

ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ СРЕДСТВ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВЕНТИЛЯЦИИ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ И ШАХТ

Синюкова Т.Б., ст. преп.; Каргинова А., студ.

(ГОУВПО Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, ДНР)

Современные горные предприятия зачастую ведут эксплуатацию месторождения в сложных горно-геологических условиях – выделения ядовитых и опасных газов, повышения температуры воздуха.

Проветривание угольных шахт осуществляется за счет искусственных и естественных источников тяги, продуманного расположения горных выработок и вентиляционных сооружений различного типа. Обеспечение выработок требуемым расходом воздуха является одной из главных задач для ИТР участков вентиляции горных предприятий и депрессионных служб. Сложность шахтных вентиляционных сетей, их разветвленность, нелинейность уравнений, описывающих движение воздуха в горных выработках, делают практически невозможным оптимально решать задачи воздухораспределения без применения ЭВМ.

В настоящее время созданы и применяются пакеты программ для проектирования систем вентиляции шахт, рудников, транспортных тоннелей и других подземных объектов.

«Вентиляция» – это программа расчета нормального и аварийного воздухораспределения в шахте [1]. К основным возможностям программы относятся: формирование пространственной топологии горных выработок; установка в выработках шахты вентиляторов, переключателей с указанием параметров, специфичных для каждого типа; расчет естественного воздухораспределения в шахте; расчет устойчивости проветривания; расчет устойчивости проветривания при пожаре в одной из выработок и др.

Программное обеспечение (ПО) «Вентиляция-ПЛА», разработанное в ИГД им. Скочинского Романченко С.Б. и др., обладает теми же возможностями, что и пакет «Вентиляция», но дополнительно с помощью данного комплекса можно проводить: расчеты устойчивости проветривания; построение оптимальных маршрутов вывода горнорабочих и движения подразделений горноспасателей; определение зон загазования и маршрутов вывода горнорабочих при возникновении аварий, связанных с задымлением, пожарами, взрывами. В пакет «Вентиляция-ПЛА» вложена также методика расчета времени движения застигнутых аварией людей до ближайшего узла со свежим воздухом и передвижения спасателей к месту аварии.

Для проектирования подземных предприятий и оптимального управления их проветриванием в нормальных и аварийных условиях в НИИ горноспасательного дела «Респиратор» (г. Донецк) был разработан комплекс программ «Вентиляция шахт» С. Цель – создание адекватной модели вентиляционной сети подземного объекта и решение путем математического моделирования основных задач обеспечения его техносферной безопасности: проектирования вентиляционных сетей; предупреждения аварийных ситуаций, создания комфортных и допустимых условий для работы людей; анализа потенциально опасных ситуаций, разработки планов ликвидации аварий и эвакуации людей, расчета аварийных вентиляционных режимов.

В комплексе «Вентиляция шахт», предназначенном для ПЭВМ с операционными системами Windows, реализованы многочисленные процедуры для работы с изображениями схем проветривания шахт. Разработан оригинальный графический редактор для задач рудничной вентиляции. С его помощью вводится исходная информация, непосредственно на схеме выполняются последующие корректировки. Для большей наглядности на схеме вентиляции отображаются результаты решения сетевых задач. Схема вентиляции шахты (рудника) или фрагмент схемы постоянно отображается в главном окне программы.

Перед использованием в задачах подготовленная информация тестируется и исправляется. После создания графического образа объекта и его математической модели можно переходить к решению задач техносферной безопасности. Работа с программой сводится к вводу данных в диалоговые окна на экране, дальнейшим расчетам по заданным алгоритмам и анализу результатов, представленных в графическом и табличном виде.

Базовой задачей является расчет распределения воздуха на рабочих местах в горных выработках сети для нормальных (обычных) условий работы предприятия. Минимальный объем исходной информации для этого расчета: известная топология сети (представлена схемой), аэродинамические сопротивления выработок и параметры источников тяги. Направление и величина потока воздуха далее используются в решении практически всех задач. Основные задачи, которые можно решать с помощью комплекса программ «Вентиляция шахт»:

- расчет воздухораспределения в сети горных выработок;
- проверка обеспеченности объектов проветривания необходимым расходом воздуха в соответствии с нормативными документами, оценка качества вентиляционных сооружений, расчет общешахтного баланса воздуха и генерация соответствующего отчета;
- построение депрессиограмм и генерация соответствующего отчета;
- расчет воздухораспределения в сети горных выработок с возможностью задания фиксированных параметров потока;
- решение задачи регулирования воздухораспределения для обеспечения объектов проветривания необходимым расходом воздуха и расчет параметров регуляторов и источников тяги (вентиляторов);
- проверка устойчивости проветривания в случае повреждений или разрушений вентиляционных сооружений;
- моделирование процесса распространения вредных и опасных газов от их источников, когда с потоком воздуха газ разносится по сети, а в рабочих зонах и других местах возможного присутствия людей его допустимая концентрация может быть превышена;
- анализ взрыво- и пожароопасности атмосферы;
- определение в зависимости от горючей нагрузки аварийной выработки основных параметров вероятного пожара, влияющих на техносферную безопасность;
- оценка устойчивости вентиляционных струй в наклонных горных выработках с нисходящим и восходящим проветриванием;
- моделирование мероприятий для повышения устойчивости проветривания наклонных выработок в случае пожара;
- определение и представление в графическом виде ожидаемой зоны пожарных газов, определение возможных мест опрокидывания вентиляционных струй при пожаре;
- расчеты аварийных режимов проветривания;
- определение кратчайших путей вывода горнорабочих из аварийных участков, расчет времени выхода;
- определение оптимальных маршрутов и времени движения горноспасателей в зависимости от вида выполняемой работы;
- поддержание электронной версии плана ликвидации аварий, создание графических приложений к ПЛА.

Важнейшие отличия комплекса «Вентиляция шахт» от известных программ аналогичного назначения:

- высокая эффективность системы; широкий класс решаемых задач в сочетании с очень скромными требованиями к техническим средствам;
- в состав системы входят оригинальный графический редактор, специально ориентированный на решение задач рудничной вентиляции (с реализацией представления результатов решения задач непосредственно на схемах) и генератор отчетов для разработки и печати табличных документов;

- не требуются дополнительные дорогостоящие программные средства типа AUTOCAD, FASTREPORT;
- включены оригинальные задачи для моделирования аварийных ситуаций и проектирования вентиляционных систем;
- очень просто организован диалог пользователя с программой, поэтому программа легко осваивается специалистами шахт и горноспасательных служб.

К широко используемым ПО для расчета вентиляции относится и «Аэросеть». Программное приложение «АэроСеть» разработано в Горном институте УрО РАН в 2005 году. Приложение реализовано с использованием среды Delphi 7. Оно имеет русскоязычный интерфейс и в настоящее время применяется при моделировании воздухораспределения в калийных рудниках России.

«АэроСеть» не имеет привязки к конкретному типу рудников и может быть с успехом использовано для моделирования процессов воздухораспределения в рудниках различного типа, а также в шахтах, в т. ч. угольных. Приложение предназначено для расчета сложных пространственных вентиляционных сетей шахт и рудников произвольной топологии, позволяет проводить анализ различных процессов воздухораспределения в рудниках, решать задачи управления распределением воздушных масс в шахте. При расчете сетей используются современные численные методы, а также оригинальные вычислительные алгоритмы и схемы. ПО «АэроСеть» не имеет каких-либо ограничений на количество ветвей в вентиляционной сети и число источников тяги (вентиляторных установок). Приложение имеет богатый набор возможностей по оформлению внешнего вида вентиляционной сети.

Приложение «АэроСеть» позволяет:

- использовать различные возможности графического оформления вентиляционной схемы, формировать вентиляционные сети и редактировать существующие;
- задавать параметры ветвей вентиляционной сети: аэродинамические сопротивления, источники тяги (вентиляторные установки главного проветривания, вспомогательные вентиляторные установки);
- производить расчет естественной тяги;
- моделировать процессы нестационарного воздухораспределения на основе оригинальных алгоритмов нестационарного сопряженного теплообмена между рудничным воздухом и горным массивом;
- моделировать работу эжекторных вентиляторных установок;
- рассчитывать оптимальный режим работы главной вентиляторной установки с критерием минимизации потребляемой мощности;
- рассчитывать аэродинамические сопротивления ветвей, как на основе данных шахтных замеров, так и на основании длины, площади сечения и коэффициентов аэродинамического сопротивления;
- производить анализ вентиляционной сети, показывать зоны влияния вентиляторных установок в тех или иных режимах проветривания рудника;
- производить расчет задымленности (загазованности) в руднике в случае возникновения пожара в шахте.

Одним из мощных ПО на сегодняшний день в области моделирования течений реагирующих потоков (включая горение), теплообмена, многофазных течений и т. д. является пакет «FLUENT». Посредством обеспечения различных параметров моделирования он обеспечивает оптимальную эффективность и точность решения для широкого диапазона моделируемых скоростных режимов.

Пакет имеет следующие возможности:

- моделирование 2D планарных, 2D осесимметричных, 2D осесимметричных с завихрениями и 3D потоков;
- моделирование установившихся или переходных потоков;
- моделирование всех скоростных режимов;
- моделирование невязких, ламинарных и турбулентных потоков;

- моделирование ньютоновских и неньютоновских течений;
- широкий набор моделей турбулентности;
- моделирование теплопереноса, включая различные виды конвекции;
- использование специальных моделей для вентиляторов, радиаторов и теплообменников;
- использование динамических сеток для моделирования потоков вокруг движущихся объектов.

Программный комплекс FlowVision предназначен для моделирования трехмерных течений жидкости и газа в технических и природных объектах, а также визуализации этих течений методами компьютерной графики.

VNETPC 2003 – еще одно ПО, позволяющее рассчитывать вентиляцию подземных сооружений. VNETPC уже около 20 лет используется для анализа и расчета систем вентиляции угольных шахт «Mimosa» в Мексике.

Программное обеспечение «MineModeler», разработанное ведущими специалистами научно-исследовательского института горных проблем Академии инженерных наук Украины для условий ОАО «Павлоградуголь», позволяет создавать имитационные модели воздухораспределения подземных горных предприятий [4] .

«MineModeler» обеспечивает решение комплекса задач воздухораспределения в шахтной вентиляционной сети и ориентирована для работы специалистов участков вентиляции и депрессионных служб. Основным набором исходных данных для программы «MineModeler» являются аэродинамические сопротивления вентиляционных сооружений и ветвей, их взаимосвязи и характеристики источников тяги. Программное обеспечение «MineModeler» разработано с целью ведения технической документации участка ВТБ, создания математических моделей вентиляционных сетей горных предприятий и решения следующих задач:

- оптимальное распределение воздуха по подземным горным выработкам;
- перспективное развитие горных работ в вопросах проветривания;
- устойчивость проветривания очистных и подготовительных выработ.
- расчет аварийных режимов проветривания;
- поиск оптимальных параметров работы вентиляторов главного проветривания для снижения расхода электроэнергии
- моделирование работы главных вентиляционных установок, как осевых, так и центробежных в режимах: нормальный, реверсивный, остановка.
- моделирование проветривания тупиковых выработок при помощи вентиляторов местного проветривания.
- моделирование естественной тяги и тепловой депрессии.
- ведение отчетной документации участка вентиляции и других задач, связанных с проветриванием.

К основным достоинствам «MineModeler» можно отнести следующее:

- интуитивный интерфейс, создающий комфортные условия работы, а также простота обучения и управления программой;
- оперативность внесения изменений в схему шахтной вентиляционной сети и точность выполнения вычислений;
- наглядное отображение мест опрокидывания вентиляционной струи при моделировании аварийных ситуаций;
- обеспечение совместимости с рядом программных средств (РЕВОД 4.0, AutoCAD, Microsoft Word, Microsoft Excel);
- максимально полное использование возможностей современного компьютерного оборудования и современных операционных систем;
- возможности неограниченного наращивания функциональности;
- использование современных средств разработки программного обеспечения.

На сегодняшний день Унифицированные телекоммуникационные системы диспетчерского контроля и автоматизированного управления аэрогазовой обстановкой, машинами и технологическими комплексами (УТАС) являются лучшими системами безопасности из всех существующих. Главной целью и назначением систем УТАС является предотвращение на угольных предприятиях взрывов, пожаров и аварий. Эта цель достигается, главным образом, за счет оснащения окружающей среды угольной шахты и горно-шахтного оборудования под землей и на поверхности, всех угледобывающих и проходческих технологических комплексов шахты датчиками и устройствами, а также специальным программным обеспечением системы УТАС – SCADA TRACE MODE® [5].

SCADA TRACE MODE® это высокотехнологичная российская программная система для автоматизации технологических процессов (АСУ ТП), телемеханики, диспетчеризации, учета ресурсов (АСКУЭ, АСКУГ) и автоматизации зданий.

TRACE MODE® работает под Windows® и Linux®, используется в более чем в 30-и странах мира, в 48-и отраслях промышленности и имеет наибольшее число реальных инсталляций в России.

SCADA TRACE MODE®- это первая интегрированная информационная система для управления промышленным производством, объединяющая в едином целом продукты класса SOFTLOGIC-SCADA/HMI-MES-EAM.

SCADA TRACE MODE® 6 состоит из инструментальной системы – интегрированной среды разработки и из набора исполнительных модулей. Инструментальная система используется на рабочем месте разработчика АСУ. В ней создается набор файлов, который называется проектом TRACE MODE.

С помощью исполнительных модулей TRACE MODE® проект АСУ запускается на исполнение в реальном времени. SCADA TRACE MODE позволяет создавать проект сразу для нескольких исполнительных модулей – узлов проекта. Каждому узлу проекта соответствует одна инсталляция исполнительного модуля.

С помощью интегрированной инструментальной системы SCADA TRACE MODE можно:

- подключиться к более чем к 2588ПЛК, счетчикам и устройствам через бесплатные драйверы или OPC;
- разработать качественный графический операторский интерфейс (SCADA/HMI) в т.ч. и с web-доступом;
- создать базу систему записи истории процесса в собственной промышленной СУБД;
- написать программы управления на 5-и языках стандарта МЭК 6-1131/3, по расписаниям, статистическим данным, или с помощью рецептов;
- настроить систему безопасности SCADA, соответствующую современным требованиям;
- запрограммировать промышленный контроллер (SOFTLOGIC) на 5-и языках стандарта МЭК 6-1131/3;
- создать систему управления тревожными и предупредительными сообщениями;
- генерировать качественные отчеты, при помощи собственного генератора;
- создать АСУ ТП в различных архитектурах: распределенных (PCU), клиент серверных или web-ориентированных;
- разработать надежные системы в условиях плохой связи (телемеханика);
- легко создавать надежные резервированные системы;
- воспользоваться мощными средствами отладки и удаленной диагностики АСУ.

Также в систему входят некоторые элементы управления бизнес процессами производства: система управления основными фондами и техническим обслуживанием оборудования (EAM); систем управления производством (MES).

SCADA TRACE MODE поддерживает многие международные коммуникационные стандарты, но в отличие от других SCADA-систем, также имеет собственные

коммуникационные протоколы i-NET и M-Link, позволяющие повысить безопасность связи и гибко решать задачи клиента.

SCADA TRACE MODE®6 удобна и проста в использовании. Тем не менее, архитектура системы позволяет создавать крупные АСУ корпоративного уровня.

Решение столь масштабных задач автоматизации в TRACE MODE® возможно благодаря специальным технологиям, повышающим производительность труда разработчиков: единая база данных распределенного проекта; автопостроение проекта; богатые библиотеки драйверов, алгоритмов и графических объектов; мощные средства отладки; встроенная система горячего резервирования; собственный генератор отчетов; промышленная база данных реального времени SIAD/SQL 6.

Исполнительные модули TRACE MODE®6 и T FACTORY.exe™ обеспечивают функционирование в реальном времени проектов АСУТП и АСУП, созданных в интегрированной среде разработки. Соответственно, исполнительные модули системы охватывают следующие уровни АСУ:

- операторский интерфейс (SCADA/HMI);
- промышленные контроллеры (SOFTLOGIC);
- промышленная база данных реального времени;
- систем управления основными фондами и техническим обслуживанием оборудования (EAM);
- систем управления производством (MES).

Исполнительные модули для АСУТП (класс SOFTLOGIC и SCADA/HMI) входят в комплекс TRACE MODE®, а исполнительные модули для АСУП (класс EAM, MES) – в комплекс T-FACTORY.exe™. Все исполнительные модули TRACE MODE прекрасно интегрированы между собой и образуют единую платформу для управления производством.

Таким образом, моделирование систем вентиляции подземных объектов переходит на новый уровень. Современное программное обеспечение позволяет решать самые разнообразные, актуальные и сложные задачи в этой области. Но каждая программа имеет свои ограничения в использовании.

В целом, широкое внедрение компьютерного моделирования вентиляционных сетей способствует повышению профессионального уровня и квалификации специалистов пылевентиляционных служб и служб охраны труда. Это - переход от интуитивного принятия решений к обоснованному, реальному пути обеспечения безопасности работ в подземных условиях.

Перечень ссылок

1. Компьютерное моделирование шахтных вентиляционных сетей : Методические указания / Н.О. Каледина, С.Б. Романченко, В.А. Трофимов. – Москва : Издательство Московского государственного горного университета. – 72с.

2. Комплекс программ для решения задач проветривания шахт в нормальных и аварийных условиях / П. С. Пашковский, М. В. Кравченко, Н. М. Кравченко, Б. В. Бокий // 10-я сессия Международного Бюро по Горной Теплофизике (14 -18.02.2005 г.). – Гливице, Польша, 2005. – С. 56 - 74.

3. Кравченко, М. В. Опыт внедрения программного комплекса «Вентиляция шахт» / М. В. Кравченко, Н. М. Кравченко // Уголь Украины. – 2003. – № 2. – С. 26-28.

4. Русских, В. В. О применении программного обеспечения "Minmodeler" в условиях шахт ПАО ДТЭК "Павлоград-уголь" / В. В. Русских, А. А. Гайдай // Збірник наукових праць Національного гірничого університету. - 2013. - № 41. - С. 98-103.

5. Унифицированные телекоммуникационные системы диспетчерского контроля и автоматизированного управления аэрогазовой обстановкой, машинами и технологическими комплексами [Электронный ресурс]. - Режим доступа : <http://www.adastra.ru/news/coalua/> . – Загл.с экрана.