
СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

УДК 519.876.5:332.1

МОДЕЛИ И МЕТОДЫ МОДЕРНИЗАЦИИ ОСНОВНЫХ ФОНДОВ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Н. Б. Баева

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 10.09.2015 г.

Аннотация. Исследован процесс модернизации основных фондов как основополагающих ресурсов региональной экономической системы. Процесс модернизации реализуется эволюционным путем в три этапа на основе проведения качественных изменений в техническом уровне основных фондов, причем с учетом затрат не только на приобретение нового и замену старого оборудования, но и затрат на само удаление, утилизацию или продажу старого оборудования.

Ключевые слова: региональная экономическая система, модернизация основных фондов, экономический потенциал.

Annotation. The process of modernization of the main funds as basic resources of the regional economic system was researched. The process of modernization is implemented in an evolutionary way in three stages on the basis of the qualitative changes in the technical level of main funds, taking into account the cost not only for the purchase of new and replacement of old equipment, but also the cost of the removal itself, disposal or sale of old equipment.

Keywords: regional economic system, modernization of main funds, economic potential.

ВВЕДЕНИЕ

Для динамичного и непрерывного развития любой системы, особенно такой сложной и крупномасштабной как РЭС, необходимо исследование и мобилизация ресурсного обеспечения. Стратегически важными ресурсами почти для каждого элемента РЭС, т. е. вида экономической деятельности, являются основные фонды – здания, сооружения, оборудование, машины и т. д. Основные фонды в процессе их эксплуатации постоянно изнашиваются, поэтому встает вопрос о модернизации основных фондов.

Модернизация основных фондов может проходить по следующим направлениям:

– расширение основных фондов (ввод в эксплуатацию новых фондов, при продолжении использования имеющихся);

– реконструкция основных фондов (переезд, оснащение зданий, переналадка оборудования);

– замена основных фондов (выбытие вследствие износа старых фондов и ввод новых фондов) [1, 2, 3, 4, 5].

Рассмотрению этих направлений и посвящена данная статья.

1. КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ МОДЕРНИЗАЦИИ ОСНОВНЫХ ФОНДОВ

Модернизация основных фондов регионов, под которыми понимают произведенные активы, которые длительное время в неизменной натурально-вещественной форме используются для производства товаров, оказания рыночных и нерыночных услуг, постепенно утрачивая свою стоимость. Про-

блема модернизации ОФР рассмотрена в ряде работ (1, 2, 4, 5, 6, 7 и др.). Однако в известных нам работах не учтены затраты на само удаление, утилизацию, продажу удаляемых основных фондов. Решению этой проблемы и посвящена настоящая статья.

Важной характеристикой основных фондов является накопленный износ, приводящий к снижению качества основных фондов. Износ основных фондов можно разделить на физический и моральный.

Физическим износом объекта называют утрату им первоначальных эксплуатационных качеств (прочности, надежности, устойчивости) в результате воздействия природно-климатических факторов и жизнедеятельности человека. Физический износ на момент его оценки выражается отношением стоимости объективно необходимых ремонтных мероприятий, устраняющих повреждение конструкции, элемента, системы в целом, к их восстановительной стоимости.

Под моральным износом понимается старение и обесценение основных средств в связи с тем, что их технико-технологические показатели все более отстают от повышающегося мирового уровня. Моральный износ называют также моральным старением [2].

При этом моральный износ можно разделять на *глобальное* и *локальное* (местное) обесценение. *Глобальное обесценение* в основном связано с научно-техническими революциями, имеющими всемирный, общеэкономический характер, и является необратимым. Оно приводит к полному вытеснению данного типа объектов (недвижимости или объектов основных средств). *Локальное обесценение* имеет регионально-отраслевой характер и может быть временным, возникает в силу недоиспользования фондов, например, из-за смены ассортимента плана, и может носить временный характер.

Физический износ может быть рассчитан одним из следующих методов: нормативно-стоимостным, по баллам технического состояния, методом срока жизни. Нормативный метод расчета предполагает использование нормативных инструкций межотраслевого или ведомственного уровня. Суть стоимостного метода определения физического износа заключается в определении затрат на восстановление элементов объекта. Метод определения физического износа по баллам технического состояния применяется, как правило, к оборудованию или объектам основных средств и предполагает экспертную оценку их физического состояния инженерно-техническим

Таблица 1

Шкала оценок

Оценка состояния	Характеристика технического состояния	Средний балл
<i>Очень хорошее</i>	Оборудование мало эксплуатировавшееся, либо прошедшее качественный капитальный или средний ремонт, в очень хорошем состоянии; не требуется замены никаких частей или ремонта.	50
<i>Хорошее</i>	Слабо поношенное, отремонтированное или обновленное оборудование в хорошем состоянии.	40
<i>Среднее</i>	Оборудование в удовлетворительном состоянии, частично поношенное, но требующее небольшого ремонта или замены отдельных мелких частей.	30
<i>Удовлетворительное</i>	Оборудование в работоспособном состоянии, но требующее ремонта или замены основных компонентов и ответственных узлов.	20
<i>Плохое</i>	Оборудование в плохом состоянии, требующее капитального ремонта.	10

персоналом предприятия. Полученная таким образом оценка далее преобразуется в конкретные значения физического износа. Пример такой шкалы представлен в табл. 1.

Формула расчета физического износа методом срока жизни выглядит следующим образом:

$$D_0 = \frac{T_{eff}}{T_{norm}} 100\%, \quad (1)$$

где D_0 – физический износ; T_{eff} – эффективный возраст; T_{norm} – нормативный срок службы объекта.

Величина T_{norm} определяется на основе законодательных актов, регламентирующих срок службы соответствующего класса объектов или их ближайших аналогов.

Естественно, что степень износа объекта влияет, и во многом объясняет, рыночную стоимость подержанных машин. При этом под «машинами» понимается отдельно оцениваемые установки, машины, оборудование и транспортные средства [4]. Машины подразделяются на виды (в зависимости от их функционального назначения), а каждый вид на марки (модели и модификации). Различные методы оценки стоимости подержанных машин учитывают различные факторы, влияющие на итоговую цену, но к наиболее значимым можно отнести: рациональный срок службы машины, интенсивность выгод от использования машины в момент t и ее утилизационная стоимость. Учитывая только эти факторы, стоимость машины на дату оценки можно определить формулой (2):

$$C = \sum_{t=0}^T (B(t) + U(t)), \quad (2)$$

где C – стоимость машины на вторичном рынке; $B(t)$ – интенсивность выгод от использования машины в момент времени t ; T – рациональный срок службы машины; $U(t)$ – утилизационная стоимость на момент времени t .

Под утилизационной стоимостью понимается стоимость, рассматриваемая не при существующем использовании объекта, а как совокупность материалов, содержащихся в нем, без дополнительного ремонта и адаптации.

Таким образом, при достижении определенного состояния интенсивность выгод от использования машины будет практически нулевой, то есть ее стоимость станет утилизационной. Эту величину также необходимо учитывать в процессе модернизации. Рассмотрим модель модернизации РЭС, учитывающую стоимостной баланс основных фондов.

2. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА МОДЕРНИЗАЦИИ ОСНОВНЫХ ФОНДОВ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Пусть выполнены следующие условия:

– процесс модернизации основных фондов может происходить в несколько этапов, т. е. $t = t_0, t_0 + 1, \dots, T$;

– в каждый момент времени t для каждого элемента РЭС может быть оценена стоимость основных фондов $K(t)$, зависящая от их первоначальной стоимости $K(t-1)$, а также величины ввода новых фондов $r(t)K(t)$ и выбытия изношенных фондов $\omega(t)K(t_0)$;

– решением задачи является определение таких коэффициентов обновления $r(t)$ и ликвидации $\omega(t)$ основных фондов, чтобы достигалась величина экономического потенциала (при рассмотрении процесса роста уровня использования) или целевое состояние (при наращивании) π при минимальном расходе дополнительных финансовых средств на обновление основных фондов.

Модель, удовлетворяющая сформулированным условиям, описана в [6].

$$\sum_{t=t_0}^T \sum_{i=1}^n r_i(t) K_i(t) \rightarrow \min \quad (3)$$

$$\pi_i(t) \rightarrow \bar{\pi}_i \quad \forall i \quad (4)$$

$$\pi_i(t) = f_i(K_i(t), Q_i^K(t)) \quad \forall i, t \quad (5)$$

$$K_i(t) = (1 + r_i(t)) \cdot K_i(t-1) - \omega_i(t) K_i(t_0) \quad \forall i, t \quad (6)$$

$$K_i(t_0), \bar{\pi}_i \quad \forall i - \text{заданы} \quad (7)$$

$$\underline{r}_i(t) \leq r_i(t) \leq \bar{r}_i(t), \quad \underline{\omega}_i(t) \leq \omega_i(t) \leq \bar{\omega}_i(t) \quad \forall i, t \quad (8)$$

Модель (2)–(8) является моделью векторной оптимизации с линейными ограничениями, кроме ограничения (5) на оценку экономического потенциала. Однако данная модель

не учитывает затраты, связанные с обеспечением функционирования существующего и нового оборудования. К ним могут относиться: стоимость замещения, стоимость воспроизводства, ликвидацию, утилизацию и т. д.

Стоимость замещения – сумма затрат на создание аналогичного оцениваемому объекту, в рыночных ценах, существующих на дату проведения оценки, с учетом износа объекта оценки. Стоимость воспроизводства – сумма затрат в рыночных ценах, существующих на дату проведения оценки, на создание объекта, идентичного объекту оценки, с применением идентичных материалов и технологий, с учетом износа объекта оценки. Стоимость объекта при существующем использовании – стоимость объекта оценки, определяемая исходя из существующих условий и целей его использования. Оценка этого вида стоимости имеет смысл для такого оборудования, на стоимость которого сильно влияют место его применения, наличие коммуникаций, фундамента и ограждений, приспособленность помещения, укомплектованность вспомогательными устройствами (например, оборудование энергосистем, котельные установки, средства связи и т. д.). Ликвидационная стоимость – стоимость объекта оценки в случае, если объект оценки должен быть отчужден в срок меньше обычного срока экспозиции аналогичных объектов. Ликвидационная стоимость соответствует цене при вынужденной и срочной продаже. По ликвидационной стоимости оцениваются машины, оборудование и транспортные средства при распродаже на

открытом аукционе имущества обанкротившегося предприятия, при обращении права залогодержателя на имущество залогодателя, например, при аресте имущества в результате судебного исполнения. Утилизационная стоимость – это стоимость объекта оценки, равная рыночной стоимости материалов, которые он в себя включает, с учетом затрат на утилизацию объекта оценки. Обычно утилизационную стоимость оценивают для сильно изношенных объектов, когда мала вероятность их продажи на вторичном рынке. Утилизационную стоимость могут оценивать также для объектов, оказавшихся по тем или иным причинам (безопасность эксплуатации, экологический фактор, появление конкурирующих технологий и т. д.) ненужными и не подлежащими продаже другим лицам для дальнейшего применения по своему назначению. Утилизационная стоимость объекта может быть для собственника величиной отрицательной, это возможно тогда, когда расходы на утилизацию превышают доходы от продажи металлолома и частей объекта. Утилизационная стоимость может оказаться и выше остаточной рыночной стоимости, это имеет место тогда, когда наблюдался резкий рост цен на редкие материалы, из которых когда-то была изготовлена машина.

С учетом сказанного выше формулируем следующую модель эксплуатации оборудования, представленную на рис. 1, где K – капиталовложения в объект (стоимость нового оборудования или стоимость реконструкции); $Z(t)$, $Z^*(t)$ – соответственно затраты на

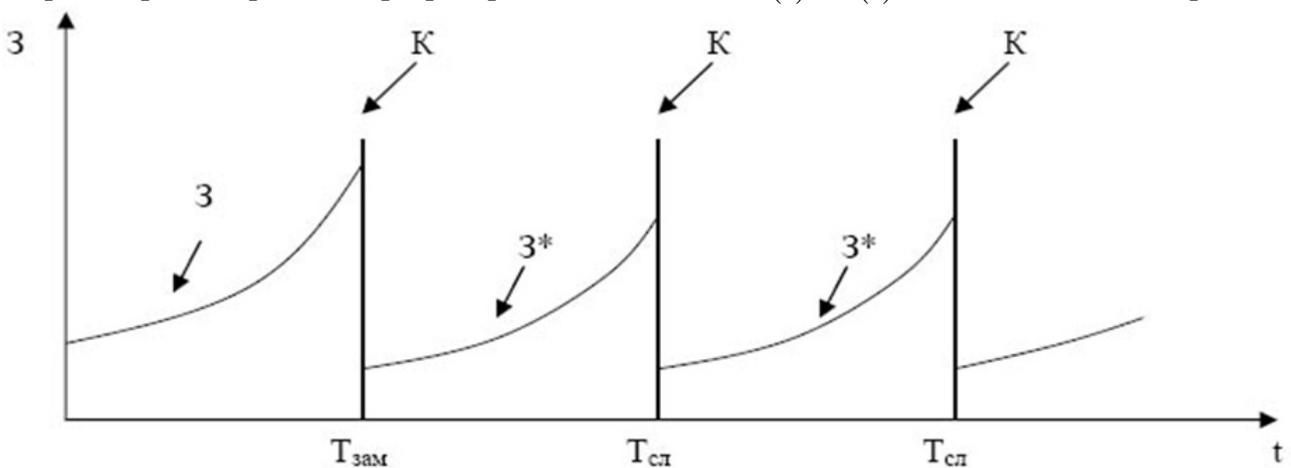


Рис. 1. Модель эксплуатации оборудования

обеспечение функционирования существующего и нового оборудования, которые включают в себя затраты на капитальный и аварийный ремонты, экономические потери от снижения КПД оборудования (например, увеличение расхода топлива); $T_{зам}$ – год замены существующего оборудования; $T_{сн}$ – нормативный срок службы нового оборудования.

Функция $Z(t)$ является неубывающей, так как если на капитальный ремонт средства не тратятся, то сразу же увеличиваются затраты на аварийный ремонт, и наоборот, если мы вкладываем средства в капитальный ремонт оборудования, то затраты на аварийный ремонт не возрастают. Данная ситуация связана с продолжительностью жизненного цикла оборудования и частотой отказов. В процессе старения и износа оборудования частота отказов возрастает, и как следствие, возрастают затраты на аварийный ремонт. Сделаем также допущение, что срок функционирования системы стремится к бесконечности, тогда необходимо ввести параметр, характеризующий число циклов использования оборудования за определенный временной интервал в виде $n = \frac{t}{T_{сн}}$. Здесь n – число циклов использования оборудования, t – временной интервал, $T_{сн}$ – нормативный срок службы нового оборудования.

Учитывая представленную на рис. 1 модель эксплуатации оборудования, критерий нахождения оптимального срока службы оборудования будет выглядеть следующим образом:

$$R - (K + Z + Z^*) \rightarrow \max, \quad (10)$$

где R – суммарный дисконтированный доход; K – суммарные дисконтированные капиталовложения в объект; Z – суммарные дисконтированные затраты на обеспечение функционирования существующего оборудования; Z^* – суммарные дисконтированные затраты на новое оборудование.

В рамках рассматриваемой модели от критерия максимума чистого дисконтированного дохода можно перейти к критерию минимума совокупных издержек (11).

$$Z_{\Sigma} = \sum_{i=1}^T a_i Z_i + \sum_{n=0}^{\infty} \left(K + \sum_{i=1}^T a_i \cdot Z_i^* \right) \cdot a_i^{T+nT_{сн}} \rightarrow \min, \quad (11)$$

где $a_i = (1 + E)^{-t}$, E – величина дохода в % к величине общего капитала.

Таким образом представленная величина суммарных затрат отражает их структуру, а именно, затраты на обслуживание существующего оборудования, затраты, связанные с выбытием основных фондов и затраты на обновление основных фондов. Для полноты модели добавим также утилизационную стоимость, так как будем считать, что выбытие основных фондов происходит только при практически нулевой интенсивности выгод от их использования $U(t)$. Внесем эту величину в сумму издержек с противоположным знаком, так как она может быть как положительной, так и отрицательной для собственника. Тогда расширенная модель модернизации основных фондов будет выглядеть следующим образом:

$$\sum_{i=t_0}^T \sum_{i=1}^n (Z_i(t) - U_i(t)) \rightarrow \min \quad \forall i, t$$

$$Z_i(t) = (1 - \omega_i(t))K_i(t) + \omega_i(t)K_i(t) + r_i(t)K_i(t)$$

$$\forall i, t$$

$$\pi_i(t) = f_i(K_i(t), Q_i^K(t)) \quad \forall i, t$$

$$K_i(t) = (1 + r_i(t)) \cdot K_i(t-1) - \omega_i(t)K_i(t_0)$$

$$\forall i, t$$

$$(13)$$

$$K_i(t_0), \bar{\pi}_i, \Delta \pi_i \quad \forall i - \text{заданы}$$

$$\bar{\pi}_i(t) - \Delta \pi_i(t) \leq \pi_i(t) \leq \bar{\pi}_i(t), \quad \forall i, t$$

$$\underline{r}_i(t) \leq r_i(t) \leq \bar{r}_i(t), \quad \forall i, t$$

$$\underline{\omega}_i(t) \leq \omega_i(t) \leq \bar{\omega}_i(t), \quad \forall i, t$$

3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РАСЧЕТЫ ДЛЯ МОДЕЛИ ОБНОВЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ ФОНДОВ РЕГИОНА

Построенная модель (13) является задачей нелинейной оптимизации, поэтому к ней применим метод Соболя [7, 8]. Приведем экспериментальные расчеты, которые проводи-

лись для следующих элементов РЭС-видов экономической деятельности: обрабатывающие производства; производство и распределение электроэнергии, газа и воды; сельское хозяйство; оптовая и розничная торговля; строительство.

Для каждого вида экономической деятельности необходимо было рассчитать коэффициенты обновления $r(t)$ и ликвидации $\omega(t)$ основных фондов, обуславливающие достижение заданного значения экономического потенциала. Параметры $r(t)$ и $\omega(t)$ были взяты из интервалов: $r_i(t) \in [0; 0,6]$, $\omega_i(t) \in [0; 0,2]$. Рассматривалось проведение модернизации за один, два и три этапа ($T = 1, 2, 3$). Расчеты производились по модели (2)–(8) с измененной целевой функцией (11) (12) для случая роста уровня ЭП за счет ввода новых фондов и выбытия изношенных без учета других факторов, участвующих в оценке. Параметры производственно-квалитативных функций были получены на основе данных о валовом выпуске, основных фондах, трудовых ресурсах и инвестициях в основной капитал, а также их качестве, приведенных в Воронежском статистическом ежегоднике [6]. Значения экономического потенциала и капитала в начальный момент времени также были взяты

из статистических данных. Расчёты проводились методом Соболя в программной среде Delphi 10.

Приведем основные шаги алгоритма модернизации основных фондов региона.

Шаг 1. Ввод исходных статистических данных: параметров производственно-квалитативных функций, начальных значений капитала, значение экономического потенциала для каждого вида деятельности из текстового файла.

Шаг 2. Расчет производственно-квалитативных функций.

Шаг 3. Решение задачи, т. е. нахождение коэффициентов обновления $r(t)$ и ликвидации $\omega(t)$ методом Соболя (метод исследования пространства параметров). Алгоритм метода Соболя подробно изложен в [7, 8]. Результаты экспериментальных расчетов приведены в табл. 2.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Экспериментальные расчеты показали, что затраты в целом ниже при условии проведения замены фондов за 1 этап и составляет (2,478 млрд. руб.). Однако в этом случае не происходит выбытия фондов ($\omega_i = 0, \forall i$), что

Таблица 2

Результаты экспериментальных расчетов

Суммарный коэффициент обновления, r					
	Обрабатывающие производства	Производство электроэнергии, газа и воды	Сельское хозяйство	Оптовая и розничная торговля	Строительство
T=1	0,3312	0,1686	0,5960	0,1167	0,5084
T=2	0,0262	0,277	0,4871	0,1812	0,1860
T=3	0,0584	0,1917	0,0980	0,1762	0,4270
Суммарный коэффициент выбытия основных фондов, ω					
T=1	0,1974	0,1602	0,0566	0,1109	0,1936
T=2	0,0249	0,1868	0,1004	0,0021	0,0177
T=3	0,0555	0,1755	0,0093	0,0959	0,1883
Качество основных фондов, $Q^k(T)$					
T=1	0,8124	0,8353	0,8744	0,5855	0,8781
T=2	0,8171	0,8745	0,8908	0,6477	0,8802
T=3	0,8271	0,8960	0,8918	0,7028	0,9167

не может соответствовать реальной ситуации. Общие затраты на проведение модернизации основных фондов в 3 этапа составили 6,705 млрд. руб. Такая разница во многом обусловлена отсутствием затрат, связанных с выбытием основных фондов при проведении модернизации в 1 этап, что не отражает действительность. При разбиении процесса модернизации на три этапа величина ввода новых фондов и величина выбытия старых фондов в среднем на каждом этапе снижается, т. е. чем дольше процесс модернизации фондов во времени, тем больше затрат он требует, но проходит более постепенно и характеризуется увеличением качества фондов для всех рассмотренных видов экономической деятельности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Баева Н. Б.* Модернизация основных фондов как фундамент роста экономической потенциала региональной экономической системы / Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер. Системный анализ и информационные технологии. – 2012. – № 2 – С. 87–91.
2. *Райзберг Б. А.* Современный экономический словарь / Б. А. Райзберг, Л. Ш. Лозовский, Е. Б. Стародубцева. – (URL:

<http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=67315>) (дата обращения: 06.03.2015)

3. Оценка стоимости машин, оборудования и транспортных: учебник для студентов вузов / А. П. Ковалев [и др.] – М : Интерреклама, 2003. – С.27–34.

4. *Смоляк С. А.* Оценка рыночной стоимости машин с учетом устранимого и неустраимого износов / С. А. Смоляк // Математический анализ экономических моделей. – 2013. – Т. 4, № 1. – С. 54–72.

5. *Китушин В. Г.* Оценка эффективного срока реконструкции, замены / В. Г. Китушин, Е. В. Иванова. – (URL: <http://www.m-economy.ru/>) (дата обращения: 09.04.2015).

6. *Баева Н. Б.* Об одном подходе к моделированию региональной экономики / Н. Б. Баева, Д. В. Ворогушина // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2009. – № 6-1(90). – С. 29–35.

7. *Соболь И. М.* Точки, равномерно заполняющие многомерный куб / И. М. Соболь. – М. : Знание, 1985. – 32 с.

8. *Соболь И. М.* Выбор оптимальных параметров в задачах со многими критериями / И. М. Соболь, Р. Б. Статников. – М. : Наука, 1981. – 110 с.

Баева Нина Борисовна – канд. экон. наук, профессор кафедры ММИО, ВГУ.
Тел. 8(473)2208282, E-mail: mmio@amm.vsu.ru

Baeva Nina Borisovna – PhD in Economics, professor in Voronezh State University, Department of Mathematical Methods of Operations Research.
Tel. 8(473)2208282, E-mail: mmio@amm.vsu.ru