

УДК 338.984

А.В. Иевлев

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РЕМОНТА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Аннотация. В статье представлен корреляционный анализ, с помощью которого автор устанавливает качественную степень влияния одиннадцати факторов на значение чистой прибыли предприятия энергетического комплекса. В основе подхода лежит использование современного аппарата сетевого планирования. Построенная модель сетевого планирования позволяет выбрать оптимальный режим работы энергетического предприятия при ремонте и реконструкции оборудования, что в свою очередь позволит повысить эффективность принятия управленческих решений.

Ключевые слова: оборудование, ремонт, сетевое планирование, корреляционный анализ, энергетика, эффективность.

Artem Ievlev

MODELING OF PROCESSES OF REPAIR OF ENERGY EQUIPMENT

Annotation. In the article the correlation analysis by means of which the author establishes qualitative extent of influence of eleven factors on value of net profit of the enterprise of a power complex is submitted. Use of the modern device of network planning is the cornerstone of approach. The constructed model of network planning allows to choose optimum working hours of the power enterprise at repair and reconstruction of the equipment that in turn will allow to increase efficiency of adoption of administrative decisions.

Keywords: equipment, repair, network planning, correlation analysis, energy, efficiency.

В современных условиях на процесс организации ремонта энергетического оборудования и его результативность оказывают влияние различные факторы. К таким внутренним факторам, как степень износа оборудования, квалификация персонала организации, сезонность ремонта, добавляются и внешние факторы, например, стоимость запасных частей и материалов. Кроме того, следует учитывать и случайные факторы, к которым можно отнести колебания макроэкономических показателей и колебания региональных экономических показателей [1]. На наш взгляд, применение средств экономико-математического моделирования поможет решить проблему повышения эффективности принимаемых управленческих решений по вопросам организации процесса ремонта оборудования предприятия энергетического комплекса. Данный подход может обеспечить системность принимаемых управленческих решений. Иными словами, оценка эффективности будет осуществляться не только исходя из критерия минимума затрат, но и на основе других существенных показателей.

Результирующим показателем для частного энергетического предприятия является прибыль. Для моделирования зависимости чистой прибыли от других факторов с помощью построения регрессионной модели требуется достаточно большой входной массив данных [6]. Расчет произведем на примере условного энергетического предприятия. Рассмотрим данные за предшествующие 14 периодов (один период равен одному кварталу, а данные за 2017 г. представлены за первый квартал). В качестве результирующей переменной Y взята чистая прибыль за квартал. Динамика чистой прибыли, представленная на рисунке 1, не дает однозначного ответа на вопрос о перспективах предприятия.

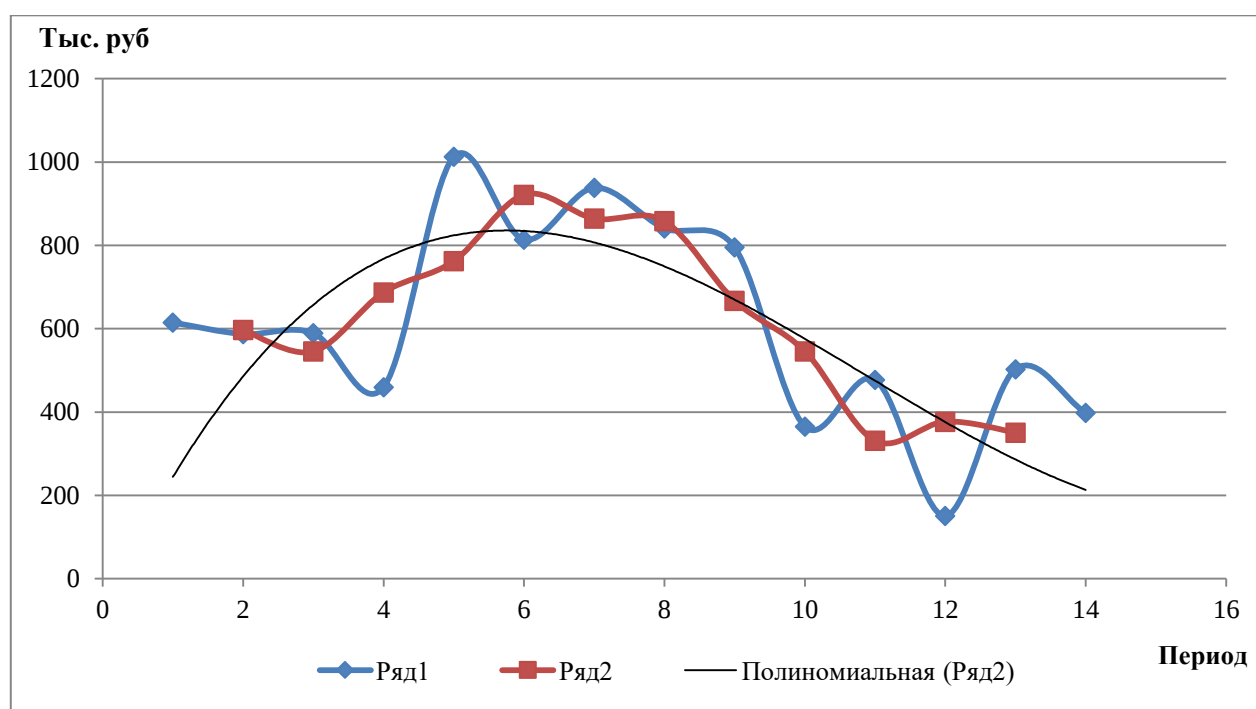


Рис. 1. Динамика чистой прибыли условного предприятия энергетического комплекса
(Ряд 1 – чистая прибыль предприятия, ряд 2 – скользящее среднее)

Построенный полиномиальный тренд 3-й степени (черная кривая на рис. 1), несмотря на высокое значение коэффициента детерминации, точного прогноза дать не может. Именно поэтому целесообразно рассмотреть влияние других факторов на чистую прибыль предприятия. Приведем эти факторы:

- X1 – количество обслуживаемых компанией жилых зданий (штук);
- X2 – количество обслуживаемых компанией коммерческих зданий (штук);
- X3 – степень аварийности теплосетей (доля);
- X4 – степень аварийности сетей электроснабжения (доля);
- X5 – совокупные затраты на текущий ремонт (тыс. руб.);
- X6 – взвешенная продолжительность работ по текущему ремонту (часов);
- X7 – коэффициент доверия населения;
- X8 – уровень инфляции в экономике Ярославской области за рассматриваемый период (%);
- X9 – средний уровень доходов в Ярославской области (тыс. руб.);
- X10 – средний процент по вкладу в коммерческих банках по Ярославской области (%);
- X11 – средний процент по кредиту в коммерческих банках Ярославской области (%).

Значения факторов X8-X11 взяты на основании статистических данных. Рассмотрение предложенных факторов полностью соответствует принципам системного подхода [2]. Например, рассматривая коэффициент доверия населения, мы учитываем в модели экономического агента, а макроэкономические факторы характеризуют, прежде всего, инвестиционный климат в регионе и влияние государства [3].

Корреляционный анализ позволяет установить степень зависимости факторов друг от друга, а также их влияние на результирующую переменную Y. Результаты корреляционного анализа отобразим в таблице 1.

Таблица 1

**Результаты корреляционного анализа влияния различных факторов
на прибыль предприятия энергетического комплекса**

	Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11
Y	1											
X1	0,63	1										
X2	0,19	0,78	1									
X3	-0,66	-0,48	-0,17	1								
X4	-0,87	-0,56	-0,18	0,84	1							
X5	-0,82	-0,43	0,10	0,70	0,90	1						
X6	-0,53	-0,15	0,14	0,64	0,62	0,62	1					
X7	0,86	0,54	0,01	-0,68	-0,91	-0,97	-0,58	1				
X8	-0,63	-0,05	0,19	0,69	0,75	0,69	0,39	-0,65	1			
X9	0,84	0,63	0,21	-0,76	-0,90	-0,89	-0,71	0,92	-0,54	1		
X10	-0,46	-0,03	0,24	0,47	0,66	0,73	0,50	-0,72	0,73	-0,57	1	
X11	-0,71	-0,20	0,22	0,67	0,85	0,91	0,67	-0,90	0,80	-0,82	0,90	1

Интерпретируем влияние факторов на чистую прибыль предприятия по результатам корреляционного анализа.

1. Коэффициент корреляции между чистой прибылью и количеством обслуживаемых домов составил 0,63. Это свидетельствует о средней прямой связи между данными величинами.

2. Коэффициент корреляции между чистой прибылью и количеством обслуживаемых коммерческих организаций составил 0,19. Это свидетельствует о слабой прямой связи между величинами и низкой степени влияния числа обслуживаемых коммерческих организаций на чистую прибыль.

3. Коэффициент корреляции между чистой прибылью и степенью аварийности теплосетей составил –0,66, что свидетельствует об обратной связи между величинами, близкой к сильной. То есть при увеличении аварийности теплосетей, чистая прибыль, при прочих равных, снижается.

4. Коэффициент корреляции между чистой прибылью и степенью аварийности сетей электроснабжения составил –0,87. Это свидетельствует о сильной обратной связи. Скорее всего, увеличение аварийности сетей электроснабжения наиболее негативно влияет на размер чистой прибыли.

5. Коэффициент корреляции между затратами на текущий ремонт и чистой прибылью составил –0,82, что также свидетельствует о сильной обратной связи. Таким образом, чем большее количество средств расходуется на текущий ремонт, тем ниже оказывается чистая прибыль (что вполне логично, поскольку затраты на текущий ремонт входят в конечную себестоимость работ и услуг). Однако, данный расчет выполнен при нормальном режиме работ по текущему ремонту без учета интенсивного режима работ.

6. Коэффициент корреляции между продолжительностью текущего ремонта и чистой прибылью составил –0,53 (средняя обратная связь). Чем дольше продолжительность работ по текущему ремонту, тем ниже чистая прибыль.

7. Коэффициент корреляции между чистой прибылью и коэффициентом доверия населения составил 0,86 (сильная прямая связь). Как мы уже отмечали выше, поскольку генерирующее предприятие функционирует в сфере коммунальных услуг, то именно репутация в глазах населения влияет на размер чистой прибыли компании.

8. Коэффициент корреляции между чистой прибылью и уровнем инфляции составил $-0,63$ (средняя обратная связь). Таким образом, рост инфляции отрицательно сказывается на величине чистой прибыли компании.

9. Коэффициент корреляции между чистой прибылью и размером реальных доходов населения составляет $0,84$ (сильная прямая связь). Это свидетельствует о высоком влиянии уровня реальных доходов на чистую прибыль, что вполне объяснимо – например, при падении реальных доходов увеличивается количество задолженностей по коммунальным платежам, что приводит к сокращению прибыли компании.

10. Коэффициент корреляции между чистой прибылью и средней процентной ставкой по депозитам (вкладам) составил $-0,46$ (средняя обратная связь). Таким образом, при увеличении процентных ставок по депозитам, прибыль генерирующей компании снижается.

11. Та же ситуация характерна и для процентов по кредитным ставкам. Коэффициент корреляции составил $-0,71$, т.е. при росте ставок по кредитам чистая прибыль снижается. Это объясняется большими затратами генерирующей компании на платежи по процентам (если речь идет о средствах, взятых в кредит) [5].

Проведенный корреляционный анализ позволил установить связь между чистой прибылью и набором факторов. Наибольшее влияние оказывает средний уровень доходов по Ярославской области, степень доверия населения и степень аварийности электросетей за квартал.

Однако с помощью корреляционного анализа возможно установить только тесноту связи между факторами, но не количественное влияние фактора на чистую прибыль [4]. Нас интересует количественная оценка влияния факторов на значение чистой прибыли (т.е. на сколько тысяч рублей изменится чистая прибыль при изменении значения каждого из факторов).

Построим регрессионную модель с переменными X_4 и X_5 – степень аварийности электросетей и затраты на текущий ремонт. Полученные параметры модели множественной регрессии отобразим в таблице 2.

Таблица 2

Параметры множественной регрессии

Параметры регрессии	Коэффициенты	Стандартная ошибка	t-статистика
Y-пересечение	0	#Н/Д	#Н/Д
Переменная X_4	-5956,464611	2914,256979	-2,043905068
Переменная X_5	1,83344944	0,731434043	2,506650405

Уравнение линейной регрессии (свободный член равен 0) с точностью до 2 знаков после запятой, выглядит как:

$$Y = 1,83X_5 - 5956,46X_4 \quad (1)$$

Если степень аварийности увеличивается на $0,01$, то чистая прибыль компании падает на $59,56$ тыс. руб. Если увеличивается стоимость текущего ремонта за счет его интенсификации на 1 тыс. руб., то по построенной модели регрессии прибыль увеличивается на $1,83$ тыс. руб.

Исследуем влияние стоимости и продолжительности текущего ремонта на чистую прибыль с помощью модели сетевого планирования. По графику сжатия можно сказать, что введение дополнительного числа рабочих мест (т.е. и увеличение стоимости оплаты труда), обратно пропорционально влияло на скорость работ. Работы в интенсивном режиме с привлечением новых рабочих в бригаду повысило общую стоимость, однако и сократило время.

Представим на рисунке 2 зависимость между стоимостью работ по ремонту оборудования и временем выполнения работ.

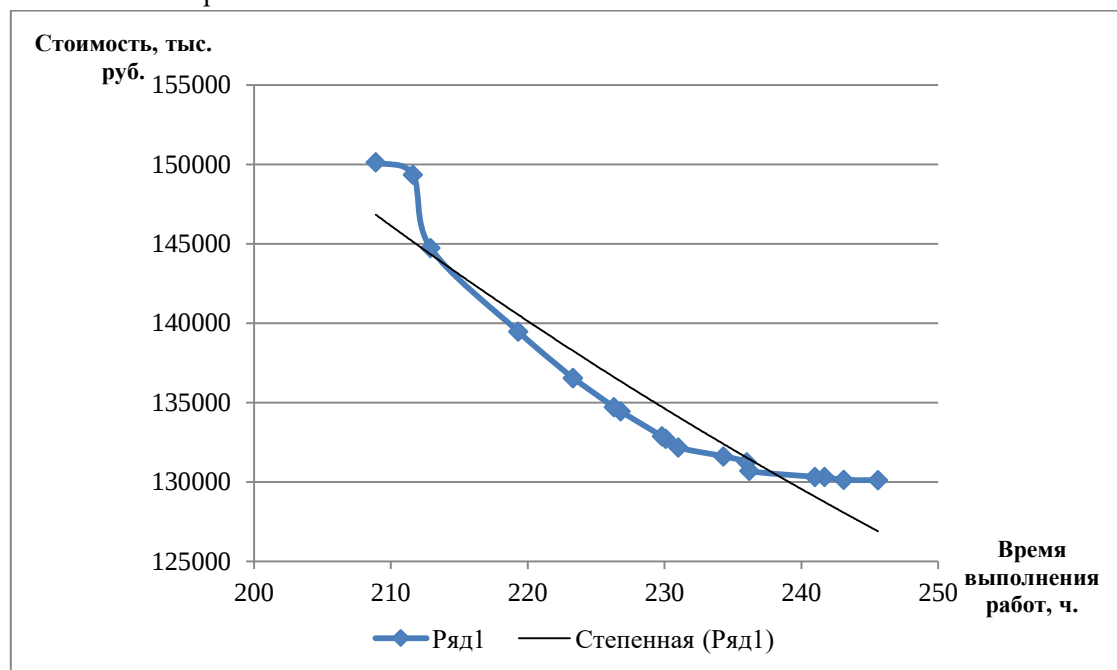


Рис. 2. Зависимость стоимости от времени выполнения работ

Представленная зависимость напоминает гиперболу, поэтому для описания взаимосвязи следует использовать степенную модель регрессии. Построенный в MS Excel тренд имеет следующий вид:

$$C = 19001668t^{-0,91} \quad (2)$$

Ошибка аппроксимации представленной модели равна 1,32 %, поэтому модель точно описывает связь между стоимостью и временем выполнения.

Поскольку издержки состоят из стоимости ремонтных работ и стоимости материалов, то при ставке процента i (если для выполнения ремонта используются заемные средства) формула издержек будет выглядеть следующим образом:

$$C = (19001668t^{-0,91} + Cm) \cdot (1 + i)^t \quad (3)$$

Функцию выручки эмпирически представить значительно сложнее функции издержек. Предположим, что функция выручки – величина, зависящая от времени выполнения работ. При этом выручка также будет зависеть и от стоимости материалов, затраченных на проект. Чем сложнее реконструировать (отремонтировать) оборудование, тем больше материалов на него необходимо затратить. Представим в формуле выручки эту зависимость с некоторым коэффициентом k (коэффициент сложности реконструкции). При этом поощрение (будем считать поощрением выполнение работ раньше срока) от населения представим в виде $(1 + q)^{T-t}$, где $T = \text{const}$ – директивный срок, ожидаемый населением.

Тогда прибыль можно записать в виде зависимости от времени выполнения работ t :

$$\pi(t) = kCm(1 + q)^{T-t} - (19001668t^{-0,91} + Cm) \cdot (1 + i)^t \quad (4)$$

В данном случае функция прибыли является функцией от одной переменной t . Исходя из условия максимизации функции, необходимо найти производную и приравнять ее к 0. На основании табличных производных степенной и показательной функции имеем:

$$\pi'(t) = -kCm(1+q)^{T-t} \ln(1+q) + 17291518t^{-1,91}(1+i)^t - (19001668t^{-0,91} + Cm) * (1+i)^t \ln(1+i) \quad (5)$$

(Примечание: производная найдена с использованием программы Math Cad).

Приравнивая производную к 0, получаем оптимальное значение времени выполнения работ по ремонту и реконструкции оборудования от входных параметров:

$$19001668t^{-1,91}(1+i)^t(0,91 - t \ln(1+i)) = Cm(k(1+q)^{T-t} \ln(1+q) + (1+i)^t \ln(1+i)) \quad (6)$$

С помощью формулы предприятие выбирает оптимальный режим текущего ремонта оборудования в зависимости от сложности исполнения работ, стоимости необходимых материалов и процентной ставки по кредиту.

Рассмотрим пример нахождения оптимального варианта выполнения работ при следующих параметрах: $i=0,01\%$, $q=0,23\%$, $Cm=86300$ руб. и $k=1,4$ (сложность выполнения работ по оценке инженерно-технической службы).

Расчет свидетельствует о монотонном убывании правой части условия максимума. На основании теоремы Лагранжа, единственная точка пересечения находится между 13-м и 14-м этапом интенсификации работ. Рассчитывая прибыль на каждом из этапов выполнения работ получаем:

- на 13-м этапе интенсификации работ прибыль составила 56,487 тыс. руб.;
- на 14-м этапе интенсификации работ прибыль составила 55,331 тыс. руб.

Таким образом, 13-й этап интенсификации при заданных условиях является этапом, максимизирующим прибыль.

Основные параметры 13-го этапа выполнения работ следующие:

- время выполнения работ составляет 219,3 часов;
- затраты на выполнение работ без учета ставки дисконта составляют 136,545 тыс. руб.

То есть предприятию выгодно интенсифицировать работы с 245,6 часов до 219,3 часов для получения максимальной прибыли.

Таким образом можно сделать следующие заключения:

1) проведенный корреляционный анализ позволит однозначно установить качественную степень влияния 11-ти факторов на значение чистой прибыли энергетической компании. Особенно отметим сильную прямую связь между чистой прибылью и коэффициентом доверия населения, прибылью от оказанных платных услуг, а также сильную обратную связь между чистой прибылью и степенью аварийности электросетей и уровнем инфляции;

2) построенная модель сетевого планирования позволила выбрать оптимальный режим работы при ремонте и реконструкции оборудования с параметрами $t=219,3$ часов и $C=136,545$ тыс. руб.

В настоящее время энергетические компании поставлены в достаточно жесткие рамки макроэкономических условий, поэтому средства оптимизации прибыли могут быть рекомендованы к применению в реальной практике.

Библиографический список

1. Аксенов, П. Н. Проблемы повышения конкурентоспособности объектов жилищно-коммунального комплекса / П. Н. Аксенов // Экономическая наука современной России. – 2014. – № 1. – С. 135–140.

2. Бузырев, В. В. Экономика жилищной сферы : учеб. пособ. для вузов / В. В. Бузырев. – М. : Инфра-М, 2014. – 255с.
3. Ворова, Е. А. Государственное и муниципальное управление / Е. А. Ворова. – Ярославль : РИО Академии МУБиНТ, 2011. – 116 с.
4. Долисов, Е. Ф. Инновационный процесс в условиях рыночной экономики / Е. Ф. Долисов. – Красноярск : Сибирское издательство СибГУ, 2013. – 114 с.
5. Колесов, Р. В. Разработка методики планирования и привлечения финансовых ресурсов промышленными предприятиями / Р. В. Колесов, А. Д. Бурыкин // Вестник Башкирского института социальных технологий. – 2016. – № 1(30). – С. 49–59.
6. Моудер, Дж. Метод сетевого планирования и организации работ (метод PERT-CPM) / Дж. Моудер, С. Филипс. – М. : Энергия, 2010. – 385 с.