

УДК 69.003:658.012.12

Определение экономически целесообразного срока замены оборудования

Дятлова Н.В., асп.

*Приднепровская государственная академия строительства и
архитектуры*

В рыночных условиях расширились количество способов и возможности реализации строительных проектов, в том числе и механизации работ, то есть обеспечение оборудованием. В целом потребность реализовать проект с минимальной стоимостью является естественной. Реализация проекта складывается из затрат на материалы, механизацию, заработной платы и каждый из этих показателей должен быть минимальным. И затраты на механизацию так же должны быть минимальными. Затраты на механизацию существенным образом зависят от методов обеспечения и в том числе от политики замены оборудования – если оборудование свое. Слишком большие расходы на оборудование могут нарушить финансовую реализуемость проекта. Поэтому различные способы обеспечения проекта оборудованием и методы их сравнительной экономической оценки является актуальной задачей. Сравнение различных способов обеспечения основывается на сравнении их приведенных стоимостей. Основная идея применения показателя приведенной или дисконтированной стоимости заключается в оценке будущих затрат и выгод с позиции текущего момента.

Предположим, что принято решение о покупке крана. Следующий вопрос, с которым столкнется любая строительная организация - вопрос замены этого крана. В процессе эксплуатации техника подвергается физическому и моральному износу. Если строительная организация не проводит периодической замены оборудования, то её конкурентоспособность падает. Поэтому необходимо решить, когда экономически выгодно произвести замену. Политику замены можно представить как набор решений, принимаемых в

конце каждого года, о том, заменять или не заменять имеющееся оборудование. На практике время замены каждого оборудования скорее зависит от экономических условий, нежели приходится на момент его полного физического износа. Стоимость замены будет зависеть от стоимости нового оборудования и стоимости перепродажи заменяемого, выбранного метода начисления амортизации и условий эксплуатации.

Представим себе, что кран уже куплен и его можно эксплуатировать до полного физического и морального износа. А выгодно ли это? Его можно продать после 1-го года, после 2-го года и т.д. Таким образом, имеем несколько вариантов замены. Кран может быть нужен на один год (продолжительность проекта – 1 год), а может его придется использовать и дальше. Отсюда и возникает вопрос с экономической точки зрения, когда кран выгодно продать и купить (если это необходимо)? Оптимальный вариант замены будет зависеть от многих факторов и от приведенной стоимости оборудования в том числе. Решение о замене будет зависеть от того решения, которое мы раньше приняли и, исходя из этого, получаем такое рекуррентное соотношение:

$$G_i = \min (G_j + PV_{ij}),$$

$$i = n - 1, n - 2, \dots, 1,$$

$$j = i + 1, i + 2, \dots, n,$$

где G_i – минимальная стоимость замены;

PV_{ij} – приведенная или дисконтированная стоимость оборудования, покупаемого в начале i -го года и продаваемого в начале j года;

G_j – стоимость замены на предыдущем шаге.

Из вышеизложенного следует, что определение сроков замены оборудования необходимо осуществлять в следующей последовательности:

1. Описать все затраты и выгоды, связанные с покупкой, которые должны быть приняты во внимание: стоимость покупки; амортизационные отчисления; затраты, связанные с правом собственности; стоимость простоя оборудования; эксплуатационные затраты; стоимость замены; стоимость морального износа; стоимость перебазировки; затраты на техническое обслуживание и ремонт; стоимость перепродажи.

2. Выбрать из n -го числа возможных методов начисления амортизации тот, который будет применяться. Этот выбор влияет на окупаемость капитальных вложений.

3. Учесть в расчетах изменение стоимости денег во времени с использованием ставки дисконтирования. На ее величину повлияют три составляющие – инфляция, риск и альтернативная возможность использования денег.

4. Определить приведенную или дисконтированную стоимость оборудования (PV_{ij}), покупаемого в начале i -го года и продаваемого в начале j -го года. Все приведенные стоимости вычисляются в начале года по формуле:

$$PV_{ij} = f(X_i) \quad (1)$$

где X_i – определенный вид затрат или выгод, связанных с покупкой.

5. Определить при помощи метода динамического программирования минимальную стоимость замены - G_i . Решение строится рекуррентно (каждое последующее решение основывается на результатах предыдущих решений); каждое из возможных решений анализируется, и горизонт анализа увеличивается, пока не будет получено решение задачи в целом.

Таким образом, определение оптимального срока замены оборудования сводится к следующим последовательным шагам.

Таблица 1.

G	Год 2	Год 3	Год 4	Год 5	Год j	Min стоимость выбранного варианта	Выбранный вариант	N шага
G_i	-	-	-	-	$G_i = \min (G_j + PV_{ij})$	G_i	вариант	n

G_5	-	-	-	$G_5=0$	-	$G_5=0$	вариант	1
G_4	-	-	-	$G_4 = \min(PV_{45} + \min G_5)$	-	$\min G_4$	вариант	2
G_3	-	-	$G_3 = \min(PV_{34} + \min G_4)$	$G_3 = \min(PV_{35} + \min G_5)$	-	$\min G_3$	вариант	3
G_2	-	$G_2 = \min(PV_{23} + \min G_3)$	$G_2 = \min(PV_{24} + \min G_4)$	$G_2 = \min(PV_{25} + \min G_5)$	-	$\min G_2$	вариант	4
G_1	$G_1 = \min(C_{12} + \min G_2)$	$G_1 = \min(PV_{13} + \min G_3)$	$G_1 = \min(PV_{14} + \min G_4)$	$G_1 = \min(PV_{15} + \min G_5)$	-	$\min G_1$	вариант	5

Пример: Рассмотрим приведенный выше алгоритм на конкретном примере. Стоимость крана – 60 000 тыс. грн. Готовность к эксплуатации составляет 100 % из 2000 ч/год. Средние ежегодные расходы по техническому обслуживанию составляют 2000 тыс. грн. в течение первых двух лет, в дальнейшем 2500 тыс. грн. Затраты, связанные с правом собственности (налог с владельцев транспортных средств), составляют 15 % от годового инвестиционного капитала. Амортизация начисляется равномерно, что составляет 20 % ежегодно от первоначальной стоимости. Моральный износ – 10 % снижения производительности каждые пять лет. Расходы на перебазировку составят в среднем 2 000 тыс. грн. в год. Стоимость простоя – в первый год равна нулю, а затем увеличивается на 1 %. Эксплуатационные расходы – 3500 тыс. грн. в год, а затем увеличиваются на 10 % ежегодно. Стоимость перепродажи принимаем равной остаточной стоимости оборудования. Организация имеет возможность заменить кран в любое время в течение четырех лет. Необходимо определить оптимальный срок замены крана при различных предположениях относительно текущих издержек.

Решим поставленную задачу.

1. Перечислим затраты и выгоды, связанные с покупкой, которые должны быть приняты во внимание:

- Стоимость покупки (С) оборудования;
- Амортизационные отчисления (А) на полное восстановление;
- Затраты, связанные с правом собственности (Пмг) или так называемый налог с владельцев транспортных средств и других самоходных машин и механизмов;
- Затраты на техническое обслуживание и ремонт (Врт);
- Эксплуатационные затраты (Вэкс);
- Стоимость морального износа оборудования (Визн);
- Стоимость перебазировки строительных машин и механизмов (Впб);
- Стоимость простоя оборудования (Пр);
- Стоимость перепродажи машин и механизмов (Вп);

➤ Стоимость замены оборудования (B_3).

2. Принимаем ставку дисконтирования равную 10 %.

3. Определяем PV_{ij} - приведенную стоимость оборудования, покупаемого в начале i -го года и продаваемого в начале j -го года. Все приведенные стоимости вычисляются в начале года. Таким образом, нам необходимо определить:

PV_{12}	PV_{23}	PV_{34}	PV_{45}
PV_{13}	PV_{24}	PV_{35}	
PV_{14}	PV_{25}		
PV_{15}			

Покажем, как определяется приведенная или дисконтированная стоимость крана PV_{ij} на примере определения PV_{13} – приведенная стоимость оборудования покупаемого в начале 1-го года и продаваемого в начале 3-го года. PV_{13} определяется путем суммирования всех затрат и выгод, связанных с эксплуатацией оборудования в течение двух лет.

Рассчитаем затраты:

- Стоимость покупки – 60 000 тыс. грн.;
- Амортизационные отчисления (A) начисляются линейным методом 20 % в год к первоначальной стоимости. Расчеты приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Пример расчета амортизационных отчислений

Год эксплуатации	Амортизационные отчисления	Остаточная стоимость	Сумма А	Износ (%)
0	-	60 000	-	-
1	12 000 (10 908)	48 000	12 000	20 %
2	12 000 (9 917)	36 000	24 000	40 %
A_{13}	20 825	36 000	24 000	40 %

Амортизационные отчисления за два года эксплуатации оборудования составят: $A_{13} = 20\,825$ тыс. грн.

- Затраты, связанные с правом собственности (Пмг), условно принимаем их равными 15 % от инвестиционного капитала. Годовой инвестиционный капитал определяется как средняя стоимость оборудования в начале и конце года с учетом износа. В таблице 3 приведен расчет Пмг₁₃.

Таблица 3.

Пример расчета затрат, связанных с правом собственности

Затраты	Год		
	1	2	Пмг ₁₃
Годовой инвестиционный капитал	54 000	42 000	-
15-% затраты на право собственности	8 100 (7 364)	6 300 (5 206)	12 570

Пмг₁₃ = 12 570 тыс. грн.

- Стоимость замены (Вз₁₃). Если предположить, что темп инфляции каждый год составляет 5 %, а падение покупательной способности – 2 %, то стоимость такого же оборудования через год будет иной. В таблице 4 приведен расчет Вз₁₃.

Таблица 4.

Пример расчета затрат по замене оборудования

Статья	Год	
	на конец 1-го года	на конец 2-го года
Цена нового оборудования во время замены (инфляция – 5 %)	63 000	66 000
Скорректированная (снижение покупательной способности – 2 %) цена нового оборудования	61 740	64 680

Начальная цена оборудования	60 000	60 000
Стоимость замены оборудования	$V_{з12} = 1\,740$	$V_{з13} = 4\,680$

$V_{з13} = 4\,680$ тыс. грн.

- Расходы на техническое обслуживание ($V_{рт13}$) условно приняли равными 2 000 тыс. грн. в течение первых двух лет. Они равны:

$$V_{рт13} = V_{рт12} + V_{рт23} = 2\,000 \cdot (0,9091 + 0,8264) = 3\,471 \text{ тыс. грн.}$$

- Стоимость морального износа ($V_{визн13}$) - каждые пять лет происходит снижение производительности на 10 %. Снижение производительности происходит по годам неравномерно:

Таблица 5.

Показатели снижения производительности по годам эксплуатации

Год	1	2	3	4	5
Снижение производительности, %	0	0	2 %	3 %	5 %

Таким образом, $V_{визн13} = 0$.

- Эксплуатационные расходы $V_{экс13}$. Принимаем, что в первый год эти затраты составляют 3 500 тыс. грн., а затем каждый год увеличиваются на 10 %.

$$V_{экс13} = V_{экс12} + V_{экс23} = 3\,500 \cdot (0,9091 + 0,8264) = 6\,364 \text{ тыс. грн.}$$

- Стоимость перепродажи ($V_{п}$) после использования в течение n лет условно принимаем равной остаточной стоимости оборудования, хотя на эту стоимость влияет множество факторов, и зачастую остаточная стоимость оборудования и реальная цена перепродажи могут не совпадать. Из табл.1 видим, что остаточная стоимость после двух лет эксплуатации: $V_{п13} = 36\,000$ тыс. грн.

- Стоимость перебазируки ($V_{пб}$). Оценку количества перебросок и затем стоимости перебазируки оборудования руководитель проекта сможет сделать тогда, когда определит периоды использования и периоды простоя. Расходы на

перебазировку мы приняли равными 2 000 тыс. грн. в течение первых двух лет, а затем 2 500 тыс. грн.

Таблица 6.

Пример расчета затрат на перебазировку крана

Год	1	2
Затраты на перебазировку, тыс. грн.	2 000	2 000
Приведенные затраты на перебазировку, тыс. грн.	$V_{пб_{12}} = 1\ 818$	$V_{пб_{23}} = 1\ 653$

$$V_{пб_{13}} = 1\ 818 + 1\ 653 = 3\ 471 \text{ тыс. грн.}$$

- Стоимость простоя (Пр) определяется из графика использования оборудования. Время, когда оно по графику работ не требуется и вследствие этого простаивает, а так же экономические затраты, которые несет строительная организация определяют стоимость простоя.

$$Pr_{13} = 0 + 0,300 \cdot 0,8264 = 0,247 \text{ тыс. грн.}$$

$$\text{Таким образом, } PV_{13} = 33\ 977 \text{ тыс. грн.}$$

Остальные приведенные стоимости замены оборудования по годам определяются по такому же принципу. Результаты выполненных нами расчетов приведены ниже (в тыс. грн.):

$$\begin{array}{llll}
 PV_{12}=17\ 013 & PV_{23}=18\ 170 & PV_{34}=18\ 353 & PV_{45}=15\ 633 \\
 PV_{13}=33\ 977 & PV_{24}=29\ 958 & PV_{35}=22\ 393 & \\
 PV_{14}=44\ 588 & PV_{25}=40\ 261 & & \\
 PV_{15}=70\ 426 & & &
 \end{array}$$

4.Теперь определим оптимальный срок замены крана. Расчеты приведены в табл. 7.

Поскольку рассматривается период от начала 1-го года до начала 5-го года, то стоимость замены в начале 5-го года G_5 равна нулю, поскольку кран можно

заменить в любой момент в течение четырех лет (по условию задачи) и дальнейшая судьба оборудования нас не интересует. Купив оборудование в начале 1-го года, можно заменить его в конце года, а в начале следующего года опять купить такой же новый кран и заменить его в конце 2-го года и так каждый год. То есть, можно сказать, что каждая вновь купленная единица оборудования эксплуатируется в течение одного года и тут же продается. Каждый из этих вариантов замены характеризуется своей приведенной стоимостью покупки оборудования - PV_{12} ; PV_{23} ; PV_{34} ; PV_{45} . Политику замены можно представить и в следующей последовательности принятия решений: оборудование, купленное в начале 1-го года эксплуатируют в течение двух лет и заменяют в начале 3-го года; оборудование, купленное в начале 2-го года заменяют в начале 4-го года; оборудование, купленное в начале 3-го года заменяют в начале 5-го года. Таким образом, новое оборудование эксплуатируется в течение двух лет и заменяется. Приведенные стоимости покупки кранов этих вариантов замены составят: PV_{13} ; PV_{24} ; PV_{35} . Следующий вариант замены: оборудование покупается в начале 1-го года, эксплуатируется в течение трех лет и продается, покупается такое же новое, эксплуатируется в течение года и опять заменяется. Приведенные стоимости покупки этих вариантов замены будут – PV_{14} , PV_{25} .

Из вышеизложенного можно было бы заключить, что оборудование, эксплуатируемое в одних и тех же условиях, в течение одинакового промежутка времени (так приведенные стоимости PV_{12} ; PV_{23} ; PV_{34} ; PV_{45} говорят о том, что краны менялись каждый год), должны характеризоваться и одинаковой приведенной стоимостью. Но отличает все эти стоимости фактор времени. Так как оборудование покупается и продается в различные временные интервалы то для того, чтобы сравнивать разновременные затраты мы используем дисконтирование. В нашем случае мы приняли ставку дисконтирования равной 10 %.

Выводы к расчетам из таблицы: Из полученной минимальной стоимости замены, равной 56 370 тыс. грн., в рассматриваемой нами задаче следует, что экономически целесообразно купить машину в начале 1-го года,

Таблица 7.

Определение оптимального срока замены крана

G	Год 2	Год 3	Год 4	Год 5	minGj (тыс.грн.)	Выбранный вариант	N шага
G ₅	–	–	–	G ₅ =0	G ₅ =0	–	1
G ₄	–	–	–	G ₄ =min(PV ₄₅ +0)= =15 633+0=15 633	15 633	PV ₄₅ +minG ₅	2
G ₃	–	–	G ₃ =min(PV ₃₄ +PV ₄₅ + +minG ₅)=18 353+ +15 633=33 986	G ₃ =min(PV ₃₅ + +minG ₅)=22 393+0= =22 393	22 393	PV ₃₅ +minG ₅	3
G ₂	–	G ₂ =min(PV ₂₃ +PV ₃₅ + +G ₅)=18 170+ +22 393=40 563	G ₂ =min(PV ₂₄ +PV ₄₅ + +minG ₅)=29 958+ +15 633=45 591	G ₂ =min(PV ₂₅ + +minG ₅)=40 261+ +0=40 261	40 261	PV ₂₅ +minG ₅	4
G ₁	G ₁ =min(PV ₁₂ + +PV ₂₅ +minG ₅)= =17 013+40 261=57 274	G ₁ =min(PV ₁₃ +PV ₃₅ + +minG ₅)=33 977+ +22 393=56 370	G ₁ =min(PV ₁₄ +PV ₄₅ + +minG ₅)=44 588 + +15 633=60 221	G ₁ =min(PV ₁₅ + +minG ₅)=70 426 + +0=70 426	56 370	PV ₁₃ +PV ₃₅	5

эксплуатировать ее в течение двух лет, затем продать в начале 3-го года, купить новую и через два года опять продать.

В рыночных условиях политика обновления оборудования должна исходить из рыночных критериев, то есть варианты замены сравниваются либо по минимальным затратам, либо по максимальной прибыли. Оборудование со временем изнашивается как в буквальном смысле слова, так и "морально". В любом случае, рано или поздно возникает задача замены старого оборудования на новое. Политика замены существенно зависит от качественных характеристик и от условий эксплуатации. Поэтому мы должны определить оптимальную политику при различных предположениях относительно текущих издержек, условий эксплуатации, роста цен и падения покупательной способности денежной единицы. Что должна дать такая политика – оптимальный срок замены оборудования. Одним из способов определения оптимального срока замены оборудования является метод динамического программирования. Модель динамического программирования, как и другие оптимизационные модели, основывается на использовании критерия. В качестве критерия в рассмотренном примере мы приняли минимальную стоимость замены оборудования. Так как решения заменять или не заменять оборудование должны приниматься в конце каждого года, мы очевидно имеем многошаговый процесс. На решение, принимаемое в конце каждого года, влияют принятые ранее решения, каждое из которых приближает конечное решение к оптимальному.

Задача о замене оборудования – действительно сложная задача. В организациях имеется разное по своим качественным характеристикам оборудование, с различными сроками службы и условиями эксплуатации. Так, одинаковые по своим качественным характеристикам краны, с разными условиями эксплуатации, с разными методами начисления износа будут иметь и различные экономически целесообразные сроки замены. И потому, выработка этой политики – это сложная и очень нужная задача для строительных организаций, которые хотят выжить в рыночных условиях и быть конкурентоспособными.

Список использованных источников:

1. Ковалев В.В. Введение в финансовый менеджмент. – М.: Финансы и статистика, 2000. – 768с.
2. Беллман Р., Дрейфус С. Прикладные задачи динамического программирования: Пер. с англ. – М.: "Наука", 1965. – 390 с.