

УДК 622.4:622.8**ИСПЫТАНИЯ УЧЕБНОГО СТЕНДА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ
АЭРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВОЗДУШНЫХ СЕТЕЙ**

Неудахин Р.М., студент ГБб-221, IV курс
Научный руководитель: Родин Р.И., старший преподаватель
Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово

Введение

Обеспечение устойчивой вентиляции в угольных шахтах является одной из наиболее ответственных и технически сложных задач в горном деле. Множество специфических факторов серьезно затрудняют организацию безопасного и эффективного воздухообмена в подземных условиях [1].

Сложность задачи обусловлена разветвленностью шахтных сетей: проектные объемы воздуха должны бесперебойно проходить километры различных горных выработок. Для преодоления высокого аэродинамического сопротивления, возникающего из-за трения и сложной геометрии выработок, требуются мощные вентиляционные установки. Дополнительную сложность представляет постоянный приток метана и других опасных газов, из-за чего система должна работать в режиме непрерывного мониторинга и точной регулировки воздушных потоков [2].

Аэрологическая безопасность — это комплекс мер по поддержанию безопасной атмосферы в угольных шахтах и рудниках [3, 4]. Она базируется на непрерывном мониторинге состава воздуха и точном управлении вентиляционным оборудованием и сооружениями. Современная высокотехнологичная вентиляция гарантирует стабильный приток кислорода, а также эффективный вывод вредных и опасных газов, а также пыли.

Ключевым этапом здесь является расчет параметров воздушных сетей: от того, насколько грамотно распределены потоки на стадиях проектирования и эксплуатации, напрямую зависит защита рабочих от удушья, взрывов и отравлений газами.

Актуальность проводимых в данной работе исследований обусловлена необходимостью создания материальных средств для обучения студентов горных специальностей основам вентиляции, которые включают в себя знание алгоритмов расчета аэродинамических параметров вентиляционных сетей и практические навыки проведения аэродинамических съемок [5].

Подготовка учебного стенда к его испытанию

В качестве основы разрабатываемого учебного стенда взята уже имеющаяся конструкция вентиляционной системы, представленная на рисунке 1. Она состоит из: металлической рамы, заслонок, позволяющих менять

направление и интенсивность воздушного потока, и вентиляторной установки центробежного принципа действия, которая подает направленную воздушную струю внутрь системы. Данная система более 20 лет не использовалась и требует проверки работоспособности и применимости для разрабатываемого учебного стенда.

Разрабатываемый учебный стенд предназначен для проведения лабораторно-практических занятий, в ходе которых изучаются компоненты вентиляционных систем, методы регулировки и мониторинга их параметров. В рамках занятий также осваиваются конструктивные элементы вентиляции — в том числе воздуховоды различной формы, тройники и повороты. Кроме того, стенд позволяет наглядно продемонстрировать, как изменяются характеристики воздушной сети в зависимости от расположения перегородок и направления воздушного потока.

Испытания учебного стенда

В рамках испытания в конструкции учебного стенда было создано специальное технологическое отверстие, которое позволило осуществить инструментальные измерения скорости воздушного потока непосредственно на входе в установку. Кроме того, были проведены замеры параметров потока на его выходе. Сопоставление данных, полученных в обеих контрольных точках, позволило сделать ряд обоснованных выводов о функционировании и характеристиках исследуемого оборудования.



Рисунок 1 – Общий вид стенда (слева) и место нахождения технологического отверстия для измерения расхода воздуха на входе в вентиляционную систему (справа)

Для испытания определены 4 маршрута движения потока воздуха по вентиляционной сети от вентиляторной установки в атмосферу (рисунок 2). Все маршруты движения потока воздуха включают в себя ряд местных сопротивлений, вызванных изменением его направления. Имеются местные сопротивления с изменениями направления потока воздуха под 90 градусов: с

плавным поворотом и т-образного вида.

Целью испытания является проверка работоспособности и устойчивых значений основного элемента (вентиляторной установки) учебного стенда, определения основных аэродинамических характеристик вентиляционной сети и конечной величины утечек воздуха в зависимости от маршрута движения воздуха.

В качестве средств измерения был взят анемометр АПР-2М, который позволяет измерять скорость движения потока воздуха от 0,3 до 50 м/с. Измерения производились через технологическое отверстие в конструкции после вентилятора (вход в систему) и на выходе из стенда. Подаваемый расход воздуха менялся от 0,48 до 0,49 м³/с. Напорное давление на входе в систему, которое определялось через скорость движения воздуха, изменялось от 14,9 до 15,7 Па. В процессе испытания одна из сторон при помощи заслонки регулировала подачу воздуха. Регулирование позволяет направлять весь поток воздуха в точку измерения, а далее по мере открытия заслонки постепенно разделять поток воздуха на два направления. В результате разделения потока на два направления объем расхода воздуха в точке измерения снижался в 10-20 раз от первоначального значения.

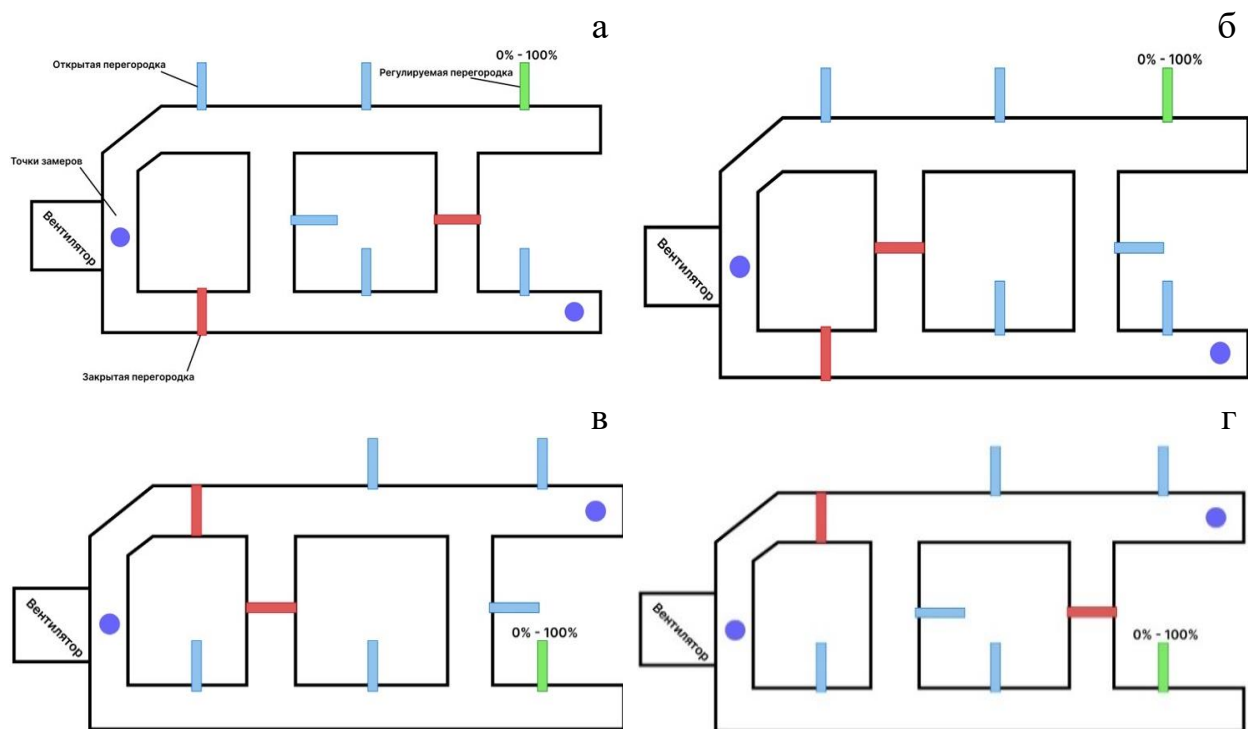


Рисунок 2 – Принципиальные схемы испытания стенда с различными маршрутами движения воздуха

Результаты измерения представлены на рисунке 3 виде прямых линий характеристик вентиляционной системы при различных маршрутах воздуха и в таблице 1.

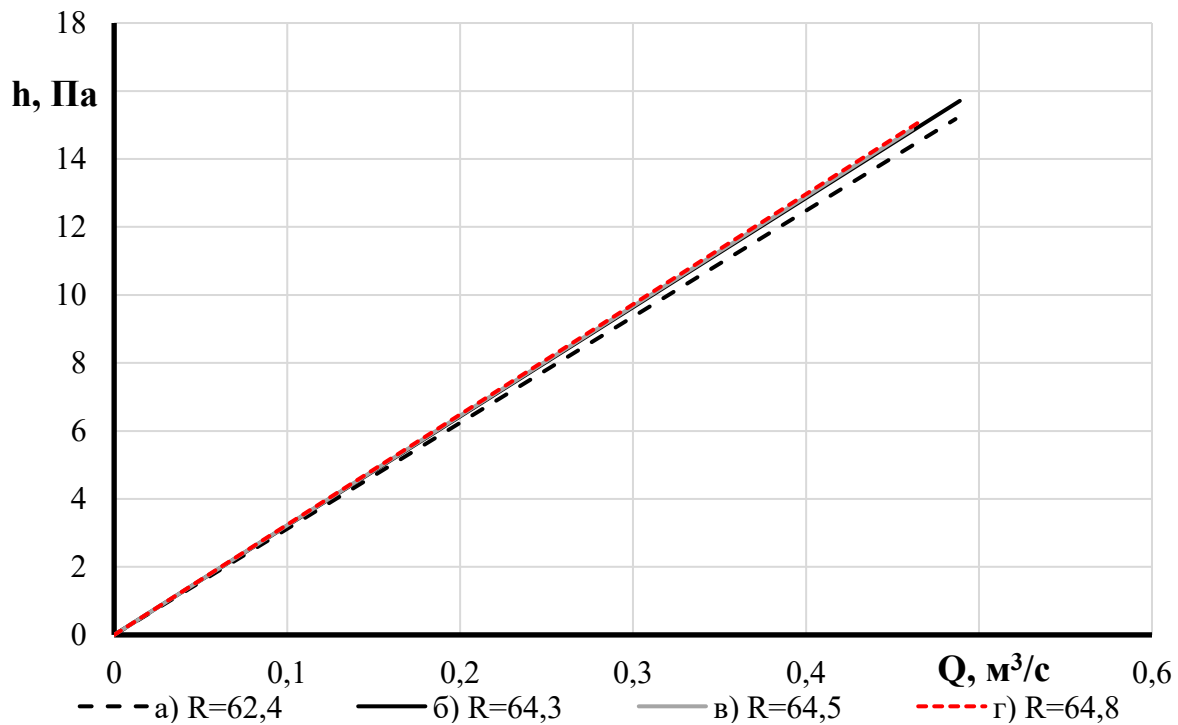


Рисунок 3. График характеристики вентиляционной сети (учебного стенда)

Характеристика вентиляционной сети (учебного стенда) представлена в виде прямой, т.к. измерение скорости потока воздуха и расчета его напорного давления определялись в двух точках. Для получения детальной характеристики вентиляционной сети необходимо измерение данных параметров в местах где воздушный поток воздуха претерпевает значительные аэродинамические сопротивления, расходуя депрессию, созданную вентиляторной установкой.

Таблица 1. Аэродинамические характеристики маршрутов вентиляционной сети

Маршрут	Депрессия, Па	Аэродинамическое сопротивление, $\text{Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^8$	Расход подаваемого воздуха, $\text{м}^3/\text{с}$	Утечки воздуха при полностью закрытом одном выходе, $\text{м}^3/\text{с}$
а	15,2	62,4	0,49	0,17
б	15,7	64,3	0,49	0,11
в	14,9	64,5	0,46	0,01
г	15,2	64,8	0,47	0,14

В зависимости от маршрута движения воздуха по вентиляционной системе аэродинамическое сопротивление R изменяется не более 4 % (от 62,4 до 64,8 $\text{Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^8$). Величина депрессии вентиляционной сети меняется от 14,9

до 15,7 Па (изменение не более 6 %).

Вывод:

Результаты испытаний указывают на то, что применение схемы подачи воздуха по маршруту «в» является наиболее эффективным с точки зрения аэродинамического сопротивления вентиляционной сети и количества утечек воздуха. Анализ данных показал, что три альтернативных маршрута воздушного потока демонстрируют сопоставимые показатели, что свидетельствует о необходимости повышения герметичности данных маршрутов для достижения оптимальных эксплуатационных характеристик системы.

Следует отметить, что проведённые испытания подтвердили исправную работу основных компонентов учебного стенда, а именно вентиляторной установки и вентиляционного става, что обеспечивает надёжную базу для дальнейших исследований и практических занятий.

Полученные результаты послужат основой для разработки методических рекомендаций по проведению лабораторных и практических работ, направленных на формирование у обучающихся навыков выполнения воздушно-депресссионных съёмок вентиляционных сетей и методик расчёта их основных аэродинамических характеристик.

Анализ установленных в ходе испытаний аэродинамических характеристик системы позволит осуществить модернизацию учебного стенда за счёт подбора и установки дополнительных датчиков давления. Эти датчики будут размещаться на различных участках вентиляционной сети по маршруту движения воздуха, начиная от входа и до выхода из системы, что обеспечит возможность измерения значений депрессии и их распределения по всей длине вентиляционной системы. Такой подход позволит повысить точность контроля и оптимизации работы системы, а также обеспечить более эффективное управление её эксплуатацией.

Список литературы:

1. Шевченко, Л. А. Аэрология горных предприятий / Л. А. Шевченко; Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2020. – 147 с. – ISBN 978-5-00137-118-2. – EDN SCULQB.
2. Шевченко Л. А., Каледина Н. О. Обеспечение аэрологической безопасности выемочных участков шахт при интенсивной отработке угольных пластов / Л. А. Шевченко, // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2017. – № S12. – С. 3-8. – EDN ZAPFGN.
3. Каледина, Н. О. Аэрологическая безопасность угольных шахт / Н. О. Каледина, Д. А. Мещеряков // Горный информационно-аналитический

- бюллетень (научно-технический журнал). – 2011. – № S1. – С. 227-237. – EDN OOLATV.
4. Аэрогазодинамические процессы в горных выработках и обеспечение аэрологической безопасности при подземной добыче полезных ископаемых / Г. В. Стась, А. Н. Качурин, В. И. Голик, В. П. Стась // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2018. – № 4. – С. 338-352. – EDN VRZSZY.
 5. Неудахин Р.М., Плаксин М.С. Разработка стенда для исследования аэрологических параметров воздушных сетей угольных шахт // Безопасность жизнедеятельности предприятий в промышленно развитых регионах: Материалы XVI Международной научно-практической конференции, Кемерово, 18–20 ноября 2025 года / Под редакцией С.Г. Костюк. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2025. – С. 112-1-112-6.