

# **Анализ надежности существующих методов установления функций совокупных издержек производства на угольных шахтах**

Гомаль И.И. канд. техн. наук, Шаповал С.Н. канд. техн. наук, Рябич О.Н.

(ДонНТУ)

// Економіка: проблеми теорії та практики: Збірник наукових праць. – Дніпропетровськ: ДНУ. - 2004. – Випуск 197: В 4т. Том III. – С.682-691.

## **Аннотация**

Осуществлен анализ надежности существующих методов установления функций краткосрочных совокупных издержек производства конкретного продукта. Рассматривались методы наименьших квадратов, высшей-низшей точки и упрощенный статистический. На примерах угольных шахт доказано, что наиболее точную линейную функцию совокупных издержек производства конкретного продукта можно получить методом наименьших квадратов.

**Ключевые слова:** линейная функция, издержки производства, угольная шахта

## **I Введение**

Функцией любого вида издержек производства конкретного продукта (совокупных, средних, предельных) является аналитическое выражение, представляющее собой взаимосвязь между издержками производства, с одной стороны и объемом производства этого продукта, с другой стороны.

Под краткосрочным периодом подразумевается такой временной интервал, в течение которого используемые основные фонды предприятия (ресурс, капитал) остаются неизменными, т.е. постоянными. Другими словами, краткосрочным периодом можно считать временной интервал, в течение которого не осуществляется техническое перевооружение, реконструкция или расширение действующего предприятия. Из-за отсутствия денежных средств для большинства угольных шахт этот временной интервал, т.е. краткосрочный период, растянулся на многие годы.

Издержки производства в краткосрочном периоде будем называть краткосрочными издержками производства. Зарубежные исследования показывают, что краткосрочные совокупные издержки производства конкретного продукта

наилучшим образом описываются линейными функциями объема производства [1].

Согласно зарубежной практике, механизм формирования операционной прибыли предприятия (фирмы) строится с учетом тесной взаимосвязи этого показателя с объемом производства (реализации) продукции, доходом и совокупными издержками производства. Система этой взаимосвязи, получившая название «Взаимосвязь издержек, объема реализации и прибыли» (Cost-Volume-Profit-relationships: “CVP”), позволяет установить роль каждого из этих факторов в формировании операционной прибыли и обеспечить эффективное управление этим процессом на предприятии. В процессе управления формированием операционной прибыли на основе международных стандартов (система «CVP») предприятие (шахта) может решать в краткосрочном периоде следующие задачи:

- определение объема производства, обеспечивающего безубыточную операционную деятельность;
- установление объема производства, обеспечивающего запланированную величину операционной прибыли;
- определение «предела финансовой безопасности»;
- уменьшение постоянных и переменных издержек производства с целью увеличения операционной прибыли.

В Украине и странах СНГ ведутся работы по установлению линейных функций краткосрочных совокупных издержек производства конкретного продукта для решения указанных задач с использованием системы «CVP», т.е. международных стандартов [2,3,4,5,6,7,8].

Для этого используются методы наименьших квадратов [2,3,5,7,8], высшей - нижней точки [2,3,4,6] и упрощенный статистический [3,6], которые при одинаковых исходных данных дают разные результаты, т.е. разные линейные функции краткосрочных совокупных издержек производства конкретного продукта.

На угольных шахтах и других предприятиях Украины и стран СНГ организован ежемесячный расчет издержек производства. Этим объясняется то, что,

подавляющее большинство исследований направлено на установление линейных функций ежемесячных совокупных издержек производства.

На основе этих линейных функций совокупных ежемесячных издержек легко установить линейные функции годовых совокупных издержек путем умножения первых на количество месяцев в году.

## **II Постановка задачи**

На примерах угольных шахт, являющихся однопродуктовыми предприятиями, установим надежность существующих методов установления функций совокупных издержек производства. Количество исходных данных ограничим количеством месяцев в году, т.е. будем использовать фактические ежемесячные совокупные издержки в течение года.

Первым критерием надежности существующих методов установления функций совокупных издержек производства, является среднеквадратическое отклонение фактических величин совокупных издержек от полученных по установленным этим методом функциям величин этих издержек.

Вторым критерием надежности существующих методов установления функций совокупных издержек производства (при принятом количестве исходных данных) является абсолютная величина разницы между фактическими годовыми совокупными издержками и их величинами, рассчитанными по линейным функциям годовых совокупных издержек.

Минимальная величина первого и второго критерия определит наиболее надежный метод установления линейных функций ежемесячных и годовых совокупных издержек на добычу угля на шахтах.

## **III Результаты**

Данные об объемах добычи угля и издержках на его добычу угольные шахты оформляют в виде статистической отчетности (форма № 10-п «Отчет о себестоимости продукции»). В таблице 1 приведены фактические данные о ежемесячных объемах добычи угля и ежемесячных совокупных издержках на его добычу на шахте им.М.И.Калинина ГП «Донецкуголь» за 2002 год, взятые из ежемесячных форм № 10-п по этой шахте.

Линейная функция ежемесячных совокупных издержек на добычу угля на шахте имеет вид

$$TC_M = A + b * Q_M, \quad (1)$$

где  $TC_M$  – возможные ежемесячные совокупные издержки на добычу угля, грн.,

$A$  - постоянные издержки на добычу угля, грн. за месяц,

$b$  - средние переменные издержки на добычу угля, грн./т,

$Q_M$  – возможная ежемесячная добыча угля по шахте, т.

Метод наименьших квадратов – это установление линейной корреляционно-регрессионной зависимости (1) по данным таблицы 1.

Таблица 1- Ежемесячные фактические объемы добычи угля и совокупные издержки производства на шахте им.М.И.Калинина ГП «Донецкуголь» за 2002год

Месяцы	Фактические объемы добычи угля, $Q_{фм}, т$	Фактические издержки производства, $TC_{фм}, грн.$
Январь	42199	4590000
Февраль	45659	4327000
Март	<b>55060</b>	<b>5037000</b>
Апрель	46484	3970000
Май	47884	4188000
Июнь	50806	4382000
Июль	42028	4109000
Август	40996	4287000
Сентябрь	36927	4069000
Октябрь	<b>34987</b>	<b>3779000</b>
Ноябрь	41005	4360000
Декабрь	36352	4623000
За год	$Q_{фг}=520387$	$TC_{фг}=51721000$

При компьютерной реализации средствами Excel линейной корреляционно-регрессионной зависимости по данным таблицы 1 получена линейная функция ежемесячных совокупных издержек на добычу угля на шахте им.М.И.Калинина, имеющая вид

$$TC_M = 3109470 + 27,69 * Q_M, \quad (2)$$

где  $A=3109470$  грн. за месяц,  $b=27,69$  грн/т.

Поле корреляции и график этой функции ежемесячных совокупных издержек на добычу угля на шахте им.М.И.Калинина показаны на рисунке1.

Метод высшей - низшей точки основан на установлении функции (1) по координатам точек К, L (рис.1). Координатами точки К по данным табл.1, являются максимальная фактическая ежемесячная добыча угля  $Q_{фМК}=55060$ т и соответствующие ей фактические совокупные издержки производства  $ТС_{фМК}=5037000$ грн. за месяц. Координатами точки L по данным этой же таблицы 1, являются минимальная фактическая ежемесячная добыча угля  $Q_{фМЛ}=34987$ т и соответствующие ей фактические совокупные издержки  $ТС_{фМЛ}=3779000$ грн.  $ТС_{м}=1585000+62,7*Q$

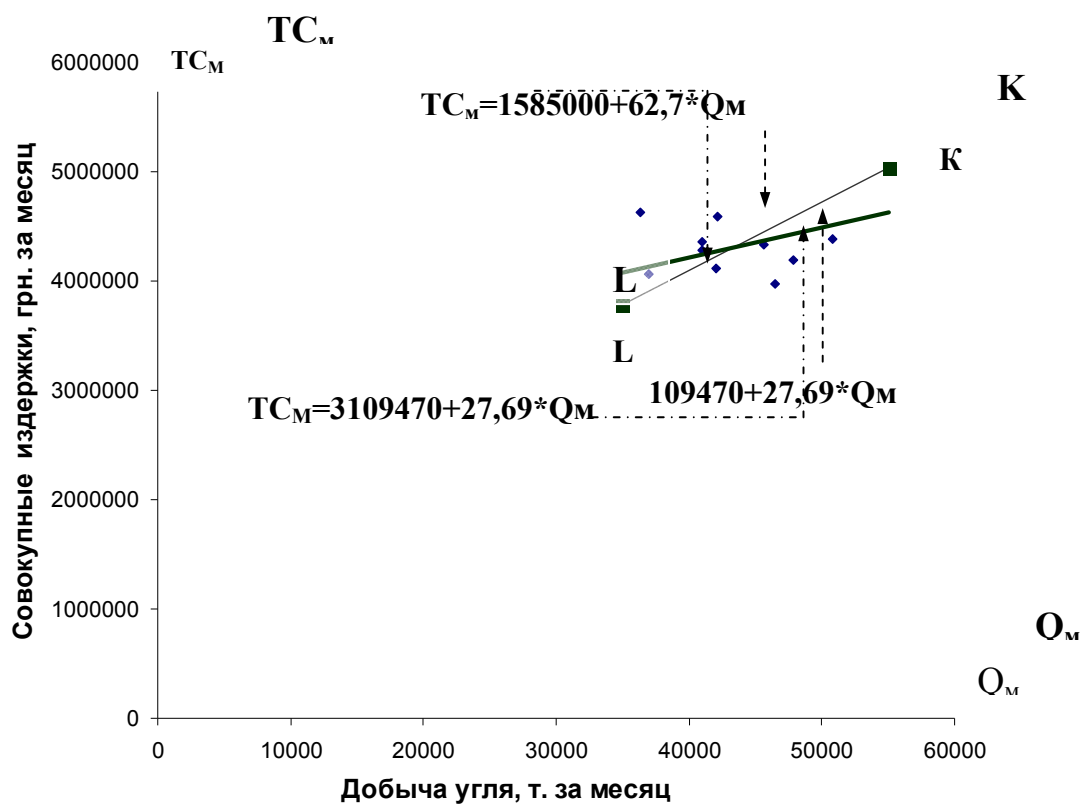


Рисунок 1 - Поле корреляции и графики линейных функций ежемесячных совокупных издержек на добычу угля на шахте им.М.И.Калинина, установленные методами наименьших квадратов и высшей - низшей точки

Согласно методу высшей - низшей точки средние переменные и постоянные издержки производства по шахте им.М.И.Калинина определяются по формулам

$$b=(TC_{фМК} - TC_{фМЛ})/(Q_{фМК}-Q_{фМЛ}), \quad (3)$$

$$A = +TC_{\text{фМК}} - b * Q_{\text{фМК}} \quad (4) \quad \text{или} \quad A = TC_{\text{фМЛ}} - b * Q_{\text{фМЛ}} \quad (5)$$

Используя данные таблицы 1, по формулам (3), (4), (5) получим

$$b = (5037000 - 3779000) / (55060 - 34987) = 62,7 \text{ грн/т.},$$

$$A = 5037000 - 62,7 * 55060 = 1585000 \text{ грн. за месяц},$$

$$\text{или } A = 3779000 - 62,7 * 34987 = 1585000 \text{ грн. за месяц}.$$

Линейная функция ежемесячных совокупных издержек на добычу угля на шахте им.М.И.Калинина, установленная методом высшей - низшей точки имеет вид

$$TC_{\text{М}} = 1585000 + 62,7 * Q_{\text{М}} \quad (6)$$

График этой линейной функции издержек приведен на рис.1.

Упрощенный статистический метод основан на установлении среднемесячных объемов производства и среднемесячных совокупных издержек производства по двум группам этих показателей. Перед формированием двух групп показателей необходимо их хронологическую последовательность заменить на последовательность, ранжированную по возрастанию объемов производства.

Исходные данные для определения среднемесячной добычи угля и среднемесячных издержек на его добычу по двум группам этих показателей на шахте им.М.И.Калинина, полученные на базе данных таблицы 1, приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Исходные данные для определения среднемесячных объемов добычи угля и среднемесячных совокупных издержек на его добычу на шахте им.М.И.Калинина

Месяцы	Фактические объемы добычи угля, $Q_{\text{фм},\text{т}}$	Фактические совокупные издержки производства. $TC_{\text{фм},\text{грн}}$
I группа показателей		
Октябрь	34987	3779000
Декабрь	36352	4623000
Сентябрь	36927	4069000
Август	40996	4287000
Ноябрь	41005	4360000
Июль	42028	4109000
Итого по I группе показателей	$Q_{\text{ф}\Sigma\text{I}} = 232295$	$TC_{\text{ф}\Sigma\text{I}} = 25227000$
II группа показателей		
Январь	42199	4590000
Февраль	45659	4327000
Апрель	46484	3970000
Май	47884	4188000
Июнь	50806	4382000
Март	55060	5037000

Итого по II группе показателей	$Q_{\phi\Sigma 2}=288092$	$TC_{\phi\Sigma 2}=26494000$
За год	$Q_{\phi r}=Q_{\phi\Sigma 1}+Q_{\phi\Sigma 2}=520387$	$TC_{\phi r}=TC_{\phi\Sigma 1}+TC_{\phi\Sigma 2}=51721000$

На базе таблицы 2, в таблице 3, установлены среднемесячные объемы добычи угля и среднемесячные совокупные издержки на его добычу на шахте им.М.И.Калинина по двум группам показателей.

Таблица 3 - Среднемесячные объемы добычи угля и среднемесячные совокупные издержки на его добычу на шахте им.М.И.Калинина по двум группам показателей

Наименования групп показателей	Фактические среднемесячные объемы производства, т.	Фактические среднемесячные совокупные издержки производства, грн.
I группа показателей	$\bar{Q}_{\phi 1}=Q_{\phi\Sigma 1}/6=232295/6=38716$	$\bar{TC}_{\phi 1}=TC_{\phi\Sigma 1}/6=25227000/6=4204500$
II группа показателей	$\bar{Q}_{\phi 2}=Q_{\phi\Sigma 2}/6=288092/6=48015$	$\bar{TC}_{\phi 2}=TC_{\phi\Sigma 2}/6=26494000/6=4415667$

Установленные в таблице 3 значения  $\bar{Q}_{\phi 1}$ ,  $\bar{TC}_{\phi 1}$ ,  $\bar{Q}_{\phi 2}$ ,  $\bar{TC}_{\phi 2}$  позволяют заменить показанное на рис.1 реальное поле корреляции двумя точками: точкой 1 с координатами ( $\bar{Q}_{\phi 1}=38716$ т;  $\bar{TC}_{\phi 1}=4204500$ грн.) и точкой 2 с координатами ( $\bar{Q}_{\phi 2}=48015$ т;  $\bar{TC}_{\phi 2}=4415667$ грн.), что показано на рис.2.

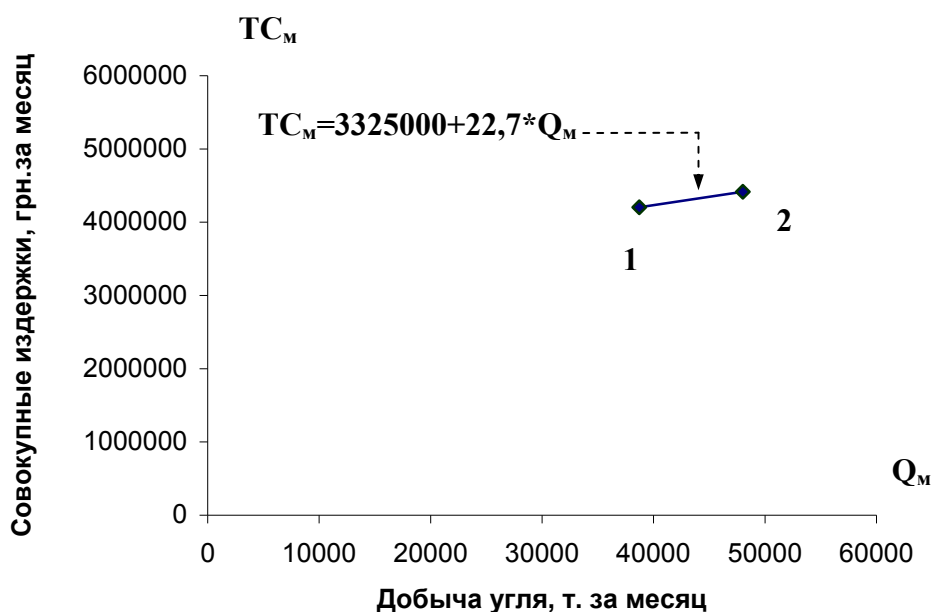


Рисунок 2 - График линейной функции ежемесячных совокупных издержек на добычу угля на шахте им.М.И.Калинина, установленной упрощенным статистическим методом

Согласно данного метода средние переменные и постоянные издержки производства на шахте им.Н.И.Калинина определяются по формулам

$$b = (TC_{\phi 2} - TC_{\phi 1}) / (Q_{\phi 2} - Q_{\phi 1}) \quad (7)$$

$$A = TC_{\phi 2} - b * Q_{\phi 2} \quad (8) \quad \text{или} \quad A = TC_{\phi 1} - b * Q_{\phi 1} \quad (9)$$

Используя данные таблицы 3 по формулам (7), (8), (9) получим

$$b = (4415667 - 4204500) / (48015 - 38716) = 22.7 \text{ грн/т.},$$

$$A = 4415667 - 22,7 * 48015 = 3325000 \text{ грн. за месяц},$$

$$\text{или } A = 4204500 - 22,7 * 38716 = 3325000 \text{ грн. за месяц.}$$

Линейная функция ежемесячных совокупных издержек на добычу угля на шахте им.М.И.Калинина, установленная упрощенным статистическим методом имеет вид

$$TC_M = 3325000 + 22,7 * Q_M \quad (10)$$

Вид выражений (2), (6), (10) показывает, что на базе одних и тех же исходных данных на шахте им.М.И.Калинина при использовании методов наименьших квадратов, высшей - низшей точки и упрощенного статистического получены разные линейные функции ежемесячных совокупных издержек производства на добычу угля. Эти линейные функции разные, так как различны значения их параметров, которыми являются постоянные издержки А, грн. за месяц и средние переменные издержки b, грн/т.

Для оценки надежности рассмотренных методов установления линейных функций ежемесячных совокупных издержек на добычу угля на шахте им.М.И.Калинина и на других шахтах используем величину среднеквадратического отклонения фактических величин этих издержек от расчетных по установленным функциям этих издержек  $\sigma_{\Delta TC}$ , грн. за месяц (первый критерий точности), которая определяется по формуле



$$\sigma_{\Delta TC} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (TC_{\text{фми}} - TC_{\text{ми}})^2 / n} \quad (11)$$

где  $i$  – индекс месяца;

$n=12$  – количество месяцев в году;

$TC_{\text{фми}}$  – фактические ежемесячные совокупные издержки производства, приведенные в таблице 1, грн. за месяц;

$TC_{\text{ми}}$  – ежемесячные издержки производства, рассчитанные по установленной конкретным методом линейной функции издержек при фактическом объеме добычи угля за  $i$ -й месяц, грн. за месяц.

Величины  $\sigma_{\Delta TC}$ , грн. за месяц при различных методах установления линейных функций ежемесячных совокупных издержек на добычу угля на шахте им.М.И.Калинина, рассчитанные по формуле (11), приведены в таб.4.

Таблица 4- Величины  $\sigma_{\Delta TC}$  при различных методах установления линейных функций ежемесячных совокупных издержек на добычу угля на шахте им.М.И.Калинина

Методы установления линейных функций ежемесячных совокупных издержек на добычу угля	Величины $\sigma_{\Delta TC}$ , грн.за месяц, рассчитанные по формуле (11)
Наименьших квадратов	276232
Высшей - низшей точки	342654
Упрощенный статистический	277732

Данные таблицы 4 показывают, что на шахте им.М.И.Калинина наименьшее среднеквадратическое отклонение фактических величин ежемесячных издержек от полученных по установленным разными методами линейным функциям этих издержек имеет место при использовании метода наименьших квадратов. Такой же результат получен и по другим шахтам Донбасса (таблица 5).

Таблица 5 - Величины  $\sigma_{\Delta TC}$  при различных методах установления линейных функций ежемесячных совокупных издержек на добычу угля на других шахтах Донбасса

Шахты	Величины $\sigma_{\Delta TC}$ , грн. за месяц при установлении линейных функций ежемесячных совокупных издержек на добычу угля методами:		
	наименьших квадратов	высшей - низшей точки	упрощенным статистическим
Имени	<b>441746</b>	603798	445119,68

А.А.Скочинского			
Имени А.Г.Стаханова	<b>1782380</b>	2338665	1812873
“Южнодонбасская” № 1	<b>320762</b>	379451	345381

Данные таблиц 4 и 5 показывают, что первому критерию надежности в наибольшей степени соответствует метод наименьших квадратов.

Для оценки надежности методов установления функций совокупных издержек на добычу угля на рассмотренных шахтах по второму критерию необходимо использовать линейную функцию годовых совокупных издержек, которая имеет вид

$$TC_{\Gamma} = n \cdot A + b \cdot Q_{\Gamma}, \quad (12)$$

где  $TC_{\Gamma}$  – возможные годовые совокупные издержки на добычу угля, грн.;

$Q_{\Gamma}$  – возможная добыча угля за год, т.

Величины второго критерия точности  $|\Delta TC_{\Gamma}|$ , грн. за год представляет собой абсолютную величину разницы между фактическими годовыми издержками на добычу угля на шахте  $TC_{\Phi\Gamma}$ , грн. за год и величиной  $TC_{\Gamma}$ , грн. за год, рассчитанной по формуле (12) при  $Q_{\Gamma} = Q_{\Phi\Gamma}$ , т.е.

$$|\Delta TC_{\Gamma}| = |TC_{\Phi\Gamma} - TC_{\Gamma}| \quad (13)$$

Величина  $|\Delta TC_{\Gamma}|$ , грн. за год при различных методах установления линейных функций совокупных издержек на добычу угля на рассмотренных шахтах Донбасса, рассчитанные по формулам (12) и (13), приведены в таблице 6.

Таблица 6- Величины  $|\Delta TC_{\Gamma}|$  при различных методах установления линейных функций совокупных издержек на добычу угля на рассмотренных шахтах Донбасса

Шахты	Величины $ \Delta TC_{\Gamma} $ , грн. за год при установлении линейных функций совокупных издержек на добычу угля методами:		
	наименьших квадратов	высшей-низшей точки	упрощенным статистическим
Имени М.И.Калинина	0	71667	757
Имени А.А.Скочинского	0	4 800 783	22876
Имени А.Г.Стаханова	0	17265466	83
“Южнодонбасская” № 1	0	1886057	14280

Данные таблицы 6 показывают, что второму критерию надежности в наибольшей степени соответствует также метод наименьших квадратов.

#### IV Выводы

Выполненный анализ надежности существующих методов установления краткосрочных линейных функций совокупных издержек производства на примере угольных шахт позволяет утверждать следующее.

1. При установлении функций совокупных издержек производства конкретного продукта альтернативы методу наименьших квадратов пока нет.

2. Для результативного использования метода наименьших квадратов при установлении функций издержек производства конкретного продукта необходимо обосновывать количество исходных данных и оценивать их однородность с учетом влияния роста заработной платы и цен на материальные ресурсы за рассмотренный период времени.

#### Литература

1. Артур Томсон , Джон Формби. Экономика фирмы/Пер. с англ.-М.:ЗАО “Издательство Бином”, 1998.-544с.
2. Савчук В.П. Финансовый менеджмент предприятий: прикладные вопросы с анализом деловых ситуаций : Учебное пособие. –К.:Максимум, 2001. – с.169-172.
3. Голов «Управленческий бухгалтерский учет / Киев.-ин-т геополитики, экономики и управления, -К.: «Скарби»,1998г. с.68-77
4. Drury C. Management and Cost Accounting Chapmanand Hall, 1988, Gh 20(21).
5. Берколайко М.З., Плетнев Ю.М., Руссман И.Б. Модифицированный метод дифференциации издержек // Энергия. — 2001. — № 2., с. 64.
6. Чумаченко Н.Г. Учет и анализ в промышленном производстве США. – М.:Финансы , 1971.,с. 41-51
7. Себер Дж. Линейный регрессионный анализ/пер. с англ. В.П.Носков.- М.:Мир, 1980г.,с.456
- 8.Успенский А.Б. Вычислительные аспекты метода наименьших квадратов при анализе и планировании регрессионных экспериментов / Моск.гос.ун.м.М.В.Ломоносова, Межфак.лаб.стат.методов, - М: Из-во МГУ, 1975г., с.167

