Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. LXVII, вып. 1, 1975 г.

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ГРАНИЦЫ СРОКОВ СЛУЖБЫ ГОРНОТРАНСПОРТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ КАРЬЕРОВ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

Профессор *О. Б. Бокий*,
канд. эконом. наук *Л. Е. Каменецкий*
(Ленинградский горный ин-т)

Добыча полезных ископаемых открытым способом в СССР непрерывно растет. В 1975 г. карьерная добыча угля по сравнению с 1970 г. возрастет на 52,2—55,2 млн. *т* и составит 205,5—208,5 млн. *т*, или 30% от общего объема добычи угля по стране. В 1980 и 2000 г. долевое участие открытой угледобычи будет составлять, соответственно, 40—45 и около 70% от всей добычи угля по СССР [1]. К 1980 г. общий объем добычи полезных ископаемых открытым способом (без карьеров цветной металлургии) по сравнению с 1970 г. возрастет на 81% [2].

Значительную часть намечаемого прироста карьерной добычи полезных ископаемых должны обеспечить районы с суровыми климатическими условиями. Достаточно сказать, что около 90% всей добычи угля открытым способом сосредоточено в восточных районах страны, где минимальные зимние температуры достигают от —45° до —50°. На эти районы падает основной прирост добычи угля и в перспективе. В еще более тяжелых климатических условиях работают карьеры по добыче руд цветных металлов и железных руд на Крайнем Севере.

Развитие открытого способа добычи в намечаемых масштабах может быть осуществлено только в условиях технического перевооружения горной промышленности и эффективного использования горной техники. Важной предпосылкой для создания этих условий является установление оптимальных сроков службы горнотранспортного оборудования карьеров.

Продолжительность эксплуатации машин и оборудования влияет как на технические, так и на экономические характеристики их работы. Увеличение срока службы снижает надежность работы машин и, следовательно, увеличивает время аварийных простоев; сокращает продолжительность межремонтных циклов; снижает годовую производительность машин; повышает затраты на ремонтное обслуживание и содержание; делает возможным увеличение экономических потерь от морального износа как первой, так и особенно второй формы; снижает темпы накопления амортизационного фонда — одного из важных источников финансирования затрат на модернизацию и обновление парка оборудования.

В то же время продление срока эксплуатации машины освобождает государство от необходимости поставки в данный момент новой

машины взамен списанной. Это в свою очередь связано с экономией на капиталовложениях в развитие горного машиностроения и сопряженных с ним отраслей промышленности и строительства. В условиях дефицитности капиталовложений такая экономия имеет важное значение. Кроме того, увеличение срока службы машины снижает себестоимость продукции на предприятии по элементу «амортизация» за счет уменьшения размера годовых реновационных отчислений.

Таким образом, срок службы машины разнонаправленно влияет на экономические показатели работы предприятия и народного хозяйства в целом. Отыскание целесообразного срока службы машины с учетом народнохозяйственных интересов — частный случай общей задачи повышения экономической эффективности капиталовложений.

Методология оптимизации срока службы машин рассматривалась в работах советских ученых-экономистов В. В. Новожилова, А. С. Консона, Р. Н. Колегаева, С. Е. Канторера, А. С. Астахова и др. Сложность использования имеющихся методологических разработок (в чистом виде) применительно к горнотранспортному оборудованию карьеров обусловлена следующим: многообразием предлагаемых критериев оптимальности (минимум приведенных затрат, минимум себестоимости, максимум рентабельности за весь срок службы машины, стоимость очередного капитального ремонта и др.); отсутствием требуемой исходной информации; спецификой использования горнотранспортного оборудования на карьерах (взаимосвязанность процессов, влияние горно-геологических, горнотехнических, климатических условий и др.).

Для преодоления указанных трудностей методологического и информационного характера Ленинградский горный институт разработал методику расчетов по оптимизации срока службы карьерных машин и оборудования.

Методика предусматривает поэтапное определение экономически целесообразного срока службы горнотранспортного оборудования:

1) определение частнооптимального срока службы машины, под которым понимается экономически выгодный срок службы машины в условиях конкретного предприятия;

2) нахождение экономически целесообразного срока службы машины с учетом народнохозяйственной эффективности;

3) выполнение корректирующих расчетов по экономической целесообразности и срокам замены машин на более производительные (учет морального износа второй формы).

После выполнения указанных расчетов и увязки их результатов с возможностями перспективного баланса оборудования устанавливается амортизационный период, т. е. нормативный срок службы, учтенный в норме амортизационных отчислений.

За частнооптимальный $T_{ч.\,опт}$ принимается такой срок службы оборудования, при котором средняя за все время службы себестоимость единицы продукции, произведенной данным оборудованием, будет минимальной. Для нахождения $T_{ч.\,опт}$ не обязательно определять полную себестоимость единицы продукции, производимой оборудованием, достаточно учесть удельные затраты, изменяющиеся в зависимости от срока службы оборудования: удельные амортизационные отчисления на реновацию, затраты на содержание, все виды ремонтов и модернизацию оборудования.

Удельные затраты Z_c определяются суммированием по годам эксплуатации от $i=1$ до $i=n$. Минимум этой величины, соответствующий t-му году эксплуатации $(i=t)$, определит частнооптимальный срок службы оборудования $t_{лет}$

$$Z_c = \frac{B - Л + \sum_{i=1}^{n} C_i + \sum_{i=1}^{n} P_{т_i} + \sum_{j=1}^{m} P_{с_j} + \sum_{z=1}^{l} P_{к_z} + \sum_{z=1}^{q} M_r}{\sum_{i=1}^{n} V_i} \to \min, \qquad (1)$$

где Z_c — суммарные удельные затраты на единицу продукции за срок службы оборудования; B — восстановительная стоимость оборудования; $Л$ — ликвидационная стоимость; i — год эксплуатации; C_i — стоимость содержания оборудования в i-м году; $P_{т_i}$ — стоимость текущих ремонтов оборудования в i-м году; $P_{с_j}$ — стоимость j-го среднего ремонта; m — число средних ремонтов за n лет эксплуатации; $P_{к_z}$ — стоимость z-го капитального ремонта; l — число капитальных ремонтов за n лет эксплуатации; M_r — стоимость r-й модернизации; q — число модернизаций за n лет эксплуатации; V_i — объем продукции в i-м году.

С точностью, достаточной для практических расчетов, удобнее определять удельные затраты Z_c по формуле

$$Z_c = \frac{B - Л + \sum_{i=1}^{n} (C + P_т + P_с)_i + \sum_{i=2}^{n} (P_к + M)_i}{\sum_{i=1}^{n} V_i} \to \min, \qquad (2)$$

где i — период между смежными капитальными ремонтами; n — число межремонтных периодов (циклов) за весь срок службы оборудования; C, $P_т$, $P_с$, $P_к$, M — стоимость, соответственно, содержания оборудования, его текущих, средних и капитальных ремонтов и модернизации за каждый межремонтный период.

Разница в расчетах по формулам (1) и (2) состоит в том, что для оборудования, имеющего длительный межремонтный период, $\min Z$ может находиться внутри межремонтного цикла и не будет выявлен расчетом по формуле (2). Практические расчеты сроков службы оборудования показывают, что чаще всего $\min Z_c$ приходится на конец межремонтного цикла или находится настолько близко от него, что ошибкой в определении $T_{ч.опт}$ по формуле (2) можно пренебречь.

Удельные затраты Z_c можно определять также как среднюю себестоимость одного часа эксплуатации машины. Для этого в знаменателе формул (1) и (2) необходимо вместо выполненного объема продукции поставить число часов, отработанных машиной.

Частнооптимальные сроки службы машин и оборудования, рассчитанные для отдельного предприятия, отражают экономически целесообразные сроки их эксплуатации только на данном предприятии. С учетом народнохозяйственной эффективности эти сроки могут быть увеличены.

Использование оборудования за пределами частнооптимального срока приводит к экономическим потерям на данном предприятии в связи с увеличением себестоимости продукции. В то же время имеется экономический выигрыш в масштабе народного хозяйства в целом за счет отсрочки поставки на предприятие нового оборудования. До тех пор, пока увеличение себестоимости продукции на предприятии компенсируется народнохозяйственной экономией на капитальных вложениях, его эксплуатация экономически целесообразна.

Частнооптимальному сроку службы оборудования соответствует максимальная потребность в дополнительных капиталовложениях на

расширение производственных мощностей заводов-изготовителей оборудования. Продление срока службы оборудования сверх $T_{\text{ч. опт}}$ обусловливает снижение требуемой величины капиталовложений при одновременном возрастании эксплуатационных расходов на производство единицы продукции. Следовательно, задача определения оптимального срока службы оборудования имеет экстремальный характер. В качестве критерия оптимальности для решения этой задачи целесообразно принять минимум приведенных затрат, определяемых по формуле

$$П_i = Z_c + E_н K_i = \min, \tag{3}$$

где $П_i$ — приведенные удельные затраты на единицу продукции; Z_c — суммарные удельные затраты на единицу продукции, зависящие от срока службы оборудования; $E_н$ — нормативный коэффициент экономической эффективности капиталовложений, $E_н = 0{,}12$; K_i — удельные капиталовложения в расширение производственной мощности заводов-изготовителей оборудования; i — год эксплуатации оборудования.

Область нахождения $П_i$ ограничена, с одной стороны, величиной $T_{\text{ч. опт}}$, с другой — сроком службы оборудования по физическому износу.

Получение исходных величин для расчета Z_c затруднено, так как не все они содержатся в официальных отчетах предприятий, а имеющиеся отчетные данные не отражают индивидуальных затрат на содержание и ремонт оборудования по его видам. Кроме того, затраты, полученные непосредственно из бухгалтерских отчетов карьеров за длительный период времени, несопоставимы (за счет изменения цен на материалы, запасные части, тарифов на заработную плату и др.). Преодолеть указанные трудности определения Z_c можно следующим образом: на основании фактических данных карьеров определять зависимость изменения технических характеристик машин от увеличения срока их службы и на их базе находить искомую экономическую зависимость.

В качестве основных технических характеристик работы машины, связанных со сроком ее эксплуатации, были приняты: годовая производительность машины $П_г$, уровень надежности работы, измеряемый величиной коэффициента готовности $K_г$, и продолжительность межремонтного цикла $T_ц$.

Величина коэффициента готовности определяется по формуле

$$K_г = \frac{T_{раб}}{T_{раб} + T_{рем}}, \tag{4}$$

где $T_{раб}$ — время безотказной работы машины за данный период эксплуатации, *ч*; $T_{рем}$ — время всех видов плановых и неплановых ремонтов машины за данный период эксплуатации, *ч*.

На коэффициент готовности, подсчитанный по формуле (4), в значительной степени влияет продолжительность пребывания машин в капитальных ремонтах, которая на исследуемых северных карьерах в ряде случаев существенно превышает нормативную. Это занижает уровень надежности машин (величины $K_г$) в год проведения капитального ремонта. Чтобы исключить влияние капитальных ремонтов на последующие расчеты, необходимо определить величину $T_{р.\,уд}$, представляющую собой отношение времени простоя машин в ремонтах $T'_{рем}$ (без учета капитальных ремонтов) к времени работы $T_{раб}$.

Зависимость $T_{р.\,уд} = f(T_{раб})$, полученная для эксплуатируемых на карьерах Крайнего Севера экскаваторов ЭКГ-4 и ЭКГ-8, соответственно, имеет вид

$$T_{р.\,уд} = 0{,}135 + 1{,}7 \cdot 10^{-6} T_{раб},$$

$$T_{р.\,уд} = 0{,}25 + 2{,}0 \cdot 10^{-6} T_{раб}.$$

Таким же образом можно определить затраты на содержание и ремонты (без капитальных) экскаваторов в зависимости от числа отработанных ими часов (срока службы). Для этого необходимо правую часть выражений умножить на среднюю стоимость 1 *ч* ремонтных работ для экскаваторов ЭКГ-4 и ЭКГ-8 на северных карьерах.

Получив данные о затратах на ремонт и содержание экскаваторов в зависимости от срока их службы и определив среднюю фактическую продолжительность межремонтных периодов по формуле (2), находим величину Z_c для каждого цикла эксплуатации.

Изложенный метод определения Z_c экскаваторов может быть использован и для других видов горнотранспортного оборудования.

Для экскаваторов, работающих на карьерах Крайнего Севера, величина Z_c начинает повышаться со второго межремонтного цикла (табл. 1), т. е. частнооптимальный срок службы для экскаваторов

Таблица 1

Средняя себестоимость одного часа эксплуатации экскаватора

Цикл эксплуатации	Количество отработанных часов в цикле, тыс. *ч*	Количество отработанных часов за *n* циклов, тыс. *ч*	Восстановительная стоимость экскаватора за вычетом ликвидационной стоимости, тыс. руб.	Затраты на содержание и ремонты (без капитальных) за цикл, тыс. руб.	Затраты на капитальный ремонт и модернизацию за цикл, тыс. руб.	Суммарные затраты на ремонты и модернизацию за *n* циклов, тыс. руб.	Удельные затраты Z_c, руб./*ч*
Экскаватор ЭКГ-4							
I	25,0	25,0	121,63	239,6	—	239,6	14,45
II	19,5	44,5	121,63	266,5	76,5	582,6	15,8
III	14,5	59,0	121,63	243,6	91,7	917,9	17,6
Экскаватор ЭКГ-8							
I	22,5	22,5	360,25	517,7	—	517,7	39,0
II	17,25	39,75	360,25	503,9	188,06	1209,7	39,5
III	12,75	52,5	360,25	432,1	218,06	1859,8	42,3

ЭКГ-4 и ЭКГ-8 ограничивается одним межремонтным периодом продолжительностью 5 лет. Такое положение является результатом чрезвычайно высокой стоимости ремонтов на карьерах Крайнего Севера. Это хорошо иллюстрируется следующими данными по стоимости одного капитального ремонта экскаватора на Крайнем Севере и в других районах, тыс. руб.:

Экскаватор	ЭКГ-4(4,6)	ЭКГ-8(8И)
Норильский горнометаллургический комбинат	85,7	223,8
Карьеры МУП СССР (по данным Центрогипрошахта)	43,2	89,3

Теперь необходимо определить величину удельных капиталовложений в расширение производственной мощности заводов-изготовителей оборудования K_l, также меняющуюся в зависимости от срока службы машины. Сокращение срока службы машины влияет на K_l двояко: с одной стороны, капиталовложения в горное машиностроение и смежные с ним отрасли промышленности возрастают, что связано с увеличением потребности в машинах, с другой — величина капиталовложений несколько снижается, так как стоимость производства машин при увеличении их количества в серии понижается [3].

При определении K_l предположим, что в данный период времени заводы-изготовители поставляют карьерам горнотранспортное оборудование в размерах, которые обеспечивают среднефактические сроки

его службы. Примем потребность в определенном виде машин при сложившихся среднефактических сроках их службы за единицу. Тогда любое сокращение срока службы машины приведет к пропорциональному росту потребности в этом виде машин, которое может быть выражено в долях единицы. Например, средний срок службы экскаватора ЭКГ-8 — 18 лет, он включает пять капитальных ремонтов. Если ограничить средний срок службы экскаваторов четырьмя межремонтными периодами, что соответствует 15 годам эксплуатации, то потребность в экскаваторах увеличится в 1,2 раза (18:15).

Зная удельные капиталовложения в создание производственной мощности заводов-изготовителей и размер потребности в машинах при различных сроках их службы, определим изменение искомой величины капиталовложений. Например, по данным Ижорского завода им. А. А. Жданова, удельные капитальные вложения в создание производственной мощности для производства экскаваторов ЭКГ-8 ориентировочно составляют 530 тыс. руб. Следовательно, отсрочка поставки экскаватора ЭКГ-8 на один год дает экономический эффект в размере $E_н K_i$, или $0{,}12 \cdot 530 = 63{,}5$ тыс. руб. При увеличении потребности в экскаваторах в 1,2 раза экономия составит $1{,}2 \cdot 0{,}12 \cdot 530 = 76{,}3$ тыс. руб. Эта величина должна быть несколько уменьшена с учетом снижения себестоимости производства экскаваторов при большем объеме их выпуска [3].

Располагая необходимыми данными по изменению величин Z_c и K_i, находим $П_i$, минимум которой и определяет экономически целесообразный срок службы машины.

Ниже сопоставляются результаты расчетов экономически целесообразных сроков службы горнотранспортного оборудования карьеров Крайнего Севера с заложенными в действующие нормы амортизации:

Срок службы, лет	Нормативный	Рекомендуемый
Экскаваторы одноковшовые, карьерные с емкостью ковша, $м^3$		
от 3 до 6	12,8	9,0
от 6 до 15	25,0	11,0
Буровые станки БАШ-250	5,8	8,0
Большегрузные автомобили-самосвалы грузоподъемностью более 25 *т*	7,5	5,0
Карьерные электровозы	21,0	15,0
Думпкары	14,0	9,0
Бульдозеры свыше 100 *л. с.*	7,7	6,0

Проектирование новых норм амортизационных отчислений на горные машины с учетом экономически обоснованных более коротких сроков их службы обусловило значительное повышение норм амортизации на полное восстановление (табл. 2).

Таблица 2

Действующие и рекомендуемые нормы амортизационных отчислений для некоторых видов карьерного оборудования

Группа и вид основных фондов	Нормы амортизационных отчислений, %					
	действующие			запроектированные		
	общая	на полное восстановление	на капитальный ремонт	общая	на полное восстановление	на капитальный ремонт
Экскаваторы одноковшовые, карьерные с емкостью ковша, $м^3$						
от 3 до 6	14,0	8,0	6,0	21,03	10,9	10,13
от 6 до 15	9,0	4,0	5,0	15,96	8,91	**7,05**

Продолжение табл. 2

Группа и вид основных фондов	Нормы амортизационных отчислений, %					
	действующие			запроектированные		
	общая	на полное восстановление	на капитальный ремонт	общая	на полное восстановление	на капитальный ремонт
Карьерные электровозы	12,3	4,8	7,5	9,5	6,0	3,5
Думпкары	11,0	7,0	4,0	24,2	10,8	13,4
Буровые станки БАШ-250	29,0	12,0	17,0	20,0	12,5	7,5
Бульдозеры свыше 100 *л. с.*	25,0	13,0	12,0	37,9	16,3	21,6

Установление оптимальных сроков службы горнотранспортного оборудования и расчет на их базе обоснованного амортизационного периода позволит получить на карьерах Крайнего Севера экономический эффект, измеряемый десятками миллионов рублей.

Разработанные Ленинградским горным институтом нормы амортизационных отчислений на горнотранспортное оборудование карьеров Крайнего Севера включены Госпланом СССР в проект норм амортизационных отчислений на основные производственные фонды, применение которых намечено с 1975 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мельников Н. В. Основные направления технического прогресса и пути повышения производительности труда на угольных разрезах. Отраслевая всесоюзная научно-техническая конференция по производительности труда, Донецк, 1972.

2. Разработка рекомендаций по использованию и области применения карьерных экскаваторов. Изд. Центрогипрошахт, 1971.

3. Чернегов Ю. А., Бароненков В. А. Методика сопоставления вариантов открытой разработки месторождений при использовании оборудования разного масштаба, Изд. МГИ, 1968.