

УДК 330.322.2

С.Н. Яшин¹, Ю.А. Лебедев², Е.В. Кошелев², А.В. Купцов²

ФОРМИРОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОГО МЕХАНИЗМА ПОСТЕПЕННОГО ОБНОВЛЕНИЯ ПАРКА ОБОРУДОВАНИЯ КОМПАНИИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева¹,
Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского²

Цель: Совершенствование методологических аспектов обновления парка оборудования компании.

Методология: Достижение поставленной в работе цели осуществляется за счет выбора наиболее выгодного момента периодического капитального ремонта всего оборудования и замены вышедших из строя машин.

Результаты и область их применения: Результатом исследования является разработка экономического механизма постепенного обновления парка оборудования компании.

Выводы: Экономический механизм позволяет при недостатке средств для модернизации всего парка оборудования постепенно обновлять различные его единицы с минимальными затратами.

Ключевые слова: Модернизация оборудования; капитальный ремонт; временная стоимость финансовых решений; номинальный денежный поток; учет инфляции.

В настоящее время в отечественном машиностроении не решена задача технического перевооружения производства. Средства труда основных предприятий машиностроения имеют высокий уровень как физического, так и морального износа. Очень часто использование устаревшего оборудования влечет за собой увеличение травм работников, возникновение аварий и даже техногенных катастроф. С повышением уровня износа растут затраты предприятия на содержание и эксплуатацию оборудования, то есть на техническое облуживание и ремонт. В результате продукция машиностроительных заводов не только не имеет возможности соответствовать качеству импортных товаров-субститутов, но и себестоимость ее оказывается завышенной. Поэтому остается актуальной задача совершенствования работы ремонтной службы предприятий.

С другой стороны, современные тенденции развития российской экономики, связанные с недостаточной инновационной активностью предприятий, продолжают сохраняться. Одной из ключевых проблем инновационного развития российских компаний является проблема модернизации производства. Многие предприятия продолжают работать на старом оборудовании, которое используется в технологии производства уже более 20 лет. Такая ситуация негативно влияет как на производительность и экономичность, так и на прямое отставание российских компаний в самих технологиях производства.

Как известно, качественную характеристику состояния основных средств компании можно провести, используя ряд показателей, основными из которых являются следующие [4, 9].

1. Фондоотдача основных средств:

$$\text{Фондоотдача} = \frac{\text{Объем Отгруженных Товаров, Выполненных Работ, Услуг}}{\text{Среднегодовая Стоимость Основных Средств}}. \quad (1)$$

2. Доля активной части основных средств (машин, оборудования, транспортных средств) (K_1):

$$K_1 = \frac{\text{Стоимость Активной Части Основных Средств}}{\text{Стоимость Основных Средств}}. \quad (2)$$

3. Коэффициент обновления основных средств (K_2):

$$K_2 = \frac{\text{Первоначальная Стоимость Поступивших За Год Основных Средств}}{\text{Первоначальная Стоимость Основных Средств На Конец Года}}. \quad (3)$$

4. Коэффициент выбытия основных средств (K_3):

$$K_3 = \frac{\text{Первоначальная Стоимость Выбывших За Год Основных Средств}}{\text{Первоначальная Стоимость Основных Средств На Начало Года}} \quad (4)$$

5. Коэффициент износа основных средств (K_4):

$$K_4 = \frac{\text{Износ Основных Средств}}{\text{Первоначальная Стоимость Основных Средств На Конец Года}} \quad (5)$$

Проведем краткий обзор динамики ряда перечисленных и некоторых других показателей, характеризующих общее состояние машиностроения России за период в пять лет, согласно данным Федеральной службы государственной статистики [11]. При этом обзор будем проводить по следующим основным отраслям машиностроения:

1. Metallургическое производство и производство готовых металлических изделий.
2. Производство машин и оборудования.
3. Производство электрооборудования, электронного и оптического оборудования.
4. Производство транспортных средств и оборудования.

На рис. 1-4 сплошной линией показаны реальные данные, а пунктиром – линейный тренд.

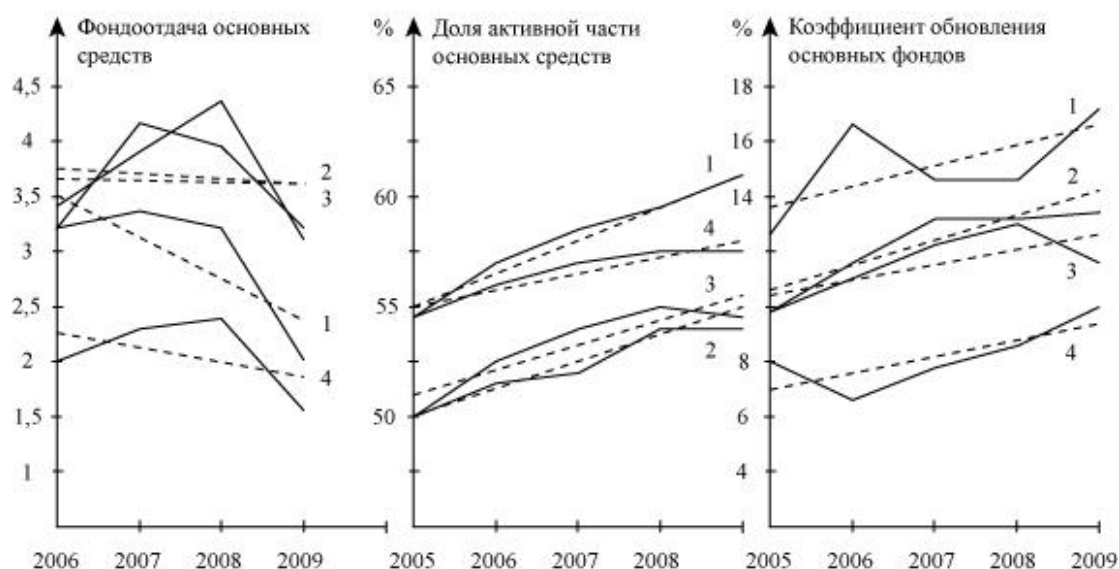


Рис. 1. Динамика состояния основных средств в машиностроении России

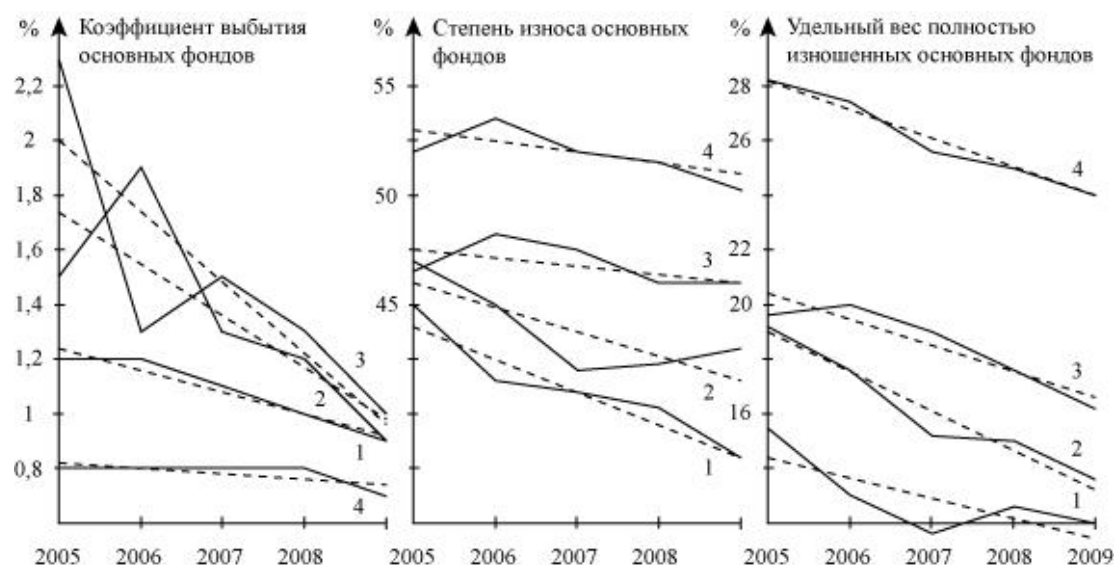


Рис. 2. Динамика состояния основных средств в машиностроении России

На рис. 1 видно, что фондоотдача по всем четырем отраслям снижается. При этом доля активной части основных средств растет, что обычно расценивается, как положительная тенденция. Однако активная часть значительно превысила 50%, что свидетельствует о серьезном износе зданий и сооружений. (Исследование влияния активной части основных средств на их фондоотдачу будет проведено позже.) Коэффициент обновления основных фондов растет, что следует оценить положительно. Наименьшая степень их обновления наблюдается в отрасли 4 – «Производство транспортных средств и оборудования».

Данные рис. 2 свидетельствуют об уменьшении выбытия и износа основных средств. (Исследование влияния коэффициента выбытия основных средств на их фондоотдачу будет проведено позже.) При этом степень износа все равно высокая, т. к. превышает рекомендуемый предел 20-25% [4, 9]. Также наблюдается слишком большой износ основных средств опять в отрасли 4 – «Производство транспортных средств и оборудования».

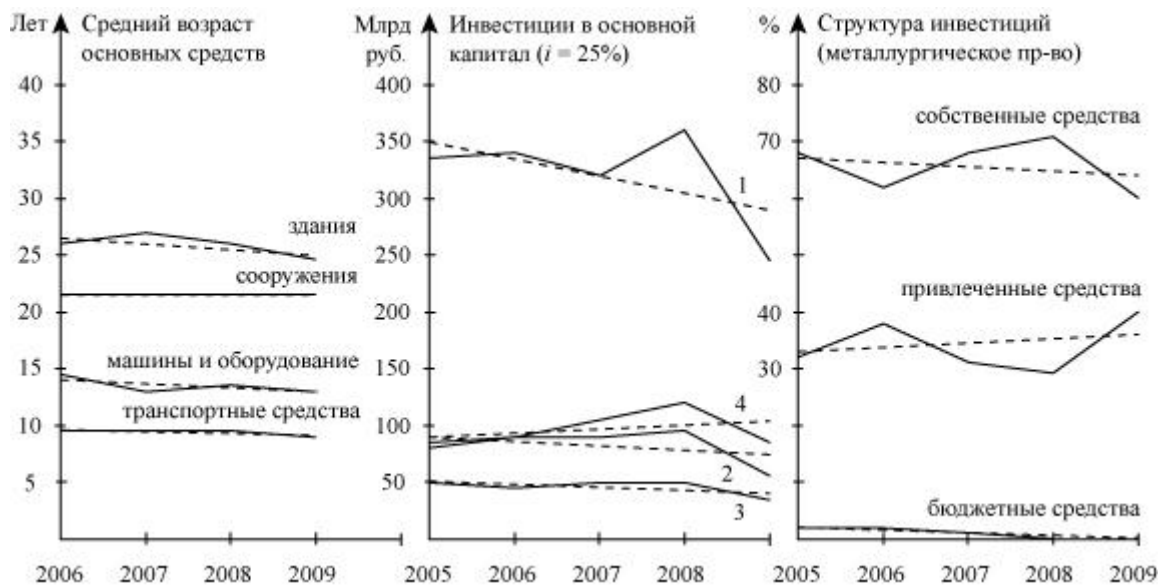


Рис. 3. Динамика состояния основных средств в машиностроении России

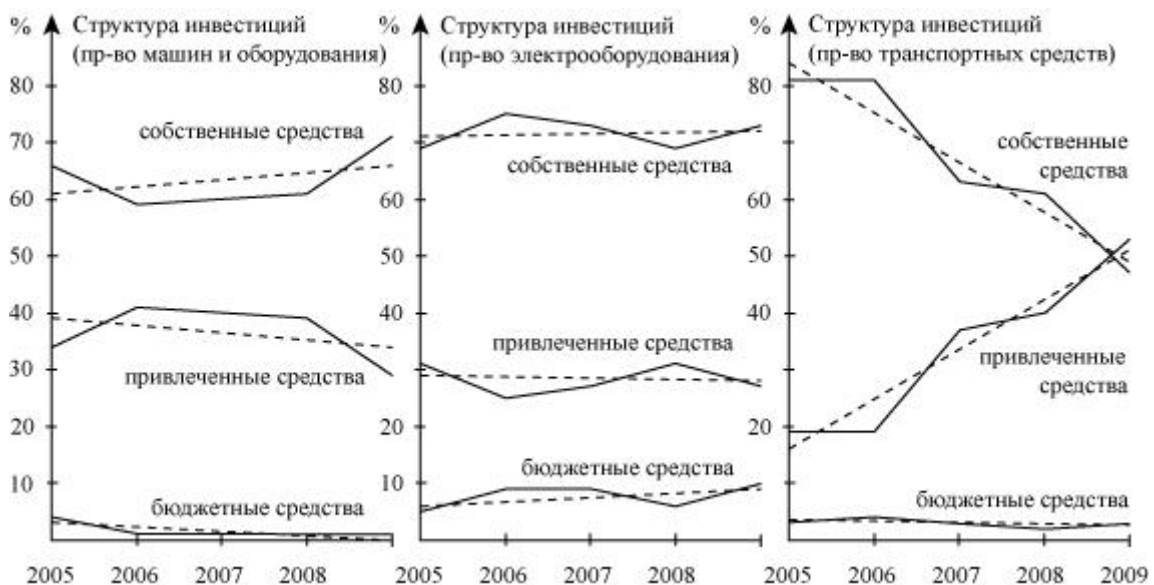


Рис. 4. Динамика состояния основных средств в машиностроении России

На рис. 3 видно, что средний возраст основных средств достаточно стабилен и при этом не критически велик. Но инвестиции в основной капитал с учетом годовой инфляции

$i = 25\%$ [6] в основном снижаются. Исключение, однако, составляет отрасль 4 – «Производство транспортных средств и оборудования». Но кризис 2008-2009 гг. серьезно понизил инвестиции во всех четырех отраслях. Наибольшие инвестиции наблюдаются в отрасли 1 – «Металлургическое производство и производство готовых металлических изделий». При этом инвестирование за счет собственных средств снижается, а за счет привлеченных – повышается, что следует оценить положительно. Бюджетное инвестирование при этом почти нулевое.

Данные рис. 4 свидетельствуют об увеличении доли инвестиций в основной капитал за счет собственных средств в отрасли 2 – «Производство машин и оборудования» и в отрасли 3 – «Производство электрооборудования, электронного и оптического оборудования», что следует оценить отрицательно, поскольку эта доля уже слишком велика. При этом бюджетное инвестирование в отрасли 3 значительное и увеличивается. Состояние структуры инвестиций в отрасли 4 – «Производство транспортных средств и оборудования» критическое, т. к. привлеченные средства в 2009 г. превысили собственные.

Таким образом, общее состояние машиностроения в России неважное, но пока еще не критическое, за исключением, конечно, отрасли 4 – «Производство транспортных средств и оборудования».

Для более глубокого понимания процесса изменения состояния основных средств в четырех основных отраслях машиностроения России необходимо построить для него соответствующую факторную модель. В качестве упрощенной модели можно предложить линейную регрессию. На наш взгляд, наиболее важно было бы отследить изменение фондоотдачи основных средств (y) в зависимости от соответствующих факторов. В качестве таковых предлагаем следующие:

x_1 - удельный вес активной части основных средств (%);

x_2 - коэффициент обновления основных средств (%);

x_3 - коэффициент выбытия основных средств (%);

x_4 - коэффициент износа основных средств (%);

x_5 - средний возраст активной части основных средств (машин, оборудования, транспортных средств) (лет).

Программа «MATLAB» [3] позволяет получить следующую регрессию:

$$y = 12,925 - 0,1298x_1 + 0,0319x_2 + 0,9705x_3 - 0,0462x_4 - 0,1728x_5, \quad MaxErr = 0,8951.$$

Следовательно, фондоотдачу основных средств можно увеличить за счет уменьшения удельного веса их активной части, за счет роста коэффициентов обновления и выбытия, за счет уменьшения коэффициента износа и среднего возраста активной части основных средств.

Подобная модель нуждается в корректировке, поскольку в нее могут входить переменные, которые зависят от других переменных модели. Поэтому уточним регрессионную модель в программе «STATISTICA» [13]:

$$y = 12,49126 - 0,12893x_1 + 0,86901x_3 - 0,07013x_4.$$

Из табл. 1 видно, что данная регрессионная модель достаточно качественная.

Таблица 1

Оценка качества регрессии

Статистика	Значение
Множественный R	0,799558
Множественный R^2	0,639293
Уточненный R^2	0,549116
$F(3,12)$	7,089327
P	0,005366
Стандартная ошибка оценки	0,556330

Таким образом, фондоотдачу основных средств можно увеличить за счет уменьшения

удельного веса их активной части, за счет роста коэффициента выбытия и за счет снижения коэффициента износа.

Проблема замены старого оборудования на новое в современных условиях не может решаться старыми методами, которые использовались в планово-директивной экономике страны. В настоящее время необходим переход к методам, более адекватным современным рыночным условиям развивающегося российского рынка капитала. В данном случае основной акцент следует сделать на учет временной стоимости финансовых решений, которые кроме того должны учитывать инфляцию в высокорисковой экономике России.

При этом в практике ведения бизнеса достаточно часто бывают ситуации, когда для одновременной замены всего парка оборудования недостаточно средств. В таком случае необходимо создание экономического механизма, который позволял бы постепенно обновлять различные единицы оборудования с наибольшей экономической выгодой для предприятия.

Для бесперебойной работы оборудования предприятия в таком режиме следует периодически проводить капитальные ремонты всего оборудования с заменой вышедших из строя машин на новые модели. Проводить капитальный ремонт данных машин нецелесообразно, во-первых, по причине их значительного технического износа и, во-вторых, по причине их более дорого капитального ремонта по сравнению с другими. При этом заменять такие машины на новые, но уже морально устаревшие модели неразумно, т.к. это приведет к техническому отставанию производства от потребностей рынка потребителей продукции.

Чтобы решить указанную проблему можно усовершенствовать *модель предупредительного и восстановительного ремонтов оборудования*, представленную в книгах [8, 12]. Данная модель считается фундаментальной при сопоставлении стратегий предупредительного и восстановительного текущих ремонтов. Она рекомендует производить капитальный и текущий ремонты на основе календарного расписания или ждать выхода оборудования из строя. Ответ на этот вопрос, естественно, зависит от особенностей оборудования и соответствующих затрат. Опишем данную модель.

Пусть M - число одинаковых машин, используемых в определенном производственном процессе; K_1 - стоимость предупредительного ремонта одной машины; K_2 - средняя стоимость устранения одного ее отказа. (Можно считать, что $K_1 < K_2$, ибо в противном случае предупредительный ремонт производить не следует.); p_r - вероятность того, что отказ машины возникнет в месяце r после предыдущего ремонта ($r \geq 1$).

Вычислим затраты на предупредительный ремонт и устранение отказа (S_r) для случая, когда применяется такой порядок текущего ремонта, при котором предупредительный ремонт запланирован в конце каждого r -го месяца. Тогда все M машин будут обслужены в порядке предупредительного ремонта при затратах K_1 . В то же время при каждом случайном отказе машины потребуется израсходовать сумму K_2 . Следовательно, если обозначить через F_r общее среднее число отказов машины в течение r месяцев, то

$$S_r = K_1 M + K_2 F_r, \quad r \geq 1. \quad (6)$$

Величины F_1 и F_r , когда $r \geq 2$, согласно модели, представленной в книгах [8, 12] находятся по формулам

$$F_1 = M p_1, \quad (7)$$

$$F_r = (-1)^{r-1} M \begin{vmatrix} -1 & 0 & \dots & 0 & P_1 \\ P_1 & -1 & \dots & 0 & P_1 + P_2 \\ P_2 & P_1 & \dots & 0 & P_1 + P_2 + P_3 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{r-2} & P_{r-3} & \dots & -1 & P_1 + P_2 + \dots + P_{r-1} \\ P_{r-1} & P_{r-2} & \dots & P_1 & P_1 + P_2 + \dots + P_r \end{vmatrix}, \quad r \geq 2. \quad (8)$$

После нахождения величин F_r по формуле (8) могут быть найдены общие суммы затрат за r месяцев. Для вычисления суммы среднемесячных расходов рассматриваем величины S_r / r . Найдя наименьшую из них, получим оптимальную периодичность предупредительного ремонта. Например, если минимальные среднемесячные расходы составляют $S_3 / 3$, то периодичность предупредительного ремонта равна трем месяцам.

В настоящее время серьезным недостатком этой модели является то, что она не учитывает временную стоимость денег. Чтобы решить эту проблему, необходимо вычислять не среднемесячные расходы S_r / r , а современную стоимость будущих расходов S_r в настоящий момент времени ($PV(S_r)$).

Кроме того, вместо предупредительного ремонта будем рассматривать капитальный ремонт, а вместо восстановительного ремонта - приобретение машины новой модели взамен вышедшей из строя. Таким образом, K_1 - это будет стоимость капитального ремонта одной машины, а K_2 - стоимость устранения одного ее отказа, т. е. замены на новую модель.

Современную стоимость будущих затрат на капитальный ремонт и устранение отказа можно оценить для 2-х различных случаев.

1. *Капитальный ремонт и замена в году, n :*

$$PV(S_n) = (K_1 M + K_2 F_n)(1+i)^{-n}, \quad (9)$$

где i - годовая ставка дисконта (цена капитала) (%).

2. *Капитальный ремонт и замена в месяце, r :*

$$PV(S_r) = (K_1 M + K_2 F_r)(1+i)^{-r}, \quad (10)$$

где $i_r = \sqrt[r]{1+i} - 1$ - ставка дисконта (цена капитала) за месяц (%).

Проиллюстрируем представленный экономический механизм постепенного обновления парка оборудования на следующем примере. Металлообрабатывающая компания 10 лет назад купила 10 одинаковых токарных станков стоимостью 3 млн руб. каждый. В настоящее время можно купить подобный токарный станок новой модели за 4 млн руб. (включая транспортировку и установку). Однако из-за ограниченных финансовых возможностей компания рассматривает вариант постепенного обновления парка оборудования. В настоящий момент капитальный ремонт одного старого станка обойдется в 2 млн руб. Средневзвешенная цена капитала компании составляет 35% в год, а прогнозируемый годовой темп инфляции - 25%.

Поскольку в формулах (9) и (10) дисконтируется номинальный чистый денежный поток, необходимо в дальнейшем учесть темп инфляции. Это позволяет сделать формула Фишера [6]:

$$i = \frac{1+r}{1+h} - 1, \quad (11)$$

где i - реальная ставка (%); r - номинальная ставка (%); h - темп инфляции (%).

Подставляя наши данные в формулу (11), получаем, что реальная цена капитала компании

$$i = \frac{1+0,35}{1+0,25} - 1 = 0,08,$$

т. е. 8% годовых.

Из техничекй характеристик старого оборудования известно, что вероятность отказа одного станка за год составляет $p_1 = 0,01$. Тогда, полагая бесперебойную работу станка в году n как прямое событие A_n , а его отказ как противоположное событие \bar{A}_n , обозначим их вероятности как $P(A_n)$ и $P(\bar{A}_n) = p_n$. При этом в нашем случае $P(A_n) = 0,99^n$, а $P(\bar{A}_n) = p_n = 1 - 0,99^n$. Вычисляя эти вероятности за период в 7 лет, получаем данные табл. 2

Таблица 2

- Расчет вероятностей бесперебойной работы и отказа станка

Год	Вероятность бесперебойной работы, $P(A_n)$	Вероятность отказа, $p_n = P(\bar{A}_n)$
1	0,99	0,01
2	0,9801	0,0199
3	0,970299	0,029701
4	0,960596	0,039404
5	0,95099	0,04901
6	0,94148	0,05852
7	0,932065	0,067935

По формулам (7) и (8) можно найти значения F_1 и F_n , когда $n \geq 2$. Так, например, в 3-м году

$$F_3 = M \begin{vmatrix} -1 & 0 & p_1 \\ p_1 & -1 & p_1 + p_2 \\ p_2 & p_1 & p_1 + p_2 + p_3 \end{vmatrix} = 10 \begin{vmatrix} -1 & 0 & 0,01 \\ 0,01 & -1 & 0,0299 \\ 0,0199 & 0,01 & 0,059601 \end{vmatrix} = 0,601.$$

Рассчитывая все значения F_n в программе “MATLAB” [7] и подставляя их в формулу затрат в n -м году

$$S_n = K_1 M + K_2 F_n, \quad (12)$$

вычисляем затем по формуле (9) современную стоимость затрат на капитальный ремонт и устранение отказа для каждого года в табл. 3.

Таблица 3

Расчет современных стоимостей затрат на капитальный ремонт и устранение отказа (млн руб.)

Год	Среднее число отказов станка, F_n	Затраты на кап. ремонт и устранение отказа, S_n	Дисконтный множитель, $(1+i)^{-n}$	Современная стоимость затрат, $PV(S_n)$
1	0,1	20,4	0,925926	18,889
2	0,3	21,2	0,857339	18,176
3	0,601	22,404	0,793832	17,785
4	1,005	24,02	0,73503	17,655
5	1,515	26,06	0,680583	17,736
6	2,135	28,54	0,63017	17,985
7	2,87	31,48	0,58349	18,368

Как показывают данные табл. 3, наименьшая современная стоимость затрат на капитальный ремонт всего парка оборудования (токарных станков) и устранение отказа одного станка, т. е. его замены на новую модель, получается в случае проведения капитального ремонта всего парка оборудования каждые четыре года. Такая стратегия постепенного обновления парка оборудования позволит получить металлообрабатывающей компании наибольшую экономическую выгоду.

Однако подобный процесс постепенного обновления может серьезно затянуться, поэтому в будущем необходимо перейти на другую, более ускоренную систему замены оборудования.

В заключение сформулируем наиболее значимые выводы:

1. Фондоотдачу основных средств в машиностроении России можно увеличить за счет уменьшения удельного веса их активной части, за счет роста коэффициентов обновления и выбытия, за счет уменьшения коэффициента износа и среднего возраста активной части основных средств.

2. При разработке экономического механизма постепенного обновления парка оборудования компании следует учитывать временную стоимость финансовых решений.

3. В денежных потоках необходимо учитывать инфляцию, характерную для современной России. Для этого необходимо сначала оценить номинальные потоки, а затем использовать формулу Фишера для вычисления реальной цены капитала компании.

4. Разработанный экономический механизм постепенного обновления парка оборудования позволяет при недостатке средств для модернизации всего парка оборудования постепенно обновлять различные его единицы с минимальными затратами.

Представленный в статье подход может быть полезен руководителям компаний в целях последовательной модернизации (технического перевооружения) производства. Это позволит российским компаниям увеличить темпы своего инновационного развития.

Библиографический список

1. **Беляев, О.Г.** Оценка инновационного потенциала экономических систем / О.Г. Беляев, Д.А. Корнилов, // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. 2012. №3 // <http://uecs.ru/>.
2. **Вентцель, Е.С.** Теория вероятностей: учеб. для вузов / Е.С. Вентцель. – 6-е изд. стер. – М.: Высш. шк., 1999. – 576 с.
3. **Гаспарян, О.Н.** MATLAB: учеб. Пособие / О.Н. Гаспарян. – Ереван: Государственный инженерный университет Армении, 2005. – 143 с.
4. **Ковалев, А.И.** Анализ финансового состояния предприятия / А.И. Ковалев, В.П. Привалов. – 4-е изд., исправл., доп. – М.: Центр экономики и маркетинга, 2000. – 208 с.
5. **Корнилов, Д.А.** Разработка классификации видов планирования // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Сер. Экономика и финансы. – Н. Новгород: Изд-во ННГУ. 2005. Вып. 1 (7).- С. 31–37.
6. **Лимитовский, М.А.** Инвестиционные проекты и реальные опционы на развивающихся рынках: учеб.-практич. пособие / М.А. Лимитовский. – М.: «Издательство Юрайт», 2008. – 464 с.
7. **Половко, А.М.** MATLAB для студента / А.М. Половко, П.Н. Бутусов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 320 с.
8. **Старр, М.** Управление производством / М. Старр. – М., 1968. – 398 с.
9. **Шеремет, А.Д.** Методика финансового анализа / А.Д. Шеремет, Р.С. Сайфулин, Е.В. Негашев. – М.: ИНФРА-М, 2000. – 208 с.
10. **Яшин, С.Н.** Анализ эффективности инновационной деятельности: учеб. пособие / С.Н. Яшин, Е.В. Кошелев, С.А. Макаров. – СПб.: БХВ-Петербург, 2012. – 288 с.
11. Промышленность России. 2010. Стат. сб. / Росстат. – М., 2010. – 453 с. // <http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat/rosstatsite/main/>.

12. Экономико-математические модели в организации и планировании промышленного предприятия: учеб. пособие / Б.И. Кузини [и др.]. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1982. – 336 с.
13. STATISTICA – фирменное руководство. – М.: StatSoft Russia, 1999. – 3782 с. // <http://www.statsoft.ru>.

*Дата поступления
в редакцию 10.10.2012*

S.N. Yashin¹, Yu.A. Lebedev², E.V. Koshelev², A.V. Kuptsov²

FORMATION OF THE ECONOMIC MECHANISM OF GRADUAL UPDATING OF COMPANY'S EQUIPMENT PARK

Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alexeyev¹,
Nizhny Novgorod State University n.a N.I. Lobachevsky

Purpose: Improvement of the methodological aspects of the equipment upgrade of the company.

Methodology: Achievement of the objectives is to work through the choice of the most favorable time of the periodic overhaul of all equipment and replacement of defective vehicles.

The results and their application area: The result of research is the development of the economic mechanism of gradual renewal of the company's equipment.

Conclusions: Economic mechanism allows the shortage of funds to upgrade the entire fleet of equipment gradually upgrade its various units with minimal effort.

Key words: Equipment upgrades; repair; time value of financial solutions; nominal cash flows; inflation accounting.