Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова, 1983, т. 97

УДК 622.453

ДОЛГОСРОЧНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ГЛАВНЫХ ВЕНТИЛЯТОРОВ КАЛИЙНЫХ РУДНИКОВ

Н.И.АЛЫМЕНКО

Вопросам рационального проектирования шахтных вентиляторных установок посвящены многие исследования. Для обеспечения выбора наивыгоднейшего вентилятора при проектировании шахтной вентиляции первоочередное значение приобретает прогнозирование режимов работы главного вентилятора на весь срок его эксплуатации. Прогнозированию режимов работы главных вентиляторов шахт и рудников посвящен ряд работ, выполненных в ИГИТК им.М.М.Федорова, ИГД СО АН СССР, Свердловском горном, Кузбасском политехническом и Криворожском горно-рудном институтах, однако для специфических горно-геологических и горно-технических условий калийных рудников Верхнекамского и Старобинского месторождений возможен несколько иной подход к решению этого вопроса.

При прогнозировании режимов работы рудничных вентиляторов необходимо с достаточной степенью точности учитывать как возможные отклонения в ведении горных работ от проектных технологических схем и колебания величины подсосов воздуха, так и общую тенденцию развития процессов их изменений. Выполнить эту задачу на достаточно высоком теоретическом уровне можно посредством регрессионного анализа на основе корреляционных зависимостей.

Основными величинами, определяющими режим работы вентилятора, являются подача вентилятора и сопротивление вентиляционной сети. Факторы, влияющие на процессы их изменения, следует делить на постоянные и переменные, случайные.

В группу постоянных факторов входят увеличение производственной мощности и глубины разработки вновь вводимых рудников Верхнекамского месторождения, непрерывный рост производственных мощностей рудников в период освоения мощностей, широкое внедрение самоходного внутрирудничного транспорта, увеличение внутренних утечек воздуха.

К непериодическим, случайным факторам следует отнести изменения установленной мощности рудника, порядка отработки шахтного поля, технологии горных работ, величины подсосов воздуха в поверхностных вентиляционных сооружениях и т.д.

Для калийных рудников применение прогнозных методов, при которых состояние процесса на будущий период определяется по данным его развития за прошлый, возможно, ибо горно-технологические процессы здесь достаточно

устойчивы. Собрать полную информацию для прогнозных расчетов режимов работы главных вентиляторов невозможно, поэтому целесообразно эту многофакторную зависимость аппроксимировать наиболее простой.

Процесс изменения вентиляционных параметров можно рассматривать как нестационарный случайный процесс, который выражается через действительную неслучайную функцию и стационарный случайный процесс [II]:

$$Q, R = Y(t) = f(t) + X(t), \qquad (I)$$

где $f(t)$ - действительная неслучайная функция; $X(t)$ - стационарная случайная функция.

Прогнозирование оптимально, когда исходные данные (признаки) имеют нормальное распределение.

Очевидно, что даже при наилучшем оптимальном прогнозировании мы не можем рассчитывать на точное совпадение действительной $Y_i(t)$ и прогнозной $Y_i^*(t)$ функций на определенный момент времени. Точность предсказания может быть оценена по величине вариации [2, 6].

Вопрос о количестве и качестве исходных данных имеет важное значение для регрессионного моделирования. При оценке достоверности регрессионной модели, полученной из малой выборки, требуется серия громоздких проверочных расчетов. Устаревшая и нетипичная информация прошлых лет не должна учитываться, так как это увеличивает вероятность получения нереальной модели. Поэтому регрессионная модель строится по среднеквартальным значениям технологических параметров.

Величины, формирующие ряд, являются зависимыми друг от друга: каждый последующий член ряда полностью коррелирован с предшествующим. Следовательно, для динамических рядов корреляционная модель не соответствует условиям ее применения, однако в работе [3, 5] показано, что временной ряд можно представить регрессионной моделью.

Исходя из анализа статистических данных за период 1968-1980 гг. и логических обоснований, в качестве аппроксимирующих уравнений наиболее приемлемыми для калийных рудников будут уравнения логарифмических кривых

$$f(t) = a + b \lg t. \qquad (2)$$

Проверка существенности вычисленных значений регрессии очень важный этап прогнозных расчетов вентиляционных параметров. При этом критерием существенности является разность между выборочными и гипотетическими коэффициентами регрессии, выраженная в единицах стандартного отклонения коэффициента регрессии [7, 9]. Так как наиболее существенные отклонения в оценках соответствуют авторегрессионной схеме первого порядка [4], то

$$Z_i = X(t) = r_{a1} Z_{i-1} \pm \varepsilon, \qquad (3)$$

где r_{a1} - коэффициент нормированной автокорреляционной функции; ε - независимая случайная часть отклонения.

Учитывая уравнения регрессии (2), посредством которого аппроксимируются тенденции процесса, можно записать прогнозную формулу в общем виде:

$$Y^{*}_{i+1} = a + b \lg t + r_{a1} Z_i + r_{a2} Z_{i-1} \pm \varepsilon , \qquad (4)$$

где Y^{*}_{i+1} - прогнозные значения функции для $(i+1)$-го момента времени; t - время, соответствующее $(i+1)$-му моменту времени; Z_i и Z_{i-1} - разности фактических $Y(t)$ и расчетных $f(t)$ значений в i-й и $(i-1)$-й моменты времени. Все величины рассчитываются по исходной заданной выборке.

Основная тенденция развития процесса моделируется уравнением регрессии, а стационарной случайной функцией моделируется только искусственно отделенная часть процесса - остаточные величины. Вся модель учитывает как общую длительную тенденцию развития, так и более подвижную переменную - влияние кратковременных отклонений.

В зависимости от решаемой задачи и характера исходной информации при прогнозных расчетах значений параметров, определяющих режим работы главных вентиляторов, теоретически можно рассматривать два вида регрессий:

1) изменение значений параметров во времени;

2) зависимость изменений данных параметров от технологических факторов: $C = f(T)$ и $R = f(H_{ш})$, где $H_{ш}, T$ - соответственно глубина и производительность рудника по горной массе.

Даже при поверхностном анализе горно-геологических условий калийных рудников можно сделать вывод, что глубина любого конкретного рудника есть величина постоянная, т.е. залегание отрабатываемого пласта горизонтальное. Производительность рудника по горной массе является величиной переменной (возрастающей) в период освоения проектной мощности рудника (4-5 лет). В дальнейшем производительность рудника по руде также становится величиной постоянной.

Учитывая вышесказанное, при прогнозных расчетах значений вентиляционных параметров, определяющих режим работы вентилятора, для калийных рудников целесообразно пользоваться действительной функцией уравнения (I). Для такого расчета требуется меньшее количество исходной информации.

Прежде чем приступить к статистическому анализу такого сложного объекта, как вентиляторная установка главного проветривания, необходимо решить вопрос, каков должен быть объем частичной совокупности, чтобы с определенной вероятностью β можно было бы считать, что отклонением от действительного значения изучаемого параметра не превышает некоторой допустимой ошибки. Исходными данными такого расчета являются коэффициент вариации ν, допустимая величина погрешности δ и заданный уровень вероятности β (обычно $\beta = 0,95$).

При анализе технологических показателей работы главных вентиляторов калийных рудников за период 1968-1980 гг. установлено, что максимальный коэффициент вариации составлял 12 и 17 % соответственно для относительных значений подачи вентиляторов и сопротивления вентиляционных сетей.

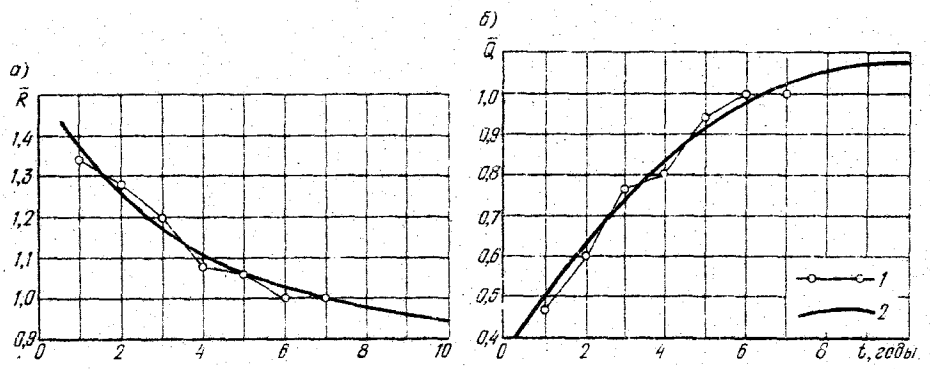


Рис.1. Зависимости $\bar{Q} = f(t)$ (а) и $\bar{R} = f(t)$ (б) для Верхнекамских калийных рудников (1) и аппроксимирующие их линии регрессий (2)

Обычно при измерении расхода воздуха рудничных вентиляторов допустимая величина погрешности не превышает 3 %, а при определении сопротивления вентиляционной сети – 5 % [10]. Используя номограмму достаточно больших чисел [8], получим, что минимально допустимый объем выборки составляет для подачи 100, для сопротивления вентиляционной сети 75.

Конкретно для условий Верхнекамских калийных рудников уравнения регрессии будут иметь вид (рис.1)

$$\bar{Q}(t) = 0{,}4039 + 0{,}7337 \lg t; \quad \bar{R}(t) = 1{,}3722 - 0{,}4390 \lg t.$$

Проверка гипотезы о нормальном законе распределения остаточных величин Z_i для параметров проветривания главных вентиляторов калийных рудников показала ее правомерность.

Для практических расчетов необходимо выяснить еще два вопроса:

1) в какой мере вычисленные значения коэффициентов автокорреляции соответствуют нормированной корреляционной функции стационарного процесса и сколько следует вычислять коэффициентов автокорреляции;

2) какова устойчивость вычисленных значений коэффициентов автокорреляции.

Рассчитанные значения нормированной автокорреляционной функции остаточных случайных величин Z_i для рассматриваемых параметров проветривания калийных рудников показали, что для практических расчетов достаточно определять значения только первого коэффициента автокорреляции.

Для проверки, насколько сильно влияет увеличение числа членов ряда на значение вычисленного коэффициента корреляции, были выполнены расчеты нормированной автокорреляционной функции для изменяющейся длины ряда (путем последовательного отбрасывания последних значений отклонений Z_i) и установлено, что при практических расчетах рассчитывать r_a каждый раз с прибавлением нового члена ряда не нужно, такие пересчеты достаточно выполнять раз в 3–5 лет.

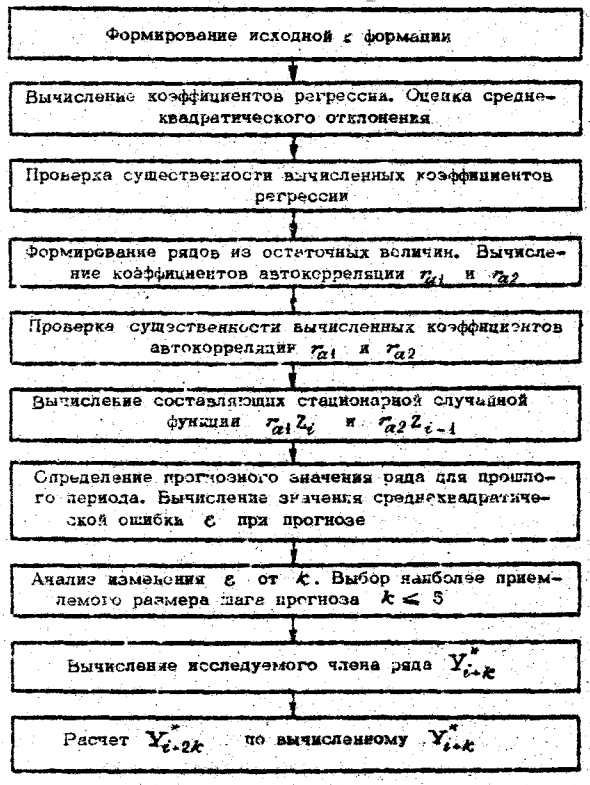


Рис.2. Алгоритм экстраполяции процесса изменений режимов работы главных вентиляторов

Выводы

1. Поскольку прогнозные расчеты вентиляционных параметров выполняются в условиях неполной информации, то целесообразно их многофакторную зависимость аппроксимировать наиболее простым видом зависимости.

2. Взятые через равные интервалы времени данные о параметрах проветривания являются динамическим временным рядом, математическая модель которого представляет собой действительную неслучайную функцию в сочетании со стационарным случайным процессом.

Для калийных рудников при прогнозных расчетах вентиляционных параметров целесообразнее рассматривать зависимость значений параметров от времени, чем от технологических факторов.

4. Для прогнозных расчетов (рис.2) можно принимать коэффициент автокорреляции первого порядка, величина которого достаточно стабильна по отношению к изменениям членов ряда. Значение коэффициента автокорреляции нужно пересчитывать через 3–5 лет.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гладышевский А.И. Статистические методы, основанные на применении способа наименьших квадратов к оценке параметров одного уравнения. – Экономика и математические методы, 1967, т.3, вып.2.

2. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. М., Высшая школа, 1977.

3. Гренандер У., Фрайбергер В. Краткий курс вычислительной вероятности и статистики. М., Наука, 1978.

4. Езекиэл М., Фокс К.А. Методы анализа корреляций и регрессий. М., Статистика, 1966.

5. Зальцберг Э.А. Статистические методы прогноза естественного метода уровня грунтовых вод. Л., Недра, 1976.

6. Ивахненко А.Г., Лапа В.Г. Предсказание случайных процессов. Киев, Наукова думка, 1971.

7. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. М., Наука, 1973.

8. Митропольский А.К. Техника статистических вычислений. М., Наука, 1971.

9. Снедекор Дж.У. Статистические методы в применении к исследованиям в сельском хозяйстве и биологии. М., Сельхозиздат, 1961.

10. Руководство по ревизии и наладке главных вентиляторных установок шахт. М., Недра, 1981.

11. Тимухин С.А. Прогнозирование режимов шахтных вентиляторных установок главного проветривания. – В кн.: Электромеханические системы и оборудование. Сборник научных трудов, № 151, Пермь, изд. Пермск. политехн. ин-та, 1974.