

Контроллинг, экономический анализ

Бородин А.И.,

*д. э. н., профессор департамента финансов факультета
экономических наук НИУ «Высшая школа экономики»,
e-mail: aib-2004@yandex.ru, тел. 8 (926) 646-99-90*

Васильева И.Н.,

*к. э. н., доцент кафедры экономического анализа,
финансов и аудита, Старооскольский технологический
институт им. А.А. Угарова (филиал) НИТУ «МИСиС»,
e-mail: vasilyeva128@mail.ru, тел. 8 (951) 132-82-28*

Экономико-математическая модель для прогнозирования себестоимости единицы изделия

В статье на основе фактических данных с использованием математического метода («скользящее среднее» с выделением сезонной компоненты) предложен алгоритм расчета прогнозной себестоимости единицы выпускаемого изделия. Разработан и внедрен алгоритм расчета нормативной себестоимости единицы изделия с использованием экономико-математических методов. На основе разработанной электронной базы данных предложена и адаптирована математическая модель определения укрупненных нормативов затрат по заработной плате, материалам и накладным расходам, позволяющая прогнозировать себестоимость единицы изделия.

Ключевые слова: управленческий учет, нормативно-аналитический метод, промышленные предприятия, информационная система, калькулирование себестоимости продукции, себестоимость.

Нормативный метод учета затрат оказывает существенное влияние на развитие калькулирования по другим методам и сочетается с ними. Система контроля за соблюдением норм затрат,

учета их изменений и отклонений внедрялась на предприятиях и в производствах, осуществляющих калькулирование себестоимости позаказным и попередельным методами с постепенным переходом их на калькулирование по нормативному методу.

В настоящее время вычислительная техника обеспечивает автоматизацию полного комплекса учетных задач. В этих условиях появляется возможность автоматизации процессов сбора, регистрации первичной информации и передачи ее по каналам связи (или другими способами) в ПК, что дает возможность калькулирования себестоимости единицы продукции, а также сбора и анализа данных в управленческом учете в любых аналитических разрезах.

Нормативно-аналитический метод учета затрат предлагается осуществлять в разрезе трех основных видов затрат: материальные затраты, заработная плата основных производственных рабочих, накладные расходы (общепроизводственные и общехозяйственные расходы).

На основе разработанной нами электронной базы данных предложена и адаптирована математическая модель определения укрупненных нормативов затрат по заработной плате, материалам и накладным расходам, позволяющая прогнозировать себестоимость единицы изделия.

Для расчета прогнозных нормативов по укрупненным элементам (заработная плата, материалы, общепроизводственные и общехозяйственные расходы) была разработана и решена математическая модель расчета укрупненных нормативов затрат для прогнозирования себестоимости единицы изделия. Рассмотрим данную экономико-математическую модель.

Для наиболее точного прогноза указанных выше затрат использован метод анализа «скользящее среднее» в рамках программного продукта Excel.

Алгоритм расчета прогнозных нормативов себестоимости единицы изделия можно представить следующим образом:

- 1) построение графика временного ряда;
- 2) подготовка данных для вычисления автокорреляционной функции;
- 3) вычисление автокорреляционной функции;
- 4) построение гистограммы автокорреляционной функции;
- 5) сглаживание данных методом скользящей средней;
- 6) построение аддитивной модели;
- 7) расчет модели посредством использования MS Excel (Сервис/Анализ/Регрессия);
- 8) построение уравнения линии тренда;
- 9) расчет прогнозного значения на основании построенной модели.

1-й этап. Порядок расчета прогнозных показателей представим на примере расчета укрупненных нормативов по заработной плате. В основу построения графика временного ряда заложены: период (t), равный 20 месяцам, предшествующим прогнозному, и y_t – фактические затраты по заработной плате в соответствующем периоде в расчете на единицу изделия, в частности электромагнита (рис. 1).

График временного ряда свидетельствует о наличии общей убывающей тенденции и циклических колебаниях величины затрат по оплате труда в расчете на единицу изделия.

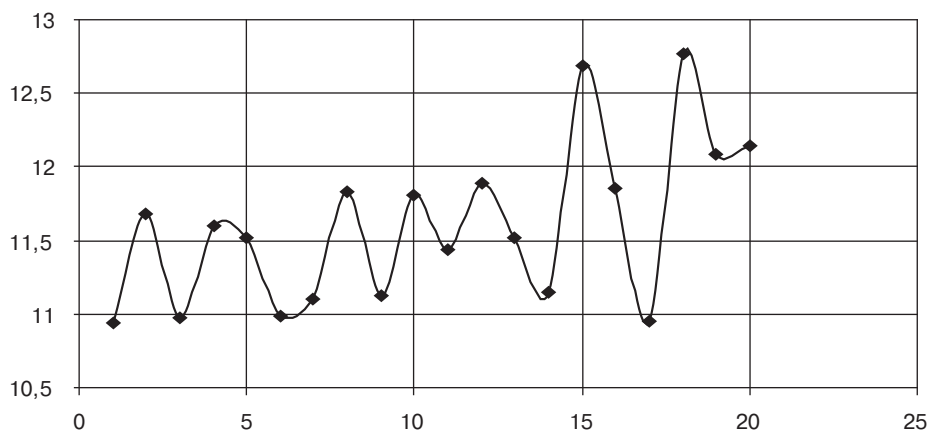


Рис. 1. График временного ряда по заработной плате

2-й этап. Для аналитической проверки полученных тенденций необходимо построить ряд расчетных таблиц, которые послужат основанием для расчета автокорреляционной функции,

где t – интервал периода времени, месяц;

y_t – (исходный временной ряд) фактические затраты на зарплату в соответствующем месяце, руб.;

$y_{t-1}, y_{t-2}, y_{t-3}, y_{t-4}, y_{t-5}$ – полученные временные ряды со смещением соответственно на 1, 2 ... 5 месяцев, т.е. фактические данные по зарплате, которые сместили на 1, 2 и т.д. месяцев вниз и которые соответствуют предшествующим месяцам.

$y_{1cp}, y_{3cp}, y_{5cp}, y_{7cp}, y_{9cp}$ – среднее значение фактических затрат по зарплате (общее за все месяцы) (без учета 1-го, 2-го ... месяцев соответственно с начала исходного временного ряда);

$y_{2cp}, y_{4cp}, y_{6cp}, y_{8cp}, y_{10cp}$ – среднее значение фактических затрат по зарплате, сдвинутых на 1, 2 и т.д. шагов вниз (общее за все месяцы) (без учета 1, 2 и т.д. месяцев с конца исходного временного ряда).

Рассматриваемый период (t) равен 20 месяцам, предшествующим прогнозируемому. Фактические затраты на зарплату в соответствующем месяце (y_t) мы получили на основе использования информации отделов, в частности, такого документа, как расшифровка трудовых затрат.

При расчете среднего значения фактических затрат по зарплате ($y_{1cp}, y_{3cp}, y_{5cp}, y_{7cp}, y_{9cp}$) мы воспользовались следующими формулами.

Для первой таблицы:

$$y_{1cp} = \frac{y_t}{19} = \frac{y_2 + y_3 + y_4 + \dots + y_{20}}{19 \text{ месяцев}} = \frac{11,68 + 10,98 + 11,6 + 11,52 + \dots + 12,14}{19} = 11,637526 \text{ руб.}$$

Для второй таблицы:

$$y_{3cp} = \frac{y_3 + y_4 + y_5 + \dots + y_{20}}{18 \text{ месяцев}} = \frac{10,98 + 11,6 + \dots + 12,77}{18} = \frac{185,213}{18} = 10,28961 \text{ руб.}$$

и т. д.

При расчете среднего значения фактических затрат по зарплате, сдвинутых на 1, 2 и т. д. шагов вниз (y_{2cp} , y_{4cp} , y_{6cp} , y_{8cp} , y_{10cp}), мы, в свою очередь, использовали следующие формулы.

Для первой таблицы:

$$y_{2cp} = \frac{\text{Сумма } y_{t-1}}{19} = \frac{y_1 + y_2 + y_3 + \dots + y_{19}}{19 \text{ месяцев}} = \frac{10,94 + 11,68 + 10,98 + \dots + 12,08}{19} = 11,5743684 \text{ руб.}$$

Для второй таблицы:

$$y_{4cp} = \frac{\text{Сумма } y_{t-2}}{18} = \frac{y_1 + y_2 + y_3 + \dots + y_{18}}{18 \text{ месяцев}} = \frac{10,94 + 11,68 + 10,98 + \dots + 11,857}{18} = 10,2282778 \text{ руб.}$$

и т. д.

Далее, чтобы рассчитать отклонение фактических затрат по заработной плате за тот или иной период от среднего значения, необходимо произвести следующий расчет:

$$y_t - y_{cp}$$

Для первой таблицы выражение будет выглядеть следующим образом:

1) для 2-го месяца $10,94 - 11,63753 = -0,69753$ руб.;

2) для 3-го месяца $11,68 - 11,63753 = 0,04247$ руб.

и т. д.

Для второй таблицы выражение составит:

1) для 3-го месяца $10,98 - 10,28961 = 0,69039$ руб.;

2) для 4-го месяца $11,6 - 10,28961 = 1,31039$ руб.

и т. д.

Отклонения фактических затрат по зарплате, сдвинутых на 1, 2 и т. д. шагов вниз от их среднего значения, рассчитывают аналогичным образом.

Для первой таблицы формула примет вид:

$$y_{t-1} - y_{cp}$$

1) для 2-го месяца $10,94 - 11,574368 = -0,634368$ руб.;

2) для 3-го месяца $11,68 - 11,574368 = 0,105632$ руб.

и т. д.

Чтобы рассчитать последний столбик 1–5 таблиц необходимо умножить средние значения 4-го и 5-го столбиков построчно:

Для первой таблицы:

$$y_{1cp} \times y_{2cp}$$

1) для 2-го месяца $0,042474 \times (-0,634368) = -0,02694$;

2) для 3-го месяца $-0,65753 \times 0,1056316 = -0,06946$

и т. д.

Для последующих трех таблиц расчет по всем искомым значениям ведется таким же образом.

3-й этап. Далее для каждого этапа выявим связь между факторами. Для этого рассчитаем автокорреляционную функцию. Расчет ее представим следующим образом (табл. 1):

Таблица 1

Автокорреляционная функция

Лаг	Автокорреляционная функция	
1	-0,08238	
2	0,081515	
3	-0,05672	
4	0,648501	Максимум
5	0,092464	

$$\text{Лаг}_j = \frac{\sum_{i=j+1}^{20} ((y_{t_i} - y_{tcp}) \cdot (y_{(t-j)_i} - y_{(t-j)tcp}))}{\sqrt{\sum_{i=j+1}^{20} (y_{t_i} - y_{tcp})^2 + \sum_{i=j}^{20} (y_{(t-j)_i} - y_{tcp})^2}}$$

Взаимосвязь между временными рядами 1 таблицы, в результате которой был рассчитан лаг 1, составила -0,08238. По такому же принципу производят расчет остальных трех лагов.

4-й этап. Построим гистограмму автокорреляционной функции (рис. 2).

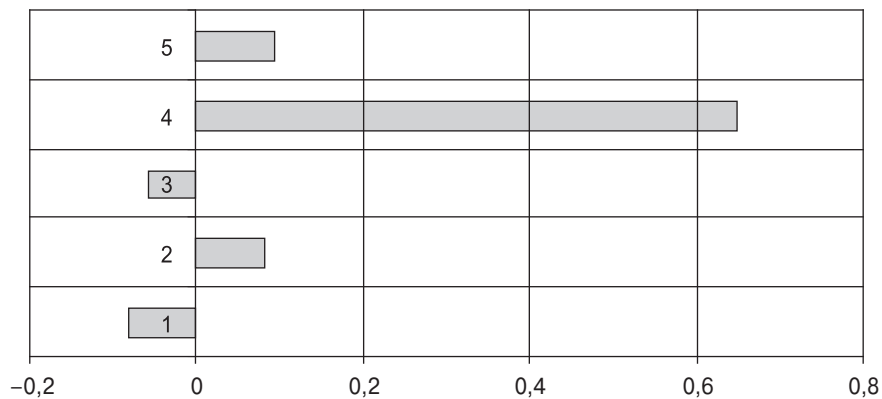


Рис. 2. Гистограмма автокорреляционной функции

На основании этого можно сделать выводы, что, поскольку наиболее высоким оказался коэффициент автокорреляции уровней четвертого порядка, ряд содержит циклические колебания в 4 периода.

5-й этап. Определим структуру ряда и произведем сглаживание уровней ряда методом скользящей средней (табл. 2).

Таблица 2

Сглаживание средней скользящей

Расчетные данные				
t	y_t	Итого	y_s	$y_t - y_s$
1	10,940	–	–	–
2	11,680	45,200	11,30000	0,38000
3	10,980	45,782	11,44550	–0,46550
4	11,600	45,092	11,27300	0,32700
5	11,522	45,213	11,30325	0,21875
6	10,990	45,443	11,36075	–0,37075
7	11,101	45,041	11,26025	–0,15925
8	11,830	45,858	11,46450	0,36550
9	11,120	46,197	11,54925	–0,42925
10	11,807	46,257	11,56425	0,24275
11	11,440	46,657	11,66425	–0,22425
12	11,890	46,000	11,50000	0,39000
13	11,520	47,242	11,81050	–0,2905
14	11,150	47,209	11,80225	–0,65225
15	12,682	46,643	11,66075	1,02125
16	11,857	48,263	12,06575	–0,20875
17	10,954	47,661	11,91525	–0,96125
18	12,770	47,944	11,98600	0,78400
19	12,080	36,990	9,24750	2,83250
20	12,140	–	–	–

Итого за 4 периода $\sum y_t$ получим:

$$y_{t(1)} + y_{t(2)} + y_{t(3)} + y_{t(4)} = 10,94 + 11,68 + 10,98 + 11,6 = 45,2.$$

Рассчитаем сумму за последующие 4 периода (y_s – сглаженные данные временного ряда):

$$11,68 + 10,98 = 11,6 + 11,522 = 45,782 \text{ и т. д.}$$

$$y_s = \text{Итого}/4 = 45,2/4 = 11,3 \text{ и т. д.}$$

6-й этап. Построим аддитивную (т.е. путем сложения) модель временного ряда:

$$Y = T + S + E,$$

где T – трендовая, S – циклическая и E – случайные компоненты.

Мы провели выравнивание исходных уровней ряда. Отметим, что полученные таким образом выровненные значения уже не содержат циклической компоненты.

7-й этап. В производстве присутствует влияние сезонной компоненты в связи с тем, что на анализируемом предприятии в числе других видов выпускают продукцию для предприятий сельского хозяйства.

Найдем оценки сезонной компоненты как разность между фактическими уровнями ряда и выровненными (сглаженными). Используем эти оценки для расчета значений циклической компоненты S . Для этого найдем средние за каждый период (по всем периодам) оценки циклической компоненты \bar{S}_i . В моделях с циклической компонентой обычно предполагается, что циклические воздействия за период взаимопоглощаются. В аддитивной модели это выражается в том, что сумма значений циклической компоненты по всем периодам должна быть равна 0.

В табл. 3 представим расчет сезонной компоненты. Мы получили 4 сезона, так как лаг четвертого порядка максимален.

Таблица 3

Расчет сезонной компоненты

Показатель	Год	№ сезона			
		1	2	3	4
	1	0	0,38	-0,4655	0,32700
	2	0,21875	-0,37075	-0,15925	0,36550
	3	-0,42925	0,24275	-0,22425	0,39000
	4	-0,2905	-0,65225	1,02125	-0,20875
	5	-0,96125	0,78400	2,83250	0
Итого за сезон*		-1,46225	0,38375	3,00475	0,87375
Средняя оценка сезонной компоненты	$S_{\text{ср}}^{**}$	-0,29245	0,07675	0,60095	0,17475
Скорректированная сезонная компонента	S_i	-0,43245	-0,06325	0,46095	0,03475

*Итого за сезон» – сумма номеров сезонов;

** $S_{\text{ср}}$ – среднее значение суммы сезонов.

Сумма средних сезонных компонент $\sum S_{\text{ср}}$ для данной модели имеет вид:
 $\sum S_{\text{ср}} = -0,29245 + 0,07675 + 0,60095 + 0,17475 = 0,56$.

Определим корректирующий коэффициент k :

$$k = \sum S_{\text{ср}} / 4 = 0,56 / 4 = 0,14.$$

Скорректированная сезонная компонента S_i составит:

$$S_i = S_{\text{ср}} - k.$$

$$S_i = -0,29245 - 0,14 = -0,43245 \text{ – для первого сезона;}$$

$$S_i = 0,07675 - 0,14 = -0,06325 \text{ – для второго сезона}$$

и т. д.

Проверим условие равенства 0 суммы значений сезонной компоненты:
 $-0,43245 - 0,06325 + 0,46095 + 0,03475 = 0$

Это говорит о правильности произведенных вычислений, т. е. о верности выбора количества сезонов.

Элиминируем влияние сезонной компоненты, вычитая ее значение из каждого уровня исходного временного ряда. Получим величины

$$T + E = Y - S.$$

Эти значения рассчитываются за каждый момент времени и содержат только тенденцию и случайную компоненту.

Определим компоненту T данной модели. Для этого проведем аналитическое выравнивание ряда $(T + E)$ с помощью линейного тренда. Используем инструмент анализа данных Excel Регрессия (Сервис / Анализ данных / Регрессия).

8-й этап. Расчет уравнения линейного тренда:

$$\frac{t - t_1}{t_2 - t_1} = \frac{T - T_1}{T_2 - T_1};$$

$$T - T_1 = \frac{t - t_1}{t_2 - t_1} (T_2 - T_1);$$

$$T = \frac{t - t_1}{t_2 - t_1} (T_2 - T_1) + T_1.$$

$$T = 0,022556391 (t - 1) + 3,1357143.$$

Линейный тренд имеет вид:

$$Y = a + bt,$$

где a – начальная точка тренда;

b – угол наклона тренда;

t – временной интервал.

Покажем данные регрессионной статистики в табл. 4.

Таблица 4

Полученные данные регрессионной статистики

Регрессионная статистика	Значение
Множественный R	0,623840
R -квадрат	0,389176
Нормированный R -квадрат	0,355241
Стандартная ошибка	0,059430
Наблюдения	20

Таким образом, получим следующий линейный тренд:

$$T = 11,06816842 + 0,050903008t.$$

Подставляя в это уравнение значения $t = 1 \dots 20$, найдем уровни T для каждого момента времени.

Найдем значение уровней ряда, полученные по аддитивной модели (рис. 3). Для этого прибавим к уровням T значения сезонной компоненты для соответствующих кварталов.

В соответствии с методикой построения аддитивной модели расчет ошибки производится по формуле

$$E = Y - (T + S).$$

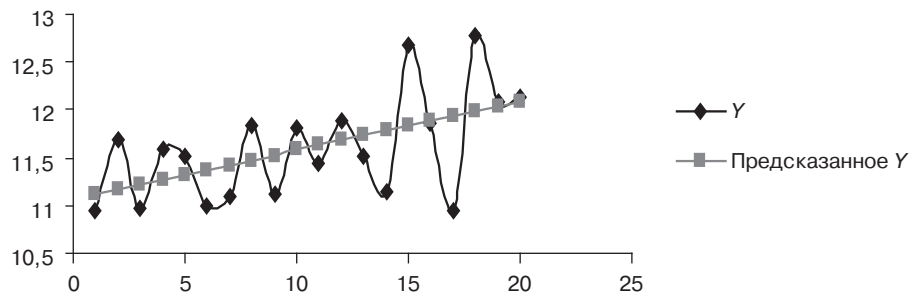


Рис. 3. Значения уровней ряда, полученные по аддитивной модели

Это абсолютная ошибка. Численные значения абсолютных ошибок приведены на рис. 4.

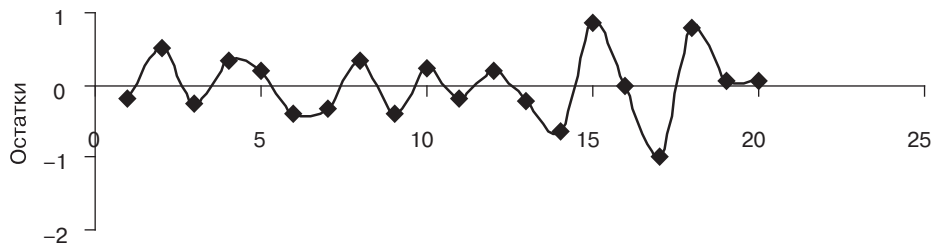


Рис. 4. Численные значения абсолютных ошибок

Если временной ряд не содержит автокорреляции, его можно использовать вместо исходного ряда для изучения его взаимосвязи с другими временными рядами. Полученное уравнение линейного тренда позволяет использовать его для прогноза.

9-й этап. Расчет прогнозного значения на основании построенной модели составит:

$$y_p = T + S = 11,06816842 + 0,050903008 \times 21 - 0,43245 = 11,704681588,$$

где y_p – y прогнозное.

Таким образом, спрогнозированные затраты на оплату труда в следующем периоде следует принять равным 11,704681588 ~ 11,70 руб. в расчете на единицу изделия.

Рассчитанные аналогичным образом другие нормативы представлены в табл. 5.

Таблица 5

Прогнозные нормативы основных затрат, включаемых в себестоимость корпуса электромагнита

Показатель	Абсолютное значение нормативного показателя в расчете на 1 ед. изд., руб.	Нормативный коэффициент на 1 руб. заработной платы
Оплата труда	11,70	
Материалы	27,74	
Общепроизводственные расходы		2,01
Общехозяйственные расходы		1,78

На основании полученных нормативов можно определить прогнозную себестоимость на следующий, 21-й месяц, сравнить с нормативными данными, полученными на основе использования электронной базы данных и выявить отклонения.

Использование данной математической модели избавит от ручного труда экономический отдел и позволит оперативно предоставлять аппарату управления информацию о тенденциях изменения нормативной себестоимости единицы изделия (на основе ее прогнозирования) для выбора оптимальной системы ценообразования и выявления наиболее рентабельных видов продукции.

Литература

1. *Бородин А.И., Васильева И.Н.* Разработка процесса организации нормативно-аналитического метода учета затрат на машиностроительном предприятии // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. – 2014. – № 3 (18). – С. 14–17. – (Серия: Экономика и управление).
2. *Егорова И.С.* Учетно-аналитическое обеспечение управления затратами в управленческом учете и аудите // Международный бухгалтерский учет. – 2012. – № 9. – С. 45–54.
3. *Иванов В.В.* Управленческий учет для эффективного менеджмента / В.В. Иванов, О.К. Хан. – М. : ИНФРА-М, 2013. – 208 с.
4. *Кувшинов М.С., Киреева Н.В.* Анализ соответствия методов управления затратами актуальным задачам управления // Экономический анализ: теория и практика. – 2014. – № 17. – С. 38–44.
4. *Этрилл П.* Финансовый менеджмент и управленческий учет для руководителей и бизнесменов / П. Этрилл, Э. МакЛейни / пер. с англ. В. Ионов. – М. : Альпина Паблиш, 2012. – 648 с.