

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ФАКТОРОВ НА УРОВЕНЬ СЕБЕСТОИМОСТИ СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ И СОЗДАНИЕ ЭКОНОМИКО-СТАТИСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Е. Г. ЭЛЬГОРТ

(Киев)

В современных условиях одним из важных методологических вопросов является измерение величины факторов снижения себестоимости, без чего трудно обосновать текущие и перспективные планы развития народного хозяйства. Существующие методы анализа сводятся в основном к сравнению фактического уровня и планового задания за отчетный период. При проведении анализа в таком аспекте себестоимость предстает как величина, определяемая вполне функционально.

Подобный функциональный анализ себестоимости проводится методом прямого счета, имеет весьма большое значение и должен широко использоваться.

Однако этот анализ позволяет вскрыть лишь причины различия себестоимости, заключающиеся в различной величине отдельных элементов, входящих в состав себестоимости. Так, сопоставляя фактическую себестоимость строительно-монтажных работ большого количества строительных организаций определенного профиля, можно установить изменения всех величин, определяющих размеры себестоимости — различия норм, цен, расценок, ставок, транспортных расходов и других величин — и таким образом полностью раскрыть величину отклонений в уровне себестоимости.

Однако выявленные причины не отражают действия факторов, связанных с техническим прогрессом, способствующих изменению уровня себестоимости. К таким факторам следует отнести рост производительности труда, который воздействует на снижение себестоимости путем уменьшения фонда заработной платы в расчете на единицу продукции; увеличение объема строительно-монтажных работ и связанное с ним снижение накладных расходов, приходящихся на единицу продукции; рост фондоотдачи, т. е. увеличение объема продукции на каждый рубль основных производственных фондов, что также способствует снижению себестоимости, и многие другие факторы.

Одновременно с изучением факторов, способствующих снижению себестоимости, необходимо учесть влияние факторов, которые удорожают себестоимость. Например, рассредоточенное ведение строительства, неритмичное выполнение объемов строительно-монтажных работ, разнотипность сооружений в промышленном строительстве и др.

Перечисленные факторы сами зависят от множества обстоятельств, находятся в тесной связи между собой и оказывают воздействие на все элементы себестоимости в различных направлениях. Таким образом, это глубинные, качественные факторы, и их действие на себестоимость носит комплексный характер.

Количественная оценка влияния этих факторов не может быть определена методом функционального анализа, так как их воздействие носит стохастический, вероятностный характер, требует применения методов математической статистики, в частности, методов корреляции.

Как известно, основу экономических исследований должен составлять глубокий качественный анализ. Но качественный анализ неизбежно остается неполным, если он не ведется в органическом единстве с количественным. Качественный анализ определяет конкретные вопросы, подлежащие количественному исследованию. Для количественного анализа эффективно применять методы корреляции.

Методы корреляции позволяют установить закономерность взаимосвязей между величинами и решить два вопроса — о форме связи и о силе связи, — что является основным для определения закономерности той или иной зависимости. Сущность изучения состоит в поиске совокупности факторов, в которых находит свое выражение действие общих условий, закономерность изучаемого явления.

Таким образом, методы корреляции служат важным средством единого количественного и качественного анализа.

Следует указать, что иногда исследователи применяют методы корреляции к изучению зависимости какого-либо комплексного показателя (функции) от величин (аргументов), органически с ним связанных, т. е. от составляющих величин, которые в сумме образуют значение самого показателя: например, себестоимости строительно-монтажных работ организаций однородного профиля в зависимости от величины отдельных статей затрат (материалов, заработной платы рабочих, затрат на эксплуатацию строительных машин, накладных расходов и т. д.).

Более целесообразно такие исследования вести методами прямого счета.

Функциональные зависимости отличаются некоторой колеблемостью значений факторов, что не является основанием считать их корреляционными. При таком анализе теряет смысл применение основных проблем теории корреляции, т. е. определе-

ние тесноты и характера связи. Совершенно ясно заранее, что между себестоимостью и отдельными статьями затрат существует тесная связь. Характер связи также известен, т. е. с увеличением затрат на материалы, заработную плату и других затрат увеличивается себестоимость так же, как и уменьшение отдельных статей затрат обеспечивает снижение себестоимости.

В данной статье изложены результаты работы, проведенной отделом строительной кибернетики НИИ строительного производства (НИИСП) по применению методов

Таблица 1

Краткая характеристика и условные обозначения показателей (факторов)

Наименование показателей	Ед. изм.	Условные обозначения	Среднее значение	Среднеквадратическое отклонение	Источник получения показателей	Классификация показателей
Уровень себестоимости (отношение фактической себестоимости к сметной стоимости)		y	0,864	0,056	форма 28-КС	результативный признак
Годовой объем выполненных строительных и монтажных работ	млн. руб.	x_1	2,089	0,038	форма 3-Т-26-КС	фактор
Выработки на одного работающего	тыс. руб.	x_2	7,73	1,276	»	»
Коэффициент ритмичности		x_3	0,892	0,047	»	»
Объем одного объекта	тыс. руб.	x_4	38,38	5,968	форма 1-КС	»
Уровень накладных расходов	%	x_5	12,8	2,26	форма 28-КС	»
Основные производственные фонды на 1 млн. руб. (фондовооружение)	млн. руб.	x_6	0,163	0,028	форма 5-КС	»

Таблица 2

Группировка исходных показателей по уровню себестоимости

№ п/п	№ СУ	y	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6
1	551	0,73	3,7	10,78	0,96	55	10,7	0,26
2	552	0,74	3,7	10,6	0,95	55	10,8	0,21
3	559	0,77	3,4	10,5	0,91	40	10,9	0,23
4	554	0,83	2,2	10,0	0,90	39	10,7	0,21
5	563	0,83	2,1	7,69	0,89	38	11,3	0,18
6	564	0,83	3,1	7,65	0,91	39	11,8	0,23
7	508	0,83	1,8	7,6	0,92	35	12,4	0,15
8	505	0,86	1,9	6,22	0,86	51	12,1	0,21
9	502	0,86	3,3	9,153	0,95	31	13,25	0,12
...	...	...	...	...	...	...	...	...
21	570	0,86	2,5	5,998	0,93	34	12,3	0,14
22	544	0,88	1,0	6,05	0,88	38	15,3	0,17
23	560	0,93	1,5	6,892	0,80	38	16,1	0,12
24	558	0,97	1,5	6,57	0,83	35	16,0	0,19
25	566	0,99	0,9	4,797	0,82	24	16,3	0,10
26	609	0,97	1,2	4,874	0,88	28	16,0	0,10

корреляции и ЭВМ к исследованию влияния отдельных факторов, определяющих уровень себестоимости, и по составлению экономико-статистической многофакторной модели уровня себестоимости санитарно-технических работ в строительстве.

Для примера приводятся результаты, полученные по материалам специализированных строительных управлений по производству санитарно-технических работ Приднепровского экономического района. Исходный материал характеризуется статистическими показателями 26 строительных управлений за 1963 г.

В табл. 1 приведена краткая характеристика и условные обозначения принятых к исследованию показателей.

Группировка исходных показателей сантехмонтажных строительных управлений по уровню себестоимости (табл. 2) позволяет установить общую тенденцию влияния принятых к исследованию факторов $x_1, \dots, x_6$ на уровень себестоимости y .

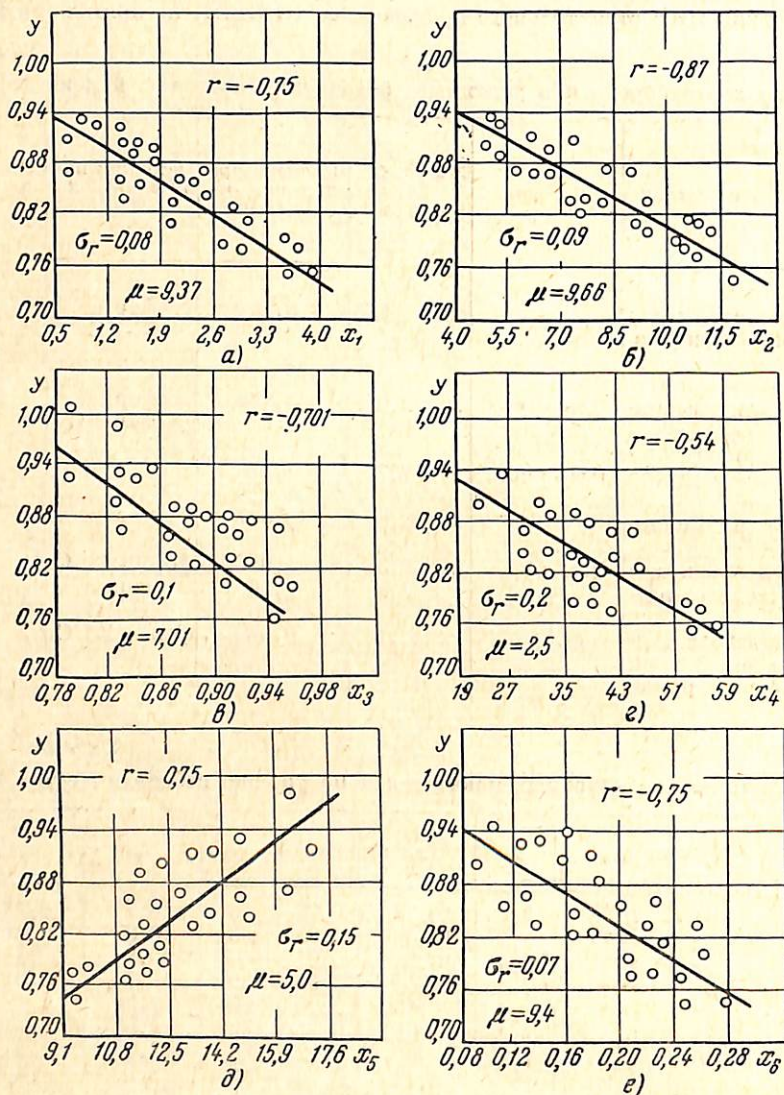


Рис. 1. Корреляционные таблицы зависимостей y от x_1 и y от x_2 : а) зависимость уровня себестоимости y от годового объема работ $l_y - x_1$; б) зависимость уровня себестоимости y от выработки на одного работающего x_2 ; в) зависимость уровня себестоимости y от коэффициента ритмичности x_3 ; г) зависимость уровня себестоимости y от объема объекта x_4 ; д) зависимость уровня себестоимости y от уровня накладных расходов x_5 ; е) зависимость уровня себестоимости y от фондовооруженности 1 млн. руб. x_6

Как видно из табл. 2, увеличение годового объема строительно-монтажных работ x_1 , рост выработки x_2 , повышение коэффициента ритмичности x_3 ведут к снижению себестоимости y . В то же время мелкие объекты по объемам работ x_4 ведут к увеличению себестоимости y .

Однако при сопоставлении уровня себестоимости y с глубинными факторами $x_1, \dots, x_6$ обнаруживаются значительные отклонения от общей тенденции (табл. 2).

Эти отклонения показывают, что между изучаемыми показателями существует корреляционная, а не функциональная связь.

Показателем необходимости включения изучаемых факторов (аргументов) в проект модели служит коэффициент корреляции r в уравнениях парных зависимостей между признаком и каждым фактором в отдельности.

Для определения коэффициентов корреляции r и получения уравнений парных зависимостей было построено 42 корреляционных таблицы.

На рис. 1 показаны корреляционные таблицы зависимостей y от x_1 и y от x_6 .

Коэффициенты корреляции всех изученных зависимостей характеризует табл. 3.

Коэффициенты корреляции

Таблица 3

	y	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6
y	—	—0,75	—0,87	—0,70	—0,54	0,75	—0,75
x_1	—0,75	—	0,86	0,72	0,43	—0,66	0,63
x_2	—0,87	0,86	—	0,72	0,47	—0,34	0,66
x_3	—0,70	0,72	0,72	—	0,31	—0,47	0,42
x_4	—0,54	0,43	0,47	0,31	—	—0,40	0,60
x_5	0,75	—0,66	—0,34	—0,47	—0,40	—	—0,37
x_6	—0,75	0,63	0,66	0,42	0,90	—0,37	—

Как видно из табл. 3, коэффициенты корреляции r между признаком y и каждым из факторов $x_1, \dots, x_6$ являются достаточно надежными, они находятся в пределах от 0,54 до 0,87. Незначительные коэффициенты корреляции между отдельными факторами, а именно между x_3 и x_4 $r = 0,31$ или между x_2 и x_5 $r = -0,34$ для данной модели зависимости y от $x_1, \dots, x_6$ не имеют значения.

Для того чтобы выявить тесноту связи между исследуемыми показателями можно было распространить на всю генеральную совокупность специализированных строительных подразделений по производству сантехнических работ, намп определены доверительные интервалы для коэффициентов корреляции ρ в генеральной совокупности [1].

На рис. 2 представлен график доверительных интервалов для коэффициентов корреляции ρ между уровнем себестоимости y и основными факторами $x_1 \dots x_6$ в генеральной совокупности для $n = 26$.

При этом одна кривая для парных коэффициентов корреляции между y и $x_1 \dots x_6$ определяет значение ρ , при котором

$$\int_{-1}^r fn(rp) dr = 0,025,$$

другая кривая дает значение ρ , для которого

$$\int_{-1}^r fn(rp) dr = 0,975.$$

Например, при коэффициенте корреляции r между уровнем себестоимости y и работой на одного работающего x_2 , в выборочном обследовании 26 строительных управлений, равно $-0,87$, 95-й доверительный интервал коэффициента корреляции ρ генеральной совокупности находится в пределах $-0,75 < \rho < -0,95$.

Таким образом, полученные надежные парные коэффициенты корреляции r , а также их доверительные интервалы для коэффициентов генеральной совокупности позволили определить парные зависимости между уровнем себестоимости и каждым фактором в отдельности.

Таблица 4

Парные зависимости между уровнем себестоимости и каждым фактором

Зависимости y от	Уравнения теоретической линии регрессии
x_1	$y_{(x_1)} = 0,975 - 0,053 x_1$
x_2	$y_{(x_2)} = 1,057 - 0,025 x_2$
x_3	$y_{(x_3)} = 1,61 - 0,84 x_3$
x_4	$y_{(x_4)} = 1,01 - 0,0039 x_4$
x_5	$y_{(x_5)} = 0,626 + 0,0185 x_5$
x_6	$y_{(x_6)} = 0,99 - 0,80 x_6$

В табл. 4 приведены парные зависимости между уровнем себестоимости y и факторами $x_1 \dots x_6$.

Для того чтобы по полученным уравнениям парной зависимости можно было установить влияние каждого фактора в отдельности на уровень себестоимости, необходимо учесть значение частных коэффициентов корреляции между y и $x_1 \dots x_6$.

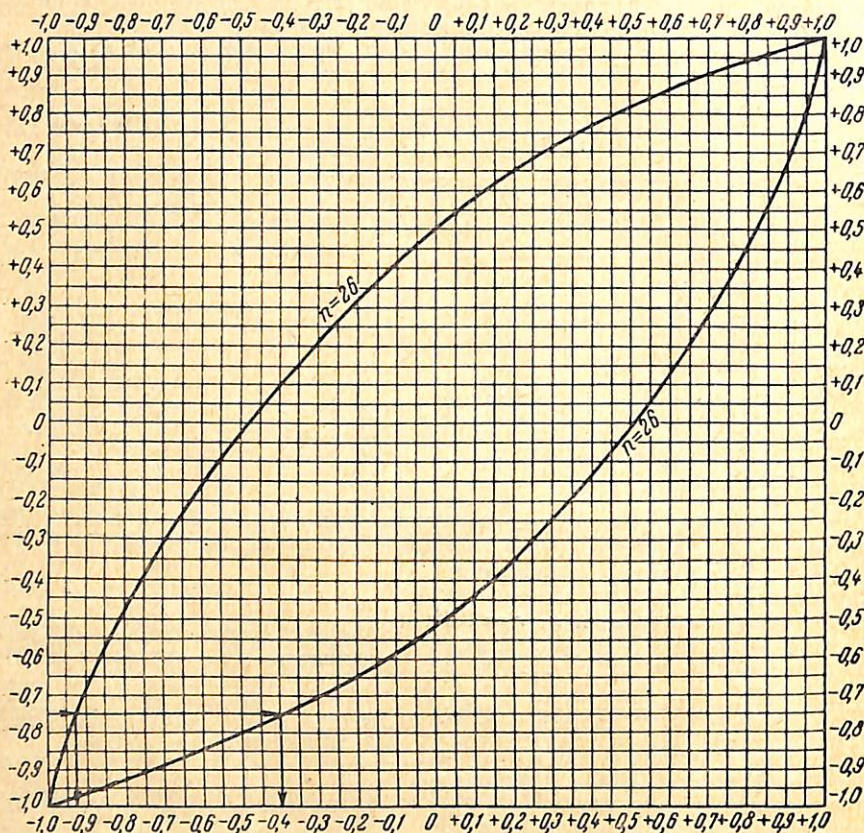


Рис. 2. График доверительных интервалов коэффициентов корреляции r в генеральной совокупности (доверительная вероятность 0,95)

Частные коэффициенты корреляции p -го порядка определены через коэффициенты корреляции низших порядков по формуле [2—3]:

$$r_{1 \cdot j \cdot 23 \dots j-1 \ j+1} = \frac{r_{1 \cdot j \cdot 2 \dots j-1 \ j+1 \dots n-1} - r_{1 \cdot n \cdot 2 \dots j-1 \ j+1 \dots n-1} r_{j \cdot n \cdot 2 \dots j-1 \ j+1 \dots n-1}}{\sqrt{(1 - r_{1 \cdot n \cdot 2 \dots j-1 \ j+1 \dots n-1}^2)(1 - r_{j \cdot n \cdot 2 \dots j-1 \ j+1 \dots n-1}^2)}}$$

Для наглядности приводим некоторые частные коэффициенты корреляции *:

$$r_{yx_1}(x_2, x_3, x_4, x_5, x_6) = -0,37;$$

$$r_{yx_2}(x_1, x_3, x_4, x_5, x_6) = -0,40;$$

$$r_{yx_3}(x_1, x_2, x_4, x_5, x_6) = -0,20.$$

Частные коэффициенты корреляции показывают тесноту связи между признаком и каждым фактором при исключении влияния прочих исследуемых факторов. Так, если между уровнем себестоимости и выработкой на одного работающего парный коэффициент корреляции при среднем значении влияния прочих факторов, составил $-0,87$, то частный коэффициент корреляции $r_{yx_2}(x_1, x_3, x_4, x_5, x_6) = -0,40$.

Таким образом, изменение уровня себестоимости за счет чистого влияния данного фактора можно определить с учетом частного коэффициента корреляции. В табл. 5

* Частные коэффициенты корреляции определены по программе Института автоматизации на ЭВМ Урал-2.

показано «чистое» влияние всех принятых к исследованию факторов на уровень себестоимости.

Общий уровень себестоимости с учетом одновременного влияния всех принятых к исследованию факторов определен по уравнению множественной регрессии модели себестоимости.

Таблица 5

Влияние всех факторов на уровень себестоимости

Параметры (факторы)	Направление изменения параметра ($\pm$)	Частные коэффициенты корреляции	Возможное снижение себестоимости с учетом частных коэффициентов, %
Годовой объем выполненных строительно-монтажных работ x_1	—	[0,371]	0,043
Выработка на одного работающего x_2	—	[0,401]	0,093
Коэффициент ритмичности x_3	—	[0,201]	0,161
Количество объектов на 1 млн. руб. x_4	+	[0,181]	0,020
Уровень накладных расходов x_5	+	[0,11]	0,038
Основные производственные фонды на 1 млн. руб. (фондовооружение) x_6	—	[0,12]	0,028

В общем виде искомая модель имеет следующий вид:

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + \dots + a_6x_6,$$

где $a_1, a_2, \dots, a_6$ — коэффициенты, подлежащие определению;

$x_1, \dots, x_6$ — рассматриваемые факторы, влияющие на себестоимость.

Для определения коэффициентов модели составляется система семи уравнений с семью неизвестными.

Коэффициенты $a_0, a_1, a_2, \dots, a_6$ можно вычислить на основе частных коэффициентов корреляции и значений остаточных дисперсий.

Нами коэффициенты $a_0, a_1, \dots, a_6$ рассчитаны по программе на ЭЦВМ М-20, составленной отделом строительной кибернетики НИИСП для всего комплекса корреляционного анализа, где для построения модели предусмотрено решение системы уравнений в стандартизованном масштабе *.

Система уравнений для определения стандартизованных коэффициентов β модели себестоимости:

$$\begin{aligned} -0,75 &= \beta_1 + \beta_2 0,86 + \beta_3 0,72 + \beta_4 0,43 - \beta_5 0,66 - \beta_6 0,63; \\ -0,87 &= \beta_1 0,86 + \beta_2 + \beta_3 0,72 + \beta_4 0,47 - \beta_5 0,34 + \beta_6 0,66; \\ -0,70 &= \beta_1 0,72 + \beta_2 0,72 + \beta_3 + \beta_4 0,31 - \beta_5 0,47 + \beta_6 0,42; \\ -0,54 &= \beta_1 0,43 + \beta_2 0,47 + \beta_3 0,31 + \beta_4 - \beta_5 0,40 + \beta_6 0,60; \\ -0,75 &= -\beta_1 0,66 - \beta_2 0,34 - \beta_3 0,47 - \beta_4 0,40 + \beta_5 - \beta_6 0,37; \\ -0,75 &= -\beta_1 0,63 + \beta_2 0,66 + \beta_3 0,42 + \beta_4 0,90 - \beta_5 0,37 + \beta_6. \end{aligned}$$

Коэффициенты β получены решением приведенной системы. Перевод в натуральный a масштаб осуществлен по следующим формулам [4]:

$$a_1 = \frac{\sigma_y}{\sigma_{x_1}} \beta_{x_1}, \quad a_2 = \frac{\sigma_y}{\sigma_{x_2}} \beta_{x_2} \text{ и т. д.}$$

* Программу на ЭЦВМ М-20 составила Г. А. Деревенская.

В результате математических преобразований модель себестоимости строительно-монтажных работ специализированных строительных подразделений по производству сантехнических работ приняла следующий вид:

Таблица 6

Влияние отдельных факторов на уровень себестоимости

Факторы	Удельный вес, %
Годовой объем выполненных строительно-монтажных работ x_1	4,93
Выработка на одного работающего x_2	9,74
Коэффициент ритмичности x_3	50,28
Объем одного объекта x_4	6,64
Уровень накладных расходов x_5	5,96
Основные производственные фонды на 1 млн. руб. (фондовооружение) x_6	7,33
Прочие факторы	15,12
	100

$$y = 1,486 - 0,02x_1 - 0,0011x_2 - 0,49x_3 - 0,0015x_4 + 0,005x_5 - 0,31x_6.$$

Для того чтобы судить, с какой степенью точности полученная модель отражает реальную действительность, сопоставлен теоретически исчисленный уровень себестоимости по полученному уравнению с фактическими данными.

Сопоставление показало, что по всем 26 строительным управлениям отклонения исчисленных значений уровня себестоимости от фактических не превышает $\pm 15\%$, что вполне приемлемо для практических расчетов, для целей планирования и анализа уровня себестоимости.

Полученная модель себестоимости позволяет также определить влияние отдельных факторов на уровень себестоимости в их общей совокупности. Для этого подставляем в уравнение модели средние значения факторов $x_1 \dots x_6$ и полученное среднее значение признака y принимаем за 100 (табл. 6).

Как показывает таблица, решающим результатом работы строительных организаций является ритмичность выпуска готовой продукции, что находит отражение в основном комплексном показателе производственно-хозяйственной деятельности — уровне себестоимости.

готовой продукции, что находит отражение в основном комплексном показателе производственно-хозяйственной деятельности — уровне себестоимости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Я. Янко. Математико-статистические таблицы. М., Госстатиздат, 1961.
2. Г. Крамер. Математические методы статистики. Л., 1948.
3. Дж. Эдн и Юл и М. Дж. Кендел. Теория статистики. М., Госстатиздат, 1960.
4. Я. И. Лукомский. Теория корреляции и ее применение к анализу производства. М., Госстатиздат, 1953.

Поступила в редакцию
1 VI 1965