УДК 622.271.4

Е. В.Злобина

СТАТИСТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ РАБОЧИХ ПАРАМЕТРОВ ШАГАЮЩИХ ДРАГЛАЙНОВ

На разрезах Кузбасса для отработки пологих угольных месторождений применяются мощные шагающие драглайны с длиной стрелы 70-90 м и вместимостью ковша 10-40 м^3. Этими экскаваторами по бестранспортной технологии перерабатывается 22-24% вскрыши открытых горных работ. Парк шагающих драглайнов характеризуется большим физическим и моральным износом. Более 90% машин выпущено еще в 80 – 90-х годах прошлого века. Они уже отработали 2-3 нормативных срока службы. Поэтому задача технического перевооружения разрезов, применяющих бестранспортную технологию, является актуальной.

Необходимо также принять во внимание потребность в новых моделях мощных шагающих драглайнов для разработки перспективных пологих угольных месторождений. Бестранспортная технология будет широко применяться в Ерунаковском геолого-экономическом районе (месторождение Соколовское, Караканское, Талдинское, Жерновское, Ерунаковское, Кукшинское и др.); в Томусинском (месторождение Распадское, Ольжерасское, Томское, Чексинское); в Терсинском (месторождение Макарьевское, Терсинское, Увальное, Кушеяковское). Большая перспектива применения бестранспортной технологии имеется в некоторых других геолого-экономических районах.

При планировании приобретения нового оборудования для действующего разреза и при проектировании разработки нового месторождения необходимо исходить из мировой практики, заключающейся в том, что модель мощного драглайна по своим рабочим параметрам и вместимости ковша подбирается соответственно горно-геологическим условиям и параметрам конкретной залежи.

Пологие угольные залежи Кузнецкого бассейна различаются разнообразием условий залегания: одиночное или свитовое залегание сближенных двух-трех пластов; диапазон углов залегания от 3-5º до 12-15º и более; перекрывающие породы – от выветрелых и прочных полускальных (f = 4÷6) до крепких скальных (f = 8÷12). Как правило, отработка породной толщи производится по смешанной углубочно-сплошной системе разработки: нижняя часть породной толщи на высоту 35÷55 м разрабатывается по бестранспортной технологии, вышележащее – по транспортной. Только единичные случаи полной отработки вскрыши над пластом по бестранспортной технологии.

В этих условиях обоснование модели драглайна усложняется двумя факторами:

− необходимостью учитывать производительность выемочно-погрузочного оборудования транспортной зоны, которая обеспечивает соответствующую скорость подвигания фронта работ и, следовательно, ограничивает скорость подвигания бестранспортного (фактически этот фактор ограничивает производительность драглайна);

− в условиях отработки породной толщи над свитой их двух-трех пластов, также по транспортной и бестранспортной технологиям, параметры залегания пластов (угол залегания, мощность пластов и междупластьев) существенно ограничивают как линейные параметры драглайнов, так и его производительность.

Наличие ограничений и необходимая высокая точность в определении линейных рабочих параметров экскаватора и вместимости ковша требует перебора большого числа вариантов моделей драглайна, причем с небольшим шагом изменения линейных рабочих параметров (3-5 м) и вместимости ковша 2-3 м^3.

Считаем, что обеспечить эти требования можно, если разработать статистические модели рабочих параметров драглайнов во взаимосвязи с вместимостью ковша, массой драглайна и разработать необходимое программное обеспечение.

Это положение определяет цель работы: на базе типоразмерного ряда мощных шагающих драглайнов российского производства, разработать статистические модели рабочих параметров драглайна и его габаритные размеры (радиус вращения кузова и ширина хода). В основу построения моделей рабочих параметров драглайнов положена масса экскаватора $G_э$, определяемая по формуле Винокурского Х. А. [1], т,

$$G_э = K \cdot E^{0,65} \cdot L_{cm}^{1,65} \qquad (1)$$

где E − вместимость, м^3; L_{cm} – длина стрелы, м; K – весовой коэффициент (для драглайнов ОАО «Уралмашзавод» с трехгранной стелой K = 0,146).

Формула используется при конструировании драглайнов на ОАО «Уралмашзавод» [2]. Как отмечается в 2] результаты, полученные по формуле к.т.н. Винокурского Х.А., хорошо согласуются со статистическими данными отечественных и зарубежных шагающих экскаваторов с ковшом вместимостью до 40 м^3 и длиной стрелы до 100м. Поэтому в этом диапазоне параметров построены статистические модели рабочих параметров драглайнов. В методическом плане шагающие драглайны рассмотрены по массе в соответствии с их классами выпускаемыми в России: 300, 600, 800.

Таблица 1. Рабочие параметры российских моделей шагающих драглайнов

Характеристика	ЭШ 5.45М	ЭШ 6.5.45У	ЭШ 10.60	ЭШ 14.50	ЭШ 10.70А	ЭШ 15.80	ЭШ 20.65	ЭШ 11.70	ЭШ 11.75
Вместимость ковша, м^3	5	6,5	10	14	10	15	20	11	11
Длина стрелы, м	45	45	60	50	70	80	65	70	75
Радиус копания и выгрузки, м	42,5	43,5	57	46,5	66,5	76,5	61	66,5	71,4
Глубины копания, м	22	22	35	21	35	40	32	35	38
Высоты выгрузки, м	19,5	19,5	21	20,5	27,5	32	27	27,5	30,6
Радиус вращения кузова, м	12,4	9,7	13,2	15	15	17,5	17,5	15	–
Ширина хода, м	11	11	12	13,5	13,5	17,3	17,3	13,5	–
Рабочая масса, т	295	305	540	620	650	1160	1070	767	840
Характеристика	ЭШ 20.90	ЭШ 15.90Б	ЭШ 25.90	ЭШ 10.100	ЭШ 15.100	ЭШ 25.100А	ЭШ 20.100	ЭШ 40.100	ЭШ 40.85С
Вместимость ковша, м^3	20	15	25	10	15	25	20	40	40
Длина стрелы, м	90	90	91	100	100	100	100	100	85
Радиус копания и выгрузки, м	83	83	84,3	93,5	91,5	94,6	91	94,8	82
Глубины копания, м	42,5	56	47	50	42,5	49,8	46	47	40
Высоты выгрузки, м	38,5	39,6	36,5	42	45	43,6	45	40	32
Радиус вращения кузова, м	19,7	18,5	–	17,5	19,7	25	–	–	21,5
Ширина хода, м	19,7	19,2	21,3	17,3	19,7	25,7	21,3	26,1	26
Рабочая масса, т	1740	1620	1900	1200	1725	2800	1900	3320	3200

1000, 1200, 1500, 1700, 1900, 2800, 3200, 3300 т. Длина стрелы ($L_{ст}$) принята в пределах 45÷100 м.

Тогда при заданных $G_э$ и $L_{ст}$ вместимость ковша равна (см. ф. 1), м^3,

$$E = \left(\frac{G_э}{K \cdot L_{ст}^{1,65}} \right)^{1,538} \quad (2)$$

Получены статистические модели: радиуса черпания ($R_ч$) и разгрузки ($R_р$), высоты разгрузки ($H_р$), глубины черпания ($H_ч$), радиуса вращения хвостовой части кузова ($R_к$), ширины хода ($Ш_х$).

Анализом установлено, что рабочие параметры $R_р(R_ч)$, $H_р$, и $H_ч$ имеют, с учетом поправочного статистического коэффициента, тесную связь с произведением $(L_{ст} \cdot G_э \cdot 10^{-3})$:

$$R_р = R_ч = K_{р.ч} \cdot (L_{ст} \cdot G_э \cdot 10^{-3}); \quad (3)$$

$$H_р = K_{в.р} \cdot (L_{ст} \cdot G_э \cdot 10^{-3}); \quad (4)$$

$$H_ч = K_{г.ч} \cdot (L_{ст} \cdot G_э \cdot 10^{-3}) \quad (5)$$

где $K_{р.ч}$ – коэффициент, учитывающий положение оси пяты стрелы относительно оси вращения экскаватора и угол её наклона; $K_{в.р}$ – коэффициент учитывающий длину ковша и его упряжи; $K_{г.ч}$ – коэффициент учитывающий возможности сматывания каната с барабана подъема.

Для нахождения коэффициента выполнена статистическая обработка рядов соответствующих параметров (табл. 1).

Формулы для расчета наблюдений коэффициентов в рядах:

$$K_{р.ч} = \frac{R_р \cdot 10^3}{L_{ст} \cdot G_э}; \quad (6)$$

$$K_{в.р} = \frac{H_р \cdot 10^3}{L_{ст} \cdot G_э}; \quad (7)$$

$$K_{г.ч} = \frac{Нч \cdot 10^3}{L_{ст} \cdot G_э}. \quad (8)$$

На рис. 1 а, б показаны зависимости коэффициентов $K_{р.ч}$, $K_{в.р}$, $K_{г.ч}$ от $(L_{ст} \cdot G_э \cdot 10^{-3})$.

Все зависимости степенные, корреляционные связи плотные R^2 = 0,96÷0,98, что обусловливает адекватность моделей параметров.

Параметры $R_к$ и $Ш_х$, также с учетом поправочного статистического коэффициента, имеют тесную связь с массой экскаватора $G_э$:

$$R_к = \frac{G_э}{K_{р.к}}; \quad (9)$$

$$Ш_х = \frac{G_э}{K_{ш.х}}, \quad (10)$$

где $K_{р.к}$ – коэффициент, учитывающий габариты кузова экскаватора; $K_{ш.х}$ – коэффициент, учитывающий габариты кузова, массу экскаватора и его удельное давление на грунт.

Таблица 2. Уравнения регрессии коэффициентов $K_{р.к}, K_{г.ч}, K_{р.ч}, K_{в.р}, K_{ш.х}$

Уравнение регрессии	
$Kр.ч = 22,239(Lст*Gэ/1000)^{-0,7369}$	$R^2 = 0,9854$
$Kв.р = 8,9149(Lст*Gэ/1000)^{-0,7149}$	$R^2 = 0,9647$
$Kг.ч = 11,804(Lст*Gэ/1000)^{-0,74}$	$R^2 = 0,9630$
$Kр.к = 0,5387Gэ^{0,6836}$	$R^2 = 0,9816$
$Kш.х = 0,8237Gэ^{0,6241}$	$R^2 = 0,9902$

Формулы для расчета наблюдений коэффициентов в рядах:

$$K_{р.к} = \frac{G_э}{R_к}; \quad (11)$$

Таблица 3. Расчетные значения параметров драглайна ЭШ 11.70 полученные на основе моделей и их фактические величины

Параметр	Расчетные значения, м	Фактические значение, м	Отклонения	
			Абсолютные	Относительные
$L_{ст}$	69,88	70	0,02	-0,17%
$R_ч$	65,79	66,5	0,29	-1,06%
$H_р$	27,74	27,5	0,24	+0,87%
$H_ч$	33,20	35	1,8	-5,1%
$R_к$	15,18	15	0,18	+1,2%
$Ш_х$	14,70	13,5	1,2	+9,2%

$$K_{ш.х} = \frac{G_э}{Ш_х} \qquad (12)$$

На рис. 1 в, г показаны зависимости коэффициентов $K_{р.к}$ и $K_{ш.х}$ от массы экскаватора $G_э$. Зависимости также степенные, корреляционные связи очень плотные, почти функциональные, 0,98÷0,99.

Уравнения регрессии коэффициентов $K_{р.к}$, $K_{г.ч}$, $K_{р.ч}$, $K_{в.р}$, $K_{ш.х}$ приведены в табл. 2.

Дана проверка адекватности моделей на примере драглайна ЭШ 11.70 (табл. 3).

Как видно из табл. 3, абсолютные и относительные отклонения незначительны.

Таким образом, полученные статистические данные адекватны и могут использоваться в научных исследованиях и в проектной практике при обосновании рациональной модели драглайна для разработки конкретного месторождения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Винокурский Х.А.* Стальные конструкции в тяжелом машиностроении. − Свердловск: Урало-Сибирское отделение Машгиз. 1960.

2. Горное оборудование Уралмашзавода / Коллектив авторов. Ответственный редактор-составитель Г.Х. Бойко. − Екатеринбург: «Уральский рабочий», 2003. 240 с.

3. *Мельников Н.В.* Справочник инженера и техника по открытым горным работам / Н.В. Мельников // Госгортехиздат. – М:1961. С. 333-336.

Автор статьи:

Злобина
Елена Владимировна
- ассистент каф. начертательной геометрии и графики КузГТУ. Тел. 89236126994