

УДК 622.271.0025

**В.Г. Крупко**, канд. техн. наук, доц., Донбасская государственная машиностроительная академия, Краматорск

## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ ОДНОКОВШОВЫХ ЭКСКАВАТОРОВ**

*В статье обоснованы методы определения технического уровня экскаваторов, выполнено прогнозирование технического уровня экскаваторов по обобщенному показателю. Установлены зависимости обобщенного показателя качества экскаватора от единичных показателей качества.*

**экскаватор, технический уровень, обобщенный показатель**

### ***Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.***

Систематическое повышение качества продукции является обязательным требованием развития экономики. Поэтому умение оценивать и прогнозировать технический уровень экскаваторов и управлять им с целью его систематического повышения является обязательным для инженеров, технических специалистов, обеспечивающих создание, эксплуатацию и ремонт горной техники для добычи полезных ископаемых открытым способом.

Существующие методики оценки технического уровня отличаются индивидуальными особенностями, вызванными спецификой объектов оценки технического уровня и неоднородностью требований, предъявляемых к ним в различных условиях. Это привело к созданию большого многообразия методик оценки технического уровня, иногда резко отличающихся друг от друга, что не позволяет объективно оценивать экскаваторы с разными техническими параметрами.

### ***Анализ исследований и публикаций и постановка задачи.***

Наиболее известны в настоящее время методики оценки технического уровня академика Крылова А.Н., Крапивенского З.Н., ИГД им. А.А. Скочинского, МГТУ Г.И. Солода и др. [1-4]. Анализ существующих методик оценки уровня качества экскаваторов показывает, что они отличаются только различным набором параметров для оценки и не содержат количественной оценки выполняемых функций в соответствии с назначением машины, что существенно затрудняет объективное определение технического уровня выполнения машиной своего назначения.

Кроме того, в существующих методиках оценки уровня качества в основном используют экспертные методы для определения коэф-

фициентов весомости единичных показателей при определении комплексного показателя уровня качества, что вносит большую долю субъективности в саму оценку технического уровня.

Отмеченные особенности методик не позволяют объективно оценить качество горных машин, в частности экскаваторов, за длительный период работы и прогнозировать изменение уровня качества на перспективу, с целью задания таких значений параметров проектируемых машин, которые морально не устарели бы в течение всего запланированного периода выпуска машин и срока их эксплуатации (т.е. на период 20-25 лет).

**Изложение материала и результаты.** В связи с вышеизложенным возникает необходимость разработать методику оценки и прогнозирования технического уровня экскаваторов на стадии проектирования, которая позволила бы учесть тенденции развития экскаваторостроения и техники в целом и обеспечить конкурентоспособность вновь создаваемых машин. В связи с этим предлагается научно обоснованное планирование повышения технического уровня экскаваторов на стадии проектирования, которое осуществляется с помощью прогнозирования их обобщенных  $K_i$  и единичных  $q_{ij}$  показателей, на основе методики определения показателей, изложенной в работе Г.И. Солода [1], которая включает:

1. Для нахождения единичных показателей  $q_{ij}$  применяется дифференциальный метод, а оценка технического уровня по обобщенному показателю произведена комплексным методом.

2. Определение базовых удельных показателей:

2.1. Базовое значение  $j$ -го удельного показателя  $x_{\sigma_j}$  эталонного (базового) экскаватора должно определяться из условия:

$$x_{\sigma_j} = \min_{1 \leq i \leq n} \{x_{ij}\}$$

2.2 Порядок определения значений величин  $x_{ij}$

При сравнении экскаваторов разных типов и типоразмеров

$$x_{ij} = \frac{P_{ij}}{\lambda_i}$$

где  $\lambda_i$  - функциональный критерий  $i$ -го сравниваемого экскаватора, должен определяться в зависимости от типа экскаваторов.

Принятая формула является предпочтительно, т.к. универсальна.

3. Расчет функционального критерия  $\lambda$

Для мехлопат и гидроэкскаваторов (т.е. одноковшовых экскаваторов):

$$\lambda = QK_F$$

где  $Q$  – теоретическая производительность экскаватора, м<sup>3</sup>/ч;

$K_F$  - удельное сопротивление копания, МПа.

4. Уровень качества по  $j$ -му единичному показателю должен определяться по формуле:

$$q_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j} \leq 1$$

5. Расчет уровня качества по обобщенному показателю производится по формуле:

$$K = \frac{1}{(n-1) \sum_{j=1}^n q_{ij}} \sqrt{n \sum_{j=1}^n \left[ q_{ij} \left( \sum_{j=1}^n q_{ij} - q_{ij} \right) \right]^2}$$

где  $n$  – количество показателей, принятых для оценки качества.

6. Уровень качества по обобщенному показателю представляет собой безразмерную величину меньше единицы. Показатели назначения одноковшовых карьерных экскаваторов приведены в таблице 1, а расчетные значения технического уровня в таблице 2.

Таблица 1 - Показатели назначения экскаваторов

Показатели назначения	ЭКГ-3,2	ЭКГ-4у	ЭКГ-6,3	ЭКГ-8	ЭКГ-12,5
Вместимость ковша	3,2	4	6,3	8	12,5
Наибольшая высота копания	9,8	10,2	17,1	13	16,9
Наибольший радиус копания	13,5	14,6	19,8	17,7	22,5
Усилие на блоке ковша	380	450	700	750	1300
Среднее удельное давление на грунт	0,178	0,215	0,205	0,203	0,195
Теоретическая продолжительность цикла	23,3	24	30	26	32
Конструктивная масса	131	185	380	363	658,2
Теоретическая производительность $Q_i = \frac{3600 \cdot V_K}{T}$ , м <sup>3</sup> /ч	494,421	600	756	1107,692	1406,25
Функциональный критерий $\lambda_i = Q K_F$	98,884	120	151,2	221,538	281,25

Таблица 2 - Уровень качества по единичным показателям и по комплексному показателю

Единичный показатель	ЭКГ-3,2	ЭКГ-4у	ЭКГ-8	ЭКГ-10	110-В	150-В	190-В	280-В
q <sub>i1</sub>	0,99	0,96	0,88	0,88	0,96	0,96	0,87	0,79
q <sub>i2</sub>	0,47	0,55	0,8	1	0,45	0,59	0,56	0,7
q <sub>i3</sub>	0,47	0,53	0,8	1	0,49	0,6	0,58	0,69
q <sub>i4</sub>	0,59	0,6	0,67	0,73	0,57	0,61	0,45	0,44
q <sub>i5</sub>	0,41	0,41	0,8	1	0,46	0,48	0,51	0,69
q <sub>i6</sub>	0,4	0,47	0,8	1	0,4	0,54	0,52	0,73
q <sub>i7</sub>	0,76	0,65	0,61	0,69	0,68	0,67	0,47	0,47
Σ q <sub>ij</sub>	4,09	4,17	5,36	6,3	4,01	4,45	3,96	4,51
K <sub>i</sub>	0,75	0,76	0,87	0,95	0,75	0,79	0,75	0,8

Продолжительность периода, на который необходимо прогнозировать уровень качества проектируемых средств механизации добычи угля, зависит от периода проектирования  $T_{п}$ , изготовления и испытания опытного образца и опытной партии  $T_{о}$ , подготовки к серийному выпуску  $T_{пс}$ , периода серийного выпуска  $T_{с}$  и долговечности  $T_{д}$  последней серийно выпущенной машины  $T_{д}$ . Опыт показывает, что суммарный период  $T_{\Sigma}$  должен быть равен 20-25 годам, так как рациональный период серийного выпуска машин должен соответствовать сроку амортизации специально изготовленной оснастки на заводе-изготовителе. Следовательно, по периоду прогноза рассматриваемая задача относится к первому "эшелону", для которого принципиально пригодны все известные методы прогнозирования.

Для прогнозирования обобщенного технического уровня экскаваторов в машиностроительной отрасли как инерционной системы, т.е. системы, в тенденции развития которой не могут мгновенно произойти существенные изменения, из известных методов (экспертного, экстраполяции и моделирования) целесообразно использовать наиболее простой метод экстраполяции.

Для случая изменения уровня качества экскаваторов (с тенденцией к возрастанию значений) рекомендуется в качестве уравнения выравнивавшей кривой принять уравнение экспоненты [5]:

$$K'_{iz} = \exp[b_0 + b_1\tau_z + b_2\tau_z^2] \quad (1)$$

$$\tau_z = t_z - t_0 \quad (2)$$

где  $t_z$  - год, по состоянию на который прогнозируется уровень качества;

$t_0$  - год, с которого начат анализ качества средств механизации.

Коэффициенты  $b_0$ ,  $b_1$  и  $b_2$  определяются методом наименьших квадратов, для чего составляется следующая система нормальных уравнений:

$$\begin{cases} b_0 M + b_1 M \tau_z + b_2 M \tau_z^2 = \sum_{z=1}^k L_z \\ b_0 M \tau_z + b_1 M \tau_z^2 + b_2 M \tau_z^3 = \sum_{z=1}^k L_z \tau_z \\ b_0 M \tau_z^2 + b_1 M \tau_z^3 + b_2 M \tau_z^4 = \sum_{z=1}^k L_z \tau_z^2 \end{cases} \quad (3)$$

где  $M = \sum_{z=1}^k \ell_z$  - количество машин, по значениям технического уровня которых осуществляется прогнозирование;

$\ell_z$  - количество машин в  $t_z$ -м году, коэффициенты качества которых используются при прогнозировании.

$$\ell_z = \sum_{z=1}^{\ell_z} \ln K'_{iz} \quad (4)$$

Здесь  $K'_{iz}$  - значение обобщенного показателя качества  $i$ -й машины в  $t_z$ -м году, подсчитанное по формуле (1).

Погрешность прогноза определяется по следующей формуле:

$$\sigma_{np} = \sqrt{\frac{1}{K} \sum_{z=1}^k (K_{iz} - K'_{iz})^2}, \quad (5)$$

где  $K_{iz}$  - значение обобщенного показателя качества машины в  $t_z$ -м году.

Минимальное значение прогнозируемого обобщенного технического уровня проектируемых машин с учетом последующей модернизации:

$$K_{i\alpha_m} = K_{iz} - T_{\Sigma} \operatorname{tg} \alpha_m \quad (6)$$

где  $\alpha_m$  - угол наклона кривой роста качества машин данного функ-

ционального назначения выбирается по имеющемуся опыту.

Построение кривой прогноза (тренда) выполняем с применением программы MS Excel на основе данных таблиц 1, 2. Результаты построений представлен на рисунке 1.

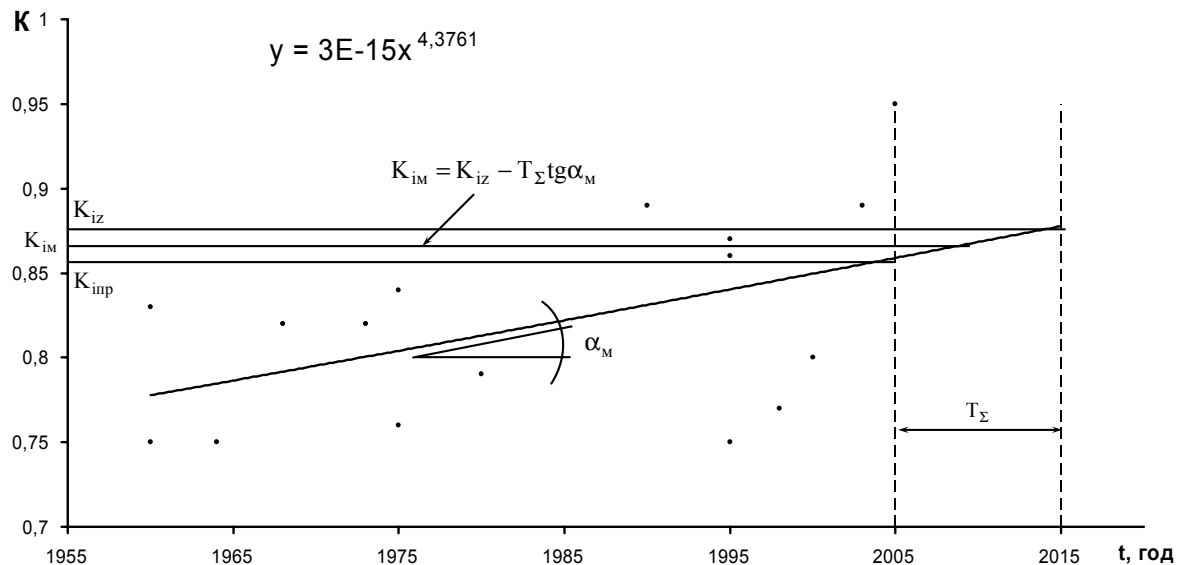


Рисунок 1. – Прогнозирование обобщенного технического уровня экскаваторов

Прогнозная кривая, представленная на рис. 1, может быть использована при аттестации экскаваторов. Пользуясь рис. 1, можно обоснованно определять срок перехода машины из одной категории качества в другую, более низкую и заблаговременно принимать меры по модернизации или снятию с производства.

**Выводы и направления дальнейших исследований.** Результатом прогнозирования является прогнозная кривая (см. рис. 1), по которой установлены следующие основные точки прогноза:

- значение среднего обобщенного уровня качества экскаваторов по состоянию на 2010 год  $K_{iz}=0,86$ ;
- значение прогнозируемого среднего обобщенного уровня качества экскаваторов на 2015 год  $K'_{iz}=0,88$ ;
- минимальное значение прогнозируемого среднего обобщенного уровня качества экскаваторов с учетом последующей модернизации  $K_{im}=0,865$ .

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о том, что на прогнозный период (с 2010 по 2015 год) будет происходить рост уровня качества экскаваторов (с  $K_{iz}=0,86$  до  $K'_{iz}=0,88$ ). Причем, минимальный уровень качества вновь проектируемых экскаваторов должен быть не ниже  $K_{im}=0,865$ , что обеспечит их конкурентоспособность на мировом рынке.

Кроме того, с помощью полученной прогнозной кривой технического уровня экскаваторов можно обосновано определять срок перехода экскаваторов из одной категории качества в другую, более низкую и заблаговременно принимать меры по их модернизации или снятию с производства.

В результате проведенных исследований можно сделать вывод, что повышение таких показателей назначения, как наибольшая высота копания, наибольший радиус копания и теоретическая продолжительность цикла при неизменных показателях металлоемкости и энергоемкости позволят значительно повысить технический уровень рассматриваемой группы экскаваторов в целом.

Таким образом определены основные направления в совершенствовании конструкций рабочего оборудования и исполнительных механизмов.

Список источников:

1. Солод Г.И. Оценка качества горных машин. МГУ, 1975.-72с.
2. Крапивенский З.Н., Кучеренко Ю.П., Пшекторов Д.М. Оценка качества продукции. М., Издво стандартов, 1968-187с.
3. Шувалов В.Н. Качество и эффективность технологических машин. Издательство Ленинградского университета, 1977-164 с.
4. Шпекторов Д.М. О способности показателей отражать качество продукции."Измерение качества продукции". М., Изд-во стандартов, 1971-275с.
5. Турчак Л.И., Плотников П.В. Основы численных методов: Учебное пособие. – 2-е изд. переработанное и дополненное. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 304с.

***В.Г.Крупко. Прогнозування технічного рівня одноківшевих экскаваторів. У статті обґрунтовані методи визначення технічного рівня экскаваторів, виконане прогнозування технічного рівня экскаваторів по узагальненому показникові. Установлені залежності узагальненого показника якості экскаватора від одиничних показників якості.***

**екскаватор, технічний рівень, узагальнений показник**

***V.Krupko. Forecasting of technological level of dredges. In article methods of definition of a technological level of dredges are proved, forecasting of a technological level of dredges on the generalised indicator is executed. Dependences of the generalised indicator of quality of a dredge on individual indicators of quality are established.***

**dredge, the technological level, the generalized indicator**

*Стаття надійшла до редколегії 10.09.2010*

*Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.П.Кондрахин*

© В.Г.Крупко, 2010