Министерство угольной промышленности СССР
Управление стандартов и контроля качества угля
Центральный научно-исследовательский институт экономики
и научно-технической информации угольной промышленности
(ЦНИЭИуголь)

УТВЕРЖДАЮ:
Заместитель Министра
угольной промышленности
СССР
_____ Г.И.Нуждихан
27 VIII 1984 г

МЕТОДИКА
ДОЛГОСРОЧНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА (ЗОЛЬНОСТИ) УГОЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ

Москва 1984

gost.e-ecolog.ru

Методика долгосрочного прогнозирования качества (зольности) угольной продукции подготовлена Центральным научно-исследовательским институтом экономики и научно-технической информации угольной промышленности в соответствии с приказом Министра угольной промышленности СССР от 29.04.81 № 211.

Методика предназначена для инженерно-технических работников шахт, разрезов, обогатительных фабрик, производственных объединений, проектных и научно-исследовательских институтов угольной промышленности, а также для планирующих органов разных уровней управления.

Состав рабочей группы: к.т.н. Коллодий К.К., инж.Никода В.И., к.э.н. Трайнин А.М.

Отв. за выпуск А.М. Трайнин

Сдано в пр-во 31.08.84. Подп. в печать 04.09.84. Т-17927.
Формат 60x90/16. Печать офсетная. Бумага для множ. аппар.
Усл.печ.л. 1,0. Усл.кр.отт. 1,25. Уч.-изд.л. 1,12.
Тираж 250 экз. Заказ № 793 Изд. № М-7581
ЦНИЭИуголь. Москва, 103012, пр. Сапунова, д. 13/15.
Типография, 1-й Смоленский пер., д. 10/5.

© ЦНИЭИуголь, 1984

ВВЕДЕНИЕ

Основная задача долгосрочного прогнозирования качества угольной продукции состоит в определении количественных значений зольности добываемых, перерабатываемых на обогатительных фабриках и отгружаемых углей (по различным маркам и сортам) производственных объединений, шахт (разрезов) и фабрик на срок до 25 лет.

Изменение зольности добываемых углей и углей, идущих на переработку, а также отгружаемых углей представляет собой такой процесс развития, который характеризуется сравнительно незначительным (в годовом разрезе времени) колебанием по сравнению, например, с колебаниями этих же показателей в течение месяца и суток.

Еще менее значительны и практически стабильны показатели зольности основных продуктов механического обогащения (концентрат, промпродукт). Несколько более значительные колебания зольности имеет шлам и отсев. Поэтому для вычисления показателей качества угольной продукции необходимо применять методы прогноза, оперирующие в более узком гарантированном интервале и в полном объеме учитывающие колебания качества угольной продукции. Одним из таких методов является авторегрессия, которая позволяет максимально фиксировать разброс случайных величин от основного закона развития (тренда) во времени с поправкой на будущие изменения показателя зольности.

Долгосрочное прогнозирование качества угольной продукции на авторегрессионной основе представляет собой последовательность операций, направленных на получение конкретных значений зольности на срок 25 лет, который слагается из 5-ти краткосрочных прогнозов.

Будущие тенденции изменения основных горно-геологических условий разработки, организации производства и труда, горной техники и технологии, методов и схем обогащения и их совокупность значительно влияют на изменения качества угольной продукции, а следовательно на конкретные значения прогнозных данных.

Прогноз зольности угольной продукции явится основой для повышения эффективности предплановой проработки, необходимой для перспективного планирования технико-экономических показателей, зависящих от качества угля.

I. СОСТАВ ИСХОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПОРЯДОК ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА УГОЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ

I.I. Прогнозирование качества угольной продукции (зольности) начинается с предварительного сбора данных за предшествующий период. Продолжительность периода должна составлять не менее 8-I0 единиц (лет, месяцев). Число 8-I0 составляет базу для формирования закономерности развития качества угольной продукции на срок до 5 лет (месяцев), т.е. прогноз (5 лет) распространяется на 2/3 исходного временного ряда.

I.2. Прогнозирование зольности осуществляется при составлении годовых, пятилетних и долгосрочных планов развития угольных предприятий, объединений. Расчет прогноза выполняется на вычислительном центре производственного объединения по заранее составленному алгоритму (программе).

I.3. При прогнозировании качества угольной продукции используется аппарат математической статистики и теории случайных процессов.

I.4. Исходными данными для прогнозирования качества угольной продукции служат ретроспективные значения зольности, взятые из форм статистической отчетности и отчетных данных угольных предприятий и объединений за прошедшие годы. Здесь важную роль играют фактические значения этих показателей. Поэтому для шахт, отгружающих уголь на ОФ, ретроспективные значения зольности берутся по фактической зольности горной массы.

Достоверность исходной информации – основа качественного прогноза.

I.5. По исходным данным п. I.4 настоящей методики составляется временной ряд, разбитый по годам, где устанавливается связь качества угольной продукции со временем. Данный временной ряд обрабатывается по формулам (I) –.(4).

I.6. Выявленная форма связи показателя качества угольной продукции служит основой для составления прогнозных моделей авторегрессионным методом /см. формулы (5) – (7)/.

I.7. При обработке методом авторегрессии выявленной формы связи показателя качества угольной продукции со временем в составленном временном ряду зольности находится ее максимальные значения в годы, когда происходили эти колебания, и численный интервал между ними. Эти колебания показывают и отражают изменения условий добычи (горно-геологических, техники, технологии) и переработки (техноло-

гии, оборудования, схем) и называются сдвигами. Числа, показывающие промежуток между годами, фиксирующие экстремальные колебания показателя качества угольной продукции обозначаются термином – интервал.

2. МЕТОДИКА ДОЛГОСРОЧНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА

2.I. Изменения качества угольной продукции во времени происходят, как правило, по закону развития прямой линии, а в некоторых случаях по параболе второго порядка и описываются следующими уравнениями:

$$y_t = a_o + a_I t \qquad (I)$$

$$y_t = a_o + a_I t + a_2 t^2 \qquad (2)$$

где: y_t – показатель качества угольной продукции (зольность);

a_o, a_I, a_2 – коэффициент уравнения;

t – значения времени.

2.2. Прямая линия /формула (I)/ используется при наличии постоянного приращения (±) зольности во временном ряду. В случае же присутствия скачков следует применять параболу второго порядка.

2.2.I. Прямая линия определяется на основе решения системы уравнений:

$$\begin{cases} n a_o + a_I \Sigma t = \Sigma y \\ a_o \Sigma t + a_I \Sigma t^2 = \Sigma yt \end{cases} \qquad (3)$$

n – число членов временного ряда.

2.2.2. Парабола второго порядка определяется на основе решения системы уравнений:

$$\begin{cases} n a_o + a_I \Sigma t + a_2 \Sigma t^2 = \Sigma y \\ \Sigma t a_o + a_I \Sigma t^2 + a_2 \Sigma t^3 = \Sigma yt \\ \Sigma t^2 a_o + a_I \Sigma t^3 + a_2 \Sigma t^4 = \Sigma yt^2 \end{cases} \qquad (4)$$

2.3. Выбор закона развития определяется по $\sigma \to min$, где σ критерий отбора – среднеквадратическое отклонение.

2.4. После выбора и нахождения закона развития качества угольной продукции – прямая линия или же парабола второго порядка – определяется количество максимальных или минимальных параметров качества во временном ряду исследуемого показателя (сдвигов) и временных интервалов между ними, которые фиксируются в коэффициентах авторегрессии.

2.4.1. Коэффициенты авторегрессии находятся при решении системы уравнений:

$$\begin{cases} R_1 \sum_{t=\rho_1+1}^{n} y_{t-\rho_1} + R_2 \sum_{t=\rho_1+1}^{n} y_{t-\rho_2} \cdot y_{t-\rho_2} + \ldots + R_k \sum_{t=\rho_1+1}^{n} y_{t-\rho_1} \cdot y_{t-\rho_k} = \sum_{t=\rho_1+1}^{n} y_{t-\rho_1} \cdot y_t \\ R_1 \sum_{t=\rho_2+1}^{n} y_{t-\rho_1} \cdot y_{t-\rho_2} + R_2 \sum_{t=\rho_2+1}^{n} y_{t-\rho_2}^2 + \ldots + R_k \sum_{t=\rho_2+1}^{n} y_{t-\rho_2} \cdot y_{t-\rho_k} = \sum_{t=\rho_2+1}^{n} y_{t-\rho_2} \cdot y_t \\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ R_1 \sum_{t=\rho_k+1}^{n} y_{t-\rho_1} \cdot y_{t-\rho_k} + R_2 \sum_{t=\rho_k+1}^{n} y_{t-\rho_2} \cdot y_{t-\rho_k} + \ldots + R_k \sum_{t=\rho_k+1}^{n} y_{t-\rho_k}^2 = \sum_{t=\rho_k+1}^{n} y_{t-\rho_k} \cdot y_t \end{cases} \quad (5)$$

где: $R_1, R_2, \ldots, R_k$ – коэффициенты авторегрессии;
$\rho_1, \rho_2, \ldots, \rho_k$ – число сдвигов во времени;
$y_t, y_{t-\rho_1}, \ldots, y_{t-\rho_k}$ – значения показателя качества угольной продукции с учетом интервала времени между сдвигами.

2.5. При решении системы уравнений (5) и нахождении коэффициентов авторегрессии, а также постулировании ранее выявленного закона развития /система (3) или (4)/ составляется прогнозная модель показателя качества угольной продукции.

2.5.1. Для прямой линии эта модель имеет вид:

$$\begin{aligned} &1.\ y_t^* - a_0 - a_1 t = R_1[y_{t-1} - a_0 - a_1(t-1)] + \ldots + R_i[y_{t-1} - \\ &\quad - a_0 - a_1(t-i)] \pm \{(1 \div 3)\sigma\} \\ &2.\ y_t^* = R_1[y_{t-1} - a_0 - a_1(t-1)] + \ldots + R_i[y_{t-i} - a_0 - a_1(t-i)] + \\ &\quad + a_0 + a_1 t \pm \{(1 \div 3)\sigma\} \end{aligned} \quad (6)$$

где: y_t^* – прогнозное значение показателя качества угольной продукции;
t – значение времени на прогнозируемый интервал: $n+1, \ n+2, \ \ldots, \ n+5$.

2.5.2. Для параболы второго порядка прогнозная модель имеет вид:

$$1.\ Y_t^* - a_0 - a_1 t - a_2 t^2 = R_1[Y_{t-1} - a_0 - a_1(t-1) - a_2(t-1)^2] + R_2[Y_{t-2} - a_0 - a_1(t-2) - a_2(t-2)^2 + \ldots + R_i[Y_{t-i} - a_0 - a_1(t-i) - a_2(t-i)^2] \pm \{(1 \div 3)\sigma\} \quad (8)$$

$$2.\ Y_t^* = R_1[Y_{t-1} - a_0 - a_1(t-1) - a_2(t-1)^2] + R_2[Y_{t-2} - a_0 - a_1(t-2) - a_2(t-2)^2] + \ldots + R_i[Y_{t-i} - a_0 - a_1(t-i) - a_2(t-i)^2 + a_0 + a_1 t + a_2 t^2 \pm \{(1 \div 3)\sigma\} \quad (9)$$

2.6. По полученным моделям составляется прогноз на пять лет, данные которого следует рассматривать как продолжение имеющегося временного ряда:

$$Y_1, Y_2, \ldots Y_n, Y_{n+1}, Y_{n+2}, \ldots, Y_{n+5}, \quad (10)$$

где: Y_1, Y_2, Y_n – данные временного ряда показателей качества угольной продукции до прогнозирования

$Y_{n+1}, Y_{n+2}, \ldots, Y_{n+5}$ – прогнозные данные.

2.7. Новый временной ряд подлежит аппроксимации на соответствующие закономерности, указанные в пункте 2.1.

2.8. Для найденной зависимости определяются новые временные сдвиги, их количество, интервал между ними и составляется модель для прогноза на последующие пять лет.

2.9. Полученные прогнозные величины снова рассматриваются как продолжение временного ряда и производятся операции, изложенные в пунктах 2.1. – 2.7.

2.10. Спецификой авторегрессии является количество и величина сдвигов " R ", задать которые в зависимости от рассматриваемого отрезка времени должен непосредственно сам прогнозист в соответствии с предполагаемыми природными или эксплуатационными (техническими) из енениями (напр., горно-геологическими, экономическими, организационными и технологическими), влияющими на качество угольной продукции.

2.11. Оптимальное количество сдвигов составляет, как правило, 3 или 4. Число сдвигов зависит, в основном, от экстремальных значений показателя качества во временном ряду:

$$\sum R \simeq \sum_{min}^{max} i,$$

где: $\sum_{min}^{max} i$ – число максимальных и минимальных значений зольности.

3. ПРИМЕР ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДИКИ ДОЛГОСРОЧНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА УГОЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ

3.I. Долгосрочный прогноз на 25 лет, как указывалось выше (см. введение), будет слагаться из 5-ти краткосрочных прогнозов по 5 лет.

3.2. Для составления краткосрочного и долгосрочного прогнозов от разработчика требуется объективная инженерная оценка предшествующего, существующего и ожидаемого положения в производственно-хозяйственной деятельности предприятия или производственного объединения, умение правильно выбрать закон развития исследуемого показателя в рассматриваемом интервале времени, а также обосновать количество и величину сдвигов и интервал между ними при составлении прогнозного уравнения.

3.3. Составление долгосрочного прогноза будет успешным лишь при доскональном овладении механикой краткосрочного прогнозирования. Ниже приводятся примеры составления краткосрочного прогноза для различных закономерностей развития качества угольной продукции, которые помогут в последующей разработке долгосрочного прогноза.

Пример:

I. Рассматривается временной ряд зольности добываемых углей производственного объединения "Ростовуголь" с I970 по I98I гг. (см. приложение I и 2).

Год	I970	I97I	I972	I973	I974	I975	I976	I977	I978	I979	I980	I98I
A^d	2I,5	22,0	22,5	22,5	23,0	23,I	23,4	24,7	25,3	26,0	26,8	27,4

2. На основе временного ряда необходимо вывести закон развития зольности добываемого угля производственного объединения "Ростовуголь" с I970 по I98I гг.

3. Сделаем предположение, что развитие идет по прямой линии. Тогда математически закон описывается следующей системой уравнений:

$$\begin{cases} n a_0 + a_1 \sum_1^{12} t = \sum_1^{12} y_t \\ a_0 \sum_1^{12} t + a_1 \sum_1^{12} t^2 = \sum_1^{12} y_t \cdot t \end{cases} \qquad (II)$$

где: n – число членов временного ряда;
a_0, a_1 – коэффициенты закона развития по прямой линии;
t – значения времени: I970 г. =I. I97I г. =2 . . . I98I г. =I2.

y_t – значения показателя зольности в период с 1970 г. по 1981 г.

$\sum_{1}^{12}$ – знак суммирования величин в интервале с 1970 по 1981 г.

4. Составляем систему уравнений на основе имеющейся информации (Информация представлена на вычислительном листе в пунктах А.1 и А.2). (См. приложение I).

Система уравнений примет следующий вид (см. А.1):

$$\begin{cases} 12a_0 + 78a_1 = 288{,}3 \\ 78a_0 + 650a_1 = 1950{,}5 \end{cases} \qquad (12)$$

5. Решаем полученную систему уравнений и находим значения коэффициентов закона развития по прямой линии (см. А.3):

$$a_0 = 20{,}5454 \qquad a_1 = 0{,}5353 \qquad (13)$$

т.е. зольность добываемого угля производственного объединения "Ростовуголь" за период с 1970 по 1981 гг. изменяется по следующему закону:

$$y_t = 20{,}5454 + 0{,}5353t \qquad (14)$$

6. Теоретические и фактические значения зольности добываемых углей приводятся в А.4 (приложение I)

y – фактическая зольность;

y_1 – теоретическая зольность (т.е. значения зольности по уравнению).

7. Значения теоретической и фактической зольности необходимы для того, чтобы оценить, насколько верно выбран закон развития зольности добываемых углей по критерию отбора среднеквадратическому отклонению, т.е. y от y_1.

Чтобы найти критерий отбора, используют следующую формулу:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma(y - y_1)^2}{n-1}} \qquad (15)$$

(приложение I, А.5).

n – в нашем случае равно 12.

Значение $\sigma = 0{,}4476$

8. Для составления прогнозной модели необходимо найти коэффициенты авторегрессии, которые будут характеризовать скачки в развитии исследуемого показателя, связанные с внедрением новой техники, переходом на низшие горизонты, эксплуатацией пластов разной мощности и с разной зольностью, количеством и мощностью породных прослоек и т.п. Именно здесь при определении количества и величины сдвигов и интервала между ними от прогнозиста необходимо полное знание технического развития исследуемого объекта (шахты или производственного объединения), т.е. когда именно произошло внедрение новой техники, начата разработка новых пластов или лав и т.п.

В нашем случае исходим из 1979, 1977, 1975 и 1973 гг., которые отражают резкий скачок зольности (1979 по сравнению с 1978 на 0,7%, 1977 по сравнению с 1976 на 0,7%) и учет статического состояния этого процесса (1975 по сравнению с 1974 на 0,1%, 1973 по сравнению с 1972 - 0%). В нашем случае по пункту 2.4.1 методики составляем систему уравнений:

$$\begin{cases} R_0\,6213{,}34 + R_1\,5037{,}03 + R_2\,3894{,}57 + R_3\,2817{,}15 = 6358{,}08 \\ R_0\,5037{,}03 + R_1\,4819{,}1 + R_2\,3716{,}79 + R_3\,2666{,}85 = 5154{,}64 \\ R_0\,3894{,}57 + R_1\,3716{,}79 + R_2\,3568{,}92 + R_3\,2554{,}2 = 3977{,}03 \\ R_0\,2817{,}15 + R_1\,2666{,}85 + R_2\,2554{,}2 + R_3\,2487{,}75 = 2908{,}15 \end{cases} \qquad (16)$$

9. Решая данную систему, находим значения коэффициентов сдвигов;

$$R_0 = 1{,}0222 \qquad R_1 = -0{,}0116$$
$$R_2 = -0{,}0019 \qquad R_3 = 0{,}0258 \qquad (17)$$

10. Составляем прогнозную модель:

$$\begin{aligned} y_t^* = {} & -20{,}5454 - 0{,}5353\,1\,t = 1{,}0222\,[y_{t-2} - 20{,}5454 - \\ & - 0{,}5353\,(t-2)] - 0{,}0116\,[y_{t-4} - 20{,}5454 - \\ & - 0{,}5353\,(t-4)] - 0{,}0019\,[y_{t-6} - 20{,}5454 - \\ & - 0{,}5353\,(t-6)] + 0{,}0258\,[y_{t-8} - 20{,}5454 - \\ & - 0{,}5353\,(t-8)] \end{aligned} \qquad (18)$$

Решая данное равенство (перенося из левой части все данные, кроме y_t^*, в правую и производя последовательно арифметические действия), получим прогнозное уравнение.

II. Подставляя в полученное прогнозное уравнение значения времени (1982 г. = 13, 1983 = 14 . . . 1986 = 17), получим прогнозные данные зольности добываемого угля ПО "Ростовуголь" на 5 лет с 1982 по 1986 гг. (приложение I, А.8).

12. Имея прогнозные значения зольности необходимо определить насколько они соответствуют научной обоснованности? Для этого следует провести анализ развития зольности добываемых углей с 1970 по 1981 гг. и распространить его на последующие 5 лет. Зольность к 1974 г. выросла на 1,5%, а с 1975 по 1979 гг. – на 2,9%, т.е. тенденция к увеличению бесспорная. Теперь следует вывести соотношение между темпами роста по пятилеткам: 2,9 : 1,5 = 1,93. Если учитывать тенденцию, сложившуюся к 1980 году, то зольность с 1980 по 1984 гг. должна вырасти на 2,9 х 1,93 = 4,597≈4,6% и составит в 1984 году ориентировочно 26 + 4,6 = 30,6%.

В то же время прогноз по прямой линии дает оценку зольности в 1984 г. равную 29,08%.

Следовательно, можно сделать вывод, что данный закон развития (прямая линия) с недостаточной точностью описывает изменение зольности с 1970 по 1981 гг. Поэтому результаты прогноза не принимаются.

13. Второй этап работы исходит из предположения, что закон развития с 1970 по 1981 гг. происходит по параболе второго порядка:

$$y_t = a_0 + a_1 t + a_2 t^2$$

Для этого решаем систему уравнений (см. п. 2.2.2, и приложение I, Б.1):

$$\begin{cases} 12\,a_0 + 78\,a_1 + 650\,a_2 = 288{,}3 \\ 78\,a_0 + 650\,a_1 + 6084\,a_2 = 1950{,}5 \\ 650\,a_0 + 6084\,a_1 + 60710\,a_2 = 16658{,}1 \end{cases} \qquad (19)$$

Закон развития с 1970 г. по 1981 г. описывается следующим образом:

$$y_t = 21{,}6068 + 0{,}0804\,t + 0{,}03499\,t^2 \qquad (20)$$

14. Расчет среднеквадратического отклонения дает величину равную 0,2276. Сравнение его с прямой линией показывает, что σ параболы $< \sigma$ прямой линии. (21)

Предпочтение при выборе закона развития должно отдаваться кривой, у которой $\sigma \to min$. В нашем случае, используя данный критерий, следует остановиться на параболе второго порядка, т.к. совпадение теоретических и фактических величин наилучшее.(См.Б.5).

I5. Для нахождения коэффициентов авторегрессии оставляем количество сдвигов и интервал между ними такой же, как и в случае прямой линии, потому что причины, порождающие сдвиги во времени, являются составной частью внутренней системы развития, в то время как закон описывает лишь внешнее состояние (см.приложение I, Б.7).

Система уравнений для получения коэффициентов и их значения приведены там же (приложение I, Б.7, Б.8).

I6. Решая систему и производя последующие действия, найдем (Б.9) прогнозные значения зольности по параболе второго порядка с учетом среднеквадратического отклонения для получения гарантированного интервала по п. 2.5.2 настоящей методики:

Год	1982		1983		1984		1985		1986	
	варианты		варианты		варианты		варианты		варианты	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
	28,21	28,44	28,77	29,45	28,96	29,64	29,23	29,91	29,67	30,35

I7. Значения зольности добываемого угля по параболе второго порядка соответствуют рассчитанным темпам прироста. Следовательно, на основе: I. Темпов прироста и 2. $\sigma \to min$ следует взять за основу при расчете прогнозных значений закон развития по параболе второго порядка и данные, которые получаются по этому закону.

Таким образом, научно обоснованный прогноз зольности получается при:

I. Правильно выбранном законе развития;

2. Правильно подобранном количестве и интервале сдвигов.

Пример 2.

Примером последнего положения служит прогноз зольности добываемого угля на шахте им.Красина (см. приложение 2).

Законом развития считается парабола второго порядка. При определении интервала и количества сдвигов – 4 сдвига по 2 года прогноз получается явно нереальный (см. А.6).

Поэтому при подборе количества сдвигов и интервала в 3 единицы по I году полученные прогнозные величины имеют реальное значение.

Это подтверждается следующими темпами роста зольности с I970 по I974 гг. – на 23,7 – I8,7 = 5,0%, с I975 по I979 гг. на 32,5 – 26,9 = 5,6%.

Отношение между ними составит 5,0 : 5,6 = 0,891. При учете сложившейся тенденции роста зольности добываемых углей на шахте им.Красина к 1980 г., на последующую пятилетку она должна составить ориентировочно 32,5 + (5 х 0,891) = 36,95%, что будет соответствовать прогнозу для трех сдвигов с интервалом в один год (приложение 2, Б.8). Следовательно, именно этот прогноз и можно признать научно обоснованным.

Пример 3.

Данный пример показывает использование вышеописанной методики для составления долгосрочного прогноза показателей качества продукции.

1. Рассмотрим временный ряд зольности добываемых энергетических углей в ПО "Боркутауголь" с 1950 по 1964 гг.

Таблица 1

Годы	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961
A^1	28,2	29,1	28,0	27,1	27,2	28,6	28,9	28,9	28,9	28,9	28,2	28,1

Годы	1962	1963	1964
A^2	28,0	28,2	28,9

где: число членов временного ряда n = 15.

2. В результате аппроксимации при σ = 0,6 выбираем прямую линию, которую следует принять за основу при работе с авторегрессией:

$$y_t = 28,1438 + 0,0253\ t$$

3. Задается число временных сдвигов, принцип отбора которых следующий: 1. Берется, в основном, базовый год z, потом берется год, наиболее близкий в своем $\{max \div min\}$ колебании к базовому; 3. Следует также использовать статические года.

В нашем случае берем три сдвига по три года, т.е. 1964, 1961 и 1958 года.

Составляется система уравнений для нахождения коэффициентов авторегрессии:

$$\begin{cases} R_1\ 11223,19 + R_2\ 8819,07 + R_3 6443,24 = 11240,21 \\ R_1\ 8819,07 + R_2\ 8854,34 + R_3 6402,54 = 8870,54 \\ R_1\ 6443,24 + R_2 6402,54 + R_3 6388,68 = 6444,7 \end{cases}$$

Решая ее, находим значения коэффициентов авторегрессии:

$R_1 = 0{,}7836 \quad R_2 = 0{,}03359 \quad R_3 = -0{,}01982$

4. Прогноз на 1965–1969 гг. (5 лет) рассчитывается аналогично пунктам примеров I и 2 и дает следующие результаты:

Таблица 2

Годы	Зольность, %			Примечание
	варианты		фактические значения	
	I	II		
1965	28,9	29,5	29,8	II вариант равен I варианту + δ
1966	28,8	29,4	29,4	
1967	28,7	29,3	29,3	
1968	28,9	29,5	29,8	
1969	29,I	29,7	30,I	

Второй вариант прогноза наиболее близок к фактическим значениям. Следовательно, исходя из п. 2.6 настоящей методики, рассматриваем новый временной ряд, куда включаем значения второго варианта, где "n" будет равно 20.

5. Новый временной ряд лучше аппроксимируется параболой второго порядка:

$$y_t = 28{,}2731 + 0{,}0394\,t + 0{,}00526\,t^2$$

Сдвиги оставляем те же (условно).

Коэффициенты авторегрессии равны:

$R_1 = 0{,}7373 \quad R_2 = -0{,}0771 \quad R_3 = -0{,}018$

Прогноз на период 1970–1974 гг. дал следующие результаты:

Таблица 3

Годы	Варианты		Фактические значения
	I	II	
1970	29,7	–	29,8
1971	29,8	–	29,8
1972	30,0	–	29,9
1973	30,I	29,7	29,7
1974	30,3	29,8	29,7

6. Для нового временного ряда $n = 25$.

Новая аппроксимация параболой второго порядка:

$$y_t = 28{,}1186 + 0{,}0079\,t + 0{,}00285\,t^2$$

при тех же постоянных сдвигах дает следующие коэффициенты авторегрессии:

$R_1 = 0,3178$ $R_3 = -0,01809$

$R_2 = -0,0406$

Прогнозные значения на период 1975–1979 гг. показаны в табл.4.

Таблица 4

Годы	Варианты		Фактические значения
	I	II	
1975	30,2	29,7	29,6
1976	30,2	29,7	29,6
1977	30,3	29,8	29,4
1978	31,2	30,7	30,7
1979	32,5	32,3	32,4

С П И С О К
использованной литературы

1. Дженкинс Г., Ваттс Д. Спектральный анализ и его приложения. М., 1971, вып.1, 1972, вып.2.

2. Бокс Дж., Дженкинс Г."Анализ временных рядов."Прогноз и управление. Вып. I, М., Мир, 1974.

3. Карасев А.И., Аксютина З.М., Савельева Т.И."Курс высшей математики для экономических вузов. "Высшая школа". М., 1982.

4."Совершенствование хозяйственного механизма" Сборник документов. Издание 2-е, "Правда", М., 1982.

5. Драймз Ф. "Распределенные лаги. Проблемы выбора и оценивания модели". Пер. с англ., "Финансы и статистика", М., 1982.

6. Трайнин А.М. "О целесообразности прогнозирования технико-экономических показателей на авторегрессионной основе". Сб.Научные труды. Вопросы перспективного развития угольной промышленности СССР ЦНИЭуголь. М., 1982.

Перечень специальных терминов

апроксимация – вычисление закона развития

ретроспективные значения – данные зольности за предыдущие годы

тренд – закономерность будущего развития зольности во времени

постулирование – выбор закономерности развития без доказательства

Прогнозирование зольности добываемых углей производственного объединения "Ростовуголь"

КОЭФ.ИСХ.МАТР.

А. Первый этап работы

I) Система уравнений для прямой линии

```
 I2      78   288.3
 78     650  I950.5
```

M= I H= I2

X Значения времени - I970г. = I, I97Iг. = 2 и т.д. до I98I года

I 2 3 4 5 6 7 8 9 I0 II I2

У 2) Значения зольности добываемых углей с I970 года по I98I год

2I.5 22 22.5 22.5 23 23.I 23.4 24.7 25.3 26 26.8 27.5

3) Значения коэффициентов закона развития по прямой линии

РЕШЕНИЕ СИСТЕМЫ

I R (2) =0,5353 0 R (I) = 20.5454

4) Теоретические и фактические значения зольности добываемых углей

```
У ( I ) = 2I.5      УI ( I ) = 2I.0807
У ( 2) = 22         УI ( 2 ) = 2I.6I60
У ( 3 ) = 22.5      УI ( 3 ) = 22.I5I3
У ( 4 ) = 22.5      УI ( 4 ) = 22.6867
У ( 5 ) = 23        УI ( 5 ) = 23.2220
У ( 6 ) = 23.I      УI ( 6 ) = 23.7573
У ( 7 ) = 23.4      УI ( 7 ) = 24.2926
У ( 8 ) = 24.7      УI ( 8) = 24.8279
У ( 9 ) = 25.3      УI ( 9) = 25.3632
У (I0 ) = 26        УI (I0 ) = 25.8986
У (II ) = 26.8      УI (II ) = 26.4339
У (I2 ) = 27.5      УI (I2 ) = 26.9692
```

5) Значение среднеквадратического отклонения

σ = 0,447636

КОЭФ.ИСХ.МАТР.-АВТОРЕГР. 6) Система уравнений для нахождения коэффициентов авторегрессии. Взято 4 сдвига по два года, то есть значения 1979, 1977, 1975 и 1973 годов.

6213.34	5037.03	3894.57	2817.15	6358.08	0
5037.03	4819.1	3716.79	2666.85	5154.64	0
3894.57	3716.79	3568.92	2554.2	3997.03	0
2817.15	2666.85	2554.2	2487.75	2908.15	0
0	0	0	0	0	0

РЕШЕНИЕ СИСТЕМ 7) Значения коэффициентов авторегрессии

3 R (4) = 2.5899 E-02 2 R (3) = -1.9148 E-03 1 R (2)=-1.1658 E-02 0 R(1)=1.0222

8) Прогнозные значения зольности добываемых углей на период с 1982 года по 1986 год по прямой линии

y (13) = 28.02	1982
y (14) = 28.54	1983
y (15) = 29.08	1984
y (16) = 29.62	1985
y (17) = 30.16	1986

Прогнозирование зольности добываемых углей производственного объединения "Ростовуголь"

КОЭФ.ИСХ.МАТР. Б. Второй этап работы

I) Система уравнений для получения коэффициентов параболы второго порядка, характеризующей закон развития зольности добываемых углей с 1970 по 1981 год

I2	78	650	288.3
78	650	6084	I950.5
650	6084	60710	I6658.I

M= 2 N= I2

X 2) Значения времени

I 2 3 4 5 6 7 8 9 I0
II I2

У 3) Значения зольности

21.5 22.0 22.5 22.5 23.0 23.I 23.4 24.7 25.3 26.0
26.8 27.5

РЕШЕНИЕ СИСТЕМЫ 4) Значения коэффициентов закона развития по параболе второго порядка, которые получаются решением приведенной выше системы уравнений

2 R (3) = 3.499 E-02 I R (2) = 8.044 E-02 0 R (I) = 2I.606

5) Теоретические и фактические значения зольности добываемых углей по параболе второго порядка

У (I) = 2I.5	УI (I) = 2I.7
У (2) = 22	УI (2) = 2I.9
У (3) = 22.5	УI (3) = 22.I
У (4) = 22.5	УI (4) = 22.4
У (5) = 23	УI (5) = 22.8
У (6) = 23.I	УI (6) = 23.3
У (7) = 23.4	УI (7) = 23.8
У (8) = 24.7	УI (8) = 24.4
У (9) = 25.3	УI (9) = 25.I
У (I0) = 26	УI (I0)= 25.9
У (II) = 26.8	УI (II)= 26.7
У (I2) = 27.5	УI (I2)= 27.6

6) Среднеквадратическое отклонение параболы второго порядка, характеризующее совпадение выведенного закона с фактическими значениями зольности

σ = 0.2276615

КОЭФ.ИСХ.МАТР.-АВТОРЕГР. 7) Система уравнений для получения коэффициентов авторегрессии. Берется также как и при прямой линии 4 сдвига по два года

6213.34	5037.03	3894.57	2817.15	6358.08	0
5037.03	4819.1	3716.79	2666.85	5154.64	0
3894.57	3716.79	3568.92	2554.2	3997.03	0
2817.15	2666.85	2554.2	2487.75	2908.15	0
0	0	0	0	0	0

РЕШЕНИЕ СИСТЕМЫ 8) Значения коэффициентов авторегрессии

3 R (4) = 2.5899 E-02 2 R (3) =-I.9148 E-03 I R (2)=-I.1658 E-02 0 R (I) =I.0222

9) Прогнозные значения зольности добываемых углей на период с 1982 по 1986г. по параболе второго порядка

У (I3) = 28.44 1982 год - σ
У (I4) = 29.45 1983 год - 3σ
У (I5) = 29.64 1984 год - 3σ
У (I6) = 29.91 1985 год - 3σ
У (I7) = 30.35 1986 год - 3σ

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Прогнозирование зольности добываемого угля на шахте им.Красина

А. Первый этап работы.

КОЭФ.ИСХ.МАТР. 1. Система уравнений для нахождения закона развития зольности добываемого угля по параболе второго порядка с 1970 по 1981год

12	78	650	323.7
78	650	6084	2309.1
650	6084	60710	201515

M= 2 N = 12

X

I 2 3 4 5 6 7 8 9 10

II 2

У 2. Значения зольности с 1970 по 1981 год

18.7000 18.7000 24.3000 23.3000 23.7000 26.9000 28.5000 30.0000 29.8000 32.5000

33.3000 34.0000

РЕШЕНИЕ СИСТЕМЫ 3. Значения коэффициентов параболы второго порядка

2 R (3) = -3.5889 E-02 1 R (2) = 1.9004 0 R (1) = 16.5659

КОЭФ.ИСХ.МАТР.-АВТОРЕГР. 4. Система уравнений для нахождения коэффициентов авторегрессии. Берется 4 сдвига по 2 года

7883.49	6391.89	4867.33	3364.55	8258.63	0
6391.89	5718.35	4424.55	3044.03	6647.69	0
4867.33	4424.55	3930.31	2768.25	5094.34	0
3364.55	3044.03	2768.25	2394.45	3489.7	0
0	0	0	0	0	0

РЕШЕНИЕ СИСТЕМЫ 5. Значения коэффициентов авторегрессии

3 R (4) = -8.7132 E-02 2 R (3) = .1487 1 R (2) = -.1716 0 R (1) = 1.1320

6. Прогноз зольности с 1982 по 1986 год

У (13) = 24.04 У (16) = 36.47

У (14) = 27.88 У (17) = 41.21

У (15) = 32.03

Прогнозирование зольности добываемого угля шахты им.Красина

Б. Второй этап работы

КОЭФ.ИСХ.МАТР. 1. Система уравнений для нахождения коэффициентов параболы второго порядка

I2	78	650	323.7
78	650	6084	2309.I
650	6084	607I0	20I5I,5

X 2. Значения времени

I.	2.	3.	34.	5.	6.	7.	8.	9.	I0.
II.	I2.								

3. Значения зольности

I8.7000	I8.7000	24.3000	23.3000	23.7000	26.9000	28.5000	30.0000	29.8000	32.5000
33.3000	34.0000								

РЕШЕНИЕ СИСТЕМЫ 4. Значения коэффициентов параболы второго порядка

2 R (3)=-3.588I E-02 I R (2)=I.9004 0 R (I) = I6.5659

5. Среднеквадратическое отклонение

σ = I.04I8

КОЭФ.ИСХ.МАТР.-АВТОРЕГР. 6. Система уравнений для нахождения коэффициентов авторегрессии. Берется 3 сдвига по единице, то есть значения I980, I978 и I976гг.

7883.49	7I26.43	639I.89	8258.63	0
7I26.43	6774.6	6044.I8	7496.89	0
639I.89	6044.I8	57I8.35	6647.69	0
0	0	0	0	0

РЕШЕНИЕ СИСТЕМЫ 7. Значения коэффициентов авторегрессии

2 R (3) =-.2274 I R (2) =0.2762 0 R (I) =0.9822

8. Прогноз зольности добываемого угля с I982 по I986г.

У (I3) = 34.9363	I982
У (I4) = 35.7773	I983
У (I5) = 36.6I50	I984
37.3715	I985
38.0713	I986

gost.e-ecolog.ru