

УДК 622.4

**ТРОФИМОВ В. А.**, канд. техн. наук, доцент,

**НИКОЛАЕВ Е. Б.**, канд. техн. наук, доцент

*Донецкий национальный технический университет*

## **БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА И ВЕНТИЛЯЦИЯ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

*В статье рассматриваются вопросы, связанные с решением задач безопасности труда и вентиляции подземных сооружений. Авторы показывают возможность решения комплекса этих задач в рамках одного общего направления.*

**Ключевые слова:** *безопасность, охрана труда, вентиляционная сеть, визуализация знаний, симуляторы, психическая устойчивость.*

*У статті розглядаються питання, пов'язані з вирішенням завдань безпеки праці й вентиляції підземних споруджень. Автори показують можливість вирішення комплексу цих завдань у рамках одного загального напрямку.*

**Ключові слова:** *безпека, охорона праці, вентиляційна мережа, візуалізація знань, симулятори, психічна стійкість.*

*In article the questions connected with the decision of problems of safety of work and ventilation of underground constructions are considered. Authors show possibility of the decision of a complex of these problems within the limits of one general direction.*

**Keywords:** *safety, guarding labour, ventilating network, visualisation of knowledge, simulators, psychic stability.*

В последние десятилетия в практике решения задач безопасности труда и вентиляции подземных сооружений произошли значительные изменения. Это связано, прежде всего, с использованием для их решения персональных компьютеров и специального программного обеспечения.

Анализ опыта использования виртуальных моделей вентиляционных сетей шахт, рудников и метрополитенов позволяет утверждать, что их применение повышает уровень квалификации специалистов службы вентиляции и значительно сокращает трудозатраты на решение оперативных задач вентиляции и плана ликвидации аварий [1].

Кроме того, использование виртуальных моделей в процессе обучения студентов горных специальностей показало, что в этом случае значительно облегчается восприятие специфики решения задач управления проветриванием и спасения людей в аварийных условиях [2, 3].

Эффективность использования виртуальных моделей вентиляционных сетей подземных сооружений в обучающем процессе можно объяснить двумя причинами.

Первая заключается в самом процессе визуализации объекта проветривания. На первом этапе обучения пользователь (специалист участка вентиляции, студент, представитель службы ГВГСС или РГТИ) самостоятельно (с помощью специальной компьютерной программы) формирует (создает) схему вентиляционной сети шахты или метрополитена на экране монитора. Этот этап формирует в сознании человека понимание «связанности» всех горных выработок (тоннелей) и идентифицирует их, вместе с путями движения утечек воздуха, как «вентиляционную сеть».

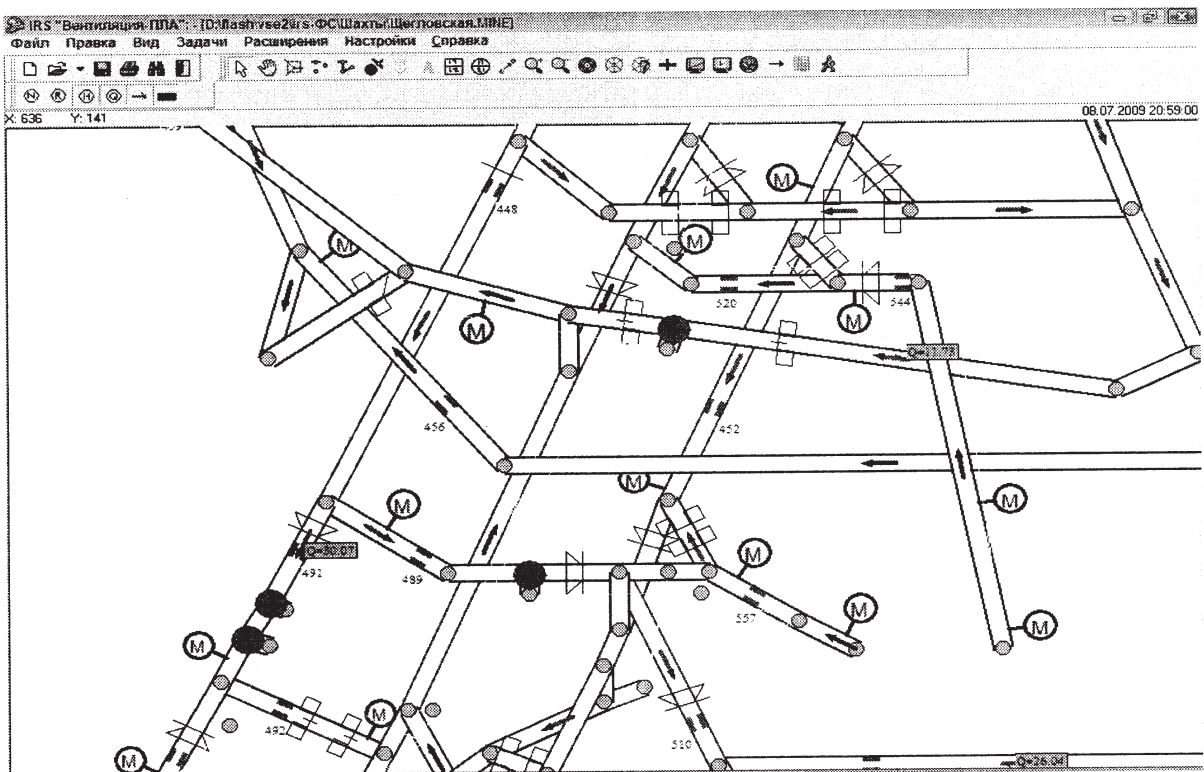
В процессе визуализации вентиляционной сети формируется база данных по каждому ее элементу. При этом пользователь вводит в память компьютера различную информацию о каждом элементе вентиляционной сети. На начальной стадии обучения этот процесс формирует у человека понимание различий элементов вентиляционной сети по своим аэродинамическим характеристикам и связи этих характеристик с геометрическими и технологическими параметрами горных выработок. В этот период обучения эффективность процессов «понимания» и запоминания обусловлена тем, что в сознании индивидуума происходит «связывание» словесных формул (смысла) с визуальными образами — символами.

Этот момент является ключевым в понимании механизма эффективности самообучения с помощью виртуальной модели объекта проветривания. Именно создание базового символа (горная выработка — ветвь вентиляционной сети) и его виртуальное «наполнение» на экране монитора активизирует воображение человека и формирует в его сознании устойчивый образ реального объекта проветривания и факторов, влияющих на его рабочие характеристики. Этот механизм хорошо демонстрирует пример визуализации двух понятий: «увеличение» и «уменьшение» сопротивления горной выработки.

В нормальном режиме проветривания шахты увеличение или уменьшение аэродинамического сопротивления горных выработок можно связать с необходимостью регулирования распределения воздуха в вентиляционной сети. Для этого в условиях реальной шахты используются различные вентиляционные регуляторы: вен-

тиляционные двери (шлюзы) и перемычки. Виртуальная модель вентиляционной сети позволяет связать словесную формулу «для увеличения сопротивления выработки необходимо установить в ней вентиляционный регулятор» с конкретными физическими действиями человека, симулирующими установку реальной вентиляционной двери или перемычки в шахте.

В данном случае пользователь для «установки» регулятора в виртуальной модели должен увеличить численное значение величины аэродинамического сопротивления в базе данных конкретной выработки и «привязать» к изображению выработки на экране конкретный виртуальный символ – условное изображение реального регулятора (перемычка, вентиляционная дверь). Происходит «связывание» понятий «установка регулятора» и «увеличение сопротивления». Последующее моделирование распределения воздуха показывает последствия «установки» регулятора в горной выработке – сокращение расхода воздуха. Так, с помощью символов в сознании пользователя формируется устойчивая причинно-следственная связь «действие-результат». Примеры символов, связанных с «установкой» различных устройств или сооружений в горной выработке, приведены на *рис.* Электронный план ликвидации аварий (ЭПЛА)



**Рис. Схема расположения вентиляционных сооружений, датчиков метана, водяных заслонов и вентиляторов местного проветривания в горных выработках угольной шахты**

представляет собой виртуальный комплекс, связывающий воедино задачи вентиляции и охраны труда. Он формируется на базе виртуальной модели шахтной вентиляционной сети. На шахте «Щегловская-Глубокая» в течении последних пяти лет отработана технология создания и поддержания электронного плана ликвидации аварий. Для этого в программном комплексе «IRS Вентиляция-ПЛА» предусмотрено автоматизированное решение ряда задач ПЛА.

К главным достоинствам ЭПЛА можно отнести его наглядность. Цветовое выделение «аварийной» выработки и формирование на экране компьютера так называемой «зоны загазирования» за очагом пожара сразу «вводят» пользователя в аварийную ситуацию. Цветовые визуальные символы (например, аварийная выработка окрашивается в красный цвет, а выработки, куда могут попасть продукты горения, окрашиваются в желтый цвет) способствуют «мгновенному» пониманию того, что такое «зона загазирования» и что означает формулировка «построение оптимального маршрута выхода людей из загазированных выработок». Эта задача также автоматизирована, и через секунду пользователь видит на экране искомый маршрут (все выработки на этом маршруте окрашиваются в малиновый цвет). При обучении студентов и специалистов участка вентиляции для формирования устойчивых представлений о «зоне загазирования» и «маршрутах выхода людей из загазированных выработок» достаточно одного—двух показов последовательности «решения» этой задачи.

Опыт обучения представителей ВГСЧ Кузбасса и Воркуты (РФ) показал, что весь «процесс» обучения работы с программным комплексом занимает 2—3 часа. Представители депрессионной службы сразу «улавливают» связь виртуальных и словесных символов.

В западных странах для обучения правилам безопасности и профессиональным навыкам давно используются виртуальные симуляторы различных производственных объектов или механизмов (симуляторы работы диспетчера на атомной электростанции или в аэропорту, симуляторы для водителей различной военной техники). Существуют и симуляторы угольных шахт.

Создание такого виртуального комплекса, где нажатие клавиши компьютерной «мыши» на любом участке схемы вентиляции шахты (другого производственного промышленного объекта) позволит обучаемому попасть на экране компьютера в трехмерный виртуальный мир угольной шахты, поможет резко повысить «понимаемость» и «запоминаемость» задач безопасности. В зависимости от выбранного уровня сложности и ролевого сценария (студент, горнорабо-

чий, горноспасатель, бригадир, инженер, технический инспектор, директор и т. д.) обучаемый человек имитирует различные действия по обеспечению безопасности людей и может обучаться правилам безопасности и профессиональным навыкам на различных рабочих местах в нормальных и аварийных условиях.

Существующая система профессиональной подготовки специалистов различных профессий (ориентированная преимущественно на формирование специальных знаний, алгоритмов решений, отработанных технологий) в настоящий момент не обеспечивает формирование профессиональных навыков в отношении личной безопасности у будущих инженеров для выполнения ими своих должностных обязанностей. Этот опыт они получают непосредственно на производстве, путем «проб и ошибок». Имея небольшой стаж работы и недостаточный опыт в принятии правильных решений, молодые инженеры плохо представляют себе возможные сценарии развития травмоопасных ситуаций и становятся «жертвами» или «последственными» в 40% несчастных случаев.

В этой связи наиболее перспективным направлением повышения эффективности обучения является внедрение в образовательный процесс (на всех стадиях обучения) виртуальных «миров» (симуляторов), позволяющих визуализировать рабочее место, рабочий процесс и действия, обеспечивающие сохранность жизни работающего человека [4].

Имитация передвижения человека внутри виртуального объекта («мира») и имитация действий, обеспечивающих безопасность труда, повышают остроту восприятия информации и способствуют ее быстрому усвоению. Такая форма подачи материала вносит в процесс обучения элемент соревновательности, резко повышает уровень эмоционального восприятия изучаемых вопросов и устраняет барьеры сознания при усвоении информации. К этому нужно стремиться именно при обучении, то есть тогда, когда у будущего специалиста формируется культура безопасности. Специалист, подготовленный по такой методике, начинает работу легко (без страха) и без задержек, не думает об инструкциях и не «заглядывает» в Правила безопасности.

Результаты первичного анализа свидетельствуют, что введение в образовательную программу подготовки специалистов горных профессий виртуальных тренажеров позволяет подготовить будущих горных инженеров к выработке собственных механизмов стрессозащиты, т. е. психической устойчивости, повышает эффективность их профессиональных действий и личную безопасность.

Такое обучение обеспечивает перспективы для дальнейшей профессиональной самореализации и повышает общий уровень безопасности труда на шахте (доля неправильных решений молодых специалистов в общем количестве неадекватных действий достигает 65% и более в зависимости от сферы производства).

Разработка и использование виртуальных моделей различных промышленных и гражданских объектов в учебном процессе позволяют обеспечить высокий уровень подготовки специалистов по специальности «Безопасность трудовой деятельности».

## ЛИТЕРАТУРА

1. Булгаков Ю. Ф., Трофимов В. О. Досвід моделювання вентиляційних мереж підземних споруд // Донбасс–2020: наука і техніка – виробництву: Матеріали ІІІ науково-практичної конференції. – Донецьк, ДонНТУ, 2006. – С. 77–82.

2. Каледина И. О., Романченко С. Б., Трофимов В. А., Горбатов В. А. Компьютерное моделирование задач противоаварийной защиты шахт: Методические указания. – М.: Издательство МГГУ, 2004. – Часть 1. – 45 с.

3. Трофимов В. А., Романченко С. Б. Методические указания по практическим занятиям «Моделирование шахтных вентиляционных сетей на ПЭВМ». – Донецк, ДонНТУ, 2005. – 28 с.

4. Николаев Е. Б. Использование психотренинговых технологий в профилактике производственного травматизма // Материалы ІІІ Международной научно-технической конференции «Промышленная безопасность и охрана труда – 2008. Проблемы. Перспективы». – К., 2008. – С. 53–57.