

Интенсивность ударного возбуждения колебаний с различными гармониками S определяется коэффициентами a_s разложения функции (6) в ряд Фурье:

$$F(t) = \frac{F_0}{\pi q} + \sum_{s=1}^{\infty} a_s \cos S \left(\omega t - \frac{\tau}{2} \right), \quad (7)$$

где

$$a_s = \frac{2qF_0}{\pi(q^2 - S^2)} \cos \frac{S\pi}{2q}; \quad q = \frac{\Omega}{\omega}. \quad (8)$$

Предложенная математическая модель вынужденных поперечных и крутильных колебаний является опорной моделью для описания «работоспособного» состояния в задачах технической диагностики на этапах изготовления, монтажа и эксплуатации привода технологического оборудования. Она позволяет проанализировать амплитудно-частотный состав вибросигнала и правильно выбрать информационные параметры для технической диагностики и автоматического управления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамов Б.М. Колебания прямозубых зубчатых колес. — Харьков: Изд-во Харьковского ун-та, 1968. — 175 с.
2. Александров Е.В., Соколинский В.Б. Прикладная теория и расчеты ударных систем. — М.: Наука, 1969. — 202 с.

УДК 614.842.663

И.Е. Кокоулин

УЧЕТ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРЕОДОЛЕНИЯ УГРОЖАЕМЫХ УЧАСТКОВ ПРИ ИМИТАЦИОННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ АВАРИЙНОЙ ЭВАКУАЦИИ ГОРНОРАБОЧИХ

В Методических указаниях по составлению плана ликвидации аварий [1] отмечается, что эвакуация людей при возникновении аварии, связанной с загазированием шахтной вентиляционной сети (ШВС), должна, по возможности, осуществляться по выработкам со свежей струей воздуха. Если же это невозможно - длина загазированного участка маршрута должна быть мини-

мальной.

Учет указанных требований при автоматизированном выборе оптимальных маршрутов аварийной эвакуации людей обусловил необходимость выделения выработок загазированной зоны и присвоения им некоторого оригинального признака с целью искусственного "обхода" их и невключения в строящийся маршрут. Так, в [2] предложено искусственно "удлинять" загазированные выработки; такая обобщенная длина выработок рассчитывается по формуле

$$P(i, j) = L(i, j) \cdot [1 + K|\cos \alpha| + K_1],$$

где $L(i, j)$ - реальная длина выработки (i, j) , м.,

$$\cos \alpha = \frac{H_j - H_i}{L(i, j)},$$

H_i - высотная отметка узла i , м., K - коэффициент, учитывающий направление движения по наклонной выработке, K_1 - параметр, характеризующий проходимость выработки (i, j) по критерию загаживания.

С применением такого подхода может быть получено некоторое решение задачи разделения множества выработок на категории по степени проходимости. В самом деле, если $\cos \alpha = 0$ и $K_1 = 0$ - выработка горизонтальна, проходима для людей и $P(i, j) = L(i, j)$. Время движения по ней может быть просто рассчитано, как $t(i, j) = L(i, j)/V$, где V - скорость движения людей по горизонтальным выработкам в нормальных условиях (3 км/ч).

Если $\cos \alpha \neq 0$ - выработка наклонна, и $L(i, j)$ искусственно "удлиняется" на величину $L(i, j) \cdot K|\cos \alpha|$. Значение коэффициента K можно рассчитать, исходя из снижения скорости движения людей в зависимости от угла наклона маршрутной выработки; тогда $t(i, j)$ будет иметь реальный физический смысл и в этом случае.

Параметр $K_1 \neq 0$ регулирует степень проходимости выработок по критерию загаживания. Правда, [1] и другими нормативными документами этот показатель не регламентирован; достаточно, чтобы концентрация газов $C(i, j) \neq 0$ - и выработка становится нежелательной для включения в маршрут эвакуации. Поэтому ограничимся констатацией следующего факта: если вы-

работка по критерию загазирования становится непроходимой для людей ($C(i, j) > C_{np}$ - концентрации, при которой не гарантируется защитное действие самоспасателя) - K_1 принимает значение $K_1 = \infty$. В остальном - K_1 определяется из практических соображений. Причем описанный подход имеет важное следствие: несмотря на то, что при $K_1 = \infty$ (i, j) считается непроходимой по аварийным характеристикам, она не исключается из перечня ветвей, из которых может формироваться маршрут - просто она наименее предпочтительна. В крайнем случае, при отсутствии других возможностей спасения людей, можно воспользоваться и ею. Это подтверждается и на практике, когда для людей, отрезанных аварийной зоной от запланированного выхода, в план ликвидации аварий зачастую включается фраза: "Люди ..., минуя очаг пожара, следуют ...", т.е. в безвыходной ситуации, когда от этого может зависеть их жизнь, людям разрешается движение через зону ШВС, где $C(i, j) > C_{np}$.

Таким образом, использование принципа искусственного "удлинения" нежелательных для включения в маршруты выработок обуславливает, при подходе к загазированному участку ШВС, попытку обойти этот участок, пусть даже (если величина K_1 выбрана недостаточно корректно) ценой значительного завышения эргономических характеристик строящегося маршрута. Такой подход нельзя признать рациональным; зачастую проход по небольшому загазированному участку маршрута значительно снижает общее время эвакуации, не снижая ее безопасности. Правда, этот тезис не является общепризнанным; ссылаясь на неопределенность сведений об истинной динамике зоны загазирования ШВС, некоторые составители ПЛА на горных предприятиях предпочитают значительно удлинить маршрут движения по чистым выработкам, не рискуя использовать загазированные. Однако повышение надежности прогнозирования процесса загазирования шахты путем имитационного моделирования позволяет поставить вопрос о необходимости исследования соотношений чистых и загазированных участков маршрута аварийной эвакуации в процессе его оптимизации.

Рассмотрим более подробно структуру очередного шага оптимизации, т.е. поиск, после прохождения (i, j) , очередной выработки для включения в строящийся маршрут. При этом могут возникнуть следующие альтернатив-

ные варианты:

1. $C(i, j) = 0$, и $\forall(i_k, j) \Rightarrow C(i_k, j) = 0, \forall(j, j_k) \Rightarrow C(j, j_k) = 0, i_k \neq i$. Движение происходит в чистой зоне; направление движения определяется исключительно геометрическими, а значит - эргономическими, характеристиками: соотношениями $L(i_k, j_k), H_{i_k}, H_{j_k}$ для всех выработок, инцидентных узлу j .

2. $C(i, j) = 0$, и существует $(i_1, j) \Rightarrow C(i_1, j) = 0, (i_2, j) \Rightarrow C(i_2, j) \neq 0, (j, i_3) \Rightarrow C(j, i_3) \neq 0$. Иными словами, узел j находится на границе загазированной зоны: для инцидентных ему выработок можно рассчитать $P(i_k, j_k)$ по формулам

$$P(i_1, j) = L(i_1, j)[1 + K|\cos \alpha|]$$

$$P(i_2, j) = L(i_2, j)[1 + K|\cos \alpha| + K'_1]$$

$$P(j, i_3) = L(j, i_3)[1 + K|\cos \alpha| + K''_1].$$

$K'_1 \neq K''_1$, хоть обе выработки (i_2, j) и (j, i_3) являются загазированными. Объясняется это тем, что дальнейшее движение людей по (j, i_3) будет осуществляться по ходу вентиляционной струи, а по (i_2, j) - ей навстречу, что хоть и не запрещается [1], но на практике обычно не рекомендуется - следуя так, можно попасть к очагу пожара. Поэтому $K''_1 > K'_1$; обоснованный выбор их реальных значений потребует для каждой шахты дополнительных исследований.

3. $C(i, j) \neq 0$, и $\forall(i_k, j) \Rightarrow C(i_k, j) \neq 0, \forall(j, j_k) \Rightarrow C(j, j_k) \neq 0, i_k \neq i$.

Движение происходит в загазированной зоне; поскольку опасность с включением в маршрут каждой следующей загазированной выработки вряд ли следует считать возрастающей пропорционально ее длине (если, конечно, при этом не нарушается ограничение по сроку защитного действия самоспасателя) - при расчете $P(i_k, j_k)$ для (j, j_k) можно не учитывать параметр K''_1 . При рассмотрении (i_k, j) необходимо принимать $K'_1 \neq 0$.

4. $C(i, j) \neq 0$, и существует хоть одна $(i_1, j) \Rightarrow C(i_1, j) = 0$, или $(j, i_2) \Rightarrow C(j, i_2) = 0$. Дальнейшее движение по ней, конечно, предпоч-

тительнее, т.к. свидетельствует о выходе из зоны загазирования. Поэтому для выработок, инцидентных узлу j ,

$$P(i_1, j) = L(i_1, j)[1 + K|\cos \alpha|]$$

$$P(j, i_2) = L(j, i_2)[1 + K|\cos \alpha|]$$

$$C(i_k, j) \neq 0 \Rightarrow P(i_k, j) = L(i_k, j)[1 + K|\cos \alpha| + K_1],$$

т.е. для загазированных выработок, примыкающих к узлам границы загазированной зоны, расчет необходимо вести с учетом параметров K_1' или K_1'' .

Преимущества изложенного принципа, который можно назвать принципом "пересечения границы", очевидны и достаточно наглядны. В общем случае он может быть сформулирован следующим образом:

1) переход границы загазированной зоны "внутрь", т.е. из чистой выработки в загазированную, осложняется введением K_1' и K_1'' ;

2) если дальнейшее движение по загазированной зоне все же предпочтительнее - оно, до момента подхода к другой границе загазированной зоны, не создает дополнительных осложнений (из всех формул для расчета $P(j, i_k) \Rightarrow C(j, i_k) \neq 0$ исключается K_1 ; но это не относится к $P(i_k, j)$!).

3) переход границы загазированной зоны "наружу" облегчается восстановлением для всех $(i_1, j) \Rightarrow C(i_1, j) \neq 0$, примыкающих к границе, параметров K_1' и K_1'' в формулах для расчета $P(i, j)$.

Использование описанного метода облегчает моделирование преодоления загазированных участков ШВС при автоматизированном выборе маршрутов аварийной эвакуации людей, снижая в то же время эргономические характеристики некоторых строящихся маршрутов, что вполне соответствует требованиям, изложенным в действующей нормативно-технической документации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методические указания по составлению планов ликвидации аварий. - М., 1980.
2. Временное руководство по составлению на ЭВМ оперативной части

планов ликвидации аварий шахт и рудников Минцветмета СССР. - Утв. Зам. министра цветной металлургии СССР 20.06.83 г. // Ротапринт КМЛ НГМК. - 1983.

УДК 622.271.4

А.С. Пригунов

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСОВ МАШИН НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ВЗОРВАННЫХ СКАЛЬНЫХ ПОРОД

В Институте геотехнической механики НАН Украины созданы основы поточной технологии и комплексы машин непрерывного действия для разработки взорванных скальных пород с ленточными конвейерами и конвейерными поездами [1]. Одной из основных задач разработки и внедрения поточной технологии горных работ на глубоких железорудных карьерах Кривбасса является разработка технологических схем поточного производства горных работ и обоснование эффективности применения комплексов машин непрерывного действия в различных горно-технических условиях.

Система открытой разработки взорванных скальных пород комплексами машин непрерывного действия предусматривает определенный порядок и последовательность выполнения технологических процессов: подготовку горных пород к выемке (буровзрывные работы), выемку, погрузку, транспортирование, перегрузку, дробление, грохочение, отвалообразование вскрышных пород и разгрузку полезного ископаемого на обогатительной фабрике или на складе. Поточная технология разработки взорванных скальных пород представляет собой совокупность указанных процессов, осуществление которых комплексами машин непрерывного действия формирует непрерывные грузопотоки горной массы из карьера к пунктам ее назначения (обогатительная фабрика, отвал, склад и др.). Обоснованы основные параметры системы разработки: высота рабочей зоны, высота уступа, длина фронта работ, ширина рабочей площадки и грансостав [2].

Технологические схемы применения комплексов машин непрерывного действия включают схемы, отражающие особенности разработки взорванных скальных пород: отработка экскаваторной заходки по длине фронта работ, отработка первой и второй заходов, проход "мертвых зон" (комплексы с ленточными конвейерами), врезка в новую заходку, отработка забоя по высоте уступа и