УДК 622.4:622.8:658.382

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ УЧЕБНОГО СТЕНДА ДЛЯ ПРЕВЕНТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ В СИСТЕМЕ ОХРАНЫ ТРУДА УГОЛЬНЫХ ШАХТ

Неудахин Р.М., студент ГБм-261[2], младший инженер-горняк[1],
Шнайдер М.Е., студент ГБм-261[2], стажер инженера[3],
Плаксин М. С., к.т.н, доцент[2], ведущий инженер по динамическим явлениям[1],
Родин Р. И., старший преподаватель[2], инженер-исследователь[1],
[1]ЗАО «Углеметан Сервис», г. Кемерово
[2]Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово
[3]ООО «Газпром добыча Кузнецк», г. Кемерово

Аннотация

В данной работе рассмотрено использование лабораторного стенда, предназначенного для исследования аэрологических параметров воздушных сетей, а также предложена методика обучения будущих горных инженеров на примере моделирования предполагаемых сбоев системы вентиляции. Предложенный подход предполагает изменение фокуса подготовки по охране труда: вместо борьбы с последствиями аварий будущие специалисты учатся заранее выявлять угрозы.

Ключевые слова:

охрана труда, промышленная безопасность, угольная шахта, вентиляционная сеть, учебный стенд, симуляция рисков, человеческий фактор, превентивное управление, аэрология горных предприятий.

Введение

Стабильная и безопасная работа угольных шахт во многом зависит от того, насколько строго соблюдается охрана труда и проводится производственный контроль. Обеспечить такой режим под землей — наисложнейшая задача горных инженеров, особенно сейчас, когда добыча угля уходит на большую глубину, ухудшаются горно-геологические условия, а выработки становятся более газообильными. В такой обстановке большую роль играет именно вентиляция и аэрогазовый контроль, которые помогают уберечь шахту от техногенных катастроф. [1, 3].

Анализ аварий на шахтах за последние несколько лет показывает, что внедрение систем аэрогазового контроля снижает общие технические риски, но она не в силах решить проблему человеческого фактора. Главной, а так же наиболее частой причиной аварий и инцидентов остаются ошибки персонала: неверная оценка обстановки и просчеты инженерно-технического состава при ликвидации локальных загазирований[2, 3]. При этом начальные признаки сбоев вентиляции это самые небольшие отклонения параметров от нормы, персонал часто оставляет без должного внимания. В итоге ситуация может выйти из-под контроля и привести к серьезным авариям: взрывам метана и массовым отравлениям [2, 3, 4].

Обучение по охране труда имеет один очень большой недостаток, все обучение сводиться к заучиванию правил без понимания самого процесса газовыделения. Будущий горный инженер запоминает нормативы, но не видит прямой связи между состоянием выработки и тем, насколько быстро перераспределяется воздух во всей вентиляционной сети. Формальный подход и привычка полагаться на автоматику притупляют бдительность и мешают быстро действовать при аварии. Цель данной работы – обосновать применение учебного стенда аэрологических параметров как тренажера для раннего выявления и профилактики рисков на угольных шахтах [5, 6].

Практические занятия позволяют уйти от теоретического материала. На учебном стенде будущие специалисты осваивают главный принцип безопасности на производстве, лучше уметь предотвратить аварию на ранней стадии, устраняя ее предпосылки до возникновения опасной ситуации.

Разработка сценариев аварийных ситуаций для учебного стенда

В рамках работы стенд аэрологических параметров выступает модель шахтной сети. Его конструкция — металлическая рама, центробежный вентилятор, разветвленные воздуховоды, повороты и регулирующие заслонки — физическая имитация шахтовых выработок [5].

Главной сутью такого моделирования для охраны труда является контролируемый перевод системы в аварийный или предаварийный режим, что наглядно показывает, как связаны между собой причины и последствия. В рамках предложенной методики разработаны три базовых сценария аварий, которые можно рассмотреть на практических занятиях:

1) «Загазирование тупиковой выработки» имитируется полным или частичным перекрытием регулирующей заслонки на тупиковом ответвлении стенда, так можно смоделировать отказ вентилятора местного проветривания.

2) «Аварийное перераспределение воздушных потоков при внезапном изменении аэродинамического сопротивления». В шахте этот риск возникает при обрушении кровли выработки или разрушении вентиляционной перемычки взрывной волной или горным давлением. На лабораторном стенде этот процесс воссоздается переменным изменением положения одной из центральных заслонок.

3) «Оценка устойчивости и безопасности режима аварийного реверсирования главной вентиляционной струи». Реверсирование является одним из важнейших операций охраны труда, применяемая при возникновении пожаров в надшахтных зданиях, с целью предотвращения распространения токсичных продуктов горения по рабочим зонам [1, 3]. Теоретическая модель данного сценария на стенде позволяет изучить поведение воздушных потоков при изменении направления вращения.

Введение измерительных приборов на учебный стенд

Лабораторный стенд оснащен измерительными приборами АПР-2М, МБГО-2 и трубкой Пито, наглядное использование существенно повышает эффективность обучения [5].

В производственных условиях шахтные датчики стационарной системы аэрогазового контроля монтируются в строго определенных нормативными документами точках. Будущий горный инженер должен иметь навыки стратегического планирования схемы мониторинга за автоматической системой. В рамках разрабатываемой методики на лабораторном стенде обосновывается понятие динамических точек контроля [6]. Размещение измерительных приборов на прямых участках до и после местных сопротивлений позволяет наглядно увидеть, как формируются потери давления.

Особое значение имеет комбинированное использование трубки Пито и измерителя абсолютного и дифференциального давления газа МБГО-2. Измерение полного давления потока с разделением его на статическую и динамическую части позволяет наглядно продемонстрировать закон Бернулли применительно к вентиляционным сетям [1]. С точки зрения охраны труда это критически важно, т.к падение статического давления при росте динамического может приводить к обильным выделениям метана из вмещающего массива [4]. Данная взаимосвязь будет лучше усваиваться студентами при практическом анализе результатов давлений на учебном стенде.

Таблица 1. Теоретическая матрица соответствия параметров стенда и факторов риска охраны труда

Элемент/ Параметр стенда	Физическая сущность	Шахтный аналог	Фактор риска охраны труда
Регулируемая заслонка с разметкой	Изменение аэродинамического сопротивления R	Горная выработка, завал, вентиляционная перемычка	Загазирование выработки, опрокидывание вентиляционной струи
Измеритель абсолютного и дифференциального давления МБГО-2	Измерение депрессии (потери давления) Па	Датчики давления системы АГК, депрессионная съемка	Контроль герметичности изоляции, обнаружение эндогенных по-

			жаров
Анемометр АПР-2М	Определение линейной скорости потока воздуха м/с	Шахтный стационарный или переносной анемометр	Падение скорости ниже нормативного предела, вынос взрывоопасной пыли
Трубка Пито в потоке воздуха	Разделение давления на полное, статическое и динамическое	Замерная станция ВДС, комбинированный контроль	Суфлярное выделение метана при падении статического давления

Предполагаемая методика обучения студентов на лабораторном стенде

Для эффективной интеграции моделирующего стенда в систему подготовки будущих инженеров была разработана таблица 1, преобразующая технические измерения в целенаправленный процесс формирования безопасного поведения. Вместо сухой теории студенты на практике примеряют роль горного инженера. Весь процесс тренировки делится на четыре последовательных этапа:

1) Поиск неисправности: преподаватель меняет настройки сети — например, приоткрывает обводной канал или частично перекрывает один из воздуховодов. Задача студента — по показаниям приборов АПР-2М и МБГО-2 заметить, что режим работы сбился.

2) Оценка последствий: зафиксировав падение расхода воздуха или перепад давления, студент должен понять, чем это грозит реальной шахте. Например, снижение расхода в третьей ветви на 15% замедлит воздушный поток до 0,22 м/с. При газовыделении в 3 м³/мин метан достигнет взрывоопасной концентрации (5–15%) всего за 12 минут. Такой подход сможет научить видеть за сухими цифрами реальные производственные риски.

3) Восстановление режима: оценив риски, студент предлагает решение задачи, как вернуть проветривание в норму и перераспределяет потоки воздуха с помощью заслонок со шкалами. При этом важно соблюдать баланс:

добавляя воздух в одну часть стенда, нельзя допустить его критической нехватки в других его частях.

4) Проверка и разбор ошибок: после настройки заслонок студент заново снимает все замеры и по показаниям давления сразу видит эффект от своих действий. Такой подход позволяет безопасно отработать сложные ситуации и понять цену каждой ошибки.

Заключение

В ходе данной работы обоснован подход к использованию лабораторного стенда аэрологических параметров как специализированного тренажера для отработки опасных ситуаций на шахтах. Лабораторная установка позволяет безопасно изучать возможные ситуаций, которые могут привести к аварии и учиться их устранять. Подключение измерительных приборов МБГО-2 и АПР-2М помогает студентам на практике связать законы газовыделения и аэрологии с требованиями Правил безопасности. Предложенная методика меняет суть подготовки по охране труда: вместо реакции на уже случившуюся аварию будущие горные инженера учатся заранее предотвращать нештатные ситуации.

Список литературы

1. Шевченко Л. А. Аэрология горных предприятий: учебное пособие // Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева. – Кемерово: КузГТУ, 2020. – 147 с.

2. Тайлаков О.В., Застрелов Д.Н., Снетова Е.С. Оценка выбросов парниковых газов на примере угледобывающего предприятия // Наукоемкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов: науч. журнал / Сиб. гос. индустр. ун-т; под общей ред. В.Н. Фрянова. – Новокузнецк, 2021. - №7. С. 339 – 341.

3. Каледина Н. О., Мещеряков Д. А. Аэрологическая безопасность угольных шахт // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2011. – № S1. – С. 227–237.

4. Стась Г. В., Качурин А. Н. Обеспечение аэрологической безопасности при подземной добыче полезных ископаемых // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2018. – № 4. – С. 338–352.

5. Неудахин Р. М., Родин Р. И. Испытания учебного стенда для исследования аэрологических параметров воздушных сетей // Материалы научно-практической конференции «Региональная модернизация» (Кемерово, 2026 г.). – Кемерово: КузГТУ, 2026. – URL: https://science.kuzstu.ru/wp-content/Events/Conference/RM/2026/RM26/pages/Articles/10112.pdf (дата обращения: 25.10.2026).

6. Неудахин Р. М., Плаксин М. С. Испытания стенда для исследования аэрологических параметров воздушных сетей при различных схемах проветривания // Сборник научных трудов «Безопасность жизнедеятельности и охрана труда» (Кемерово, 2025 г.). – Кемерово: КузГТУ, 2025. – URL: -content/Events/Conference/BGD/2025/bgd2025/pages/Articles/112.pdf (дата обращения: 25.10.2026).