УДК 004:622.271.4

П.А. Зыков, К.О. Колупаев

ПРОГРАММА-КАТАЛОГ ДЛЯ ПОДБОРА ОПТИМАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ КАРЬЕРНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ ПОД ЗАДАННЫЕ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

В настоящее время на горных предприятиях идет процесс технического перевооружения устаревшего экскаваторного парка, за счет внедрения нового поколения выемочно-погрузочных машин, как правило, с гидравлическим приводом. Выбор экскаваторов специалистами горнодобывающих предприятий производится, в основном, исходя из опыта эксплуатации предыдущих машин, их стоимости и затрат на эксплуатацию при этом оценка качества функционирования машины в условиях данного предприятия не производится. В то же время применение научно-обоснованных методик, позволяющих выбрать машину с оптимальными, по критерию качества, параметрами для определенных горнотехнических условий позволит повысить эффективность открытых горных работ предприятий, снизить себестоимость работ, повысить производительность экскаваторно-автомобильного комплекса. Разработка программного комплекса, основанного на таких методиках позволит упростить и автоматизировать задачу оптимального выбора модели экскаватора под заданные условия эксплуатации.

Как показал анализ, в настоящее время практически отсутствуют программные средства, позволяющие осуществлять подбор экскаваторов для условий эксплуатации конкретного горного предприятия, а также электронные каталоги карьерной техники, позволяющие сравнивать параметры экскаваторов между собой. В качестве аналога можно рассмотреть систему TALPAC, которая позволяет моделировать и оптимизировать работу экскаваторно-автомобильных комплексов. Программа разработана австралийской компанией Runge. TALPAC позволяет вычислять производительность парка оборудования для планирования в долгосрочном и краткосрочном периодах, оценивать количество оборудования, необходимого для достижения плановых показателей, а также определить различные характеристики оптимальных методов погрузки и транспортировки горной массы.

Однако данная система, предназначенная для выбора горного оборудования (в том числе экскаваторов), не позволяет выбрать оптимальную модель машины для заданных условий эксплуатации.

Таким образом, в настоящее время разработка программного комплекса, основанного на методике количественной оценки качества функционирования экскаваторов в условиях конкретного горного предприятия является актуальной научной задачей. Программный комплекс должен объединять в себе функции электронного каталога экскаваторов и комплекса программ, основанных на методике оценки качества функционирования экскаватора и позволяющих производить выбор машин оптимального качества, сравнивать их па-

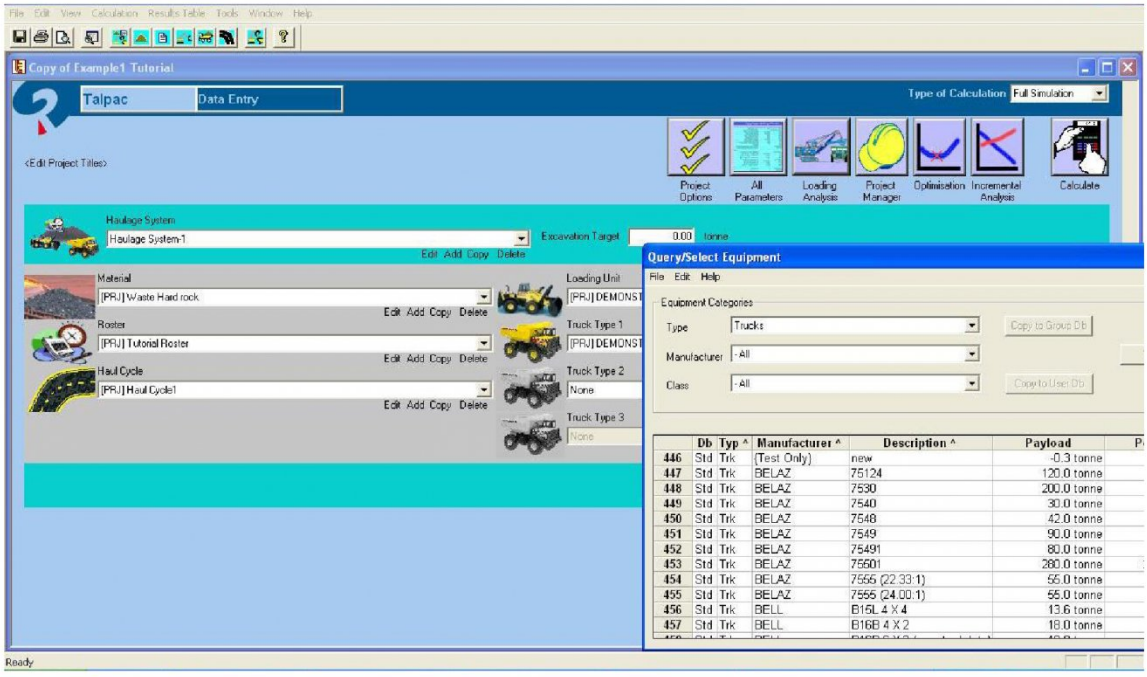

Рис. 1. Интерфейс системы TALPAC

раметры между собой, анализировать результаты расчета и др.

Методика оценки качества функционирования экскаватора. Обеспечение требуемых показателей работы экскаватора в заданных условиях с учетом технических, технологических и эксплуатационных требований во многом зависит от качества выполнения им процесса экскавации. Качество экскаватора может проявиться только в процессе выполнения им своей функции в соответствии с назначением – при экскавации горной массы в определенных условиях эксплуатации, и экскаватор нельзя рассматривать в отрыве от этих элементов общей системы экскавации «экскаватор – горная масса – человек – внешняя среда».

Основной целью оценки качества взаимодействия экскаваторов с разрабатываемой горной массой и внешней средой, как элементов общей системы экскавации, является установление того, насколько эффективно каждый из них выполняет свою функцию в конкретных горно-геологических и технических условиях. Оценка качества позволит научно-обоснованно решать проблему выбора карьерных экскаваторов для условий конкретного горного предприятия.

В настоящее время наибольшее распространение и развитие получили комплексные методы оценки качества, которые основаны на применении обобщенного показателя качества продукции. Обобщенный показатель представляет собой функцию от единичных (групповых комплексных) показателей качества продукции. Он может быть выражен: главным показателем, отражающим основное назначение продукции; интегральным показателем качества продукции; средневзвешенным показателем.

В общем случае количественное определение комплексного показателя качества предполагает выполнение следующих операций:

– получение значений единичных показателей качества в одном масштабе путем приведения их к некоторым относительным (обычно безразмерным) единицам;

– определение весомостей единичных показателей качества;

– вычисление средневзвешенного показателя, который и принимается за обобщенный показатель качества.

Большинство методик комплексной оценки качества предусматривает выполнение всех этих операций. Различие этих методик заключается в подходах к выбору базового образца (эталона), определению зависимости между показателями отдельных свойств и их оценками, определению весомости этих свойств и способу суммирования единичных оценок качества в обобщенную оценку.

Проведенный анализ существующих методик качества показал, что, как и для большинства горных машин, наиболее приемлемым аналогом для оценки технического уровня карьерных одноковшовых экскаваторов является методика Г. И. Солода [1, 2], которая основывается на фундаментальных принципах квалиметрии и позволяет количественно оценивать технический уровень и качество функционально однородных машин разных типов, типоразмеров и конструктивных исполнений.

Алгоритм выбора модели экскаватора включает в себя следующие основные этапы:

– ввод, выбор и расчет исходных данных для выбора экскаватора;

– выбор типоразмера экскаватора, соответствующего заданным условиям, на основе исходных данных;

– выбор моделей экскаваторов, соответствующих выбранному типоразмеру, из базы данных;

– определение модели экскаватора с наибольшим значением обобщенного показателя технического уровня.

Алгоритм расчета обобщенного показателя качества экскаваторов, в соответствии с методикой [1, 2], определяется последовательностью следующих действий.

1. Ввод параметров горной массы и параметров экскаваторов, соответствующих заданным условиям

2. Определение функционального критерия (λ_i)

3. Выбор и определение единичных показателей технического уровня P_{ij}

4. Определение удельных показателей технического уровня $X_{ij}=P_{ij}/\lambda_{ij}$

5. Выбор показателей эталонной машины $X_{ij} \rightarrow min=X_{\delta j}$

6. Определение единичных показателей технического уровня $q_{ij}= X_{\delta j}/X_{ij}$

7. Расчет обобщенного показателя технического уровня

$$k_i = \frac{1}{(n-1)\sum_1^n q_{ij}} \sqrt{n\sum_1^n [q_{ij}(\sum_1^n q_{ij} - q_{ij})]^2}.$$

Выражение для расчета функционального критерия [3, 4] для одноковшовых экскаваторов типа «прямая лопата» в определенных условиях эксплуатации, кВт/м^3:

$$\lambda' = \frac{3600 \cdot k_н \cdot k_в \cdot k_{кв}}{t_ц \cdot k_р} \times$$

$$\left[k_f + \frac{k_н}{k_р} \rho_п \cdot g \left(\frac{h_к}{2} + \frac{\pi^2}{900 \cdot \alpha \cdot g} (n \cdot R_в)^2 \right) \right],$$

для карьерных одноковшовых экскаваторов типа «обратная лопата» (кВт/м^3):

$$\lambda' = \frac{3600 \cdot k_н \cdot k_в \cdot k_{кв}}{t_ц \cdot k_р} \times$$

$$\left[k_f + \frac{k_н}{k_р} \rho_п \cdot g \left(\left(\frac{h_к}{2} + h_в \right) + \frac{\pi^2}{900 \cdot \alpha \cdot g} (n \cdot R_в)^2 \right) \right],$$

где α – угол поворота экскаватора на разгрузку, град; $h_в$ – наибольшая высота выгрузки экскаватора, м; $k_н$ – коэффициент наполнения ковша; $k_р$ – коэффициент разрыхления горной массы; $k_в$ – коэффициент использования рабочего времени экскаватора; $k_{кв}$ – коэффициент учитывающий квалификацию машиниста и качество управления. k_f – удельное сопротивление породы копанию, кПа; $\rho_п$ – плотность горной массы, т/м^3; $h_к$ – наибольшая высота копания экскаватора, м; n – скорость поворота платформы, рад/с; $R_в$ – наибольший радиус выгрузки, м; $t_ц$ – время цикла, с; g – ускорение свободного падения, м/с^2.

Показатели качества выбираются из ГОСТ 4.377–85 [5], причем первостепенное значение имеют показатели назначения, надежности, технологичности и существенно меньшее значение имеют остальные группы показателей, что связано с выбранным критерием. Также для уменьшения числа показателей некоторые из параметров можно привести к удельному виду (достоинством любых удельных показателей является то, что они объединяют в себе несколько абсолютных), что вполне соответствует принципам квалиметрии. Удельные показатели качества карьерных экскаваторов приведены в [6].

Программный комплекс, разработанный на основе методики оценки качества функционирования экскаватора, включает в себя функции электронного каталога экскаваторов, базу данных карьерных экскаваторов, куда входят модели ведущих мировых производителей, а также подпрограммы, позволяющие сравнивать характеристики машин, отображать графические результаты расчетов и др.

Интерфейс главного окна программы представляет собой форму для введения исходных данных, вывода результатов расчета, просмотра данных по основным моделям существующих экскаваторов.

В настоящее время программный комплекс находится в стадии доработки и проходит тестирование, которое производится с целью совершенствования программы и достижения высокого уровня достоверности данных на базе опыта использования в условиях конкретных горных предприятий.

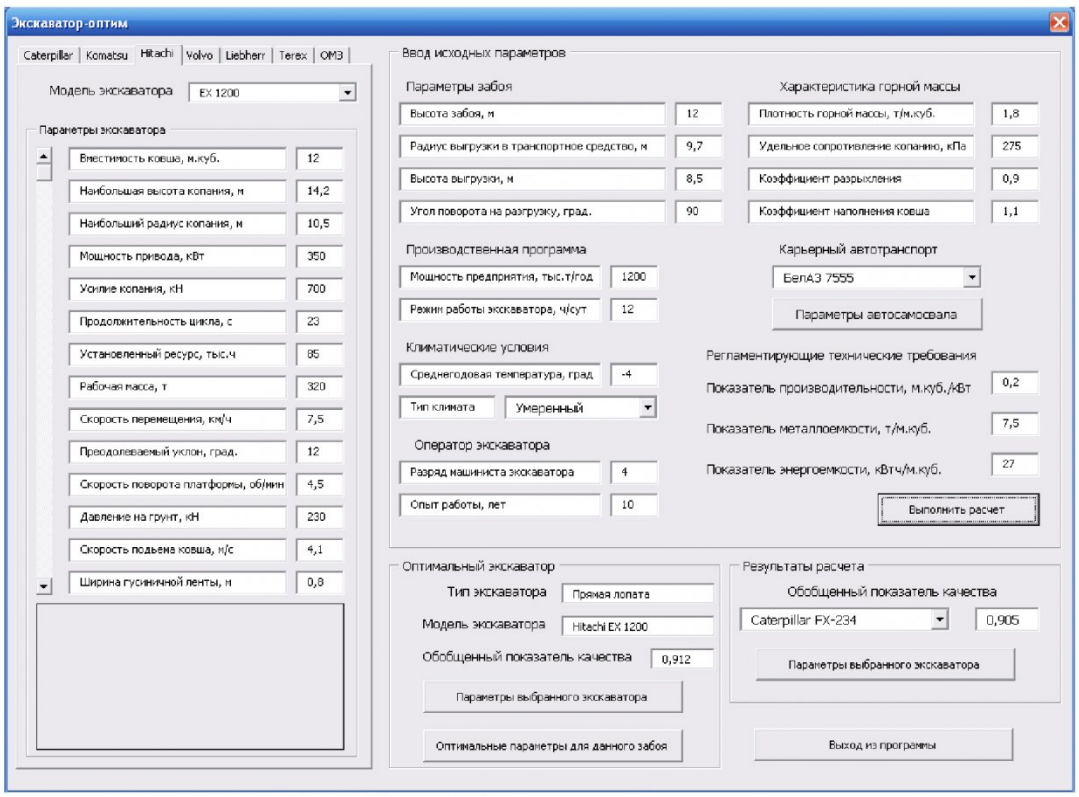

Рис.2. Интерфейс программного комплекса

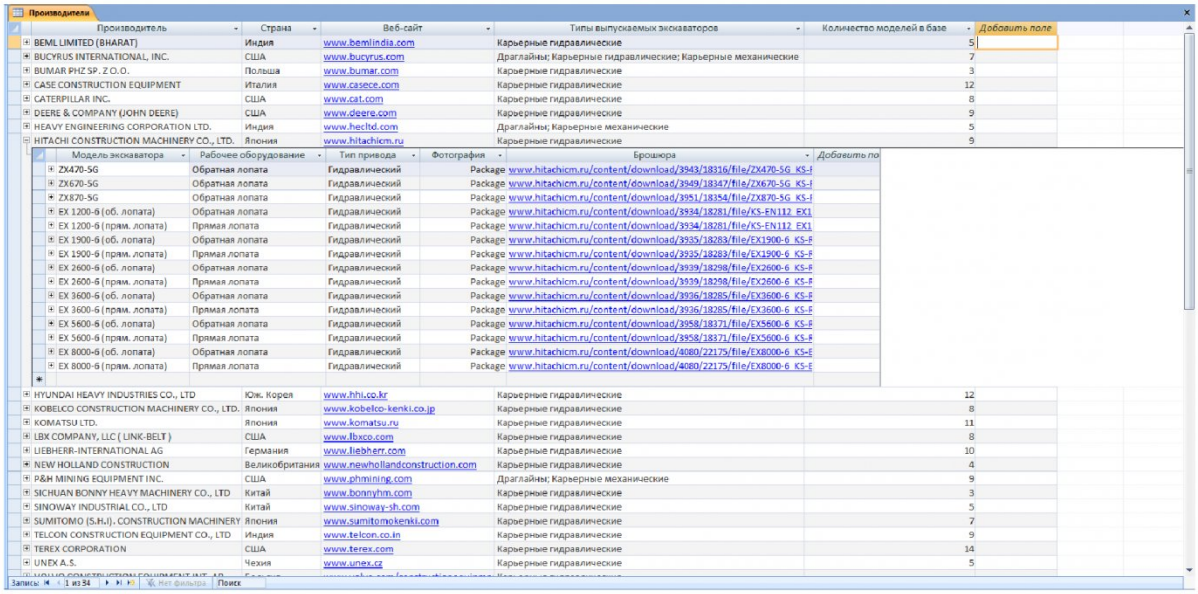

Рис. 3. База данных карьерных экскаваторов

Предложенная программа оптимального выбора модели карьерного одноковшового гидравлического экскаватора под заданные горно-геологические и технические условия позволяет производить научно-обоснованный выбор экскаваторов, обладающих оптимальными, для заданных условий, параметрами. Программа может быть использована горными предприятиями как основа для выбора наиболее подходящих для своих условий моделей. Выбор оптимальной модели экскаватора позволит снизить затраты, которые возникают в связи со снижением производительности машины при необоснованном ее выборе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Солод, Г. И.* Основы квалиметрии [Текст] / Г. И. Солод. – М. : МГИ, 1991. – 84 с.

2. *Солод, Г. И.* Повышение долговечности горных машин [Текст] / Г. И. Солод, К. И. Шахова, В. И. Русихин. – М. : Машиностроение, 1979. – 184 с.

3. *Воронов, Ю. Е.* Функциональный критерий оценки технического уровня и качества карьерных одноковшовых экскаваторов [Текст] / Ю. Е. Воронов, П. А. Зыков, А. Ю. Воронов // *Известия вузов*, 2011, № 6. С. 4-7.

4. *Зыков, П. А.* Методика оптимального выбора модели карьерного одноковшового гидравлического экскаватора под заданные горно-геологические и технические условия [Текст] / П. А. Зыков // *Горное оборудование и электромеханика*, 2014, №1. С. 37-42

5. ГОСТ 4.377–85. Система показателей качества продукции. Экскаваторы одноковшовые. Номенклатура показателей [Текст]. – Введ. 1987–01–01. – М. : Изд-во стандартов, 1987. – 8 с.

6. *Воронов, Ю. Е.* Обоснование и определение показателей технического уровня карьерных одноковшовых экскаваторов [Текст] / Ю. Е. Воронов, П. А. Зыков // *Вестник Кузбасского государственного технического университета,* 2011, № 2. С. 67-70.

7. *Воронов, Ю. Е.* Оптимальное проектирование карьерных одноковшовых экскаваторов / Ю. Е. Воронов, П. А. Зыков // Применение инновационных технологий в научных исследованиях. Материалы II Международной научно-практической конференции, 28 мая 2011 г., ЮЗГУ. – Курск. – С. 184-188.

8. *Воронов, Ю. Е.* Разработка модели оптимизации параметров карьерных одноковшовых экскаваторов [Текст] / Ю. Е. Воронов, П. А. Зыков // *Вестник Кузбасского государственного технического университета*, 2011, № 4. С. 12-15.

Авторы статьи
Зыков Петр Анатольевич, кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Автомобили и автомобильные перевозки» филиала КузГТУ в г. Новокузнецке. E-mail: ZykovPetr@yandex.ru
Колупаев Кирилл Олегович, инженер проектировщик, ООО «СИБГЕОПРОЕКТ»..E-mail: mortez87@mail.ru

Поступило в редакцию 23.03.2015