

УДК 004

**РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ РАСЧЕТА
ВЫБРОСОВ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ
РАБОТАХ**

Кутергин М.О., студент гр. ПИБ-221, IV курс

Научный руководитель: Славолубова Я.В., к.т.н., доцент

Кузбасский государственный технический университет имени
Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово

В статье рассмотрена архитектура и разработка программного комплекса для автоматизированного расчета выбросов вредных веществ (пыли, оксидов углерода и азота) при открытых горных работах. Разработанное решение базируется на действующей отраслевой методике (ИГД им. А.А. Скочинского, 1999) и направлено на цифровизацию экологического учета на горнодобывающих предприятиях. Рассматриваются модульная структура системы, алгоритмы расчета для различных технологических процессов (бурение, взрывание, экскавация, транспортирование), а также подходы к формированию отчетной документации.

Современное развитие горнодобывающей промышленности, особенно в таких регионах, как Кузбасс, характеризуется увеличением масштабов открытых горных работ. Это приводит к росту техногенной нагрузки на атмосферный воздух. Основными источниками загрязнения при открытой разработке месторождений являются буровые станки, массовые взрывы, экскаваторные и отвальные работы, а также карьерный транспорт (автосамосвалы, тепловозы). В атмосферу поступают значительные объемы пыли, оксида углерода (СО), оксидов азота (NO_x), сажи и других вредных веществ [1, 2].

Для нормирования выбросов и определения платежей за негативное воздействие на окружающую среду (НВОС) предприятия обязаны выполнять расчеты валовых и максимально разовых выбросов. Основным нормативным документом в этой области является «Методика расчета вредных выбросов (сбросов) для комплекса оборудования открытых горных работ (на основе удельных показателей)», разработанная Институтом горного дела им. А.А. Скочинского и утвержденная Минтопэнерго РФ в 1999 году [3].

Данная методика содержит сотни табличных коэффициентов и сложные формулы, учитывающие крепость пород, влажность материала, технические характеристики оборудования и климатические условия. Выполнение таких расчетов вручную или с использованием разрозненных электронных таблиц является трудоемким процессом, сопряженным с высоким риском ошибок. Это приводит к некорректному заполнению статистической отчетности (форма 2-ТП (воздух)) и потенциальным штрафным санкциям со стороны контролирующих органов.

Для решения указанной проблемы была поставлена задача разработки программного комплекса, позволяющего автоматизировать расчет выбросов вредных веществ от всех основных источников открытых горных работ с обеспечением удобного интерфейса, хранения исходных данных и формирования итоговой отчетности.

При проектировании архитектуры программного комплекса учитывалась необходимость модульной структуры, соответствующей основным технологическим процессам горного производства. Такой подход позволяет независимо развивать и сопровождать отдельные компоненты системы.

В состав разрабатываемого комплекса входят следующие функциональные модули (рис. 1):

1. Модуль «Буровые работы» – реализует расчет пылевыведения при работе буровых станков шарошечного бурения (типа СБШ) с учетом типа пылеподавления (водо-воздушное, сухое пылеулавливание) и крепости пород по шкале проф. М.М. Протоdjeяконова.

2. Модуль «Взрывные работы» – выполняет расчет массы вредных газов (CO, NOx) и пыли, выделяющихся при массовых взрывах. Учитывается тип взрывчатого вещества (граммонит, гранулотол, эмульсионные ВВ), крепость пород и объем взорванной горной массы.

3. Модуль «Экскаваторные работы» – рассчитывает пылевыведение при работе одноковшовых (ЭКГ) и роторных экскаваторов, а также при отвалообразовании.

4. Модуль «Транспортирование» – включает расчет выбросов от двигателей внутреннего сгорания карьерных автосамосвалов (БелАЗ) и тепловозов с учетом режимов работы (холостой ход, 50% мощности, максимальная мощность), а также расчет пылеобразования на технологических автодорогах в зависимости от типа покрытия и скорости движения.

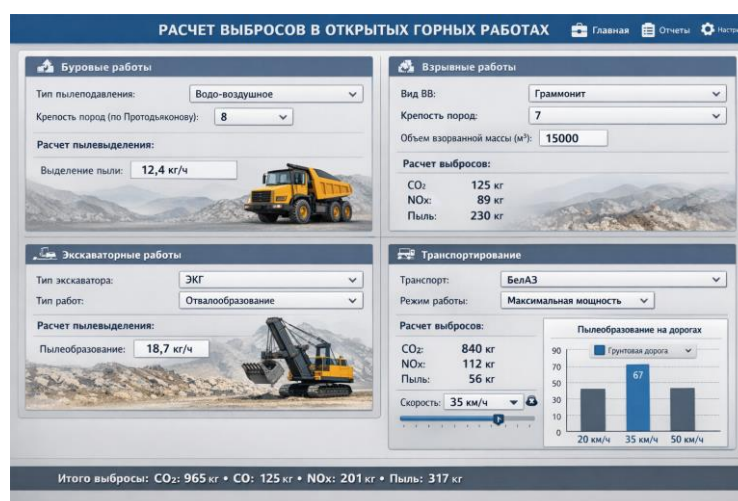


Рисунок 1 – Интерфейс программы

В основе алгоритмов каждого модуля лежат математические зависимости, приведенные в нормативной методике [3]. Рассмотрим ключевые расчетные соотношения.

Для буровых работ масса выделяющейся пыли определяется по формуле:

$$M = Q_{\text{оп}} \times q_i \times T_i \times K_2,$$

где $Q_{\text{оп}}$ – объемная производительность станка по выбуриванию породы, м³/ч; q_i – удельное пылевыведение, кг/м³ (принимается по таблицам методики в зависимости от типа станка, крепости пород и средств пылеподавления); T_i – чистое время работы $M_{\text{газа}} = K \times q_{\text{уд}} \times A$ бурового станка в год, ч/год; K_2 – коэффициент, учитывающий влажность материала.

Расчёт массы вредных газов, выделяющихся в составе пылегазового облака при проведении взрывных работ, выполняется по следующей зависимости:

$$M_{\text{газа}} = K \times q_{\text{уд}} \times A,$$

где K – переводной коэффициент, значения которого для основных компонентов газовой смеси принимаются: для оксида углерода (CO) – 1,25 г/л, для оксидов азота (NO_x) – 1,4 г/л; $q_{\text{уд}}$ – удельное содержание вредных газов в пылегазовом облаке, л/кг; A – масса взорванного вещества, кг.

Указанная формула позволяет определить суммарную массу газообразных загрязнителей, поступающих в атмосферу в момент взрыва, и используется при нормировании выбросов и оценке воздействия на окружающую среду в зоне ведения горных работ.

Дальнейшее развитие системы предполагает:

- интеграцию с геоинформационными системами для учета метеорологических и ландшафтных условий;
- разработку модуля оценки рассеивания загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы;
- создание подсистемы формирования проектов нормативов предельно допустимых выбросов (ПДВ) в автоматизированном режиме;
- внедрение механизмов машинного обучения для прогнозирования выбросов на основе оперативных данных о технологических параметрах.

Разрабатываемый программный комплекс представляет собой эффективное решение для автоматизации экологического учета на горнодобывающих предприятиях. Использование модульной архитектуры, основанной на актуальной нормативной базе, позволяет снизить трудозатраты экологических служб, исключить ошибки при расчетах и обеспечить корректное формирование отчетной документации. Предложенное решение может быть рекомендовано к внедрению на предприятиях угольной и горнорудной промышленности, осуществляющих открытую разработку месторождений.

Список литературы:

1. Михайлов В.А., Бересневич П.В. Аэрология карьеров: Справочник. – М.: Наука, 1990. – 280 с.

2. Красавин А.П. Защита окружающей среды в угольной промышленности. – М.: Недра, 1991. – 221 с.
3. Методика расчета вредных выбросов (сбросов) для комплекса оборудования открытых горных работ (на основе удельных показателей). – Люберцы: ИГД им. А.А. Скочинского, 1999. – 52 с.
4. Трубецкой К.Н., Потапов М.Г., Веницкий К.Е. и др. Открытые горные работы: Справочник. – М.: Горное бюро, 1994. – 590 с.
5. Отраслевая методика расчета количества отходящих, уловленных и выбрасываемых в атмосферу вредных веществ предприятиями по добыче и переработке угля / Минуглепром СССР. – Пермь: ВНИИОСуголь, 1989. – 42 с.