

УДК 697.642.2

Повышение эффективности очистки и дезодорации газоздушных выбросов пищевых предприятий в орошаемых колоннах насадочного типа с полимерной насадкой

Шпилин Д.И. shpilinspb@gmail.com

д-р техн. наук **Пронин В.А.** maior.pronin@mail.ru

Университет ИТМО

191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

В данной статье рассмотрен вопрос повышения эффективности работы колонны насадочного типа, в которой, в отличие от известных аналогов, использована насадка из полимерного материала. На основе проведенных экспериментов была доказана высокая эффективность данного типа насадки, а так же определены оптимальные размеры ее элементов и способы формирования насадочного слоя. Рассчитаны наиболее эффективные режимы работы колонны в условиях полной смачиваемости материала насадки и исследованы зависимости сопротивления газо-воздушного потока при прохождении насадочного слоя от влияния различных факторов. Устройства исследованные в данной работе могут быть эффективно использованы для очистки и дезодорации газо-воздушных выбросов пищевых предприятий.

Ключевые слова: Колонны насадочного типа, мокрые скрубберы, пористые насадочные тела, дезодорация, очистка воздуха.

Improving the efficiency of purification and deodorization gas emissions in columns packed with polymer-type nozzle

Shpilin D.I. shpilinspb@gmail.com

D.Sc. **Pronin V.A.** maior.pronin@mail.ru,

ITMO University

191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9

In this research paper the issue of enhancing the efficiency of the column packed with polymer-type nozzle, are considered. Also two experiments of defined airflow resistance and wet degree was performed. And was find the optimal size and placement of the nozzle means in the column. Calculate the optimal mode of operation at full wettability of the material.

Keyword: Packed type columns, wet scrubber, packed porous body, deodorization, air purification.

В современном обществе одной из главных задач систем жизнеобеспечения больших городов, является очистка и дезодорация вредных выбросов предприятий. К одним из основных источников загрязнений относятся предприятия городского хозяйства, занимающиеся переработкой и очисткой сточных вод и бытовых отходов. В связи с быстроразвивающейся инфраструктурой жилые кварталы строят неподалеку от таких предприятий, что делает некомфортным проживание граждан, из-за постоянного, либо периодически доносящегося до их домов неприятного запаха. Летучие соединения, выбрасываемые в атмосферу, включают в себя комплекс различных веществ неорганического и

органического происхождения, которые являются опасными для здоровья человека. Из всего этого многообразия веществ особое внимание уделяется дурнопахнущим составляющим газовым отходам, а именно соединениям серы, ароматическим углеводородам, азотосодержащим органическим веществам, аммиаку и прочим. Наиболее частой причиной образования и выделения этих веществ является их анаэробное (гнилостное) происхождение и дальнейшее улетучивание из жидкой фазы. В настоящее время очистка и дезодорация газовойоздушных выбросов может осуществляться несколькими способами [1]:

1. Биологическая очистка. Данный метод основывается на биохимическом разрушении органических и неорганических загрязняющих веществ и соединении микроорганизмами с образованием безвредных и не имеющих запаха веществ. Самым распространенным устройством для биологической очистки газовых выбросов является биофильтр, заполненный природным носителем (торф, кора, компост). Основным недостатком применения биофильтров является то, что биофильтры не устойчивы к большим перепадам температур, которые влияют на их производительность.
2. Ультрафиолетовая обработка. Применяется для стерилизации воздуха и воды. Так же замечено, что ультрафиолет может быть использован в качестве нейтрализатора дурнопахнущих соединений.
3. Адсорбционные методы. В качестве адсорбента используют активированный уголь. Данный метод основан на реакции окисления элементов дурнопахнущих веществ при контакте с поверхностью угля. Недостатком этого метода является невозможность использования при больших объемах перерабатываемого воздуха.
4. Абсорбционная очистка. Основана на поглощении дурнопахнущих веществ жидким абсорбентом. В качестве абсорбента чаще всего используются растворы гипохлоритов (например, натрия). Данный способ может быть осуществлен в безотходном замкнутом процессе.

Кроме приведенных выше методов известны также: озонирование, термический, термокаталитический, плазменный, газофазный, электрофильтрационный и ряд других. Следует отметить, что каждый из перечисленных способов имеет как достоинства, так и недостатки, поэтому наилучший эффект может быть достигнут в комплексном использовании ряда методов выбранных с учетом особенностей объекта, видов дурнопахнущих веществ и уровнем их концентрации [2].

В представленной работе описан абсорбционный метод обработки газовойоздушных выбросов с применением колонны насадочного типа с частично насаженной полимерной насадкой из пористого материала, а так же определены сопротивление пористого материала потоку воздуха и его смачиваемость насадки [3]. Данный вид насадки использовался впервые в целях обработки и дезодорации газовойоздушных выбросов [4]. Перспективным направлением очистки и дезодорации газовойоздушных выбросов является применение данной установки на объектах городского хозяйства (ГУП Водоканал) и большого количества пищевых предприятий.

Для проведения экспериментов по определению сопротивления потоку воздуха и смачиваемости полимерного материала был спроектирован и построен экспериментальный стенд, рисунок 1. В соответствии с ранее полученными рабочими характеристиками, такими, как скорость воздуха в колонне (0,4-0,9 м/с), расход жидкости (0,54 м³/ч), расход воздуха (300 м³/ч) были сконструированы основные части стенда, а также подобрано необходимое оборудование [5].

Н - насосная станция, пропускная способность 3 м³/ч, номинальная мощность 0,9кВт, объем гидробака 24л.

Р – счетчик холодной воды до 1,5 м³/ч

Распылитель представляет из себя форсунку.

Жидкостной резервуар – емкость объемом 0,2 м³.

Вентилятор батутный ВР 3,15 БУ, потребляемая мощность 0,75 кВт, максимальный расход воздуха 1000 м³/ч 1/3 и 2/3 обозначены используемые положения клапана для регулирования расхода воздуха. Максимально возможный объем насадки 0,1 м³.

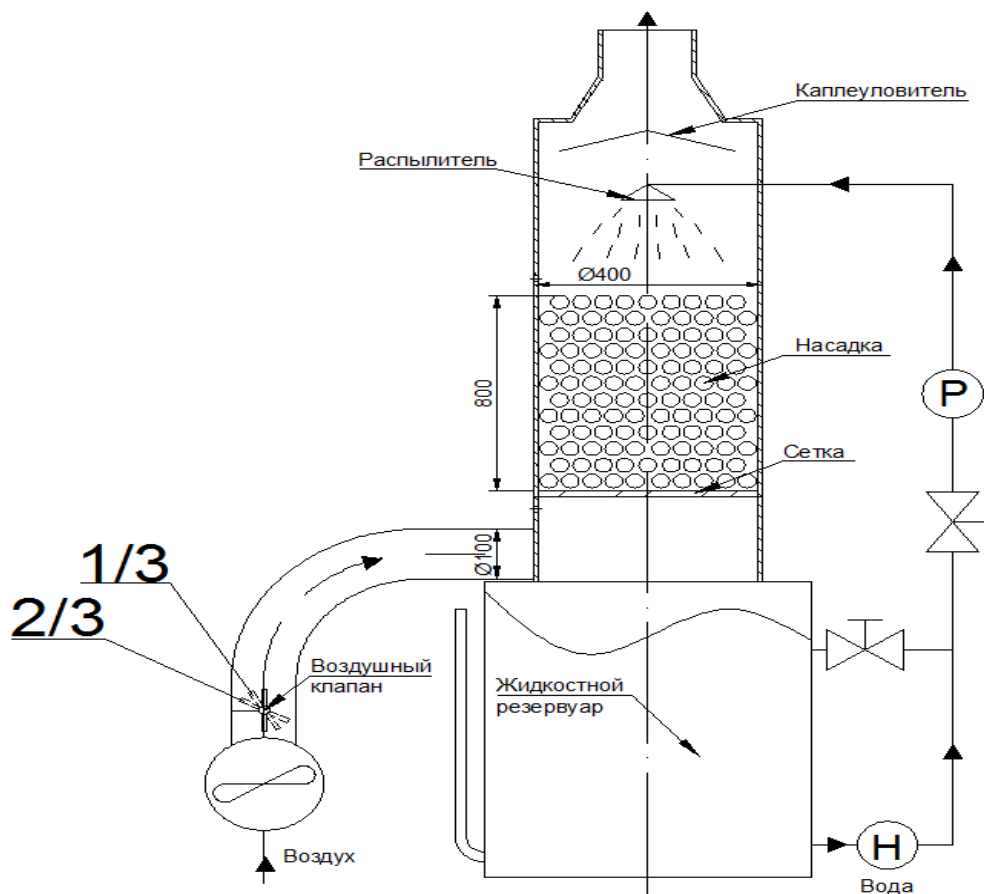


Рис. 1 Принципиальная схема установки

Принцип работы:

Воздух подается в установку с помощью вентилятора, расход которого регулируется дроссель – клапаном. Воздушный поток проходит через насадку, смоченную жидкостью, при этом воздух контактирует с жидкостью на поверхности насадки, происходит окисление имеющихся неприятнопахнущих газов, далее очищенный воздух выходит из установки и направляется либо на следующую ступень очистки, либо непосредственно в объект (в нашем случае происходит одноступенчатая очистка) [6]. Для того чтобы предотвратить вынос капель жидкости вместе с воздухом устанавливается каплеуловитель. Расход подаваемой жидкости регулируется с помощью 2 вентиля, установленных на байпасной и главных линиях. Для замера необходимых параметров установлена капиллярная трубка, соединяющаяся с емкостью для жидкости, вместе с миллиметровой лентой. Также в воздуховоде перед насадкой и после ее, проделаны технологические отверстия, для возможности измерения различных характеристик подаваемого воздушного потока (расход воздуха, давление до и после насадки). Конструкция разработана таким образом, что воздуховод с насадкой является быстросъемным. Это важно для проведения

экспериментов, так как необходимо проводить замеры характеристик работы установки на нескольких видах насадки, а также для ее сушки.

В работе данной установки применялась концептуально новый вид насадки произведенной из полиэтилена. Насадка представляет собой кольца, которые имеют пористую структуру, в отличии от других материалов, применяемых в насадочных колоннах. Они проще в изготовлении, дешевле и легче своих конкурентов.

При проведении опытов использовалось насадка в форме кольца трех размеров, рисунок 2:

- Крупные кольца – $100(D) \times 100(h) \times 5(s)$ мм
- Средние кольца – $70 \times 70 \times 5$ мм
- Малые кольца – $50 \times 50 \times 5$ мм

Где D – внешний диаметр, h – высота, s – толщина стенки кольца

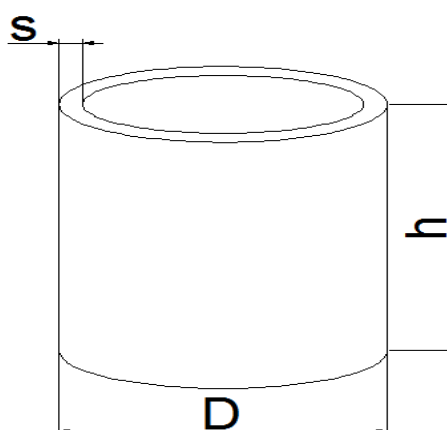


Рис. 2. Кольцо насадки

Средняя масса одного кольца: крупного – 55 г, среднего – 35г, малого 20г. Это является большим преимуществом, относительно ближайшего конкурента – колец Рашига из керамики или фарфора. Имея те же размеры, что и насадка из полиэтилена они имеют массу каждого кольца 720, 373 и 80 грамм соответственно. Насадка укладывается на металлическую сетку, расположенную у основания воздуховода.

Так же следует учитывать, что данные кольца имеют пористую структуру и хорошо продуваются воздухом, что даёт возможность изготавливать данные кольца без какой-либо перфорации для уменьшения сопротивления воздуху.

Было проведено 2 этапа эксперимента:

- на первом определялась смачиваемость насадки из полиэтилена.
- на втором этапе определялась сопротивление проходящему потоку воздуху проходящему через пористую насадку.

Для проведение этих экспериментов, как показано на рисунке 4, было выделено 2 области замера основных показателей, т.е. скорость воздушного потока и статического давление воздушного потока. Первая область замера (точки 1 низ, 2 низ) находится до металлической сетки удерживающей полимерную насадку, что позволяет определить входные показатели давления и скорости учитывающие потери в воздуховоде. Вторая область находится непосредственно над насадкой, что позволяет определить падение давления и скорости создаваемой полимерной насадкой. Эксперименты проводились с использованием различных способов укладки насадки в колонну, а именно:

- Хаотичный способ укладки – насадка засыпалась хаотично.
- Структурированный способ укладки – насадка укладывалась вручную с послойным заполнением
 - Каскадный структурированный способ укладки - насадка укладывалась вручную с послойным заполнением и использовалась насадка разных размеров (слой крупной насадки, слой средней насадки, слой мелкой насадки)
 - Каскадный хаотичный способ укладки – насадка засыпалась разных размеров и хаотично (слой крупной насадки, слой средней насадки, слой мелкой насадки)

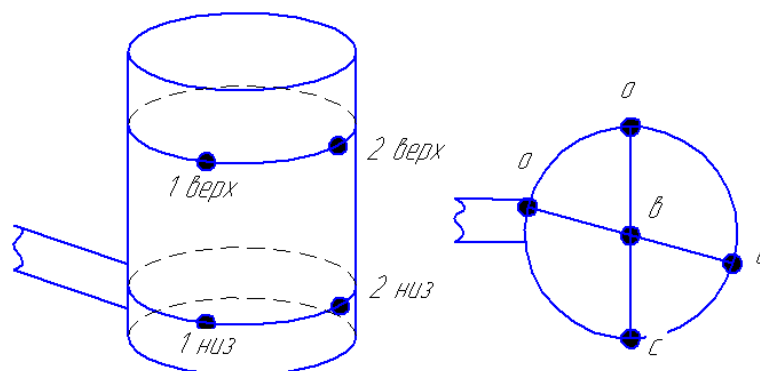


Рис. 4. Точки измерения скорости и статического давления воздушного потока

1. Определение смачиваемости насадки из полиэтилена.

Целью эксперимента являлось определение смачиваемости насадки из полиэтилена при разных условиях загрузки насадки, а так же влияние смачиваемости на работу системы. После проведения эксперимента и составления по полученным данным ряда графиков, был сделан вывод, что смоченная насадка обладает большим сопротивлением продуванию потоком воздуха. Перепад давления на смоченной насадке выше, чем на сухой. Смачиваемость насадки создает дополнительное сопротивление, однако смачивание материала необходимо проводить в насадочных орошаемых колоннах для обеспечения наиболее приемлемого контакта обрабатываемого воздуха и окислителем (в данном случае водой).

По полученным данным были построены графики зависимостей смачиваемости от расхода жидкости при фиксированном значении (Рисунок 5, Рисунок 6, Рисунок 7, Рисунок 8).

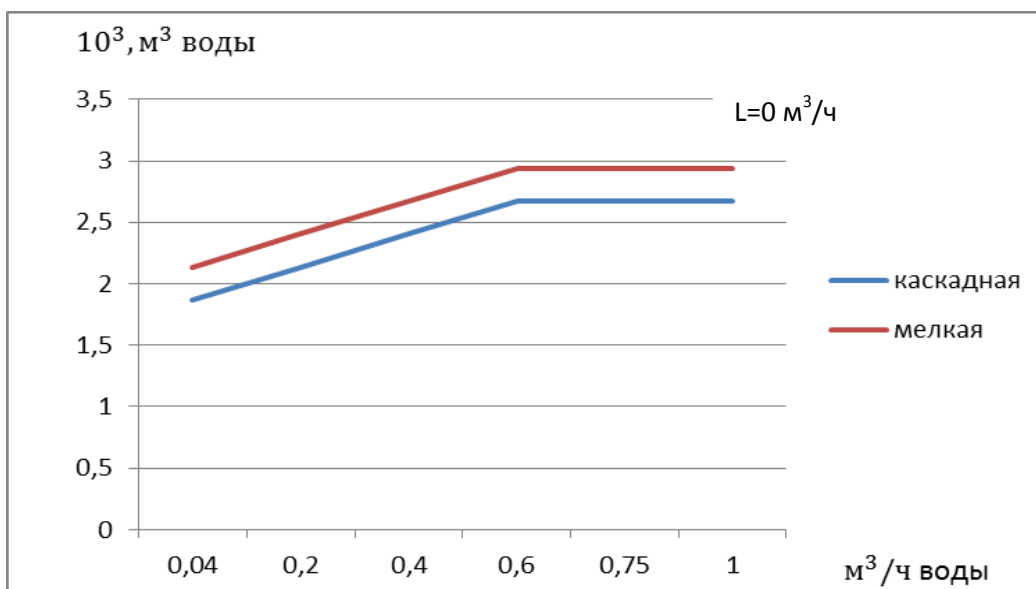


Рис. 5. Зависимость влагоудержания от расхода воды

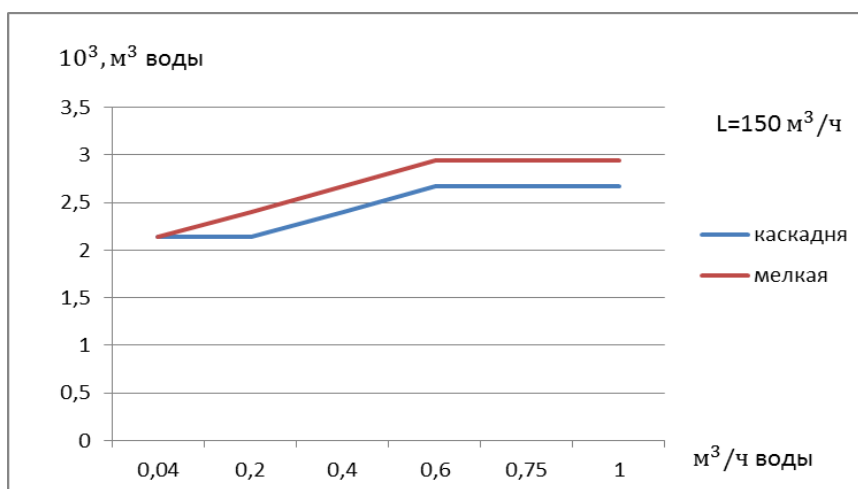


Рис. 6. Зависимость влагоудержания от расхода воды

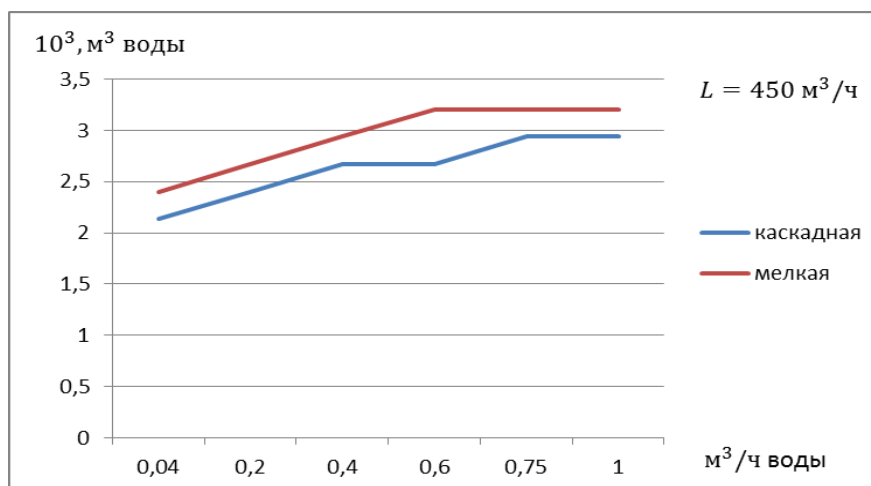


Рис. 7. зависимость влагоудержания от расхода воды

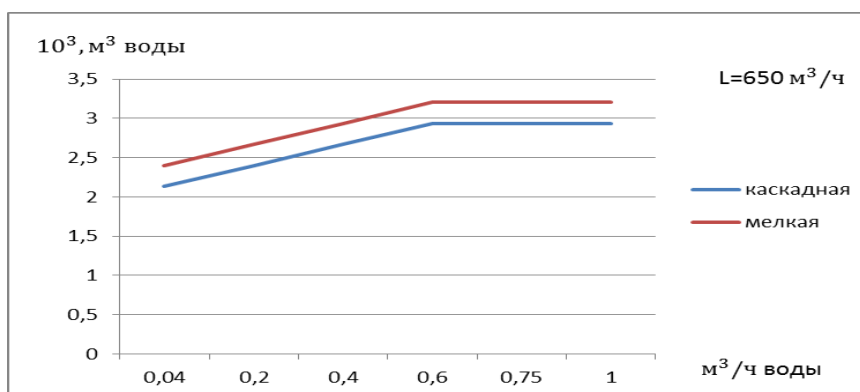


Рис. 8. зависимость влагоудержания от расхода воды

Проанализировав полученные графики, было выявлено, что для того чтобы полностью смочить имеющийся объем насадки 0,1 м³, т.е. найти точку полного насыщения, достаточно установить в системе расход жидкости 0,6 м³/ч, установка большего расхода жидкости нецелесообразна и лишь приведет к большим капитальным затратам на оборудование и затратам на электроэнергию, так как насосная станция с меньшим подаваемым расходом стоит дешевле [7]. Использование в качестве рабочего расхода жидкости менее 0,6 м³/ч, также нецелесообразно, так как эффективность работы насадки упадет; процесс окисления газов, содержащихся в воздухе станет меньше из-за уменьшения смоченной поверхности насадки.

2. Определение сопротивлений потоку воздуха в насадочных колоннах орошаемого типа [8];

Целью эксперимента являлось определение сопротивлений потоку воздуха при разных способах засыпки и различных способах укладки пористого материала. После проведения этого эксперимента было выявлено, что наиболее подходящим способом укладки и размер полиэтиленовой насадки является каскадный хаотичный способ укладки. Так же было определено, что изменения уровня засыпки является нецелесообразным, так как при его уменьшении падает не только удельное сопротивление потоку воздуха, но и удельная площадь поверхности к единице объема [9].

Для определения наиболее эффективного способа укладки и размеров насадки были построены сводная таблица средних значений удельного сопротивления воздуху (см. Таблица 1), а так же

сводную диаграмму зависимостей удельного сопротивления насадки потоку воздуха для разных видов и разных способов укладки насадки (см. Рисунок 9).

Таблица 1

	Средняя	Крупная	Крупная горизонт	Каскадная	Малая 800 мм	Малая 270 мм	Малая 540 мм
Расход воздуха L, м ³ /час	r, Па*с/м ³						
625	12,272	5,736	17,992	13,153	25,267	7,552	12,829
432	8,186	4,238	13,048	9,159	19,200	3,479	8,697
155	1,563	1,206	1,971	0,996	2,741	1,347	2,294

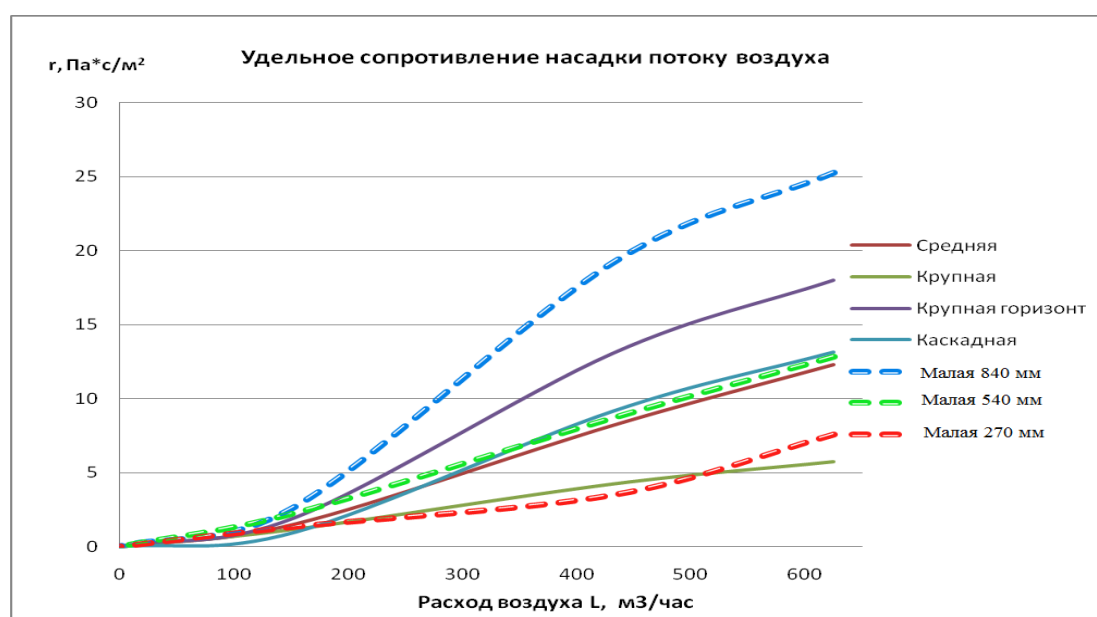


Рис. 9. Сводная диаграмма зависимостей удельных сопротивлений всех видов насадок

Проанализировав эту диаграмму можно сделать вывод, что насадки: средняя, каскадная и малая на 540 мм имеют приблизительно одинаковое удельное сопротивление, однако они имеют различную удельную площадь поверхности в заданном объёме.

Каскадная – 10,9 м²/ м³, Средняя – 10,6 м²/ м³, Малая на 54 см – 9,77 м²/ м³

Следовательно, можно утверждать то, что каскадный способ засыпки насадки является самым оптимальным для данного аппарата, т.к. он имеет максимальную удельную площадь поверхности при одинаковом удельном сопротивлении воздуху.

В настоящей работе приведены результаты экспериментальных исследований свойств пористой насадки из полимерного материала, которые подтверждают ее высокую эффективность при использовании для очистки и дезодорации газо-воздушных выбросов промышленных предприятий, в первую очередь предприятий пищевого профиля и коммунального хозяйства.

Список литературы

1. Майоров В.А. Запахи их восприятие, воздействие, устранение. – М.: «Мир», 206 - 366 с.
2. Леонтьев Н. Е. Основы теории фильтрации. — М.: Изд-во ЦПИ при механико-математическом факультете МГУ, 2009. 88 с.

3. Патент на полезную модель. Насадочный скруббер. RU 113170 U1
4. Патент на полезную модель. Насадочный скруббер. RU 125877 U1
5. *А.В. Цыганков, В.А. Пронин, Д.И. Шпилин, А.Е. Алешин* / Гидродинамический расчет орошаемой колонны с пористыми насадочными телами // Вестник Международной академии холода. 2014. №2.
6. *Пронин В.А., Молодов М.А., Шпилин Д.И.* Газовоздушные выбросы пищевых предприятий и способы их устранения // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2013. № 4.
7. Большая энциклопедия нефти и газа <http://www.ngpedia.ru/id440846p1.html>
8. ГОСТ Р EN 29053-2008 Группа Ж19 Методы определения сопротивления продуванию потоком воздуха
9. *Кутателадзе С.С.* Теплопередача и гидродинамическое сопротивление. – Энергопромиздат, 1990. 367с.
10. *Пронин В.А.* Тенденции развития компрессорной техники // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Холодильная техника и кондиционирование». 2014. №1.

References

1. Maiorov V.A. Smells their perception, influence, elimination. – М.: «Mir», 206 - 366 s.
2. Leont'ev N. E. Bases of the theory of a filtration. — М.: Izd-vo TsPI pri mekhaniko-matematicheskom fakul'tete MGU, 2009. 88 s.
3. Patent na poleznuyu model'. Nasadochnyi skrubber. RU 113170 U1
4. Patent na poleznuyu model'. Nasadochnyi skrubber. RU 125877 U1
5. A. V. Tsygankov, V. A. Pronin, D. I. Shpilin, A. E. Aleshin/ Hydrodynamic calculation of the irrigated column with porous nozzle bodies // *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2014. №2.
6. Pronin V.A. Shpilin D.I., M.A.Molodov Air-gas emissions of the food enterprises and ways of their elimination // *Nauchnyi zhurnal NIU ITMO. Seriya «Protsessy i apparaty pishchevykh proizvodstv»*. 2013. № 4.
7. Bol'shaya entsiklopediya nefi i gaza <http://www.ngpedia.ru/id440846p1.html>
8. GOST R EN 29053-2008 Gruppya Zh19 Metody opredeleniya soprotivleniya produvaniyu potokom vozdukha
9. Kutateladze S.S. Teploperedacha i gidrodinamicheskoe soprotivlenie. – Energopromizdat, 1990. 367s.
10. Pronin V.A. Tendencies of development of compressor equipment // *Nauchnyi zhurnal NIU ITMO. Seriya «Kholodil'naya tekhnika i konditsionirovanie»*. 2014. №1.