

УДК 622.234.5

## КЛАССИФИКАЦИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ РУЧНЫХ МОЛОТКОВ

**Глотов Б.Н., Кокенова А.Т., Смагина В.С.**

*Карагандинский государственный технический университет  
Республики Казахстан, Караганда,  
e-mail: kokenova90@mail.ru*

Развитие машиностроительного комплекса РК предусматривает создание отечественного производства нового конкурентоспособного оборудования в том числе и в строительстве. В различных отраслях производства широко применяются ручные машины ударного действия. В последние годы наметилась тенденция и увеличился спрос на гидравлические ручные молотки.

**Ключевые слова:** кластерный анализ, параметрический ряд, коэффициент технического уровня, классы гидравлических ручных молотков, теория подобия

## CLASSIFICATION OF HYDRAULIC HAND HAMMER

**Glotov B.N., Kokenova A.T., Smagina V.S.**

*Karaganda state technical university of Republic of Kazakhstan, Karaganda,  
e-mail: kokenova90@mail.ru*

Development of machine-building complex of Kazakhstan provides for the establishment of domestic production of a new competitive equipment including construction. In various industries are widely used manual machines percussion. In recent years the trend and increased demand for hydraulic hammers hand.

**Keywords:** cluster analysis, parametric range, the coefficient of technical-level classes manual hydraulic hammers, similarity theory

Возрастающая потребность в гидравлических ручных молотках (ГРМ) обусловлена широкой областью применения в промышленном строительстве при пробивке отверстий, разрушении армированного бетона, разрушении инженерных сооружений, в дорожном и железнодорожном строительстве при разрушении асфальтобетона, формировании земляного полотна; в горной и горнодобывающей промышленности при очистке проходческого забоя, разрушении горных пород [1].

В связи с учетом нового возросшего объема информации о моделях гидравлических ручных молотков ранее приведенные [1] рекомендации требуют уточнения с точки зрения наличия как самих классов, их подклассов, значений базовых и перспективных показателей.

**Цель исследования.** Процесс создания конкурентоспособных моделей молотков предусматривает ряд этапов, одним из которых является проектирование. На стадии проектирования должны быть определены показатели назначения, обеспечивающие создания импортозамещающей и экспортноориентированной техники [1].

Целью исследования является совершенствование методики предпроектной стадии расчета гидравлических ручных молотков.

## Материалы

### и методы исследования

В проведенных исследованиях представлена параметрическая информация по 136 моделям молотков. Основными показателями ГРМ являются: энергия единичного удара бойка, частота ударов, давление и расход воздуха, сила нажатия, масса и длина без рабочего инструмента. Значения этих показателей зависят от типоразмера молотка.

Для того чтобы оценить распределение показателей ГРМ в отдельных классах и подклассах параметрическая информация представлена в виде гистограмм для каждого показателя. Анализ таблиц табуляции частот позволил установить модальные интервалы по оцениваемым показателям. Следует учитывать, что модальный интервал гистограммы является прогнозным значением исследуемого показателя на краткосрочную перспективу, а требуемое значение показателей, представленных в гистограммах, отражает реальную картину, описывающую в целом современное поколение ГРМ.

Обработка параметрической информации проводилась в среде пакета прикладных программ STATGRAPHICS Centurion [2].

Выделение статистически однородных классификационных групп гидравлических ручных молотков, описанных девятью показателями, установленных в результате выполнения факторного анализа, проводилось с использованием методов кластерного анализа. На первом этапе был проведен кластерный анализ новой параметрической информации, позволивший установить наличие пяти статистически однородных групп гидравлических ручных молотков, результаты которого представлены в табл. 1.

Таблица 1

Границы классов для 136 моделей гидравлических ручных молотков

Номер класса, подкласса	Число моделей в классе	Значения классификационных показателей					
		энергия удара, Дж			масса, кг		
		min	max	среднее	min	max	среднее
I	8	18	30	24,3	5,5	13,9	10,6
II	64	35	72	51,9	8,5	22,9	14,6
1	25	35	46	40,3	5,3	21	11,3
2	15	48	55	51,7	9,0	28	14,5
3	24	58	72	65,0	12,0	26	18,3
III	26	75	95	86,1	14	28	23,1
1	17	78	85	82,9	19,5	28,0	23,62
2	9	90	95	92,3	14	25,8	22,15
IV	29	105	140	118,5	16	39	29,3
1	21	105	125	115	25	39	32
2	8	130	140	135	16	38	27
V	9	160	183	163	26	38	33,4

Анализ табл. 1 показывает, что наиболее представительным является второй класс, насчитывающий 64 модели гидравлических ручных молотков с диапазоном изменения энергии удара поршня-бойка от 35 до 70 Дж. В третий и четвертый классы входят соответственно 26 и 29 моделей, имеющие энергию удара от 75 до 95 Дж и 105 до 140 Дж. В пятый класс вошли 9 моделей, с энергией удара от 160 до 183 Дж.

Кластерным анализом второго, третьего и четвертого класса было установлено наличие во втором классе трёх подклассов, а третьем и четвертом классах наличие двух подклассов с границами, указанных в табл. 1.

Исследованиями установлено, что в первый класс ГРМ вошли 8 моделей молотков, границы классификационных показателей которого показаны в таблице 1. Принимая во внимание среднее геометрическое значение показателей в первом классе базовые значения показателей назначения имеют следующие значения: энергия удара 25 Дж, частота ударов 34 Гц, ударная мощность 0,85кВт, подача насоса 0,0004 м<sup>3</sup>/с, давление насоса 11,5 МПа, мощность привода 4,6 кВт, оценка КПД 0,18, масса 10 кг, длина 556 мм.

Во втором классе частота ударов поршня-бойка  $n$  изменятся от 18 до 48 Гц, при значений границ модального интервала 23 ... 28 Гц. Из сравнения с результатами [1] следует, что произошло увеличение границ модального интервала на 1 Гц.

Значения показателя энергия удара изменяются от 35 до 70 Дж. При этом модальный интервал находится в диапазоне от 35 до 40 Дж с средним значением 37,5 Дж (14 моделей 21%). Ранее полученные значения составляют 43...50 Дж при среднем значении 46,5 Дж. Это свидетельствует о том, что большинство разработчиков отдали предпочтение молотком с меньшей энергией удара.

Анализ гистограммы ударной мощности показывает смещение модального интервала в диапазон 1,5 ... 1,8 кВт, что по сравнению с ранее полученным результатом 1,08 ... 1,42 кВт свидетельствует о желании разработчиков создавать более производительные молотки.

Большинство разработчиков отдают предпочтение конструкции молотков, которые имеют гидропривод с мощностью 3,5 ... 4,5 кВт, при подаче насоса 0,00025 ... 0,00034 м<sup>3</sup>/с и давление 9 ... 10 Мпа, хотя диапазоны изменения этих показателей достаточно широкие.

Гистограммы показателя оценка КПД свидетельствует о большом разнообразии технических решений, используемых в конструкциях молотков. Однако модальный интервал соответствует диапазону 0,3 ... 0,4, т.е. произошло некоторое снижение этого показателя (на 17%).

Тенденции изменения показателей масса и длина молотка практически не изменились, хотя диапазон изменения этих показателей расширился.

В третий класс вошли молотки с диапазоном изменения энергии удара от 75 до 95 Дж, частотой ударов от 15 до 39 Гц, ударной мощностью от 1,3 до 3,3 кВт, подачей насоса в диапазоне от 0,00031 до 0,00076 м<sup>3</sup>/с, давления насоса от 10 до 16 Мпа, с мощностью привода от 4 до 9 кВт, показателя оценки КПД от 0,15 до 0,55, с массой от 13 до 28 кг и с показателями длины от 660 до 730.

Из этого следует, что границы показателей энергия удара и частота ударов по сравнению с ранее полученными результатами существенно увеличились и произошло смещения границ модального интервала в сторону увеличения.

Прогнозные значения ударной мощности, подачи насоса, давления насоса, мощности привода, оценки КПД и длины тоже изменились в сторону увеличения.

Половина моделей гидравлических ручных молотков имеют прогнозное значение массы 22 ... 25 кг, при изменении значений этого показателя от 13 до 28 кг. То есть в целом значение этого показателя для рассматриваемого класса не изменилось.

В четвертый класс вошли 29 моделей гидравлических ручных молотков. Сравнение полученных результатов с рекомендациями показывает, что по таким показателям как энергия удара, подача насоса, масса и длина значения модальных интервалов имеют хорошую сходимость, несмотря на то, что количество

моделей гидравлических ручных молотков в четвёртом классе возросло с 17 до 29. Следует отметить существенное увеличение показателя частота ударов практически в два раза с 15 до 30 Гц и незначительное снижение оценки КПД с 0,4 до 0,34.

В пятый класс вошли 9 моделей со значением энергии удара от 160 до 183 Дж. Опираясь на среднее геометрическое значение показателей в качестве перспективных значений молотков этого класса следует принять следующие значения: энергия удара 160 Дж; частота ударов 25 Гц; подача насоса 0,00058 м<sup>3</sup>/с; давление 11,8 МПа; масса 32,4 кг; длина 760 мм.

Во всех классах и подклассах с использованием гистограмм изменения показателей базовые значения и коэффициенты весомости определяют структуру коэффициента технического уровня.

Оценка технического уровня (ТУ) ГРМ позволяет выявить наиболее совершенные модели молотков, определить перспективные значения оценочных показателей, наметить пути совершенствования ГРМ. Для оценки ТУ молотков применён комплексный метод, основанный на использовании обобщенного показателя – коэффициента технического уровня  $K_{TV}$ , который характеризует оцениваемый молоток по от-

ношению к лучшим существующим образцам аналогичной размерной группы [1].

Для ручных гидравлических молотков функция  $K_{TV}$  описана зависимостью [1]:

$$K_{TV} = \gamma_n \frac{n_{\text{бi}}}{n_{\text{бi}}} + \gamma_Q \frac{Q_i}{Q_i} + \gamma_P \frac{P_{\text{бi}}}{P_{\text{бi}}} + \gamma_M \frac{M_{\text{бi}}}{M_i} + \gamma_L \frac{L}{L_i} \quad (1)$$

где  $\gamma_n, \gamma_Q, \gamma_P, \gamma_M, \gamma_L$  – соответственно, коэффициенты весомости показателей частота ударов поршня-бойка, подача насоса, давление насоса, масса и длина;  $n_{\text{бi}}, Q_{\text{бi}}, P_{\text{бi}}, M_{\text{бi}}, L_{\text{бi}}$  – соответственно, базовые значения показателей частота ударов поршня-бойка, подача насоса, давление насоса, масса и длина.

Значения коэффициентов весомости показателей определяют степень важности каждого из них, указывая на возможные пути повышения технического уровня молотков данного подкласса.

Так для молотков I класса по степени важности показатели располагаются в следующей последовательности:  $P, L, M, Q$  и  $n$  (имеют одинаковую степень важности). В выделенных подклассах II, III, IV, V классов установлены свои закономерности, согласно формул (2) – (9).

Во втором классе:  
– для 1 подкласса

$$K_{TV} = 0,253 \frac{P}{11,4} + 0,212 \frac{3,54}{Q} + 0,212 \frac{605}{L} + 0,171 \frac{n}{29} + 0,152 \frac{10,8}{M}, \quad (2)$$

– для 2 подкласса

$$K_{TV} = 0,294 \frac{n}{26,7} + 0,294 \frac{P}{12,6} + 0,157 \frac{4,2}{Q} + 0,137 \frac{598}{L} + 0,118 \frac{14}{M}, \quad (3)$$

– для 3 подкласса

$$K_{TV} = 0,262 \frac{P}{12,7} + 0,238 \frac{636}{L} + 0,179 \frac{n}{26,5} + 0,179 \frac{17,8}{M} + 0,143 \frac{3,7}{Q}. \quad (4)$$

В третьем классе:  
– для 1 подкласса

$$K_{TV} = 0,3 \frac{5}{Q} + 0,24 \frac{685}{L} + 0,21 \frac{P}{12,5} + 0,14 \frac{21}{M} + 0,1 \frac{n}{36}, \quad (5)$$

– для 2 подкласса

$$K_{TV} = 0,259 \frac{5}{Q} + 0,185 \frac{n}{24,7} + 0,185 \frac{P}{14} + 0,185 \frac{23,5}{M} + 0,185 \frac{692}{L}. \quad (6)$$

В четвертом классе:  
– для 1 подкласса

$$K_{TV} = 0,246 \frac{P}{13} + 0,23 \frac{30}{M} + 0,2 \frac{755}{L} + 0,2 \frac{5}{Q} + 0,123 \frac{n}{30,7}, \quad (7)$$

– для 2 подкласса

$$K_{TV} = 0,259 \frac{37,5}{M} + 0,222 \frac{P}{14} + 0,185 \frac{737}{L} + 0,185 \frac{3,9}{Q} + 0,148 \frac{n}{16}, \quad (8)$$

В пятом классе:

$$K_{TV} = 0,257 \frac{P}{13} + 0,229 \frac{760}{L} + 0,2 \frac{n}{25} + 0,171 \frac{5,8}{Q} + 0,143 \frac{31,2}{M}. \quad (9)$$

Таблица 2

Перспективные значения назначения гидравлических ручных молотков

Наименование показателя	Классы и подклассы								
	I	II			III		IV		V
		1	2	3	1	2	1	2	
Частота ударов, $n$ , Гц	40	30	28	28	26	25	22	20	25
Энергия удара, $A$ , Дж	25	40	50	65	85	95	110	130	160
Ударная мощность, $N_y$ , кВт	1,0	1,2	1,4	1,82	2,21	2,375	2,42	2,6	4,0
Подача насоса, $Q \cdot 10^{-4}$ , м <sup>3</sup> /с	3,3	3,3	3,3	3,3	5,0	5,0	5,0	5,0	5,8
Давление насоса, $P$ , МПа	12	14	14	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0
Мощность привода $N_p$ , кВт	3,96	4,62	4,62	4,62	7,0	7,0	7,0	7,0	8,12
Оценка КПД	0,252	0,26	0,303	0,393	0,316	0,339	0,346	0,371	0,493
Масса, $M$ , кг	8,5	9,0	10	12,0	14	16	20	25	30,0
Длина, $L$ , мм	540	570	580	590	620	650	700	730	760
$K_{гв}$	1,115	1,122	1,141	1,161	1,111	1,118	1,136	1,001	1,041
Место в подклассе	2	5	3	3	2	3	1	4	2

Используя полученные зависимости определены значения  $K_{гв}$  рассматриваемых моделей ГРМ установлены, что наилучшими моделями в первом классе молоток ВН 051 фирмы «Maguzen» с  $K_{гв} = 1,3466$ ; во втором классе первом подклассе молоток НСН12 фирмы «Faigmont» ( $K_{гв} = 1,3945$ ); во втором подклассе второго класса первое место занимает молотку ВН0112 фирмы «Maguzen» со значением  $K_{гв} = 1,2011$ ; в третьем подклассе второго класса на первом месте находится молоток Belle 2012 фирмы «Belle Engineering Ltd.» со значением  $K_{гв} = 1,1799$ .

Анализ результатов расчета  $K_{гв}$  для ГРМ 1 подкласса третьего класса показал, что лучшим оказался молоток марки ВНВ 25S фирмы «Belle Engineering Ltd.» со значением  $K_{гв}$  равным 1,1251; во втором подклассе третьего класса лучшим молотком оказался фирмы «Belle Engineering Ltd.» марки Belle 2023 ( $K_{гв} = 1,1689$ ).

Анализ результатов расчета  $K_{гв}$  гидравлических молотков четвертого класса показывает, что в 1 подклассе на первом месте находится молоток ВВН 31 со значением  $K_{гв} = 1,0751$  производства фирмы «Montabert». Во 2 подклассе Лучшим является молоток М-16 производства фирмы «Fastverdini», имеющий  $K_{гв} = 1,227$ .

Лучшим в пятом классе является молоток М 25 фирмы «Fastverdini» со значением  $K_{гв} = 1,0875$ .

### Результаты исследования и их обсуждение

Полученные при определении  $K_{гв}$  результаты позволили сформировать перспективные значения показателей гидравлических ручных молотков для установленных классов и подклассов, приведенные в табл. 2. Эти значения получены с учётом средних геометрических значений по модальному интервалу и тенденций развития показателей.

Проведенный сбор параметрической информации по показателям назначения гидравлических ручных молотков за последние 10 лет, позволил установить что, возросло как количество фирм производителей молотков с 20 до 25 так и количество выпускаемых моделей с 85 до 136, что говорит о постоянном росте потребности в машинах данного класса.

### Выводы

Исследование тенденций развития параметров гидравлических ручных молотков первого – пятого классов показало что произошло изменение базовых значений показателей, направленные на повышения их технического уровня. Наиболее существенными изменения направлены в сторону увеличения частоты ударов, энергии удара, ударной мощности, давления и оценки КПД; тенденция изменения показателей: подачи насоса, массы и длины направлены в сторону уменьшения.

Для всех классов и подклассов установлена новая структура коэффициента технического уровня, с использованием которой выявлены лучшие модели гидравлических ручных молотков.

Определены перспективные значения показателей, которые рекомендуются использовать при совершенствовании существующих и создаваемых новых образцов ГРМ.

### Список литературы

1. Глотова Б.Н. Гидравлические ручные машины ударного действия: Монография. – Караганда, 2013. – 282 с.
2. Дюк В. Обработка данных на ПК в примерах. – СПб.: Питер, 1997. – 240 с.