

УДК 697.922

ИССЛЕДОВАНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕКСТИЛЬНЫХ ВОЗДУХОВОДОВ В ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ СИСТЕМАХ ВЕНТИЛЯЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Т.И. Королева, С.И. Пивоварова, В.А. Могиленко

Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой, Республика Беларусь
e-mail: s.i.pivovarova@psu.by, t.i.koroleva@psu.by

В данной работе рассматривались следующие вопросы: аэродинамические характеристики воздушных потоков в воздуховодах и способы раздачи воздуха в помещениях, особенности воздухораспределения системами вентиляции с использованием текстильных воздухораспределителей.

Ключевые слова: *микроклимат, система вентиляции, перфорированный воздухораспределитель, текстильный воздуховод, стальной воздуховод.*

STUDY OF AERODYNAMIC CHARACTERISTICS TEXTILE AIR DUCTS IN ENERGY-SAVING VENTILATION SYSTEMS FOR BUILDINGS AND STRUCTURES

T. Koroleva, S. Pivavara, U. Mahilenka

Euphrosyne Polotskaya State University of Polotsk, Republic of Belarus
e-mail: s.i.pivovarova@psu.by, t.i.koroleva@psu.by

This work examined the following issues: aerodynamic characteristics of air flows in air ducts and methods of air distribution in rooms, features of air distribution by ventilation systems using textile air distributors.

Keywords: *microclimate, ventilation system, perforated air distributor, textile duct, steel duct.*

Введение. Одной из основных санитарно-экологических задач является улучшение качества воздуха помещений общественных зданий, что связано с рядом факторов: повсеместным внедрением полимерных материалов, являющихся источниками вредных выделений, увеличением тепловой нагрузки, загрязнением приточного воздуха вследствие ухудшения экологии городов.

Следовательно, особое внимание при проектировании вентиляционных систем должно уделяться выбору способа раздачи воздуха, вида и конструкции воздухораспределителя, месту его установки. Кроме того, необходимо производить правильный расчет параметров воздуха, подаваемого в помещение с помощью выбранного воздухораспределителя. Применение на практике новых типов воздухораспределителей, к числу которых относятся текстильные воздухораспределительные устройства, позволит обеспечить нормативные параметры воздуха в помещениях [1].

В данной работе поставлены практические задачи проведения экспериментальных исследований:

1) исследовать аэродинамические характеристики текстильных воздухораспределителей разной длины с различными видами перфорации и микроперфорации;

2) установить, как аэродинамические характеристики внутри воздухораспределителя каждой экспериментальной системы взаимосвязаны с воздухораспределением снаружи текстильного воздуховода;

3) изучить влияние вида перфорации, способа подачи воздуха и расположения текстильных воздухораспределителей в помещениях различного назначения и объёма на скорость воздуха в струе.

Выполнялось экспериментальное определение основных аэродинамических показателей: скорости, динамического, статического, полного давлений воздушного потока внутри воздухораспределителя и скорости воздушного потока на выходе из отверстий воздухораспределителя [2].

Исследования аэродинамических характеристик воздушного потока внутри текстильных воздухораспределителей позволило получить эпюры давлений и скоростей, что дало возможность создать рекомендации по применению воздухораспределителей с различными видами перфорации и микроперфорации в зависимости от их геометрических характеристик.

Получены зависимости скорости воздушного потока от расстояния до поверхности текстильного воздухораспределителя для различных видов перфорации и микроперфорации, позволяющие определить высоту расположения воздуховода до рабочей зоны для обеспечения нормируемой скорости воздуха на границе рабочей зоны помещения.

Теоретическая часть. Текстильные воздуховоды имеют ряд преимуществ перед традиционными системами распределения воздуха [3]:

1) позволяют добиться равномерного распределения воздуха с требуемой скоростью;
2) малый вес текстильных воздуховодов и соответственно систем вентиляции позволяет снизить нагрузку на несущие конструкции;

3) диапазон рабочих температур от (-60) °С (213,15 К) до (+110) °С (383,15 К) соответствует температурам воздуха, которые возможны при эксплуатации системах вентиляции, кондиционирования воздуха и воздушного отопления;

4) не требуется дополнительная изоляция воздуховода в системах кондиционирования воздуха помещений, так как коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·°С), текстильного материала воздухораспределителя, выполненного из материала полиэстер, составляет $\lambda=0,14$ Вт/(м·°С), что в 33,6 раз ниже коэффициента теплопроводности λ для стального оцинкованного воздуховода;

5) широкое применение в пищевой промышленности благодаря простоте санитарно-гигиенического обслуживания, так как применяется специальная обработка текстильного материала, что позволяет легко уничтожить различные бактерии, осаждаемые на ткани;



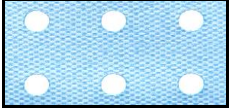


6) продолжительная гарантия эксплуатации 10 лет, а срок службы более 20 лет;

7) значительное уменьшение сроков и стоимости монтажа систем вентиляции по сравнению со стальными воздуховодами; общая стоимость текстильных воздуховодов и комплекса работ, по их монтажу и обслуживанию на 30-40% ниже в сравнении со стальными оцинкованными воздуховодами;

8) многообразие цветов тканей и форм семи видов сечений текстильных воздуховодов позволяют любому помещению соответствовать всем эстетическим и дизайнерским требованиям.

Основные способы раздачи приточного воздуха с использованием текстильного воздухораспределителя для систем вентиляции представлены в таблице 1, где показаны следующие виды текстильных материалов: проницаемая ткань, микроперфорация, перфорация, малые сопла и большие сопла. Особенностью является то, что все способы могут иметь различные комбинации между собой.

Таблица 1. – Способы раздачи приточного воздуха с использованием текстильного воздухораспределителя

№ п.п.	Способ раздачи приточного воздуха	Вид перфорации и микроперфорации	Диаметр отверстия, мм
1	проницаемая ткань		-
2	микроперфорация		0,2; 0,4
3	перфорация		4; 6; 8; 10; 12
4	малые сопла		не нормируется
5	большие сопла		не нормируется

В работе исследованы схемы подачи воздуха в помещение из текстильного воздуховода с перфорацией, которые изображены на рисунке 1 и в таблице 2, где x – это высота струи воздуха до рабочей зоны; $h_{p,z}$ – высота рабочей зоны в помещении.

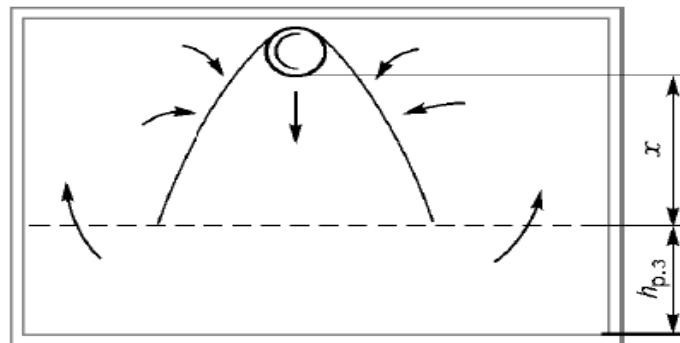


Рисунок 1. – Схема приточной струи, подаваемой перфорированным воздуховодом круглого сечения

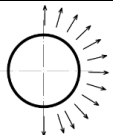
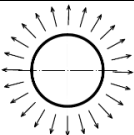
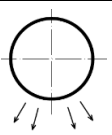
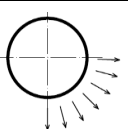
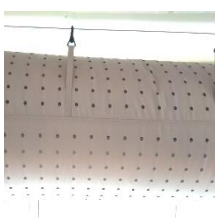
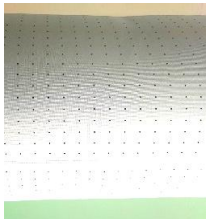

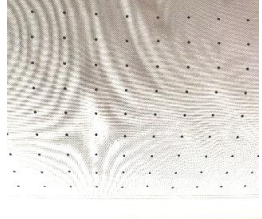
Поскольку текстильные воздуховоды создают полувеерные струи, как и перфорированные металлические воздухораспределители ВПК, и скорость воздуха на выходе из отверстий примерно соответствует скорости воздуха, подаваемого воздуховодами ВПК, то, следовательно, расчет скорости и расхода воздуха может выполняться аналогично расчету для перфорированных стальных воздухопроводов ВПК, с внесением определенных поправок, как указано в рекомендациях автора Маловой Н.Д. [4], где приведена методика расчета перфорированных тканевых воздухопроводов изготовленных из непроницаемых материалов.

Применение перфорированных воздухопроводов обеспечивает интенсивное падение скоростей воздуха и уменьшение разности температур при перемешивании подаваемого воздуха с окружающим воздухом помещения в непосредственной близости от места выпуска воздушной струи (на участке формирования, который для стальных перфорированных потолков и панелей равен $x_f = 5t$, где t – расстояние между отверстиями для выпуска воздуха), поэтому способ подачи воздушной струи предпочтительнее для низких помещений.

Экспериментальная часть. В работе проведено исследование текстильных воздухораспределителей с различными видами перфорации и микроперфорации, которые представлены в таблице 2 и на рисунке 2.

Исследовались четыре экспериментальных системы с воздуховодами диаметром 500 мм, две системы по 20 м длиной, две системы по 3 м длиной, характеристики которых представлены в таблице 2.

Таблица 2. – Виды перфорации экспериментальных систем вентиляции

Виды перфорации экспериментальных систем вентиляции			
Короткие системы длиной по 3 м		Длинные системы длиной по 20 м	
Перфорация	Микроперфорация	Перфорация	Микроперфорация
			
			

Экспериментальная установка представляла собой осевой вентилятор с частотным преобразователем и систему из текстильных воздухораспределителей с разными видами перфорации.



а – воздуховод длиной 3 м; *б* – воздуховод длиной 20 м

Рисунок 2. – Экспериментальные системы вентиляции с текстильными воздуховодами

Для проведения эксперимента использовалось задымление воздушных струй, подаваемых текстильными воздуховодами (рисунок 3), что позволило увидеть и подтвердить направление движения задымленных струй в зависимости от видов воздухораспределителей и формы перфорации, представленной в таблице 2.

Каждая экспериментальная система (таблица 2) делилась на равные участки в сечении, в которых производились замеры скорости воздушного потока внутри воздухораспределителя u , м/с, динамического давления P_d , Па, статического давления $P_{ст}$, Па, полного давления P_n , Па и скорости воздушного потока u_v , м/с, на выходе из отверстий перфорации и микроперфорации, что показано на рисунке 4.

Выбор точек измерений в сечении воздуховода производился в соответствии с нормативной литературой [2] и схемой на рисунке 5, а каждый из параметров в каждой точке измерялся по 3 раза.

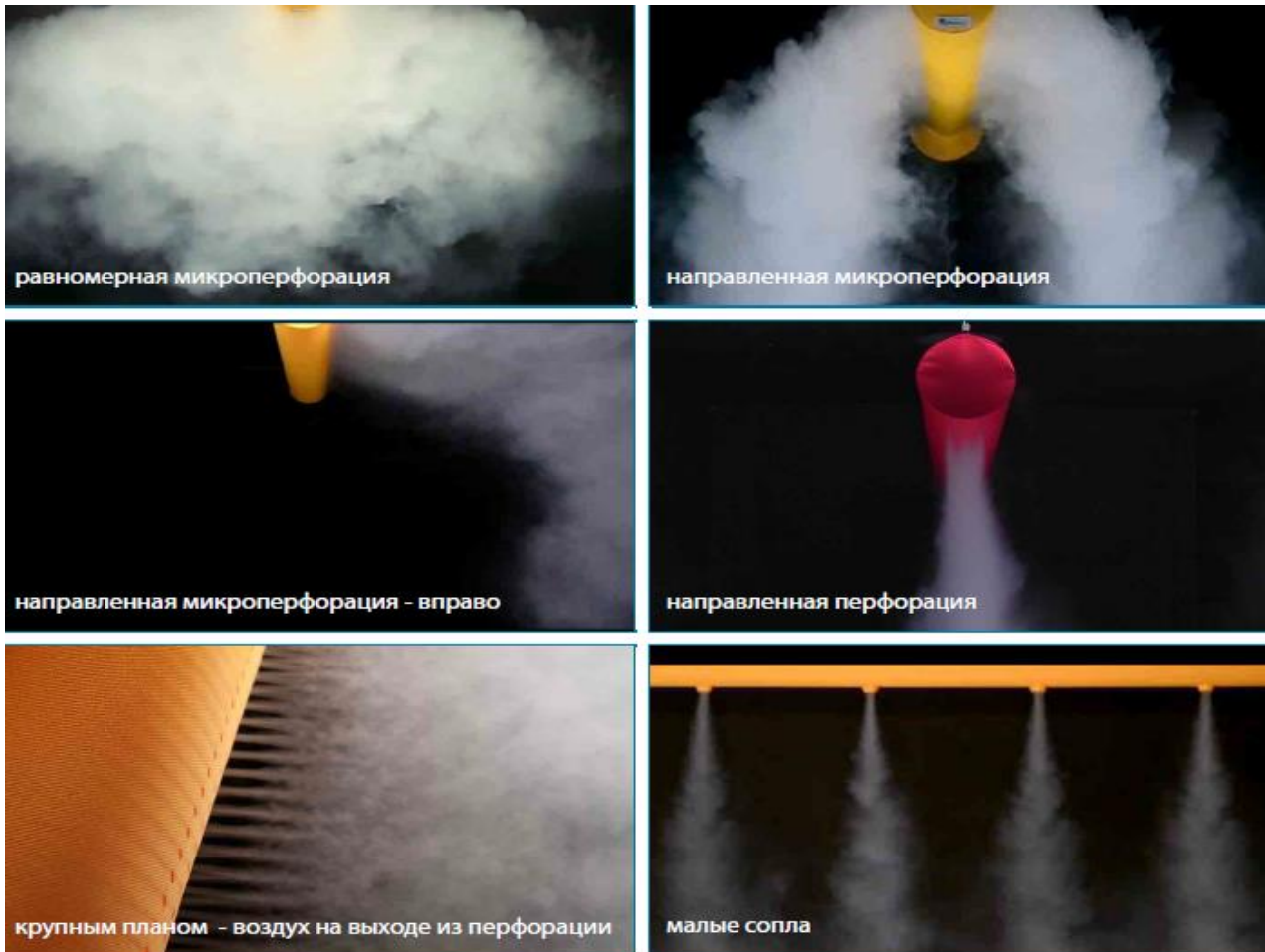


Рисунок 3. – Виды дымовых струй в экспериментальных системах

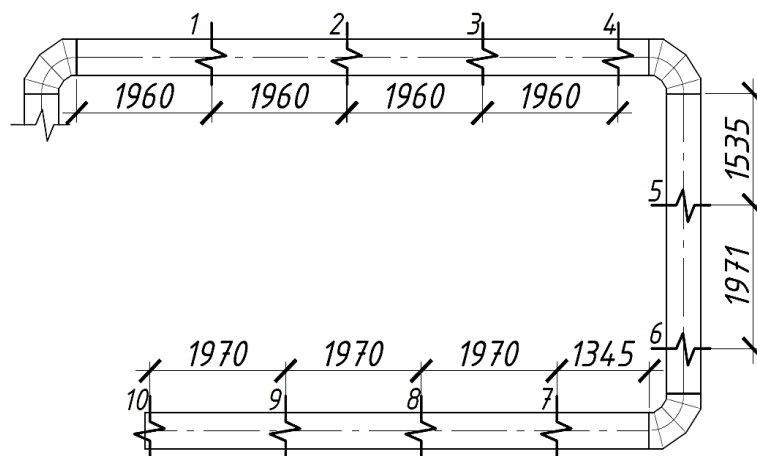


Рисунок 4. – Схема выбранных сечений для измерения основных аэродинамических показателей 20-ти метровой системы

Для измерения аэродинамических параметров воздуха были использованы следующие приборы:

1) газоанализатор Testo 335 с трубкой Пито для измерения скорости воздушного потока внутри воздухоораспределителя u м/с, динамического давления P_d Па, статического давления $P_{ст}$ Па, полного давления P_n Па;

2) термоанемометр МЕГЕОН 11005 с выносным датчиком для измерения скорости воздушного потока u_v м/с на выходе из отверстий перфорации и микроперфорации.

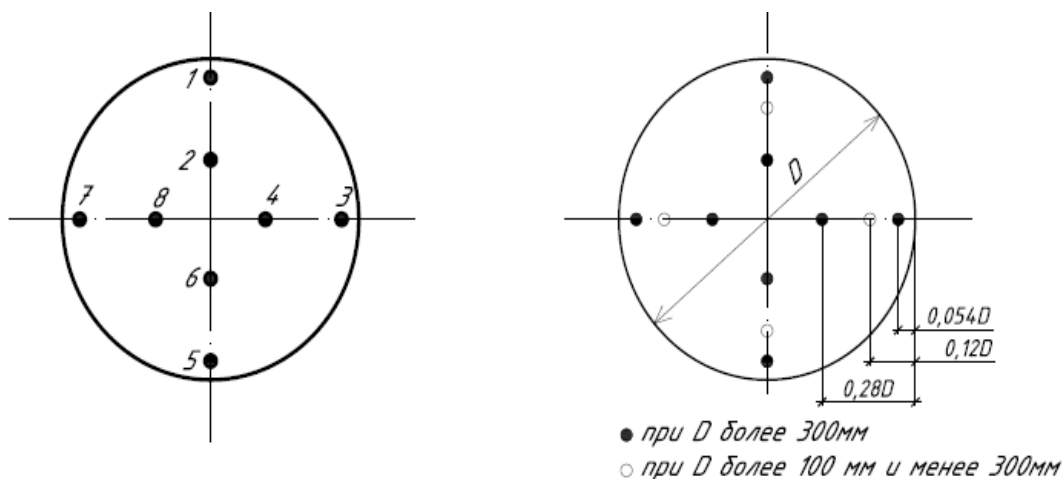


Рисунок 5. – Схема выбора точек в сечении воздухоораспределителя для измерения основных аэродинамических показателей

В результате экспериментальных измерений были построены эпюры скоростей внутри воздуховода и графики скорости воздуха на расстоянии от воздухоораспределителя, что видно на рисунках 6 и 7.

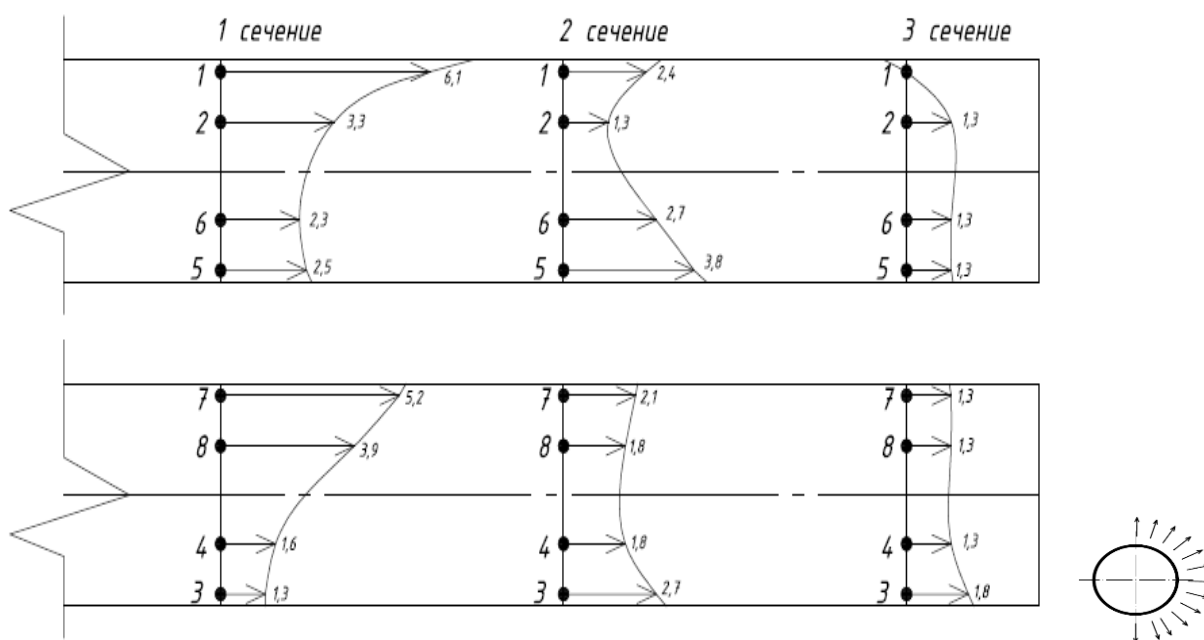


Рисунок 6. – Распределение скорости потока воздуха в экспериментальной системе № 1, длина равна 3 м, боковая перфорация 180°, направленная под углом 90°

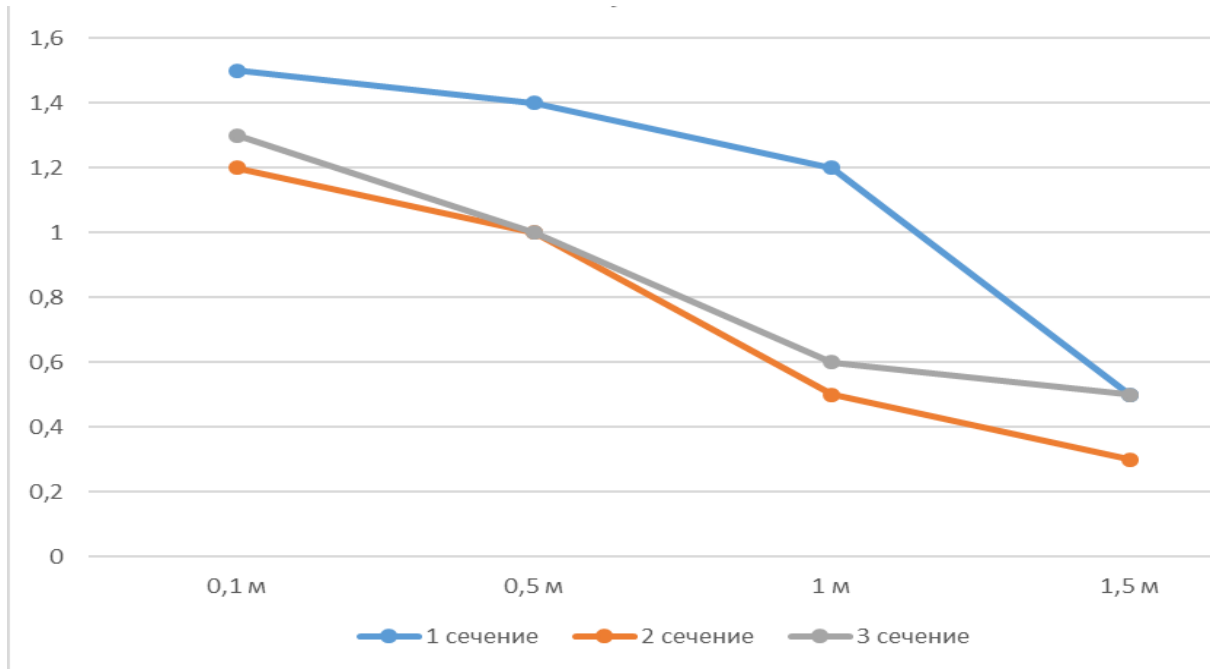


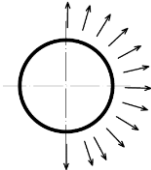
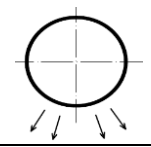
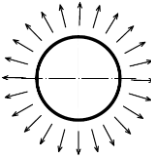
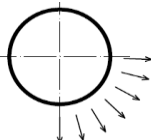
Рисунок 7. – Распределение скорости потока воздуха в зависимости от расстояния удаления от текстильного воздуховода до рабочей зоны для экспериментальной системы № 1, где боковая перфорация 180°, направленная под углом 90°, длина воздуховода равна 3 м

Измерения проводились на горизонтальной линии, проходящей через максимум скорости воздуха и перпендикулярной основному направлению воздушного потока. Измерение включали такое количество точек на каждой стороне основного направления потока, которое позволило определить граничную скорость воздуха равную 0,5 м/с [2].

Заключение. В данной работе выполнены экспериментальные исследования текстильных воздухораспределителей для четырёх экспериментальных систем по разработанной методике аэродинамических испытаний, которые позволили сделать следующие выводы:

- в рассмотренных экспериментальных образцах статическое давление распределяется равномерно по всей длине воздухораспределителя, обеспечивая равномерное истечение потока воздуха через отверстия перфорации и микроперфорации;
- было установлено явление обратного движения воздушного потока внутри воздухопроводов в образцах небольшой длины с перфорацией и микроперфорацией и в длинном образце с микроперфорацией, поэтому такие воздухораспределители стоит удлинить, либо уменьшить расход воздуха особенно в случае применения перфорации, чтобы избежать резких перепадов скорости истечения воздушного потока в конце воздухораспределителя;
- анализ эпюр скоростей воздуха внутри воздухораспределителей (рисунок 6) показывает, что изменение скорости воздуха по длине текстильного воздухораспределителя не превышает 25–30%, поэтому происходит равномерное распределение воздуха в помещении, что соответствует методике изложенной Маловой Н.Д. [4] в рекомендациях для проектировщиков;
- на основе экспериментальных данных была рассчитана скорость воздушного потока на границе рабочей зоны в зависимости от высоты расположения текстильных воздухораспределителей в помещении и даны рекомендации по их применению в таблице 3;
- изучение основных характеристик текстильных воздухораспределителей и их сравнение со стальными воздухораспределителями показало, что текстильные воздухораспределители можно рассчитывать по методике стальных перфорированных воздухораспределителей [4].

Таблица 3. – Рекомендации по применению текстильных воздухораспределителей

№ п/п	Вид перфорации	Рекомендации по применению
1		Воздухораспределитель с перфорацией 180° под углом 90° можно применить в зданиях на большой высоте от 2 до 8 м над рабочей зоной, с нормируемым значением скорости воздушного потока в рабочей зоне. Возможно разместить воздуховоды вдоль стен, колон и арок, что улучшает интерьер помещений (таблица 2)
2		Воздухораспределитель с направленной вниз перфорацией, позволяет размещать его на высоте от рабочей зоны от 3 до 8 м (таблица 2)
3		Воздухораспределитель микроперфорированный рекомендуется размещать на небольшом расстоянии от рабочей зоны обслуживаемого помещения с низкими потолками на расстоянии от рабочей зоны помещения от 0,1 до 1,0 м (таблица 2)
4		Воздухораспределитель с боковой микроперфорацией позволяет направлять воздушную струю в помещение сосредоточенно с небольшими скоростями. Рекомендуется использовать воздуховоды с боковой микроперфорацией в невысоких помещениях на расстоянии от рабочей зоны помещения от 0,1 до 1,0 м (таблица 2)

ЛИТЕРАТУРА

1. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: СН 4.02.03-2019. – Введ. 26.11.2019. – Минск: Минстройархитектуры, 2019. – 69 с.
2. Вентиляция зданий. Воздухораспределительные устройства. Аэродинамические испытания и оценка применения для вытесняющей вентиляции = Вентыляцыя будынкаў. Павеірапамеркавальныя прылады. Аэрадынамічныя выпрабаванні і ацэнка прымянення для выцяснюючай вентыляцыі: ГОСТ 32549-2013 (EN 12239:2001). – Введ. 03.01.2006. – Минск: Госстандарт, 2016. – 12 с.
3. Каталог Текстильные воздухораспределители БелВента 2019 [Электронный ресурс]: Белвента – Текстильные воздуховоды.
4. Малова, Н.Д. Рекомендации по проектированию для предприятий пищевой промышленности / Н.Д. Малова. – М.: Изд-во ТермоКул, 2005. – 304 с.