

УДК 621.873

**К вопросу об оценке экономической эффективности грузоподъемных кранов**

Либерман Я. Л., Летнев К. Ю., Горбунова Л. Н.

Показан расчет прироста прибыли, сокращение расходов, связанных с эксплуатацией, и другие показатели, характеризующие экономическую эффективность применения тех или иных технических средств для повышения производительности, надежности и безопасности грузоподъемных кранов.

*Ключевые слова:* грузоподъемный кран, экономическая эффективность, амортизационные отчисления, эксплуатационные затраты, прибыль, модернизация.

**Введение**

В настоящее время оценка экономической эффективности грузоподъемных кранов как правило ведется аналогично оценке эффективности технологических машин (станков, прессов, сварочных агрегатов и т. п.), производящих определенные материальные объекты. Это справедливо лишь тогда, когда кран является составным элементом соответствующей технологической цепочки, принадлежащей одному собственнику. Между тем, зачастую кран является собственностью одного владельца, а технологические машины – другого или других. При этом первый либо сдает кран вторым на определенное время в аренду, либо продает вторым специфические услуги – услуги по производству подъемно-транспортных работ, выполняемых по договорам подряда.

Цель работы — оценка экономической эффективности применения тех или иных технических средств для повышения производительности, надежности и безопасности грузоподъемных кранов.

**Оценка экономической эффективности**

Обратимся к последнему случаю, полагая, что указанные договоры, как это обычно бывает, следуют друг за другом. В таком случае услуги по продаже подъемно-транспортных работ за период времени  $T$  с начала эксплуатации крана приносят его владельцу прибыль

$$П = Ц \cdot T - P,$$

где  $Ц$  – цена указанных работ (руб./мес), а  $P$  – расходы и потери (руб.), связанные с эксплуатацией крана, за время  $T$  (мес). Определим величину  $P$  как

$$P = A + Э + П_{\text{п}} + П_{\text{т}},$$

где  $A$  – амортизационные отчисления;  $Э$  – собственно эксплуатационные затраты;  $П_{\text{п}}$  – потери из-за простоев крана;  $П_{\text{т}}$  – потери по причине производственного травматизма персонала, обслуживающего кран.

Согласно Положению по бухгалтерскому учету «Учет основных средств» ПБУ 6/01, утвержденному Приказом Минфина России от 30.03.2001 № 26н (пп. 19, 20), амортизационные отчисления  $A$  рассчитываются по первоначальной стоимости крана  $C$  и норме амортизации  $H$ , исчисленной исходя из срока полезного использования крана  $T_{\text{пл}}$ , который устанавливается предприятием-владельцем крана при принятии его на баланс в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 01.01.2002 №1 «О классификации основных средств, включаемых в амортизационные группы». Отсюда следует, что в течение времени  $T$ , не превышающего  $T_{\text{пл}}$ ,

$$A = \frac{C \cdot H \cdot T}{100},$$

где  $C$  – величина, включающая в себя цену крана, затраты на его транспортирование к месту монтажа и монтаж (руб.), а  $H$  – месячная норма амортизационных отчислений, выраженная в процентах. Если принять во внимание, что по истечении срока  $T_{\text{пл}}$  амортиза-

ционные отчисления прекращаются, то в общем случае (для произвольных  $T$ )

$$A = \frac{C \cdot H}{100} \cdot K_A,$$

где  $K_A$  – пороговая функция:

$$K(T, T_{III}) = \begin{cases} T & \text{при } T < T_{III} \\ T_{III} & \text{при } T \geq T_{III} \end{cases}$$

Собственно эксплуатационные затраты  $\mathcal{E}$  слагаются из затрат на текущие ремонты и небольшие модернизации крана (крупные модернизации выполняются во время капитальных ремонтов и производятся за счет амортизационных отчислений), из оплаты персонала, обслуживающего кран, затрат на электроэнергию и вспомогательные материалы (тросы, смазочные материалы и др.) и т. п. и приближенно могут быть определены как

$$\mathcal{E} = \mathcal{Z}_1 \cdot T,$$

где  $\mathcal{Z}_1$  – средние собственно эксплуатационные затраты в месяц (руб.).

Потери из-за простоев крана определить сложнее, но с точностью, достаточной для практики, их можно вычислить как

$$\Pi_{II} = \mathcal{C} \cdot \frac{T_{ПК}}{\Phi_K} \cdot T + \mathcal{Z}_2 \cdot \frac{T_{ПКА}}{\Phi_K} \cdot T,$$

где  $T_{ПК}$  – среднегодовое время простоев крана по организационным (по вине владельца) и техническим (крупные неисправности и аварии) причинам;  $T_{ПКА}$  – среднегодовое время простоев крана только по техническим причинам (то и другое в часах);  $\mathcal{Z}_2$  – среднемесячные затраты на устранение крупных неисправностей и последствий аварий (руб.);  $\Phi_K$  – годовой фонд рабочего времени крана (час).

Потери из-за травматизма персонала, обслуживающего кран, согласно работе [1] можно вычислить аналогично, как

$$\Pi_T = \mathcal{Z}_3 \cdot \frac{T_{ПТ}}{\Phi_P} \cdot T,$$

где  $T_{ПТ}$  – среднегодовые потери рабочего времени указанного персонала по причине производственного травматизма;  $\Phi_P$  – годовой фонд рабочего времени персонала (то и дру-

гое в часах);  $\mathcal{Z}_3$  – средняя оплата месяца нетрудоспособности в связи с производственным травматизмом персонала, обслуживающего кран, осуществляемая Фондом социального страхования РФ из страховых взносов предприятия наряду с возвратом предприятию средств для реализации предупредительных мер по сокращению травматизма и профзаболеваний (Приказы Минздравсоцразвития РФ от 30.01.2008 № 43н и 06.08.2009 № 573н).

Таким образом,  $P$  и  $\Pi$  равны, соответственно,

$$P = \left( \mathcal{Z}_1 + \mathcal{C} \cdot \frac{T_{ПК}}{\Phi_K} + \mathcal{Z}_2 \cdot \frac{T_{ПКА}}{\Phi_K} + \mathcal{Z}_3 \cdot \frac{T_{ПТ}}{\Phi_P} \right) \cdot T + \frac{C \cdot H}{100} \cdot K_A$$

$$\Pi = \mathcal{C} \cdot T \cdot \left( 1 - \frac{T_{ПК}}{\Phi_K} \right) - T \cdot \left( \mathcal{Z}_1 + \mathcal{Z}_2 \cdot \frac{T_{ПКА}}{\Phi_K} + \mathcal{Z}_3 \cdot \frac{T_{ПТ}}{\Phi_P} \right) - \frac{C \cdot H}{100} \cdot K_A$$

Зная  $P$  и  $\Pi$ , нетрудно найти прирост прибыли, сокращение расходов, связанных с эксплуатацией, и другие показатели, характеризующие экономическую эффективность применения тех или иных технических средств повышения производительности, надежности, безопасности и иных качеств грузоподъемных кранов. Так, прирост прибыли будет равен:

$$\Delta \Pi = \Pi'' - \Pi'$$

где  $\Pi'$  – прибыль до внедрения технических средств;  $\Pi''$  – прибыль после внедрения, отличающаяся от  $\Pi'$  за счет изменения  $\mathcal{Z}_1$ ,  $T_{ПК}$ ,  $T_{ПКА}$ ,  $T_{ПТ}$  или  $T = T_{Сл}$ , где  $T_{Сл}$  – срок службы крана, изменившийся за счет увеличения его остаточного ресурса. Полагая, что  $P$  применительно к грузоподъемным машинам имеет смысл себестоимости продукции, можно рассчитать условно-годовую экономию от использования тех или иных технических средств или организационных мероприятий как

$$\mathcal{E}_{УГ} = \frac{P' - P''}{T} \cdot 12$$

срок окупаемости капиталовложений  $M$ , потребовавшихся на внедрение некоторого новшества, как

$$T_{OK} = \frac{M \cdot T}{(P' - P'') \cdot 12} \text{ (лет)}$$

где  $P'$  и  $P''$  – величины, соответствующие  $\Pi'$  и  $\Pi''$  при равных  $T$ , а также вычислить относительное снижение расходов и потерь как

$$\Delta P_{OTH} = \left(1 - \frac{P'}{P''}\right) \cdot 100 \text{ (\%)}$$

Нетрудно рассчитать и коэффициент рентабельности затрат  $P$  и его изменение как

$$\Delta K_P = K_P'' - K_P' = \left(\frac{\Pi''}{P''} - \frac{\Pi'}{P'}\right) \cdot 100 \text{ (\%)}$$

Покажем использование предложенной методики на примере оценки эффективности небольшой модернизации крана, допустим, типа установки некоторого устройства гашения колебаний крюковой подвески. Такая модернизация будет стоить владельцу крана не более 5000 руб., но снизит вероятность усталостных разрушений металлоконструкций крана, затраты на текущие ремонты и др., а также увеличит срок службы крана. Примем во внимание, что в период простоев кранов начисление амортизации не прерывается, если простой длится не более трех месяцев (в противном случае кран должен быть поставлен на консервацию), причем расходы на транспортировку крана и монтаж при расчете  $C$  обычно полагают равными, соответственно, 20 и 10 % от цены крана.

Предположим далее, что имеется башенный кран грузоподъемностью 16 т и первоначальной стоимостью 1 млн. руб. Полагая, что затраты на транспортировку крана к месту работ составляют примерно 200 тыс. руб. и его монтаж на рабочей площадке — примерно 100 тыс. руб., примем величину  $C$  в формуле расчета амортизационных отчислений равной 1300000 руб.

По Постановлению Правительства РФ от 01.01.2002 № 1 башенные краны общего назначения относятся к подразделу «Машины и оборудование — Оборудование подъемно-транспортное подвижное» 5-й группы, описывающей «имущество со сроком полезного использования свыше 7 лет до 10 лет включительно». Приняв срок полезного использования крана равным 10 годам ( $T_{ПИ} = 10 \cdot 12 \text{ мес} = 120 \text{ мес}$ ), получим годовую норму амортизационных отчислений в размере 10 %, а месячную —  $H = 10/12 \approx 0,83 \text{ \%}$ .

Для определения средних эксплуатационных затрат в месяц  $Z_I$  зададим их составляющие:

затраты на текущие ремонты и небольшие модернизации крана — в размере 7500 руб./мес;

расходы на вспомогательные материалы — 5000 руб./мес;

затраты на оплату персонала бригады из 3 человек на 1 кран и среднемесячной заработной платой 20 тыс. руб. — 60000 руб.;

расходы на электроэнергию для крана с суммарной установленной мощностью электродвигателей 150 кВт при стоимости 0,5 руб./кВт и годовом фонде рабочего времени крана  $\Phi_K$  1800 часов, —  $150 \cdot 0,5 \cdot 1800/12 = 11250 \text{ руб./мес}$ .

Таким образом,  $Z_I = 7500 + 5000 + 60000 + 11250 = 83750 \text{ руб}$ .

Исходя из статистики аварийности и травматизма, примем вероятность  $T_{ПК}/\Phi_K$  простоя крана по организационным и техническим причинам равной 0,15, а вероятность  $T_{ПКА}/\Phi_K$  простоя по техническим причинам — 0,10. Среднегодовые потери рабочего времени персонала по причине производственного травматизма  $T_{ПТ}$  можно вычислить также, исходя из известной статистики, например, из расчета 6 несчастных случаев в год (для бригады из 3 человек) и средней продолжительности одного больничного листа — 2 недели, что при 40-часовой рабочей неделе будет

равняться  $6 \cdot 2 \cdot 40 = 480$  часов/год. Тогда, при номинальном фонде рабочего времени – 250 рабочих дней в год или 2000 часов в год на человека и, соответственно, общем фонде рабочего времени  $\Phi_P$ , равном  $3 \cdot 2000 = 6000$  часов, можно рассчитать вероятность потерь по причине травматизма как

$$T_{ПТ}/\Phi_P = 480/6000 = 0,08.$$

Зададимся далее величинами  $C$ ,  $Z_2$  и  $Z_3$ . Величину  $Z_3$  приравняем к указанной выше среднемесячной зарплате персонала (60000 руб.), поскольку больничные листы при производственном травматизме оплачиваются в размере 100 % среднего заработка работника. Значение  $Z_2$ , исходя из среднегодовых затрат на устранение последствий аварий, составляющих около 25 % от стоимости крана, прием равным 20000 руб./мес. Наконец, исходя из соображений прибыльности, прием величину  $C$  равной 200000 руб./мес.

Определим теперь расходы и потери, связанные с эксплуатацией крана, без применения средств устранения колебаний. Если считать, что срок службы крана в данном случае равен  $T_{СЛ} = T'_{СЛ} = 12$  лет = 144 мес, то при выбранных выше исходных данных  $P$  равно

$$P' = (83750 + 200000 \cdot \frac{270}{1800} + 20000 \cdot \frac{180}{1800} + 60000 \cdot \frac{480}{6000}) \cdot 144 + \frac{1300000 \cdot 0,83}{100} \cdot 120 = 18659200 \text{ руб.}$$

Соответственно, прибыль  $\Pi$ , полученная владельцем крана за весь срок службы последнего, будет равна

$$\Pi' = 200000 \cdot 144 - 18659200 = 10140800 \text{ руб.}$$

Из исследований технической эффективности устройств устранения колебаний известно, что они могут увеличить срок службы крана  $T_{СЛ}$  приблизительно на 15 % (в рассматриваемом примере до  $T''_{СЛ} = 13,8$  лет или 165,6 мес), величину  $T_{ПТ}$  позволяют снизить также на 15 % (до  $T''_{ПТ} = 408$  ч/год), а величину  $T_{ПКА}$  – на 10 % ( $T''_{ПКА} = 162$  ч/год). Отсюда следует, что вероятность простоев крана по

техническим причинам в результате установки устройства гашения колебаний может уменьшиться до величины  $T''_{ПКА}/\Phi_K = 0,09$ , вероятность простоев по организационным и техническим причинам (при неизменной вероятности простоев по организационным причинам, равной примерно 0,05) – до величины  $T''_{ПКА}/\Phi_K + 0,05 = 0,14$ , вероятность  $T_{ПТ}/\Phi_P$  – до величины  $T''_{ПТ}/\Phi_P = 0,07$ . Подставляя в формулы для  $P$  и  $\Pi$  числа, соответствующие этим вероятностям, и полагая, что затраты на столь малую модернизацию компенсируются уменьшением затрат на текущие ремонты крана, получим за весь новый срок службы крана

$$P'' = (83750 + 200000 \cdot \frac{252}{1800} + 20000 \cdot \frac{162}{1800} + 60000 \cdot \frac{408}{6000}) \cdot 165,6 + \frac{1300000 \cdot 0,83}{100} \cdot 120 = 20779528 \text{ руб.}$$

$$\Pi'' = 200000 \cdot 165,6 - 20779528 = 12340472 \text{ руб.}$$

Сравнивая  $P''$  и  $P'$ , нельзя не заметить, что установка на кран устройств устранения колебаний суммарные расходы и потери увеличила. Однако это произошло за счет увеличения срока службы крана. Но увеличение срока, уменьшение уровня травматизма и времени простоев крана привело и к получению владельцем крана финансовой выгоды в виде прироста прибыли

$$\Delta \Pi = 12340472 - 10140800 = 2199672 \text{ руб.}$$

Отсюда видно, что экономическая эффективность устройств, предназначенных для устранения колебаний, оказывается весьма существенной. Для подтверждения этого можно вычислить и другие показатели, характеризующие экономическую эффективность таких устройств –  $\Delta U_T$ ,  $T_{OK}$ ,  $\Delta P_{OTH}$  и  $\Delta K_p$ . Это нетрудно сделать, если задаться некоторым расчетным временем эксплуатации крана  $T$ , одинаковым для сравниваемых случаев. При  $T = 5$  лет = 60 мес, например, будем иметь до модернизации крана

$$P' = (83750 + 200000 \cdot \frac{270}{1800} + 20000 \cdot \frac{180}{1800} + 60000 \cdot \frac{480}{6000}) \cdot 60 + \frac{1300000 \cdot 0,83}{100} \cdot 60 = 7883000 \text{ руб.}$$

$$P' = 200000 \cdot 60 - 7883000 = 12340472 \text{ руб.}$$

После модернизации получается

$$P'' = (83750 + 200000 \cdot \frac{252}{1800} + 20000 \cdot \frac{162}{1800} + 60000 \cdot \frac{408}{6000}) \cdot 60 + \frac{1300000 \cdot 0,83}{100} \cdot 60 = 7707800 \text{ руб.}$$

$$P'' = 200000 \cdot 60 - 7707800 = 4292200 \text{ руб.}$$

В результате

$$\Delta_{\text{УГ}} = (7883000 - 7707800) \cdot 12/60 = 35040 \text{ руб.}$$

$$T_{\text{ОК}} = 5000 \cdot 60 / [(7883000 - 7707800) \cdot 12] \approx 0,14 \text{ года} \approx 1,7 \text{ месяца;}$$

$$\Delta P_{\text{ОТН}} = [1 - (7883000/7707800)] \cdot 100 \approx 2,2 \%;$$

$$\Delta_{\text{КР}} = [(4292200/7707800) - (411700/7883000)] \cdot 100 \approx 3,5 \%.$$

**Статья поступила в редакцию 14 февраля 2012 г.**

We show the calculation of profit growth, reduced costs associated with the operation, and other indicators of economic efficiency of the application of any technical means to improve performance, reliability and safety of cranes.

*Keywords:* crane, economic efficiency, depreciation, operating costs, income, modernization.

*Либерман Яков Львович* – кандидат технических наук, доцент кафедры «Металлообрабатывающие станки и комплекс» Уральского федерального университета

*Летнев Константин Юрьевич* – ассистент кафедры «Подъемно-транспортные машины» Уральского федерального университета

*Горбунова Любовь Николаевна* – кандидат технических наук, доцент кафедры «Инженерная экология и безопасность жизнедеятельности» Сибирского федерального университета

## Выводы

Полученные значения свидетельствуют об эффективности модернизации не только в расчете на весь период службы крана, но и в пятилетний срок. Разумеется, при других исходных данных и результаты вычислений будут другими. Тем не менее, характер их не изменится.

## Литература

1. *Вершинин А. А., Либерман Я. Л., Ситников В. П.* и др. Критерий приоритетного планирования мероприятий по профилактике производственного травматизма // Известия ВУЗов. Цветная металлургия, 1976 г., № 2