \times F_{ж.с.} + 0,001. \quad (2)$$

При использовании коаксиального сепаратора вычисляется диаметр осадительной камеры D , м, по формуле

$$D = 1,142 \times \sqrt{\frac{4F_{ж.с.}}{\pi}}. \quad (3)$$

7. Количество уловленного материала M , г/ч, определяем по формуле

$$M = c_p \times L_p \times \frac{\eta}{100} \times 10^{-3}. \quad (4)$$

Пример расчета:

Объем удаляемого воздуха от оборудования через местный отсос $L_p = 7000$ м³/ч; концентрация аэрозоля, удаляемого от технологического оборудования, $c_p = 150$ мг/м³.

Задаемся КПД пластинчатого сепаратора аэрозоля 96 %. Определяем по табл. 1 скорость потока аэрозоля в пластинчатом сепараторе $U_m = 17$ м/с и потери давления $\Delta_p = 1600$ Па.

Находим площадь живого сечения пластинчатого сепаратора аэрозоля

$$F_{ж.с.} = 0,1635 \times \frac{7000}{10000} = 0,1145 \text{ м}^2.$$

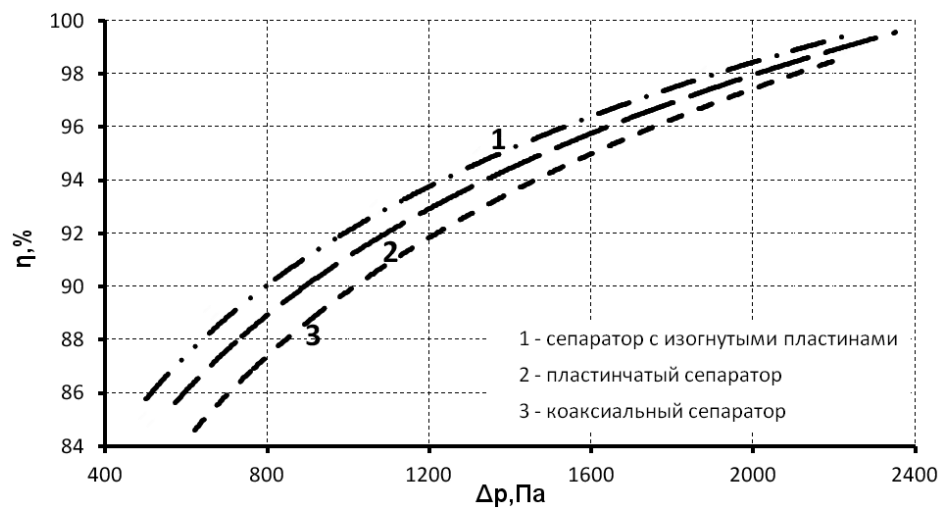


Рис. 3. Зависимость эффективности очистки от аэродинамического сопротивления аппарата

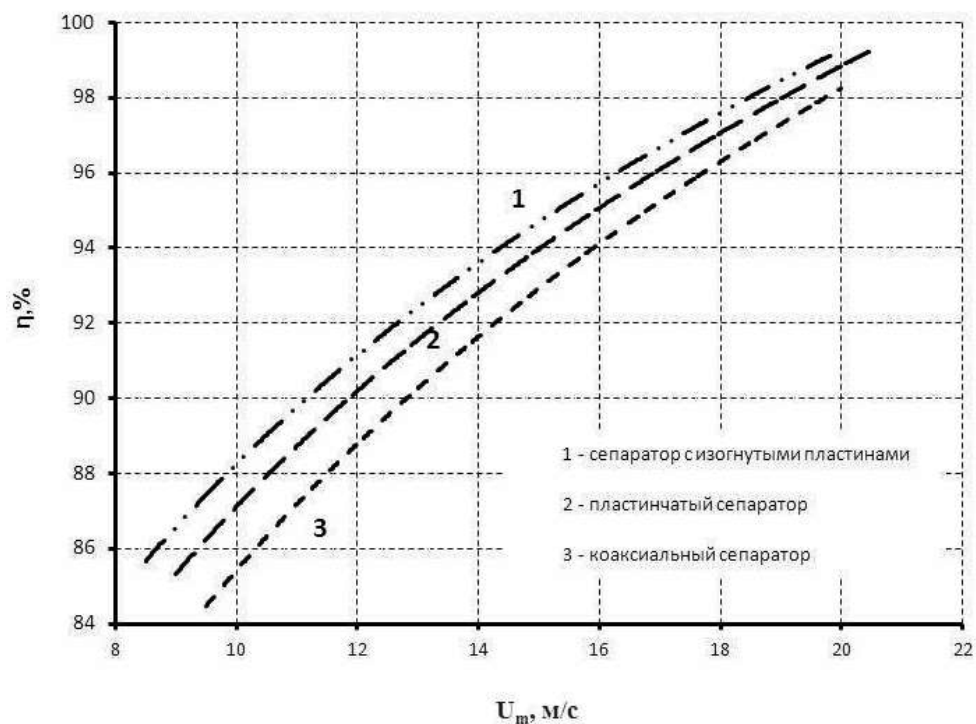


Рис. 4. Зависимость эффективности очистки от скорости потока

Определяем размеры пластинчатого сепаратора аэрозоля: $B = 0,393 \times \frac{7000}{10000} = 0,275$ м.

Таким образом, размеры сепаратора $A \times B = 0,500$ м \times $0,275$ м.

Количество уловленного материала определяем с использованием табл. 1 или по приведенной формуле (4): $M = 960 \times \frac{150}{100} = 1440$ г/ч.

Вывод. Приведенная методика позволяет определить конструктивные параметры аппарата очистки воздуха от капельного аэрозоля, оценить объем уловленного материала и подобрать наиболее приемлемый в каждом конкретном случае аппарат, ориентируясь на требуемую производительность вентиляционной системы, необходимую степень очистки и площадь для установки аппарата.

Использование той или иной схемы подсоединения аппарата определяется, в первую очередь, не-

обходимостью повышения энергосбережения. Целесообразность использования в схеме рекуператора обосновывается технико-экономическим сравнением вариантов.

Правильно подобранные аппараты очистки воздуха и схемы их подключения позволяют повысить эффективность работы вентиляционных систем, улучшить качество воздуха в помещении, снизить уровень загрязнения атмосферы на промышленной площадке, повысить энергосбережение предприятия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аэрозоли [Электронный ресурс] // ВикиПро: отраслевая База Знаний. М., [2011].– URL: <http://www.vikipro.ru> (дата обращения: 21.12.2015).

2. Ватузов Д.Н., Пуринг С.М., Хурин И.А. Совершенствование устройств очистки вентиляционных выбросов загрязняющих веществ при производстве изделий из пластмасс // Экология и промышленность России. 2013. № 8. С. 22–26.

4. Коаксиальный сепаратор капельного аэрозоля: пат. 2327508 Рос. Федерация / Тюрин Н.П., Ватузов Д.Н., Щибраев А.Е., Тюрин Д.Н., Тарасова Е.В.; №2007100310/15; заявл. 09.01.07; опубл. 27.06.08, Бюл. №18.

13. Медников Е.П. Турбулентный перенос и осаждение аэрозолей. М.: Наука, 1980. 176 с.

5. Пластинчатый сепаратор аэрозоля: пат. 2246340 Рос. Федерация / Щибраев А.Е., Тюрин Н.П., Ватузов Д.Н.; № 2002135269/15; заявл. 25.12.02; опубл. 20.02.05, Бюл. №5.

1. Пластификаторы [Электронный ресурс] // ChemPort.Ru: химический портал. URL: http://www.chemport.ru/data/chemiprdia/article_2861.html (дата обращения: 21.12.2015).

Об авторах:

ВАТУЗОВ Денис Николаевич

старший преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Самарский государственный архитектурно-строительный университет
443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194, тел. 8(927)6580087
E-mail: Vatuzov74@mail.ru

ПУРИНГ Светлана Михайловна

кандидат технических наук, доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Самарский государственный архитектурно-строительный университет
443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194, тел. 8(902)3364013
E-mail: Puring@mail.ru

6. Пуринг С.М., Ватузов Д.Н. К вопросу о конструировании аппаратов для очистки воздуха // Научное обозрение. 2014. № 4. С. 94–97.

7. Пуринг С.М., Ватузов Д.Н. Очистка воздуха от мелкодисперсных капельных аэрозолей // Сантехника, отопление, кондиционирование. 2014. № 1 (145). С. 109–111.

8. Пуринг С.М., Ватузов Д.Н. Экспериментальные исследования по определению конструктивных особенностей аппаратов по очистке воздуха от субмикронных частиц // Научное обозрение. 2014. № 4. С. 90–93.

9. Пуринг С.М., Ватузов Д.Н. Экспериментальные исследования – основа проектирования установок по очистке воздуха от тонкодисперсных частиц // Международный научно-исследовательский журнал = Research Journal of International Studies. 2014. № 1 (20). Ч. 1. С. 40–43.

10. Сепаратор туманов с изогнутыми пластинчатыми осадительными элементами: пат. 2259861 Рос. Федерация / Щибраев А.Е., Тюрин Н.П., Ватузов Д.Н.; № 2002135268/15; заявл. 25.12.02; опубл. 10.09.05, Бюл. №25.

12. Ужов В.Н., Мягков Б.И. Очистка промышленных газов фильтрами. М.: Химия, 1970. С. 107–122.

11. Устройство для очистки газа от частиц жидкого аэрозоля: пат. 2178332 Рос. Федерация / Щибраев А.Е., Полонский В.М., Хурин И.А.; № 2000129478/12; заявл. 24.11.00; опубл. 20.01.02, Бюл. №2.

12. Хурин И.А., Тюрин Н.П. Очистка печных газов при плавке алюминиевого лома // Региональная архитектура и строительство. 2011. № 2. С. 149–154.

14. Вытчиков Ю.С., Сапарёв М.Е. Метод расчёта теплозащитных характеристик строительных ограждающих конструкций, утеплённых экранной теплоизоляцией // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2016. №1(22). С. 4–7. DOI:10.17673/Vestnik.2016.01.1

VATUZOV Denis N.

Senior Lecturer of the Heat and Gas Supply and Ventilation Chair
Samara State University of Architecture and Civil Engineering
443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194, tel. (846) 337-81-03

PURING Svetlana M.

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Heat and Gas Supply and Ventilation Chair Samara State University of Architecture and Civil Engineering
443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194, tel. (846) 337-81-03

Для цитирования: Ватузов Д.Н., Пуринг С.М. Методика подбора и расчета аппаратов очистки воздуха от капельных аэрозолей // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2016. №2(23). С. 14–18. DOI: 10.17673/Vestnik.2016.02.3.

For citation: *Vatuzov D.N., Puring S.M.* Method of selection and calculation devices air cleaning from condensed aerosols // Vestnik SGASU. Town Planning and Architecture. 2016. №2(23). Pp. 14–18. DOI: 10.17673/Vestnik.2016.02.3.