

УДК 697.9

**ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ РАЗЛИЧНЫМИ
СПОСОБАМИ (ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ)****Ситников Никита Ринатович**магистрант, Самарский государственный технический
университет, Россия, 443001, г. Самара, Молодогвардейская ул., 244**Аннотация**

В данной статье описываются различные проблемы систем вентиляции (только вентиляция или в купе с отоплением и кондиционированием) в различных зданиях и различных помещениях. Предлагаются не только различные способы оптимизации систем ОВК от единичных элементов системы до создания искусственного интеллекта для автоматизации управления систем, но и различные варианты методик. Описывается энергоэффективность таких систем, возможность установки, материальные затраты, преимущества и конструктивные особенности.

Ключевые слова: Оптимизация, вентиляция, оборудование, исследование, эффективность, актуальность, применение, реализация.

**OPTIMIZATION OF VENTILATION SYSTEMS IN DIFFERENT METHODS
(REVIEW ARTICLE)****Nikita R. Sitnikov**master student, Samara State Technical
University, Russia, 443001, Samara, Molodogvardeiskaya St., 244**ABSTRACT**

This article describes the various problems of ventilation systems (only ventilation or in a compartment with heating and air conditioning) in various buildings and various rooms. Not only are various methods for optimizing HVAC systems from individual system elements to the creation of artificial intelligence to automate system control, but also various options for techniques. The energy efficiency of such systems, the possibility of installation, material costs, advantages and design features are described.

Key words: Optimization, ventilation, equipment, research, efficiency, relevance, application, implementation.

Микроклимат в помещении, это важная часть для комфортного пребывания людей. От комфортных условий температуры и влажности зависит не только здоровье

сотрудников, но и качество их работы. Для достижения более комфортных условий воздуха в помещении и автоматизации системы в статье [1] авторы пишут о потребности искусственного интеллекта в системах управления тепло-энергопотреблением. В современных системах вентиляции необходимо оптимизировать расход энергии, так как на обогрев и охлаждение помещений они тратят большое количество энергии. В настоящее время математически оптимальное решение управления тепло-энергопотреблением является недостаточным учитывая современный уровень развития техники. Авторы приводят несколько этапов создания искусственного интеллекта: создание численной модели теплового режима здания; создание метода реализации данной численной модели; идентификация математической модели; решение задачи оптимизации управления затраченной энергии и разработка системы самообучения математической модели. Математическая модель позволяет с высокой точностью определять расход энергии и вычислять изменение расхода, который зависит от изменения параметров наружного воздуха. Далее рассматривается задача оптимизации расхода энергии для компенсации возмущающих тепловых воздействий. Решение задачи приводит к следующим результатам: минимум энергии тратится, когда помещение нагревается или охлаждается до необходимой температуры в минимальный промежуток времени; нагрев или охлаждение помещений нужно начинать с нагрева или охлаждения более теплоемких составляющих теплового баланса помещения. Для оптимизации управления расходом энергии нужно, чтобы оба результата о которых говорил автор, были выполнены одновременно. Создание самообучающейся системы возможно за счет того, что система управления тепло-энергопотреблением, содержащая датчики параметров микроклимата и внешних условий среды, связанные с программой обработки данных, дополнительно содержит блок-эмулятор показаний датчиков внешних условий среды. Блок-эмулятор передает смоделированные показания датчиков в программу обработки данных. Далее приведена функциональная схема управления тепло-энергопотреблением (Рис. 1) в которую входят: 1 – датчики микроклимата, 2 – датчики параметров технологических процессов, 3 – датчики внешних условий окружающей среды, исполнительные устройства (ИУ), 4 – контроллер данных, 5 – программа обработки данных, 6 – программный блок-эмулятор показаний датчиков внешних условий среды.

В статье авторы описывают работу такой системы. Изначально все данные с датчиков поступают в систему, далее эти данные отправляются на обработку. Все процессы происходят быстро и в связи с этим вся полученная информация данного цикла поступает одновременно. После передачи всей полученной информации происходит обработка данных и задаются управляющие сигналы, создающие необходимые воздействия, которые идут к специальным исполнительным устройствам от контроллера и не изменяются до окончания данного цикла.

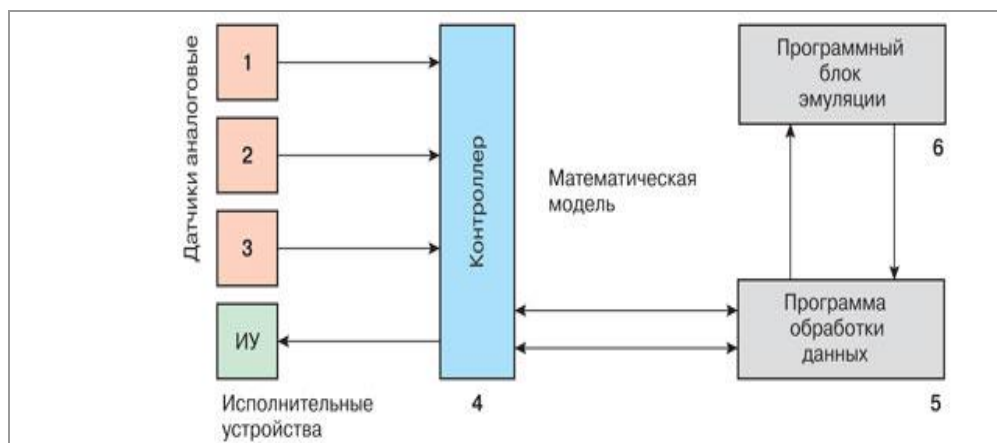


Рисунок 1. Схема управления тепло-энергопотреблением

Дальше данные поступают на запоминающее и на другие системные устройства. После этого система переходит в режим ожидания, либо к выполнению дополнительных расчетов. Актуальность данной темы важна, так как при ее использовании расход энергии будет значительно меньше. Такую систему можно будет использовать уже в существующей системе вентиляции и затраты на нее не так уж и велики, и учитывая меньшие затраты на энергию в дальнейшем эта система себя окупит достаточно быстро.

В статье [2] говорится об эффективности работы естественной вентиляции в жилых многоквартирных зданиях. У такой системы есть как ряд значительных плюсов (дешевизна и практически отсутствие необходимости обслуживания), так и достаточно большое количество минусов (прекращение работы при достижении определенных температур, возможность заболевания жителей и негативное влияние на здание из-за грибка и плесени). Решением данной проблемы авторы предлагают установку гибридной вентиляции. В Справочнике Проектировщика [3] говорится, что если естественной вентиляции недостаточно для обеспечения оптимального микроклимата здания, то к ней добавляется механическая вентиляция. При этом могут возникнуть незначительные проблемы при их совмещении из-за состояния вентиляционных шахт и здания в целом. Механическую вентиляцию добавляют при проектировании нового здания или в момент капитального ремонта старого.

Далее авторы рассказывают о том, как работает смешанная вентиляция. По сути, установка механической вентиляции в основном заключается в том, что устанавливают необходимые вентиляторы в шахты естественной вытяжки. При этом в зимний период вентиляция работает естественным образом, а в переходный и теплый период включается вентилятор. Идет также перечисление систем гибридной вентиляции, которые могут устанавливаться в зданиях, говорится об их принципе действия. Одной из таких систем является система смешанной вентиляции с низконапорным вентилятором, устанавливаемым в верхней части шахты (рис. 2). В такой системе воздух подается в спальню и гостиную через приточные устройства (1), а удаляется из санузла (2) или кухни (3). В верхней части шахты устанавливается вентилятор (4) для увеличения напора воздуха, который регулируется датчиком (5) в зависимости от наружной температуры и скорости потока воздуха. На рисунке 2 показана схема работы этой вентиляции.

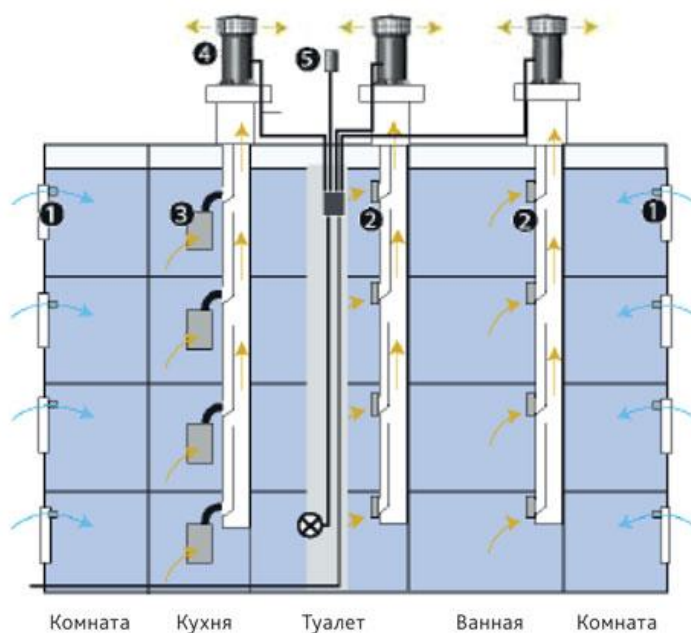


Рисунок 2. Схема смешанной вентиляции с вентилятором низкого давления

Также имеются другие различные системы гибридной вентиляции, которые применяются в различных случаях.

Следующая статья весьма интересна, при этом, на наш взгляд, содержит критические ошибки, которые будут отмечены ниже. В статье [4] говорится о том, что в общественных и административных зданиях системы вентиляции и кондиционирования воздуха затрачивают наибольшее количество энергии по сравнению с другими инженерными устройствами. Кондиционирование воздуха регулирует параметры приточного воздуха в зависимости от внешних условий среды. При работе традиционной системы, производится постоянный воздухообмен вне зависимости от количества сотрудников в здании. Системы кондиционирования должны работать во время пребывания сотрудников в помещении, то есть в течение рабочей смены. Но на практике они работают примерно в полтора раза дольше. Из-за этого системы потребляют до 70 % больше энергии. Необходимо сократить потребление энергии и при этом обеспечить комфортные условия. Авторы анализируют возможные направления экономии энергии. При использовании такой системы обеспечивается переменная подача свежего воздуха. При этом возможно изменение воздухообмена в отдельных зонах с учетом пребывания различного количества людей. Датчики CO₂ устанавливаются в помещение и подают сигнал в систему кондиционирования. В зависимости от поступающих показаний, система увеличивает или уменьшает количество подаваемого свежего воздуха. Авторы указывают, что для экономии энергии можно использовать системы вентиляции, которые будут регулироваться по уровню потребности. В таких системах, как и во многих других критерием качества воздуха является концентрация CO₂. Авторы приводят различные параметры определения воздушно-теплового режима на рабочем месте. Главной задачей такой вентиляции является создание требуемых параметров микроклимата в зоне рабочего места сотрудника. Авторы описывают условия воздушно-тепловой комфортности в различные периоды года. Фактически задача состоит в том, чтобы обеспечить оптимальное качество воздуха в рабочем месте затрачивая на это минимальное количество энергии. Далее приведены схемы такой системы (Рис. 3, 4).

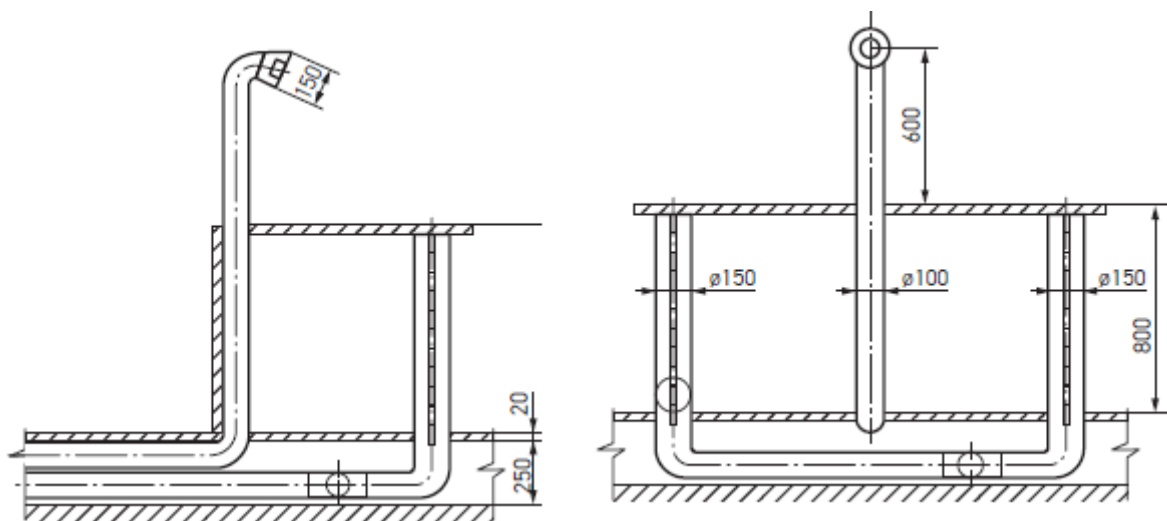


Рисунок 3. Технические решения системы локального кондиционирования рабочего места

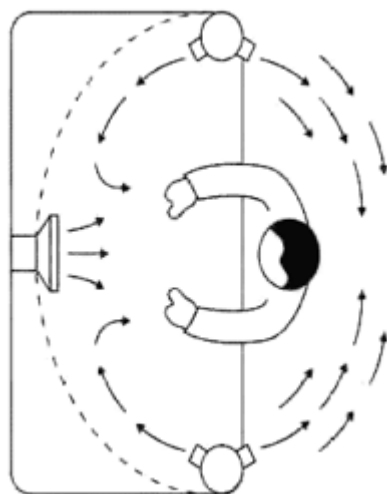


Рисунок 4. Схема воздушных потоков на рабочем месте

Далее авторы описывают принцип работы системы. С помощью датчиков и заслонок в воздуховодах, система подает свежий воздух на рабочее место в зависимости от наличия сотрудника. Такой принцип возможен для использования в помещениях с большим количеством сотрудников в системах кондиционирования воздуха, которые производят подачу воздуха на рабочее место в зону дыхания сотрудника. Особенности конструкции такой системы позволяют регулировать расход и направление воздушного потока. Также под столом устанавливаются воздухораспределители, использующие рециркуляционный воздух. Воздуховоды и их отверстия расположены таким образом, что, когда система работает, воздух, выходящий из них, встречается в двух точках за сотрудником и перед ним, тем самым образуя воздушную завесу, отделяющую рабочее место от остального помещения.

В заключении авторы пишут, что данная система может конкурировать с традиционной по инвестиционным затратам. Данная система безусловно будет работать и экономить энергию, но учитывая сколько всего нужно будет добавить для такой системы: блоки управления, датчики, огромное количество проводов, регулирующие клапаны, воздуховоды, воздухораспределители и т.д., то на все оборудование, материалы и монтаж уйдет огромное количество денег и в сравнении с дальнейшим уменьшением

расхода энергии это никак не сравнится, тем более что такая система требует обслуживания, и когда электроприборы начнут выходить из строя потребуются их замена, которая опять же требует денежных средств. Авторы предлагают интересную идею, но она к сожалению, не практична.

В следующей статье [5] авторы решают проблему организации воздухообмена спортивного зала с трибунами для болельщиков на 500 мест в заданном здании школы. Они описывают постановку задачи и выбирают два варианта ее решения. В первом варианте (рис. 5) для обеспечения оптимального воздухообмена они предлагают установить 40 сопел для подачи воздуха в помещение, которые устанавливаются вдоль боковых стен над трибунами по 20 штук с каждой стороны и располагаются в шахматном порядке относительно друг друга по всей длине воздуховода различного сечения. Сопла подбираются с учетом развития длины струи при выходе в рабочую зону. Во втором варианте (рис. 6) они предлагают установить распределители ВГК (генератор комфорта) на воздуховодах постоянного сечения по центру помещения, во всю его ширину параллельно трибунам. При этом приточный воздух подается с обеих сторон в единую систему арочных элементов, а удаление воздуха будет происходить вдоль боковых стен над трибунами.

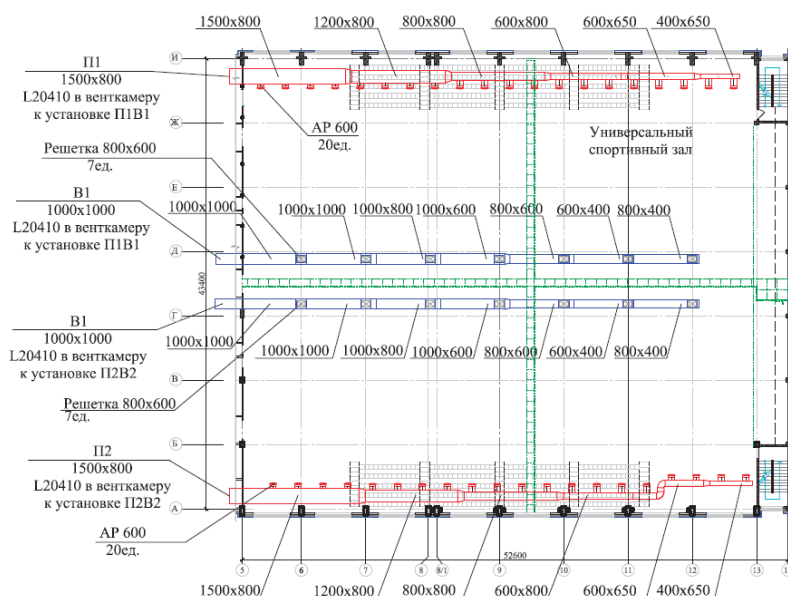


Рисунок 5. Первый вариант схемы воздухораспределения

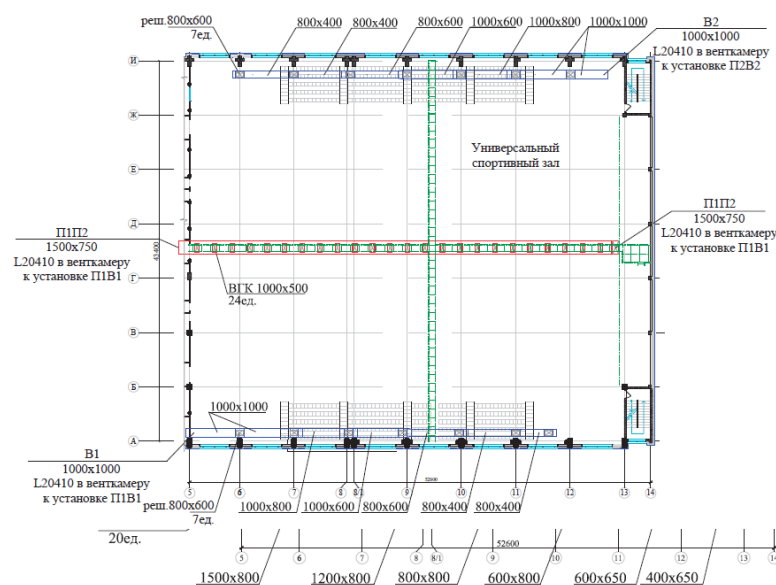


Рисунок 6. Второй вариант схемы воздухораспределения

Авторы указывают на то, что решение таких задач лучше всего будет выполнено с помощью метода математического моделирования. Такой метод широко применяется в различных отраслях строительства и позволяет получить наиболее достоверные данные о микроклимате помещения. При моделировании турбулентных течений для достижения точных решений применяется подход RANS (Reynolds Averaged Navier-Stokes). В результате решения первой задачи получилось так, что тепловыделения полностью ассимилировались, воздушные потоки в помещении распределены равномерно. Однако, из-за большого количества сопел и подаваемого объема воздуха не удалось оптимизировать расход воздуха в каждом сопле. Также из-за того, что расход наружного воздуха зависит от датчика углекислого газа, расход приточного воздуха будет зависеть от количества людей в помещении. Все эти данные можно увидеть на рисунках, которые привели авторы статьи. Также параметры формирующихся потоков воздуха находятся в оптимальном диапазоне. Для более точного анализа расхода приточного воздуха через сопла была создана математическая модель. В итоге скорость воздуха в воздуховоде была почти одинакова по всей длине и только ближе к концу опустилась ниже нормативного значения. Второй вариант решения задачи показал более стабильные результаты. Видно, что температура, скорость воздуха и концентрация углекислого газа значительно отличается от варианта с соплами. Скорость воздуха в центральной части помещения значительно выше чем на периферии, температура воздуха в самый жаркий день немного выше расчетной, отсутствует эжекция. Обнаружилась небольшая проблема, связанная с установкой воздухораспределителей, которая решается их перераспределением. Концентрация углекислого газа по сравнению с вариантом с соплами стала несколько ниже. В заключении авторы пишут о значительном преимуществе решения задачи вторым способом, основываясь на лучшем качестве полученных результатов. Также как и в других статьях авторы используют определенную методику, и в этой статье нам очень понравилось, что задача решалась с помощью специальной программы математического моделирования, которая максимально приближенно показывает как воздух будет двигаться в помещении, какая будет температура и скорость воздуха в различных точках. Данный метод решения, основанный на решении классических уравнений газогидродинамики Навье-Стокса, очень полезен и точен при решении некоторых проблем оптимизации воздухообмена, хотя и занимает большое количество компьютерного времени для решения.

В статье [6] говорится о форсуночных камерах. Они были созданы больше века назад и до сих пор используются в различных системах кондиционирования воздуха (СКВ). Во времена СССР в СКВ применялись преимущественно форсуночные камеры. Эти камеры орошения были политропными. В таких камерах воздушный поток мог охлаждаться и увлажняться. Такие системы позволяли поддерживать параметры воздуха на достаточно высоком уровне. В отличие от СССР, зарубежные страны использовали преимущественно адиабатные камеры, которые только увлажняли приточный воздух. При этом для достижения определенной температуры воздуха, дополнительно устанавливались поверхностные воздухоохладители. Авторы убеждены, что и политропные и адиабатные камеры могут использоваться и в настоящее время и совершенствоваться за счет исследований, для оптимизации расхода энергии и улучшение эксплуатационных характеристик. Из-за того, что жидкость в камере распыляется неравномерно, процессы тепломассообмена получаются менее энергоэффективными. Описывается экспериментальное исследование, которое проводилось на специализированном стенде. В этом исследовании испытывали форсунку, установленную на неподвижной раме. С помощью этой рамы можно было изменять положение форсунки. Вода распылялась в специальный бак разделенный на 12 секций, из которых только две секции, расположенные друг напротив друга, использовались для исследования. Секции были разделены на 10 равных по ширине частей от центра к краю. Изначально определяли плотность распространения жидкости с помощью которой вычисляли удельный поток жидкости. Из-за незнания закона распределения плотности жидкости по сечению факела невозможно построить графики верно, в связи с этим автор предлагает методику обработки данных, которая ранее не описывалась в отечественной литературе. Изначально строятся гистограммы на основании результатов распределения жидкости в секторе сборника. Из-за сложности определения точных положений горизонталей, было предложено строить графики отдельно для каждого радиуса (Рис.8). После построения этих графиков строятся линии постоянной плотности орошения на плане сборника. Это график наглядно показывает распределение жидкости. Для построения горизонталей на этом графике достаточно соединить точки одинакового значения.

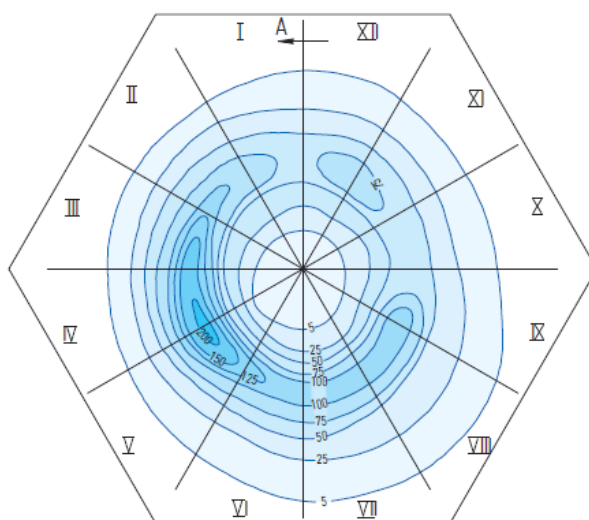


Рисунок 8. Плотность распределения воды ($г/см^2 \cdot ч$) в факеле распыла форсунки Ц2-7: $dс=5.0$ мм; А – положение тангенциального канала

Из рисунка видно, что присутствуют ярко выраженные зоны с большей и меньшей плотностью воды. Похожую картину можно увидеть и у других исследуемых форсунок. Исследования воздушного вихря имеет большое значение при исследовании

неравномерного распределения воды. Из-за небольших размеров форсунки исследования такого типа практически не проводились. Далее в статье описывается расчет толщины пленки и кольцевого потока жидкости. Авторы указывают что неравномерность распределения воды может зависеть от разности толщины пленки в сечении сопла. Также в статье приведена методика определения расположения воздушного вихря. Описывается экспериментальная установка. На трубке вертикально устанавливается форсунка. Сама трубка закреплена на линейке, которая перемещается в двух неподвижных щечках. С одной стороны линейки установлено устройство зажима для ее перемещения. На трубке установлен штучер для подключения измерительного прибора. Методика основывается на разнице проводимости электричества воздухом и водой. Для его реализации, на металлической державке у сопла форсунки прикрепляют иглу, на которую подводится ток. Все остальные элементы вокруг иглы изолируются. Далее описывается принцип измерения воздушного вихря. Контактная игла крепится к срезу сопла. К форсунке подается вода с необходимым давлением. Игла изолируется от воды и поверхности сопла при образовании воздушного вихря. При этом осциллограф не показывает никаких данных. Далее иглу двигают в направлении струи воды и, по мере их приближения, осциллограф начинает показывать возрастание показателей. При соприкосновении иглы и пленки воды осциллограф издает четкий сигнал. Результаты записываются и производится повтор эксперимента. Для точности результата эксперимент проводят около семи раз. Далее была проведена графическая обработка полученных данных. В эксперименте испытывались форсунки с односторонней и двухсторонней подачей жидкости. Результаты, полученные в ходе исследования показывают причину неравномерного распределения жидкости из форсунки. Причиной является различная толщины образующейся пленки жидкости из-за несоосности воздушного вихря и сопла. Это связано с тем, что воздушный поток прогибается внутри камеры из-за сильного потока жидкости. Далее автор описывает возможные варианты установки форсунок. Описывает принятые решения.

В заключении следует отметить, что все описанные другими авторами возможности оптимизации вентиляции являются актуальными и действенными. Конечно не все проблемы вентиляции описываются в данной статье, но одни из самых актуальных проблем, на наш взгляд, описаны нами и очень важно, что также есть и адекватные их решения.

Список литературы

1. Табунщиков Ю. А., Бродач М. М. Искусственный интеллект в управлении тепло-энергопотреблением здания // АВОК, 2018. №8. URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=7071.
2. Шилкин Н. В., Шонинан Н. А., Миллер Ю. В., Галуша А. Н. Гибридная вентиляция в многоэтажных жилых домах: варианты решения // АВОК, 2018. №5. URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=6961.
3. СП 60.13330.2016 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003». М., 2016.
4. Наумов А. Л., Капро Д. В. Локальные системы кондиционирования воздуха в офисных зданиях // АВОК, 2012. №2. URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=5176.
5. Денисихина Д. М., Шупашева Р. Ж., Колубков А. Н. Решение задач распределения воздуха в спортивном зале борьбы // АВОК, 2015. №4. URL: https://www.abok.ru/for_dpec/articles.php?nid=6133.

6. [Тарабанов М. Г., Прилепский Д. В.](https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=5291) Энергоэффективные камеры орошения для систем вентиляции и кондиционирования воздуха // АВОК, 2012. №5. URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=5291.

References

1. Tabunshchikov Yu.A., Brodach M.M. Artificial intelligence in the management of heat and energy consumption of a building // AVOK, 2018. No. 8. URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?Nid=7071 [in Russian].
2. Shilkin N.V., Shoninan N.A., Miller Yu.V., Galusha A.N. Hybrid ventilation in multi-storey residential buildings: solution options // AVOK, 2018. No. 5. URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=6961 [in Russian].
3. SP 60.13330.2016 "Heating, ventilation and air conditioning. Updated edition of SNiP 41-01-2003." М., 2016 [in Russian].
4. Naumov A. L., Kapro D. V. Local air conditioning systems in office buildings // AVOK, 2012. No. 2. URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?Nid=5176 [in Russian].
5. Denisikhina D. M., Shupasheva R. Zh., Kolubkov A. N. The solution of the problems of air distribution in the sports gym // AVOK, 2015. No. 4. URL: https://www.abok.ru/for_dpec/articles.php?Nid=6133 [in Russian].
6. Tarabanov MG, Prilepsky DV Energy-efficient irrigation chambers for ventilation and air conditioning systems // AVOK, 2012. No. 5. URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=5291 [in Russian].