

ВЫБОР БАЗИСА СРЕДСТВ МЕСТНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ГАЗОВОЗДУШНЫХ ПОТОКОВ В СИСТЕМАХ ПРОТИВОАВА- РИИНОЙ ЗАЩИТЫ ШАХТ

Сформульовано основні вимоги до ефективного базису регулюючих пристроїв у шахтній вентиляційній мережі та наведено критерії його оптимальності. Іл. 1.

Одним из важных аспектов создания безопасных условий труда подземных горнорабочих является обеспечение всех рабочих мест достаточным количеством воздуха. Одно и то же распределение воздуха по потребителям можно получить различной комбинацией положений регулирующих устройств (РУ) и режимов работы главных вентиляторных установок (ГВУ). Однако управление вентиляционной сетью (ВС) осложняется большим числом ограничений:

1) технических: величиной области промышленного использования ГВУ и допустимой области изменения параметров РУ;

2) технологических: требованиями Правил безопасности к скорости воздушных потоков, устойчивости струй в диагональных соединениях выработок, температуре воздуха и концентрации вредных примесей в шахтной атмосфере, обусловленных технологическим процессом, а также возможностью установки РУ в данной выработке ВС;

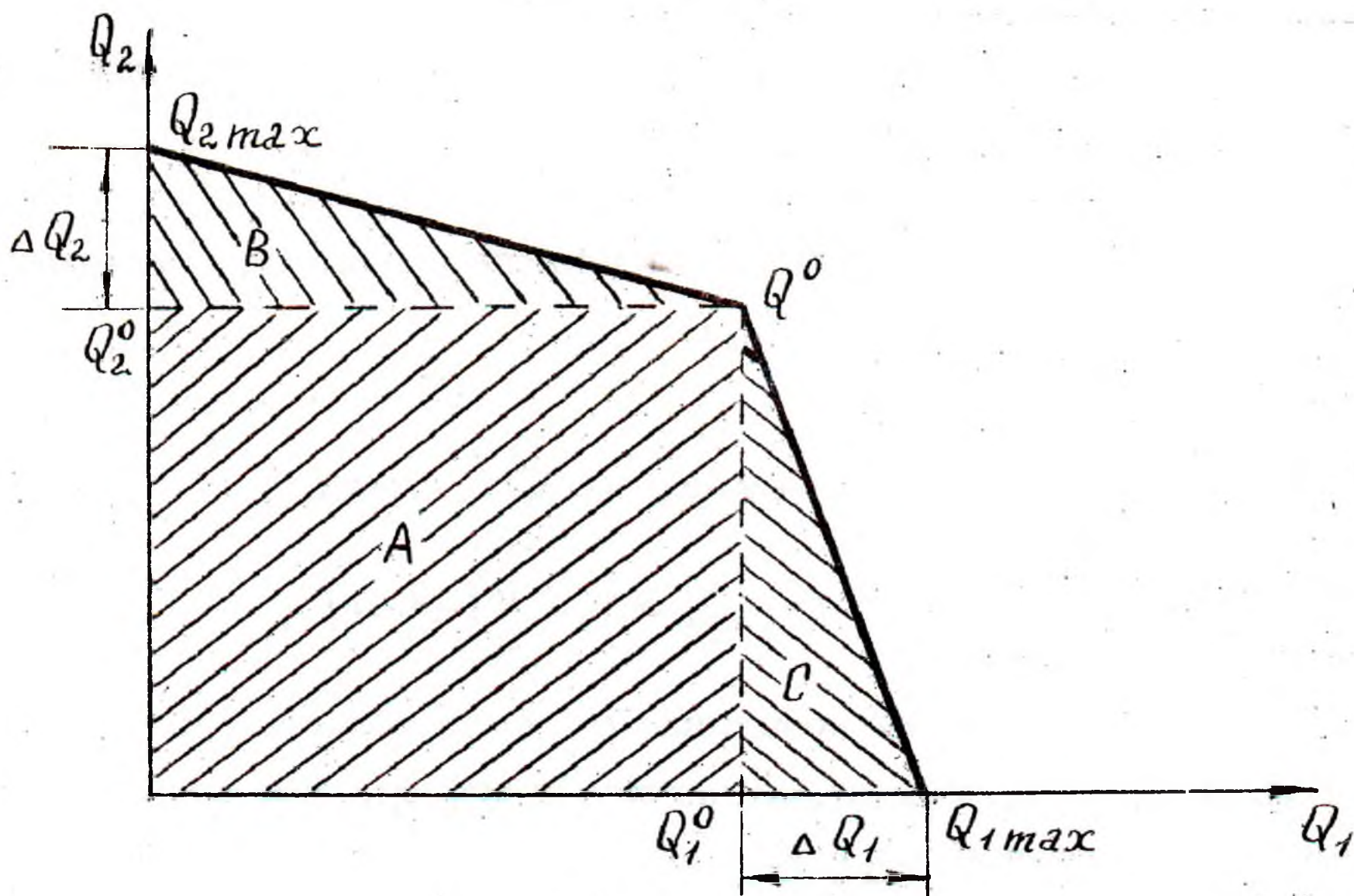
3) физических: законами Кирхгофа для ВС;

4) аварийных: наличием или отсутствием надежной обратной связи с РУ, инерционностью их реакции на сигнал об осуществлении управляющего воздействия, необходимой степенью герметизации (для противопожарных дверей), и т.д.

В связи с этим задача определения эффективного базиса (мест установки) РУ, с учетом этих ограничений, является весьма сложной. Причем правильный базис РУ особенно важен для эф-

эффективного функционирования системы противоаварийной защиты шахты, когда решающую роль играет время принятия неотложных мер по ликвидации аварии.

Значения расходов воздуха в объектах проветривания (ОП), которые может обеспечить базис РУ, определяют его допустимую область управляемости Y . Границы Y определяются взаимосвязанностью потоков в ВС. Характер взаимосвязанности близок к линейному; вид Y для системы двух ОП ($n=2$) показан на рисунке.



Области управляемости двух регуляторов

Точка Q^0 соответствует естественному воздухораспределению в ВС. При полном перекрытии одной ветви расход воздуха $Q(i,j)$ в другой изменится на величину

$$\Delta Q(i,j) = Q(i,j)_{max} - Q^0(i,j)$$

Для $n=2$, таким образом, величина Y есть площадь четырехугольника $OQ_{1max}Q^0Q_{2max}$:

$$\begin{aligned} Y^2 &= S_A + S_B + S_C = Q_1^0 Q_2^0 + \frac{1}{2} (\Delta Q_1 Q_2 + \Delta Q_2 Q_1) = \\ &= \prod_{k=1}^2 Q^0(i_k, j_k) + \frac{1}{2} \prod_{\substack{l=1 \\ l \neq k}}^2 \Delta Q(i_k, j_k) Q^0(i_l, j_l) \end{aligned}$$

Если рассмотреть случай $n=3$, область Y представляет собой часть трехмерного пространства, ограниченную плоскостями вида

$$Q(i_l, j_l) = Q^0(i_l, j_l) + \sum_{p=1}^3 K_{(i_l, j_l)}^{(i_p, j_p)} Q(i_p, j_p), \quad l = \overline{1, 3},$$

где $K_{(i_l, j_l)}^{(i_p, j_p)}$ - коэффициент взаимосвязанности воздушных потоков в ветвях (i_l, j_l) и (i_p, j_p) .

Объем такой фигуры может быть найден как

$$Y^{(3)} = V_{\Gamma} + \sum_{k=1}^3 V_{nk},$$

где V_{Γ} - объем параллелепипеда, ограниченного координатными плоскостями вида $Q_i = Q^0_i$;

V_{nk} - объем k -ой пирамиды, основанием которой служит одна из боковых поверхностей параллелепипеда, а высотой - приращение $\Delta Q(i_k, j_k) = Q(i_k, j_k)_{\max} - Q^0(i_k, j_k)$.

Иначе,

$$\begin{aligned} Y^{(3)} &= \prod_{i=1}^3 Q_i^0 + (\Delta Q_1 Q_2 Q_3 + Q_1 \Delta Q_2 Q_3 + Q_1 Q_2 \Delta Q_3) = \\ &= \prod_{i=1}^3 Q^0(i_k, j_k) + \frac{1}{3} \sum_{k=1}^3 \Delta Q(i_k, j_k) \prod_{\substack{l=1 \\ l \neq k}}^2 Q(i_l, j_l). \end{aligned}$$

В n -мерной системе координат Q_i , $i = \overline{1, n}$ область управляемости будет состоять из главной части - n -мерного гиперпараллелепипеда, и n гиперпирамид. Можно доказать, что, аналогично трехмерному случаю,

$$Y^{(n)} = \prod_{k=1}^n Q^0(i_k, j_k) + \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \Delta Q(i_k, j_k) \prod_{\substack{l=1 \\ l \neq k}}^{n-1} Q(i_l, j_l).$$

Следовательно, для определения объема области управляемости необходимо и достаточно знать координаты вершин многогранника, описывающего эту область. Для определения этих координат может быть использован многократный расчет воздухораспределения в ВС при изменяющихся сопротивлениях РУ. Наиболее эффективным является базис РУ с максимальным объемом Y , т.к. он обладает наибольшими возможностями для достижения конкретных комбинаций заданных расходов воздуха в ОП.

Задача выбора эффективного базиса РУ является задачей многокритериальной оптимизации; базис должен обеспечивать:

1) максимальный диапазон изменения $Q(i,j)$, $(i,j) \in V_{on}$, где V_{on} - множество ветвей, кодирующих ОП, т.е. максимальную адаптивность ВС к изменяющимся условиям эксплуатации в ходе технологического процесса;

2) минимальный расход мощности на проветривания;

3) минимальные затраты на монтаж и эксплуатацию РУ;

4) эффективную локализацию зон загазирования шахтной ВС газообразными продуктами аварии.

Каждому из этих требований соответствует свой критерий оптимальности U_1, U_2, U_3, U_4 :

$V_1 = \max Y^{(n)}$ - объем области управляемости, вычисляемый по приведенным выше формулам;

$U_2 = \min \sum_{i \in V_{by}} N_i$ - суммарная мощность ГВУ (V_{by} - множество ветвей, кодирующих ГВУ в расчетной схеме ВС),

$U_3 = \min \sum_{(i,j) \in V_p} \Phi(i,j)$ - суммарные расходы на установку и эксплуатацию РУ (V_p - множество выработок, на которых строится базис РУ),

$U_4 = \min \sum_{(i,j) \in \theta_3} L(i,j)$ - суммарная длина выработок, входящих в состав зоны загазирования θ_3 , с концентрацией пожарных газов $C(i,j)$, превышающей предельно безопасную C_{np} , при условии нахождения в них людей в количестве $\lambda(i,j)$.

Очевидно, что первому требованию удовлетворяет базис РУ, включающий $V(i,j) \in V_p$, однако он не удовлетворяет остальным требованиям. В то же время базисы, удовлетворяющие второму-четвертому требованиям, проигрывают в первом требовании. Таким образом, критерии U_1, U_2, U_3, U_4 являются взаимоисключающими, и алгоритм решения задачи может быть разбит на три этапа:

1) определение области компромиссов;

2) оценка базисов РУ, входящих в область компромиссов, по критериям U_1, U_2, U_3, U_4 ;

3) выбор эффективного базиса РУ.

Для каждого ОП можно сформировать упорядоченное по уровням множество РУ, последовательных к данному ОП, и наоборот, для каждого РУ набор ОП, расположенных последовательно к данному РУ, т.е. выделить зону отрицательного действия для каждого РУ. Высшему уровню такой иерархической структуры соответствуют РУ, управляющие перераспределением воздушных потоков между вентиляционными направлениями в шахте, второму - управляющие перераспределением воздушных потоков между горизонтами, третьему - между добычными участками, и т.д.; последний уровень управляет воздушным потоком конкретной выработки. Ясно, что зона действия РУ более высокого уровня является вложенной в зону действия РУ более низкого уровня, и зоны действия РУ одного уровня не пересекаются.

Выработки $V(i, j) \in V_p$ включаются в базис РУ, исходя из следующих правил:

1) $V(i, j) \in V_p$ первого уровня включаются во все базисы РУ;

2) среди выработок одного и того же уровня, имеющих одну и ту же зону отрицательного регулирования, для включения в базис РУ выбирается выработка, стоимость установки и эксплуатации РУ в которой меньше;

3) в базис включаются все РУ, имеющие разные зоны отрицательного регулирования;

4) если по условию задачи наложены ограничения на затраты на возведение и эксплуатацию РУ, то из области компромиссов исключаются те (i, j) , для которых фактические затраты превышают регламентированные;

5) сформированный базис проверяется на удовлетворение U_4 . Для него, очевидно, максимальный эффект достигается использованием РУ наиболее высокого уровня. Дополнение базиса РУ в этом случае производится РУ высоких уровней при условии, что удовлетворимость критериям U_1, U_2, U_3 не ухудшается, или ухудшается в допустимых пределах.

этом случае производится РУ высоких уровней при условии, что удовлетворяемость критериям U_1, U_2, U_3 не ухудшается, или ухудшается в допустимых пределах.

Отобранные таким образом (i, j) составляют множество $\bar{V}_p \subset V_p$, на базе которого и строится область компромиссов.

Изложенный алгоритм формирования области компромиссов позволяет отбросить заведомо неподходящие базисы РУ; из оставшихся пользователь может выбрать нужные. После же такого неформального выбора решения в диалоговом режиме "пользователь-ЭВМ" принимается решение об эффективности базиса РУ. ЭВМ в этом случае является советчиком, выдавая результаты оценки базиса РУ по приведенным выше критериям и их сравнительные характеристики.

Будучи реализован в виде инженерной методики, описанный метод будет полезен проектировщиками противоаварийной защиты, а также лицам, решающим задачи совершенствования управления проветриванием подземных горных предприятий.

УДК.504.06:622

А.И.Горова, А.Г.Шапарь, А.И.Кораблева, Т.В.Скворцова,
В.В.Хазан

ОЦЕНКА ТОКСИКО-МУТАГЕННОЙ АКТИВНОСТИ ВСКРЫШНЫХ ПОРОД В АСПЕКТЕ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НА- РУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Основной целью биорекультивации вскрышных пород, нарушенных горной промышленностью является их подготовка для сельскохозяйственной деятельности и лесохозяйственного освоения в дальнейшем. Исходя из этого, наряду изучением физико-химических характеристик субстратов, крайне важной является оценка их общей токсичности и мутагенности. Такая оценка может быть осуществлена методами биоиндикации, один из которых разработан в ИППЭ НАН Украины (Горова и др., 1996) и апробиро-