

**Бантковський В.А.,  
Іванов В.І.,  
Мартиненко О.Д.,  
Гожа Д.М.**

Харьковский национальный  
технический университет  
сельского хозяйства  
имени П.Василенко,  
г. Харьков, Украина,  
E-mail: kafedraTSRP@i.ua

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВА РЕМОНТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

УДК 631.2

*В работе представлены, разработанные авторами, предложения относительно методических подходов к оценке качества ремонта технологического оборудования в современных условиях производства. Представлены результаты сравнительного анализа существующих методов оценки качества ремонта.*

**Ключевые слова:** технологическое оборудование, система планово-предупредительного ремонта, структура ремонтного цикла, качество ремонта, интегральный показатель качества, текущие эксплуатационные затраты, полезный эффект от эксплуатации оборудования.

**Актуальность проблемы.** Физический износ вызывает ухудшение эксплуатационных свойств технологического оборудования (снижает его производительность, мощность, технологическую точность и т.п.), влечет за собой отказы в его работе, что, в свою очередь, приводит к увеличению потерь от брака и снижению объема выпускаемой продукции (оказываемых услуг).

Работоспособность оборудования предприятий находится в прямой зависимости от качества выполняемых ремонтов технологического оборудования. Качество ремонта воплощается в качестве отремонтированного оборудования. Исходя из этого, под качеством ремонта следует понимать уровень достижения в процессе ремонта технико-экономических свойств отремонтированного оборудования относительно аналогичного нового. Качество отремонтированного оборудования – это совокупность всех его свойств, обеспечивающих возможность выполнения заданных функций в течение установленного промежутка времени после проведения ремонта [1].

Чтобы обеспечить нормальное функционирование технологического оборудования, необходимо постоянно поддерживать его в работоспособном состоянии путем своевременного проведения ремонтов и технического обслуживания. Для обеспечения нормативных показателей качества и безотказности в работе технологического оборудования применяется комплекс взаимоувязанных положений и норм, которые определяют организацию и порядок проведения работ по ТО и ремонту технологического оборудования. Этот комплекс составляет основу системы планово-предупредительного ремонта технологического оборудования (систему ППР).

Система ППР технологического оборудования предусматривает проведение следующих видов работ: ежедневные технические обслуживания (ЕТО), плановые осмотры, плановые малый (текущий), средний и капитальный ремонты.

Структура ремонтного цикла (время работы оборудования между двумя капитальными ремонтами), т.е. порядок чередования и количество осмотров, малых и средних ремонтов в ремонтном цикле для разных групп технологического оборудования разные. Трудоемкость ремонтных операций зависит от вида ремонта, конструктивных и технологических особенностей оборудования, а также от его габаритных размеров [2].

Качество капитального ремонта, формируясь в сфере его производства, полностью проявляется лишь в сфере потребления капитально отремонтированного оборудования. Чем в большей степени капитально отремонтированное оборудование по своим техноко-экономическим параметрам приближается к новому, тем выше качество произведенного ремонта. Однако ограниченность средств, расходуемых на выполнение капитальных ремонтов, а также технология ремонта, отличная от технологии производства нового оборудования, не обеспечивают достижение капитально отремонтированным оборудованием свойств нового [3].

**Цель исследования.** Сравнительный анализ существующих методов оценки качества ремонта и разработка предложений относительно методических подходов к оценке качества ремонта технологического оборудования.

Качество ремонта как категория имеет ряд аспектов: правовой, социологический, технический, экономический и др. Между техническим и экономическим аспектами качества ремонта существует взаимосвязь и противоречие [1].

Взаимосвязь этих аспектов проявляется в том, что ремонт, в результате которого отремонтированное технологическое оборудование приближается по своим свойствам к новому оборудованию, как правило, создает положительный экономический эффект у потребителя за счет снижения потерь от брака, затрат на внеплановые ремонты, увеличения объема выпускаемой продукции (оказываемых услуг). Но иногда возникает такая ситуация, когда с технической точки зрения качество произведенного ремонта достаточно высокое, а с экономической точки зрения достижение такого высокого качества нецелесообразно. Это наблюдается в том случае, когда обеспечение высоких технических параметров требует повышенных затрат на проведение ремонта. При этом достигнутые параметры оборудования в сфере потребления используются не полностью.

Под оптимальным качеством ремонтов следует понимать максимально возможное восстановление свойств технологического оборудования, предусмотренное проведением данного вида ремонта, обеспечивающее его нормальное функционирование на протяжении ремонтного цикла в соответствии с назначением при минимальных затратах на их проведение.

**Анализ последних исследований и публикаций по данной проблеме.** В практике работы машиностроительных предприятий оценка качества ремонтов оборудования чаще всего сводится к проведению приемочных испытаний в такой последовательности: внешний осмотр, испытание на холостом ходу, испытание под нагрузкой и в работе. Кроме того, металлорежущие станки испытывают на точность, жесткость и виброустойчивость. В основу оценки качества выполненных ремонтов положено требование соответствия важнейших параметров отремонтированного оборудования его паспортным данным или стандартам и техническим условиям. Для каждого вида технологического оборудования существуют свои важнейшие параметры, степень восстановления которых в процессе проведения ремонта обуславливает его качество [5].

Однако с экономической точки зрения для оценки качества ремонтных воздействий только на основе результатов приемочных испытаний недостаточно. Тем более, что существующие на практике подходы к оценке качества ремонта оборудования не везде одинаковы. Это объясняется тем, что в основе оценки качества лежат различные критерии: результаты испытаний на точность, соблюдение плановых сроков проведения капитального ремонта, количество выявленных дефектов, шум, вибрация и др. Многообразие требований создает условия для субъективного подхода к оценке качества ремонтов. Кроме того, существующие методы оценки не позволяют судить о том, как долго в процессе послеремонтной эксплуатации оборудования будут сохраняться достигнутые в результате проведения ремонта технические параметры его работы [4].

Правда, на отдельных предприятиях устанавливается гарантийный срок службы на капитально отремонтированные единицы технологического оборудования. К сожалению, в большинстве случаев, он устанавливается субъективно без должного экономического обоснования и не позволяет достоверно оценить качество выполненных ремонтов.

Существует также применяемая на практике методика оценки технического уровня и качества отремонтированной капитально продукции с помощью коэффициента дефектности [5]:

$$D = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^m Z_i \cdot d_i, \quad (1)$$

где  $m$  – число всех видов дефектов, встречающихся в данной продукции или выборке;  $d_i$  – количество дефектов  $i$ -го вида;  $Z_i$  – коэффициент весомости  $i$ -го дефекта, который может быть отображен в денежном выражении при стоимостной оценке или в баллах при балльной оценке;  $n$  – объём выборки для определения коэффициента дефектности.

Коэффициент дефектности позволяет учесть все дефекты, которые имели место при выполнении любого вида ремонта, и однозначно судить о его качестве. Данный показатель позволяет учесть весомость того или иного вида дефектов. Однако коэффициенты весомости устанавливаются экспертным путем и, какими бы квалифицированными не были бы эксперты, они не застрахованы от субъективности в оценке того или иного из присутствующих дефектов. Следовательно, использование коэффициенты дефектности для оценки выполненного ремонта не позволяет в полной мере судить о его качестве.

Существуют также методики оценки качества ремонта с использованием системы условных дефектов. Такая система состоит из целого ряда коэффициентов, учитывающих невыполнение следующих требований: к качеству материалов (КМ), качеству обработки (КТ), качеству восстановленных деталей (КВ), качеству сборки (КС), качеству отделки (КО), к правилам приемки (КПП), а также коэффициент, учитывающий отказы и неисправности гидро- и пневмосистемы (КГП) [6, 7].

Система коэффициентов имеет вид:

$$K = K_M^2 + K_T^2 + K_B^2 + K_C^2 + K_{PP}^2 + K_O^2 + K_{ГП}^2. \quad (2)$$

Этот метод расчета коэффициента качества ремонта позволяет с известной степенью точности получить однозначную оценку качества ремонта только на стадии его выполнения. Однако, практически невозможно судить о том, в течение какого промежутка времени коэффициент  $K$  будет сохранять наилучшее значение во время межремонтной эксплуатации оборудования.

В работах С.Ф.Покропивного предлагалась также система других показателей, характеризующих качество ремонтных работ как в сфере выполнения ремонта, так и в сфере послеремонтной эксплуатации оборудования [8]. К таким показателям относятся: средняя фактическая продолжительность межремонтных периодов и циклов по видам технологического оборудования; удельный вес внеплановых и аварийных ремонтов в общем объеме ремонтных работ; средняя оценка качества проведенных за год ремонтов по балльной системе и др.

Показатель средней фактической продолжительности межремонтных периодов и циклов является важным показателем для оценки качества ремонтов. Но на этот показатель значительно влияют также и другие факторы, такие как качество и надежность конструкции оборудования, возраст оборудования, применяемая технология ремонта, обеспеченность ремонтных служб запасными частями и др. Поэтому объективность этого показателя также является приблизительной.

Показателю средней оценки качества проведенных за год ремонтов по балльной системе также присущи недостатки, имеющие отношение к субъективности в оценке.

Используемый для оценки качества ремонта показатель удельного веса аварийных и внеплановых ремонтов также не может быть полноценным, так как он отражает не только качество произведенных ремонтных работ, но и случаи неправильной эксплуатации оборудования, недостаточную надежность конструкции оборудования и др.

Оценка качества ремонта также может быть осуществлена и с использованием показателей, характеризующих надежность работы оборудования. Классификация таких показателей подробно изложена в работах А.В.Гличева, В.И.Канторовича, А.И.Аристова. Ими предложены самые различные показатели, характеризующие надежность работы технологического оборудования: наработка на отказ, вероятность безотказной работы, коэффициент технического использования, коэффициент готовности и целый ряд других [4]. Все они в какой-то мере характеризуют качество отремонтированного технологического оборудования. Но надежность работы оборудования после его ремонта зависит и от множества других факторов, среди которых: надежность самой конструкции, применяемая система ТО и ремонта, затраты на проведение плановых ремонтов и ТО и др.

Таким образом, анализ рассмотренных выше показателей и основанных на них методов оценки качества ремонта технологического оборудования свидетельствует о том, что они не позволяют в полной мере осуществить однозначную с экономической точки зрения оценку качества выполненного ремонта.

**Результаты исследований.** Учитывая специфику и особенности отремонтированного оборудования по сравнению с аналогичным новым, номенклатуру показателей его качества можно условно разделить на показатели назначения, надежности, эргономические, технологичности, транспортабельности, унификации, безопасности, экономические. С свою очередь, каждая из перечисленных групп включает свою, более дифференцированную номенклатуру показателей качества.

Особенно важное, с нашей точки зрения, значение при оценке качества отремонтированного технологического оборудования имеет группа показателей назначения. Эта группа включает практически все технические параметры, а также показатели надежности и экономические показатели. К техническим показателям относятся показатели геометрической и технологической точности, жесткости и наличия вибрации. Показатели надежности характеризуют способность отремонтированного технологического оборудования сохранить достигнутые в процессе ремонта параметры работы в течение определенного промежутка времени (ремонтного цикла или цикла эксплуатации): вероятность безотказной работы, наработка на отказ и др. Экономические показатели характеризуют качество отремонтированного оборудования в процессе его эксплуатации и характеризуются затратами на плановые и внеплановые ремонты, удельными приведенными затратами по оборудованию, себестоимостью единицы времени работы оборудования.

Проведенный нами сравнительный анализ существующих комплексных методов оценки качества капитально отремонтированного оборудования позволяет сделать вывод о том, что оценку качества необходимо производить по уровню эффективности работы оборудования в ремонтном периоде или цикле эксплуатации. При этом уровень эффективности работы оборудования определяется соотношением получаемых в ремонтном цикле (цикле эксплуатации) результатов и осуществляемых в нем затрат, включая затраты и на сам капитальный ремонт.

Полезный эффект, получаемый от использования капитально отремонтированного оборудования в каждом ремонтном цикле (цикле эксплуатации) обеспечивается, в первую очередь, за счет затрат на капитальный ремонт. Исходя из этого, для того, чтобы оценить качество ремонта, необходимо сопоставить полезный эффект, получаемый в последующем за капитальным ремонтом цикле эксплуатации оборудования, с полной суммой затрат на ремонт и эксплуатацию оборудования в этом же цикле. Такое сопоставление достаточно объективно характеризует эффективность работы отремонтированного

технологического оборудования, которая обусловлена всей совокупностью его технико-экономических параметров (включая параметры надежности), восстановленных в процессе капитального ремонта. Преимуществом такого показателя комплексной оценки качества является то, что он обобщает всю совокупность свойств капитально отремонтированного технологического оборудования и дает ему однозначную экономическую оценку. В общем виде такой показатель можно назвать интегральным и определять по формуле:

$$I_{KP} = \frac{P_{PC}}{Z_{PC}}, \quad (3)$$

где  $I_{KP}$  – интегральный показатель качества отремонтированного капитально технологического оборудования;  $P_{PC}$  – суммарный полезный эффект от эксплуатации оборудования за ремонтный цикл, в натуральных единицах;  $Z_{PC}$  – суммарные приведенные затраты на приобретение (создание), содержание и эксплуатацию технологического оборудования за ремонтный цикл, грн.

Суммарные приведенные затраты  $Z_{PC}$  включают следующие затраты: на приобретение (создание) оборудования в доле, приходящейся на данный ремонтный цикл эксплуатации; на капитальный ремонт, предшествующий данному ремонтному циклу эксплуатации; на текущие ремонты и ТО оборудования в данном ремонтном цикле эксплуатации; на топливо-смазочные материалы; оплату труда обслуживающего персонала; на амортизацию в данном ремонтном цикле эксплуатации.

Интегральный показатель качества капитально отремонтированного технологического оборудования для  $n$ -го капитального ремонта оборудования можно записать в виде следующего математического выражения:

$$I_{KPn} = \frac{\sum_{i=1}^{t_{n+1}} P_{PCi}}{Z_{KPn} + \sum_{i=1}^{t_{n+1}} Z_{TЭi} + t_{n+1}(A_{ГОД} + E_H K_Y)}, \quad (4)$$

где  $P_{PCi}$  – полезный эффект от эксплуатации оборудования в  $i$ -м году ремонтного цикла, в натуральных единицах;  $Z_{KPn}$  – затраты на  $n$ -й капитальный ремонт оборудования, грн.;  $t_{n+1}$  – продолжительность  $n+1$ -го ремонтного цикла эксплуатации, лет;  $Z_{TЭi}$  – текущие эксплуатационные затраты на ТО, текущие ремонты, топливо-смазочные материалы, заработную плату обслуживающего персонала в  $i$ -м году ремонтного цикла, грн.;  $A_{ГОД}$  – годовая сумма амортизации оборудования, грн.;  $E_H$  – нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений;  $K_Y$  – капитальные вложения потребителя оборудования, грн.

Для оценки качества самого ремонта необходимо сравнить качество капитально отремонтированного оборудования с качеством аналогичного нового. Оценка качества капитального ремонта состоит в сравнении качества оборудования после капитального ремонта с качеством нового оборудования в первом ремонтном цикле эксплуатации (т.н. первоначальным качеством).

Интегральный показатель качества нового оборудования можно записать так:

$$I_{KH} = \frac{\sum_{i=1}^{t_1} P_{PCi}}{\sum_{i=1}^{t_1} Z_{TЭi} + t_1(A_{ГОД} + E_H K_Y)}, \quad (5)$$

где  $t_1$  – продолжительность первого ремонтного цикла эксплуатации, лет.

Отношение интегрального показателя качества капитально отремонтированного оборудования  $I_{КРн}$  к интегральному показателю качества аналогичного нового оборудования  $I_{КН}$  представляет собой относительный показатель качества капитально отремонтированного оборудования  $I_{ОК}$ , выражающий уровень его качества и одновременно качество, собственно, капитального ремонта:

$$I_{ОК} = \frac{I_{КРн}}{I_{КН}}, \quad (6)$$

Качество капитального ремонта оборудования можно оценить не только относительной величиной  $I_{ОК}$ , но и абсолютной величиной, которая представляет собой разницу значений интегрального показателя качества нового оборудования в первом ремонтном цикле эксплуатации  $I_{КН}$  и интегрального показателя качества капитально отремонтированного оборудования  $I_{КРн}$  в абсолютном выражении:

$$I_{АК} = I_{КН} - I_{КРн}, \quad (7)$$

Чем выше интегральный показатель качества отремонтированного оборудования, тем больше его значение приближается к интегральному показателю качества нового оборудования в первом ремонтном цикле эксплуатации и тем выше абсолютная оценка качества капитального ремонта.

Таким образом, относительный показатель качества капитального ремонта технологического оборудования можно рассматривать как долю первоначального качества оборудования, которое сохранено благодаря проведенному капитальному ремонту. Абсолютный показатель качества капитального ремонта технологического оборудования отображает уменьшение в полезной отдаче (эффекте) оборудования на одну единицу денежных средств, вложенных в него. Чем выше качество ремонта, тем меньше потери в конечном результате - полезном эффекте оборудования. В то же время по этим потерям можно однозначно и объективно судить о качестве ремонта.

#### **Выводы:**

1. Целесообразность повышения качества капитального ремонта и эффективность использования капитально отремонтированного оборудования могут быть определены лишь на основе сопоставления достигнутого уровня качества ремонта с затратами на его проведение. Поэтому, практически всегда, возникает вопрос о связи категории качества ремонта с оценкой его экономической эффективности.

2. Относительный и абсолютный интегральные показатели качества обеспечивают однозначную экономическую оценку качества капитального ремонта технологического оборудования.

3. Относительный показатель качества капитальных ремонтов имеет более универсальный характер и обеспечивает сопоставимость результатов при проведении расчетов по различным типомоделям оборудования.

4. На основе предложенной в статье методики могут быть созданы эффективные системы планирования и экономического стимулирования работы ремонтно-обслуживающих подразделений и предприятий технического сервиса.

#### **Литература:**

1. Экономика технического сервиса на предприятиях АПК / Ю.А.Конкин, К.З.Бисултанов, М.Ю. Конкин и др.; Под редакцией Ю.А.Конкина. – М.: Колос С, 2006 – 368 с.
2. Сідашенко О.І. Ремонт машин та обладнання: Підручник/ О.І. Сідашенко, О.А. Науменко, Т.С. Скобло, О.В. Тіхонов, М.І. Черновол, З.В. Ружило, В.А. Войтов, В.К. Аветісян, А.К. Автухов, О.Д. Мартиненко, В.А.Бантковський, П.С. Сиром'ятніков.; За ред. проф. О.І. Сідашенка, О.А. Науменка. - 2-е вид. перероб. доп. – Харків: «Міськдрук», 2014. – 741с.

3. Практикум з ремонту машин. Технологія ремонту машин, обладнання та їх складових частин. Том 2 / Сідашенко О.І., Тіхонов О.В., Скобло Т.С., Мартиненко О.Д., Гончаренко О.О., Сайчук О.В., Аветісян В.К., Автухов А.К., Рибалко І.М., Сиром'ятніков П.С., Бантковський В.А., Маніло В.Л. / За ред. О.І. Сідашенко О.І., О.В.Тіхонова. Навчальний посібник. – Харків: ТОВ «Пром-Арт», 2018 – 491с.
4. Экономическая оценка качества ремонта оборудования / К.И.Мельникова. – Х.: Изд-во «Основа» при Харьк.ун-те, 1992. – 192 с.
5. Хітров І.О., Гавриш В.С. Ремонт машин і обладнання: Навч. Посібник. – Рівне: НУВГП, 2012. – 184с.
6. Методика оценки уровня качества продукции с помощью комплексных показателей и индексов / Госстандарт СССР, М.: Изд-во стандартов, 1974 – 72 с.
7. Гусаров Б.М., Дьяченко Э.В., Ревенко Н.Ф. Комплексная система управления качеством работы в объединении. Ижевск: «Удмуртия», 1990 – 146 с.
8. Покропивный С.Ф. Эффективность ремонта машин. К.: Техніка, 1985 – 256 с.

### Summary

**Bantkovskiy V.A., Ivanov V.I., Martynenko O.D., Gozha D.M.** Assessment of quality of repair of technological equipment

*The suggestions regarding methodological approaches to evaluating the quality of repair of technical equipment in modern conditions of production. The comparative analysis of existing methods of evaluating the quality of repairs*

**Keywords:** *technological equipment, preventative maintenance system, repair cycle structure, repair quality, integral quality index, current operating costs, useful effect from equipment operation.*

### References

1. Экономика технического сервиса на предприятиях АПК / Ю.А. Конкин, К.З. Бисultanov, М.Ю. Конкин и др.; Под ред. Ю.А.Конкина. – М.: Колос С, 2006 – 368 с.
2. Sidashenko O.I. Remont mashin ta obladnannya: Pidruchnik / O.I. Sidashenko, O.A. Naumenko, T.S. Skoblo, O.V. Tihonov, M.I. Chernovol, Z.V. Ruzhilo, V.A. Voytov, V.K. AvetIsyan, A.K. Avtuhov, O.D. Martinenko, V.A. Bantkovskiy, P.S. Siromyatnlkov.; Za red. prof. O.I. Sidashenka, O.A. Naumenko. – 2-e vid. pererob. dop. – Harkiv: «Miskdruk», 2014. – 741s.
3. Практикум з ремонту машин. Технологія ремонту машин, обладнання та їх складових частин. Том 2 / Сідашенко О.І., Тіхонов О.В., Скобло Т.С., Мартиненко О.Д., Гончаренко О.О., Сайчук О.В., Аветісян В.К., Автухов А.К., Рибалко І.М., Сиром'ятніков П.С., Бантковський В.А., Маніло В.Л. / За ред. О.І. Сідашенко О.І., О.В.Тіхонова. Навчальний посібник. – Харків: ТОВ «Пром-Арт», 2018 – 491с.
4. Экономическая оценка качества ремонта оборудования / К.И. Мельникова. – Х.: Изд-во «Основа» при Харьк.ун-те, 1992. – 192 с.
5. Hitrov I.O., Gavrish V.S. Remont mashin I obladnannya: Navch. Posibnik. – Rivne: NUVGP, 2012. – 184s.
6. Методика оценок уровня качества продукции с помощью комплексных показателей и индексов / Госстандарт СССР, М.: Изд-во стандартов, 1974 – 72 с.
7. Gusarov B.M., Dyachenko E.V., Revenko N.F. Kompleksnaya sistema upravleniya kachestvom raboty v ob'edinenii. Izhevsk: «Udmurtiya», 1990 – 146 с.
8. Pokropivnyi S.F. Effektivnost remonta mashin. K.: Tehnika, 1985 – 256 с.