

ГОРНЫЕ МАШИНЫ И КОМПЛЕКСЫ

УДК 621.879: 622.271

А.А. Хорешок, Е.Ю. Пудов, О.В. Любимов

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИЗНОШЕННОСТИ КОВШЕЙ МАЛОЙ И СРЕДНЕЙ ВМЕСТИМОСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ЭКСКАВАТОРОВ

Эксплуатационная надежность гидравлических экскаваторов, которые в настоящее время активно используются в Кузбассе не только в качестве землеройной и планировочной техники, но и для открытой добычи полезных ископаемых, и, в частности, навесного оборудования этих машин – ковшей малой и средней вместимости, характеризуется случайной природой действующих факторов, основные из которых [1]:

- рассеяние режимов эксплуатации по нагрузке и интенсивности (использованием одной машины, одного ковша в течение определенной наработки по разному назначению, наезды на крупные неровности, экстренные разгоны и торможения, выгрузка с удара-

ми);
- разнообразие механических свойств извлекаемой среды, твердые включения, кусковатость и т.п.

Современные данные свидетельствуют, что в силу ряда обстоятельств за последние десятилетия существенного скачка показатели надежности этой группы машин не претерпели, с учетом возможного устранения вынужденных простоев можно реально рассчитывать лишь на 75...77%-ный длительный ресурс [2].

С точки зрения оценки вероятностных характеристик изношенности в расширенном физическом смысле [1, 3] ковш гидравлического экскаватора

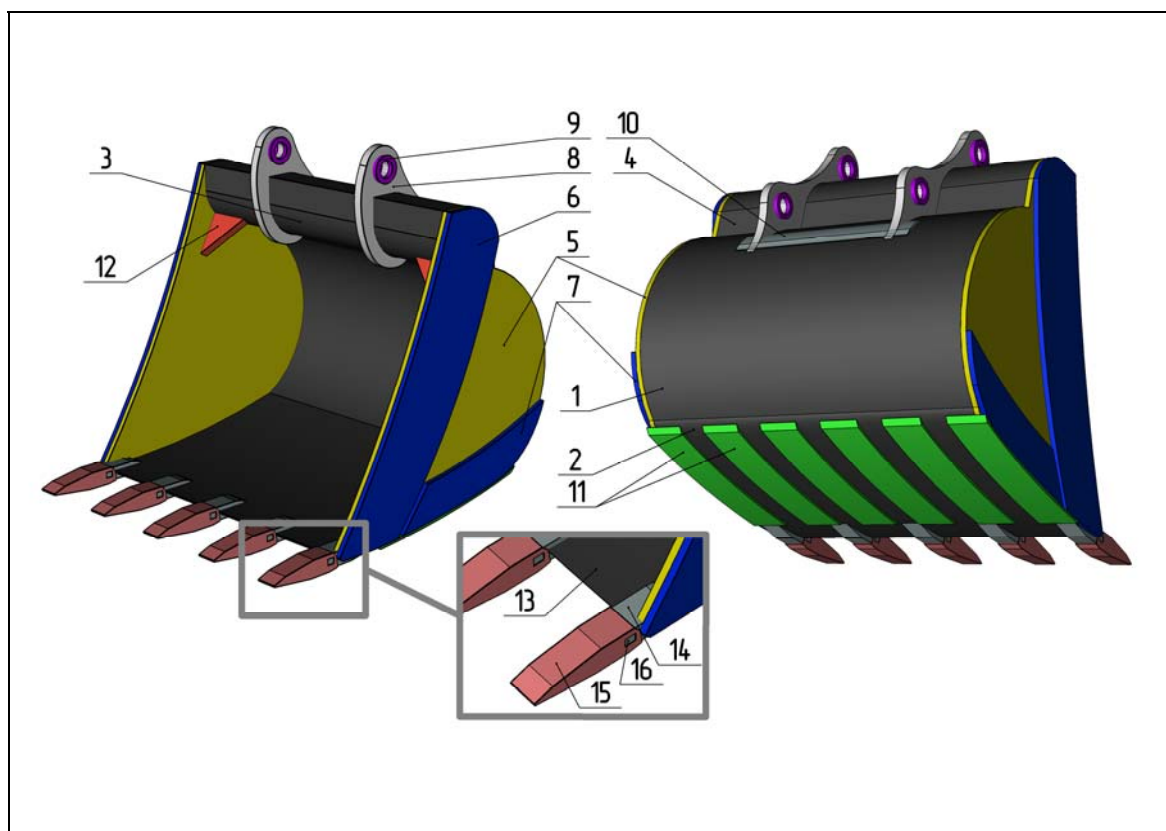


Рис. 1. Устройство ковша малой и средней вместимости гидравлического экскаватора: 1 – задняя стенка; 2 – днище; 3 – передний изгиб; 4 – задний изгиб; 5 – боковая щека; 6 – переднее усиление щеки; 7 – нижнее усиление щеки; 8 – ухо ковша; 9 – гнездо уха; 10 – ребро жесткости уха; 11 – ребра жесткости днища; 12 – усиливающий уголок; 13 – передняя кромка; 14 – адаптер зуба; 15 – сменный зуб; 16 – палец.

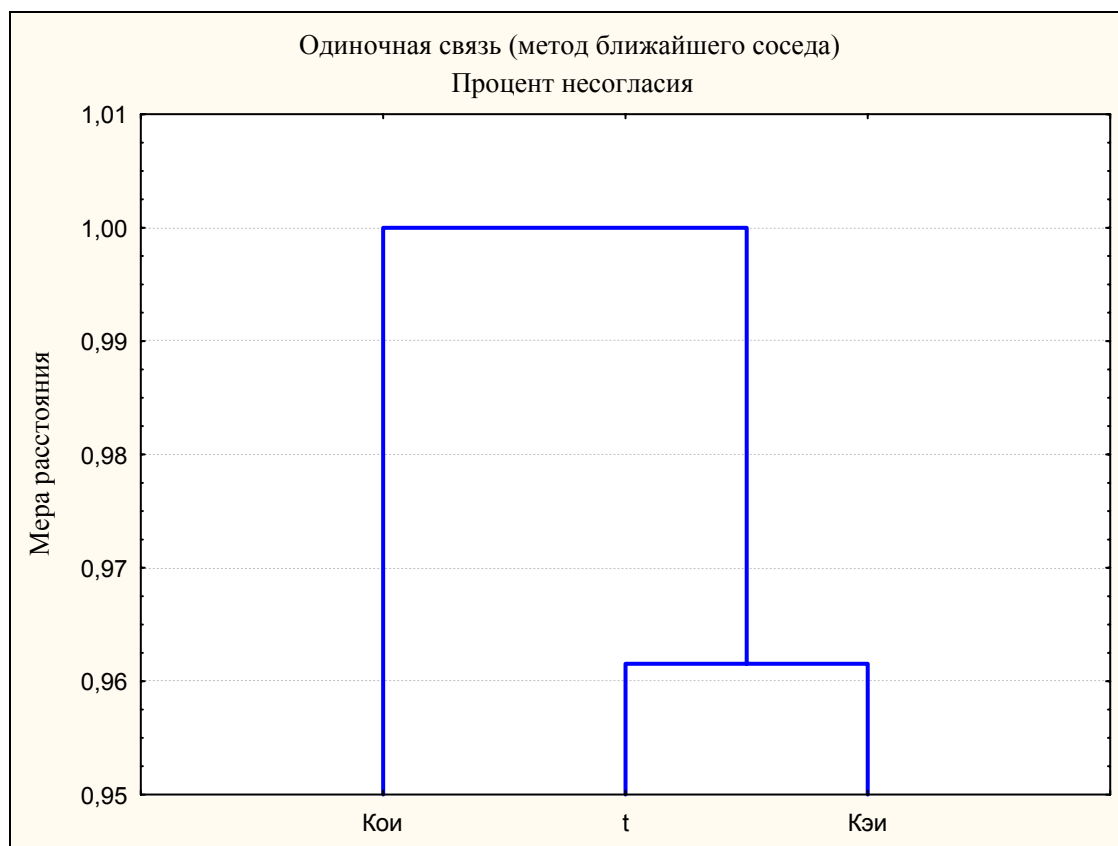


Рис. 2. Результат кластерного анализа – иерархическое дерево связей

(рис. 1) представляет собой механическую систему, сложный объект, состоящий из совокупности взаимосвязанных конструктивных элементов, теряющих работоспособность под влиянием внешних воздействий случайным образом.

Для определения совокупной поврежденности ковшей малой и средней вместимости была обследована представительная выборка экскаваторов, работающих преимущественно на предприятиях Кузбасса по открытой добыче угля. Обследование позволило выявить типичные повреждения, наблюдаемые у всей рассматриваемой группы ковшей, распределенные случайно.

На первой стадии обработки результатов обследования для выдвижения первоначальных гипотез о связях ряда характеристик поврежденности ковшей был использован метод кластерного анализа. Так, исследовалась связь между:

- наработкой ковша t ;
- коэффициентом эффективности использования ковша $K_{эи} = Q_{факт} / Q_{ном}$,

где $Q_{факт}$ – совокупность фактических условий эксплуатации ковша, а $Q_{ном}$ – совокупность условий, в которых ковш должен номинально эксплуатироваться в зависимости от того, к какой конструктивной группе он принадлежит согласно принятой классификации, приведенной, например, в [4];

- коэффициентом относительной изношенности $K_{ои}$, представляющим собой комплексный балль-

ный показатель состояния ковша, полученный методом экспертных оценок. В качестве экспертов выступали механики предприятий, на которых проводились обследования, оценивавшие состояние ковшей собственных и чужих машин.

Вследствие специфики вышеназванных характеристик в качестве меры связи использовался процент несогласия [5]. Результаты кластерного анализа в виде иерархического дерева приведены на рис. 2.

Проявившаяся теснота связи между наработкой t и коэффициентом $K_{эи}$ дала основание авторам приводить условия эксплуатации ковша к номинальным, (соответствующим конструкции по классификации), используя в процессе дальнейшего анализа величину эквивалентной наработки $t_{экв} = K_{эи} \cdot t$.

Выявленные повреждения, свойственные конструктивным элементам ковша, приведены в табл.1. Учитывая результаты кластерного анализа, а также предположения о независимости проявления повреждений и о нормальном законе их распределения [1], фиксировались значения ряда композиций однотипных повреждений, как случайных величин.

Среднестатистический экскаватор в выборке – это машина равновероятно отечественного или иностранного производства, отработавшая более 10 тысяч часов, имеющая повреждения ковша, относящиеся к композициям: Y_3 и Y_5 – более одного, Y_2

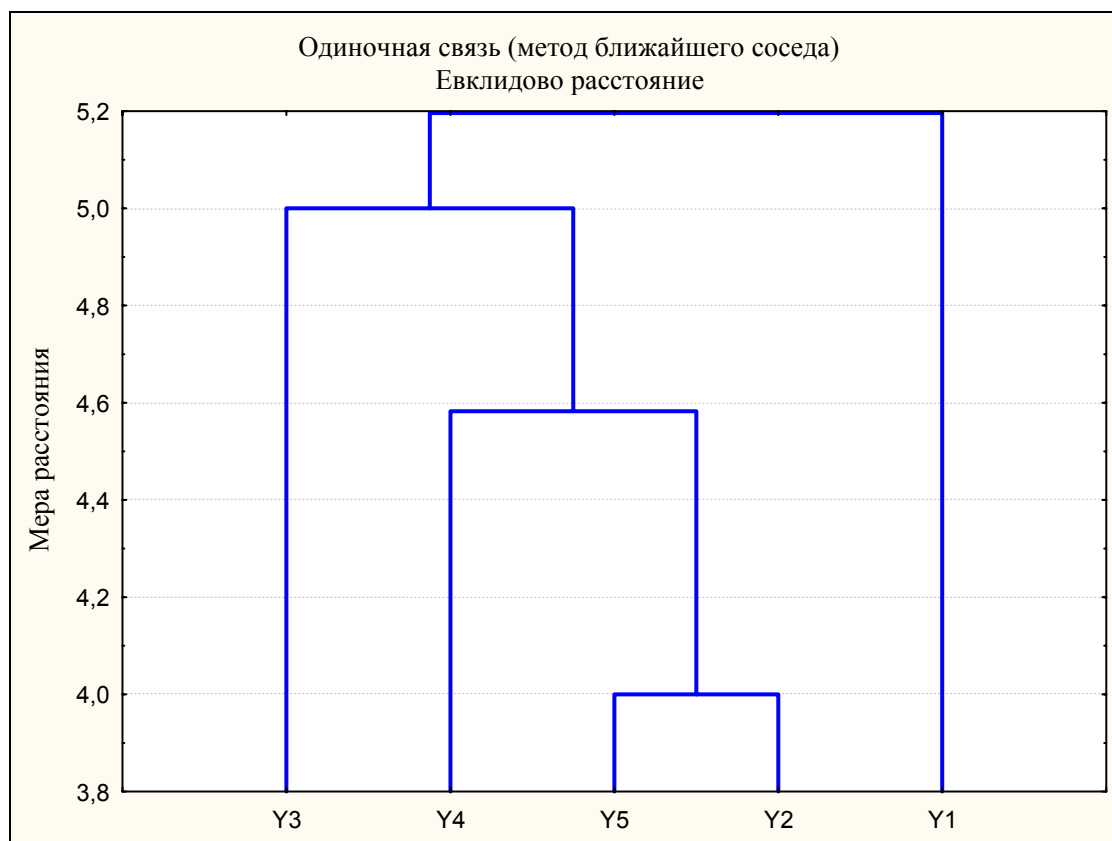


Рис. 3. Результат кластерного анализа – иерархическое дерево связей композиций.

– два, Y_1 и Y_4 – более двух.

Применение кластерного анализа возможно и для выявления тесноты связи между композициями, причем в качестве меры связи может быть ис-

пользовано евклидово расстояние, поскольку все композиции имеют одинаковую размерность [5]. Графическое представление результатов в виде иерархического дерева (рис. 3) дает основания для

Таблица 1

КОНСТРУКТИВНЫЙ ЭЛЕМЕНТ КОВША	ХАРАКТЕР ПОВРЕЖДЕНИЯ	КОМПОЗИЦИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ
Днище	- Деформация формы	Y_1
	- Абразивный износ	
	- Появление трещин	
Передний и задний изгиб	- Появление трещин в сварных швах	Y_5
Боковая щека и переднее усиление щеки	- Абразивный износ торцевой поверхности	Y_3
	- Появление трещин в местах наибольших напряжений	
Нижнее усиление щеки	- Абразивный износ	Y_3
	- Появление трещин в сварных швах	Y_5
Ухо ковша и гнездо уха	- Изменения формы (возникновение непараллельности, деформация отверстий)	Y_2
	- Появление трещин в сварных швах	Y_5
Ребра жесткости днища	- Деформация формы	Y_3
	- Абразивный износ	
Передняя кромка	- Абразивный износ	Y_1
	- Появление трещин	
Адаптер зуба	- Появление трещин в сварных швах и в непосредственной близости	Y_4
Зуб	- Абразивный износ	Y_4
	- Деформации и разрушение под действи-	Y_2
Палец	- Деформации и разрушение под действи-	

Таблица 2

	Марка экскаватора	Эквивалентная наработка <i>tэкв</i> , час	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅
Марка экскаватора	1,00	0,276	0,077	0,051	-0,203	0,105	-0,028
Эквивалентная наработка <i>tэкв</i> , час	0,276	1,00	0,235	0,524	0,444	0,357	0,268
Y ₁	0,077	0,235	1,00	0,371	-0,058	0,446	0,384
Y ₂	0,051	0,524	0,371	1,00	0,557	0,660	0,773
Y ₃	-0,203	0,444	-0,058	0,557	1,00	0,466	0,434
Y ₄	0,105	0,357	0,446	0,660	0,466	1,00	0,658
Y ₅	-0,028	0,268	0,384	0,773	0,434	0,658	1,00

выдвижения гипотез о физической природе возникновения однотипных и разнотипных повреждений. В сущности, суммарное число повреждений, свойственных обследуемым ковшам, является таким же показателем состояния ковша, что и коэффициент Кои .

Представление о возможном наличии простейших функциональных зависимостей, степень тесноты вероятностной связи случайных величин дает также корреляционный анализ. Таблица 2 представляет собой корреляционную матрицу, в которой выделены коэффициенты корреляции, значимые при уровне, соответствующем ресурсу.

Обращает на себя внимание умеренность (по шкале Чеддока [5]) корреляционных связей между эквивалентной наработкой и отдельными композициями повреждений. Однако множественный коэффициент корреляции - мера линейной корреляции между наработкой и совокупностью композиций однотипных повреждений и определенный через элементы корреляционной матрицы - составляет 0,745. Тем более очевидно, что следует искать более сложную, чем линейная, зависимость возникновения однотипных повреждений от эквива-

лентной наработки.

Корреляционные связи собственно между композициями однотипных повреждений можно охарактеризовать, как средние и даже в отдельных случаях высокие.

Результаты корреляционного анализа во многом подтверждают предположения о связях композиций, установленных кластерным анализом, а также позволяют сделать следующие выводы.

1) Количество повреждений ковша связано с наработкой ковша в номинальных с точки зрения его конструкции условиях.

2) Возникновение в процессе эксплуатации ковша трещин различной природы оказывает значительное влияние на деформированное состояние ряда его конструктивных элементов.

3) Существует очевидная перспектива повышения работоспособности ковшей малой и средней вместимости за счет целенаправленного научно обоснованного конструктивно-технологического воздействия на сопряжение конструктивных элементов «сменный зуб – палец – адаптер зуба», в меньшей мере – «адаптер зуба – передняя кромка».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Решетов Д.Н. Надежность машин / Д.Н. Решетов, А.С.Иванов, В.З.Фадеев. – М.: Высшая школа, 1988. – 238 с.
2. Анализ состояния рынка и технического сервиса импортной техники в дорожно-строительной отрасли [Электронный ресурс] / Экскаватор ру - все о производстве, продаже, сервисе и эксплуатации экскаваторов. - Режим доступа <http://www.excavator.ru>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус.
3. Кубарев А.И. Надежность в машиностроении. – М.: Издательство стандартов, 1989. – 224 с.
4. Хорешок А.А., Пудов Е.Ю., Любимов О.В. К вопросу о формировании и эксплуатации парка легких и средних гидравлических экскаваторов. – В сборнике: Инновации в угольной отрасли и экономике. Научно-практическая конференция, посвященная 10-летию филиала ГУ КузГТУ в г. Белово. – Кемерово: «ИНТ», 2008. – С. 8–12.
5. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ: Пер. с англ. / Под ред. И.С.Енюкова. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 215 с.

□ Авторы статьи:

Хорешок
Алексей Алексеевич
– докт.техн.наук., проф., зав. каф.
горных машин и комплексов КузГТУ,
Тел. 83842-39-69-40

Пудов
Евгений Юрьевич
– преподаватель каф. механики и
машиностроения (филиал КузГТУ,
г. Прокопьевск) Тел. 8-3846-620006

Любимов
Олег Владиславович
– старший преподаватель
каф. прикладной механики КузГТУ,
Тел. 83842-39-63-87