
ОЦЕНКА ИНВЕСТИЦИЙ

УДК 338.984

А.В. Иевлев

ОПТИМИЗАЦИЯ ИНВЕСТИЦИОННЫХ РЕСУРСОВ В ПРОЦЕССЕ РЕМОНТА ОБОРУДОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Аннотация. В работе представлен авторский подход к организации процесса моделирования ремонта оборудования на предприятиях энергетического комплекса. В основе подхода лежит использование современного аппарата сетевого планирования. Представляется, что подход позволит повысить эффективность использования ограниченных ресурсов предприятий энергетики.

Ключевые слова: оборудование, ремонт, планирование, график, время, сроки работ, энергетика, предприятие.

Artem Ievlev

OPTIMIZATION OF INVESTMENT RESOURCES DURING REPAIR OF POWER ENTERPRISE'S EQUIPMENT

Annotation. The author presents an author's approach to the organization of the process of modeling equipment repair at enterprises of the power complex. The approach is based on the use of a modern network planning tool. It seems that the approach will increase the efficiency of using limited resources of energy companies.

Keywords: equipment, repair, planning, schedule, time, terms of work, energy, enterprise.

Ремонт энергетического оборудования – сложный и трудоемкий процесс. Проблема сложности ремонта состоит не только в высокой степени износа оборудования, но и также в его организации, которая не обеспечивает эффективного использования временных, трудовых и материальных ресурсов. Специфика ремонта энергетического оборудования состоит в следующих характеристиках.

1. Процесс ремонта оборудования динамичен и характеризуется достаточно высоким темпом работ. Динамичность процесса ремонта энергетического оборудования обуславливает постоянно изменяющееся информационное поле, при этом характер информации может быть различным. Это приводит к тому, что спрогнозировать процесс ремонта и расход ресурсов проблематично, т.е. можно сказать о вероятностном характере процесса ремонта.

2. Ремонт энергетического оборудования можно подразделить на:

- ремонт отдельных узлов оборудования;
- ремонт отдельного агрегата оборудования, т.е. ремонт связанных в агрегат узлов;
- ремонт целой энергетической установки, т.е. комплексный ремонт связанных между собой агрегатов.

3. Учитывая социально-экономическую значимость объектов энергетики, а именно: обеспечение жизненно необходимыми ресурсами жилого и коммерческого сектора региона, время ремонта оборудования ограничено некоторым директивным сроком выполнения работ. Важным фактором является сезонность и плановость ремонта. Плановые ремонты, как правило, проводятся в весенне-летний период, внеплановые ремонты – по мере необходимости. Условие скорейшего завершения

работ накладывает дополнительные трудности на организацию ремонта, помимо ограничений в финансовых и трудовых ресурсах, устанавливается временное ограничение. В особенности это относится к крупному энергетическому оборудованию, процесс ремонта которого требует высокой концентрации трудовых ресурсов. Достаточно большое количество рабочих (от 300 чел. до 500 чел.) обуславливает необходимость эффективной организации труда – только высокая производительность может гарантировать выполнение работ в установленный директивный срок.

Плановые ремонты оборудования – один из ключевых аспектов нормального функционирования оборудования, проводятся в соответствии с необходимостью ремонтов узлов (агрегатов) и направлены на предупреждение внеплановых ремонтов в зимний период времени. Исходя из назначения плановых ремонтов, можно сделать соответствующие выводы о свойствах организации данных ремонтов:

- значительное время для выбора исполнителей работ – как следствие, более эффективный отбор контрагентов;
- детерминированный по времени процесс – можно с большой долей вероятности определить начало и окончание работ.

Именно поэтому при плановых ремонтах наиболее целесообразно использовать модель детерминированного сетевого графика [3]. Отобразим на рисунке 1 типовой сетевой график (в порядке возрастания работ).

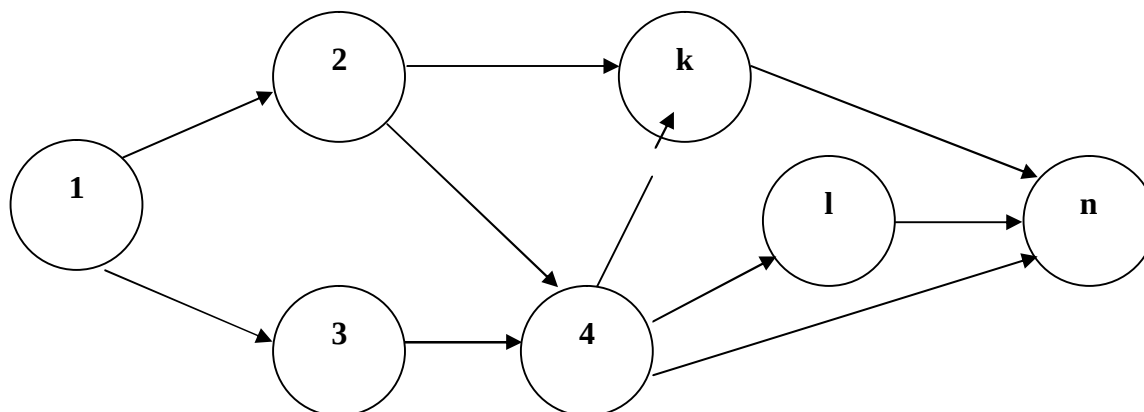


Рис. 1. Пример типового детерминированного сетевого графика

В сетевом планировании важно представлять следующие моменты:

- путь, из точки 1 в точку n – это график выполнения работ от начальной стадии до конечной;
- стадии работ могут выполняться как отдельно, так и совместно;
- каждая работа в плановом ремонте имеет свою себестоимость.

Самый продолжительный путь на сетевом графике – критический путь. Обозначим критический путь выполнения работ как T_{max} . Суммарная стоимость выполнения работ составляет $C^{кр}$.

Оптимизация сетевого графика по критерию времени предполагает повышение интенсивности работ в соответствии с имеющимися резервами времени (см. табл. 1).

Таблица 1

Зависимость стоимости ремонта от времени выполнения

Время выполнения работ по ремонту оборудования	Стоимость выполнения работ по ремонту оборудования
Tmax	C ^{кр}
Tmax-R1	C ^{кр} +C1
.....	
Tmin	C ^{max}

Функциональная зависимость стоимости выполнения работ от времени выполнения находится методом наименьших квадратов [4]. При этом, наиболее подходящая функция находится на основании: максимума коэффициента детерминации, минимальной ошибки стандартной ошибки аппроксимации.

Имеем функциональную зависимость стоимости выполнения работ от времени при плановом ремонте (1):

$$C = C(T). \quad (1)$$

Учитывая, что количество плановых ремонтов известно, получаем затраты финансовых ресурсов (2):

$$C(\text{планов. ремонты}) = \sum_{i=1}^X C_X(T), \quad (2)$$

где X – количество плановых ремонтов.

Одним из направлений развития предложенной системы планирования может стать применение подходов, предложенных, например, в работах Р. В. Колесова, А. Д. Бурькина [5; 6].

Далее рассмотрим возможности оптимизации расходования средств в процессе организации и осуществления внеплановых ремонтов оборудования энергетических предприятий. Внеплановые ремонты оборудования осуществляются при острой необходимости. Как правило, серьезные поломки оборудования ввиду высокой степени его износа происходят в зимний период. При этом существенно обостряются коммунальные проблемы, например, недостаточное поступление тепла в дома потребителей.

Основное отличие внеплановых ремонтов от плановых – это отсутствие детерминированности процесса ремонта. Энергетическое предприятие не имеет времени для выбора контрагентов. При этом от качества ремонта напрямую зависит отношение населения к коммунальным предприятиям, а в XXI в. именно максимальное удовлетворение человеческих потребностей должно быть на первом месте.

Поскольку модель детерминированного сетевого графика не подходит, для внеплановых ремонтов необходимо использовать вероятностную модель. Ее основное допущение состоит в том, что существует три оценки исполнения работ по времени: оптимистичная (наименьшее время выполнения), реалистичная (ожидаемое среднее время выполнения), пессимистичная (максимальное время выполнения) [2]. Обозначим их соответственно, как a, m и b.

Тогда сроки выполнения работ T_{ij} можно определить по следующей формуле (3):

$$T_{ij} = \frac{a + b + 4m}{6}. \quad (3)$$

Важным также является и нахождение дисперсии сроков выполнения работ (4):

$$\sigma^2 = \left(\frac{b - a}{6}\right)^2. \quad (4)$$

Для процесса организации внеплановых ремонтов возможно решение следующих задач:

- определение вероятности соблюдения директивного срока;
- назначение директивного срока выполнения работ исходя из статистической вероятности выполнения срока.

Зададим вероятность соблюдения установленного срока как $p \in [0; 1]$.

Тогда (см. формулу 5):

$$\Phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^z e^{-\frac{t^2}{2}} dt, \quad (5)$$

где $\Phi(p)$ – функция Лапласа, в которой z – верхний предел интегрирования.

Задав таким образом вероятность выполнения внепланового ремонта, можно найти директивный срок выполнения комплекса работ.

$$z = \frac{T_0 - T_{кр}}{\sigma}, \quad (6)$$

где $T_{кр}$ – математическое ожидание срока выполнения работ (находится как сумма T_{ij}).

Учитывая, что время выполнения для внепланового ремонта – случайный процесс, затраты на выполнение работ также носят случайный характер. Однако они также имеют зависимость от сроков выполнения работ, которая определяется методом наименьших квадратов. Тогда совокупные затраты на проведение ремонтов составляют (7):

$$C(\text{План} + \text{Внеплан}) = \sum_{i=1}^X C_X(T) + \sum_{i=1}^Y C_Y(t). \quad (7)$$

Минимизация затрат на проведение ремонтов является одной из целей предприятия. Поскольку прибыль формируется как разница между выручкой (поступления от реализации энергетических услуг) и затратами, то целевая функция для предприятия выглядит как (8):

$$C(\text{План} + \text{Внеплан}) = \sum_{i=1}^X C_X(T) + \sum_{i=1}^Y C_Y(t) \rightarrow \min. \quad (8)$$

Проиллюстрируем порядок применения на практическом примере приведенной выше методики. Исходные данные, характеризующие деятельность условного энергетического предприятия, представим в таблице 2.

Таблица 2

Исходные данные, характеризующие деятельность условного энергетического предприятия

№ п/п	Показатели	Единицы измерения	Исходные значения
1	Мощность станции	МВт	2400
2	Мощность энергоблока станции	МВт	300
3	Минимальное время выполнения внепланового ремонта	дней	10
4	Максимальное время выполнения внепланового ремонта	дней	18
5	Математическое ожидание времени выполнения внепланового ремонта	дней	13
6	Затраты труда на внеплановый ремонт 1 энергоблока	чел.-дней	260

Результаты проведенных расчетов с использованием методического аппарата оптимизации инвестиционных ресурсов в процессе ремонта энергетического оборудования обобщим в таблице 3 [7].

Таблица 3

Исходные данные, характеризующие деятельность условного энергетического предприятия

№ п/п	Показатели	Единицы измерения	Используемая формула	Рассчитанные значения
1	Вероятное время выполнения (по системе 2 оценок)	дней	$T_{ij} = \frac{3a + 2b}{5}$	13,2
2	Вероятное время выполнения (по системе 3 оценок)	дней	$T_{ij} = \frac{a + b + 4m}{6}$	13,33
3	Дисперсия	дней ²	$\sigma^2 = \left(\frac{b - a}{6}\right)^2$	1,78
4	Расчет продолжительности по трудозатратам	дней	$T = (1,5 - 0,17 \log Q_{\text{общ}}) * \sqrt{Q_{\text{общ}}}$	18,35

Из полученных в результате расчетов данных можно сделать следующие выводы:

- расчетное время выполнения ремонта энергоблока близко к математическому ожиданию в 13 дней – по системе 2 оценок 13,2 дня, по системе 3 оценок 13,33 дня;
- однако продолжительность по трудозатратам выше – это свидетельствует о том, что человеческие ресурсы расходуются неэффективно, т.е. могут быть оптимизированы.

Таким образом, нами предложен и апробирован подход к организации процесса моделирования ремонта оборудования на предприятиях энергетической отрасли в целях повышения эффективности использования средств, выделяемых на эти цели.

Библиографический список

1. Андриевский, Б. Р. Избранные главы теории автоматического управления / Б. Р. Андриевский, А. Л. Фрадков. – М. : СИНТЕГ, 2015. – 400 с.

2. Браверман, Э. М. Математические модели планирования и управления в экономических системах : учеб. пособ. / Э. М. Браверман. – М. : Наука, 2016. – 368 с.
3. Гасанбеков, С. К. Сетевое планирование как инструмент управления проектами [Электронный ресурс] / С. К. Гасанбеков, Н. А. Лубенец // Известия Московского государственного технического университета МАМИ. – 2014. – Режим доступа : <http://cyberleninka.ru/article/n/setevoe-planirovanie-kak-instrument-upravleniya-proektami> (дата обращения : 10.04.2017).
4. Зуховицкий, С. И. Математические методы сетевого планирования / С. И. Зуховицкий, И. А. Радчик. – М. : Наука, 2010. – 296 с.
5. Колесов, Р. В. Методические подходы к совершенствованию финансово-экономического обеспечения культурообразующей среды Ярославской области / Р. В. Колесов // Ярославский педагогический вестник. – 2013. – Т. 1. – № 1. – С. 94–99.
6. 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.
7. Рыгалов, Г. М. Моделирование системы сетевого планирования в Microsoft Project [Электронный ресурс] / Г. М. Рыгалов // Транспортное дело России. – 2010. – Режим доступа : <http://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-sistemy-setevogo-planirovaniya-v-microsoft-project> (дата обращения : 12.04.2017).