

Н.В. Осипова

СИСТЕМА ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЭКСКАВАТОРА-ДРАГЛАЙНА НА КАРЬЕРАХ

Приведено обоснование технических требований к системе оперативного учета производительности мощного шагающего экскаватора-драглайна в каждом цикле работы. Даны схемы расположения экскаватора при обработке забойных блоков с верхним и нижним черпаниями с обозначением основных технологических параметров выемки горной машины. Выполнен расчет характеристик средства вычисления объемов работ драглайна, которое использует бесконтактный радиолокационный метод.

Ключевые слова: драглайн, оперативный контроль, уступ, забой, радиолокатор, экскавация, вскрыша, нижнее черпание, верхнее черпание.

Мощные шагающие экскаваторы-драглайны используются преимущественно для ведения вскрышных работ и находят широкое применение на горных предприятиях России и за рубежом. Проведенный анализ работ по существующим способам управления данными горными машинами, показал, что эксплуатация их по-прежнему остается недостаточно эффективной [5, 6, 8, 9–12]. Причина тому – низкий уровень их автоматизации, зависимость качества работы от квалификации машиниста и его субъективного состояния. Одной из наиболее важных задач контроля технологического процесса экскавации драглайна является оперативный учет производительности с целью вычисления показателей эффективности их эксплуатации.

В данной статье будет рассмотрено создание системы, позволяющей решить указанную задачу с применением бесконтактного радиолокационного метода определения объема выемки грунта в забое.

Производительность любой горной машины характеризует величину полезной работы по выемке (вскрыше) и перемещению грунта, которую она может выполнить в единицу времени и служит для определения нормы выработки в заданных усло-

виях, сравнения состояния, качества обслуживания, фактической и расчетной производительности экскаваторов различной конструкции.

Приведем основные технологические параметры драглайна, необходимые для обоснования требований к системе [1, 2, 4, 9] (рис. 1, а): $H_{\text{ч}}$ – глубина черпания, м, зависящая от длины и угла наклона стрелы $\alpha_{\text{с}}$, расположения в забое, экскавируемости породы, длины канатов и квалификации машиниста; $R_{\text{чy}}$ – радиус черпания на уровне стояния платформы, м; $l_{\text{пг}}$ – расстояние от пяты стрелы до грунта, м; $l_{\text{оп}}$ – расстояние от оси платформы до пяты стрелы, м.

При выемке нижним черпанием драглайн располагается на кровле уступа (развала) вне призмы возможного обрушения.

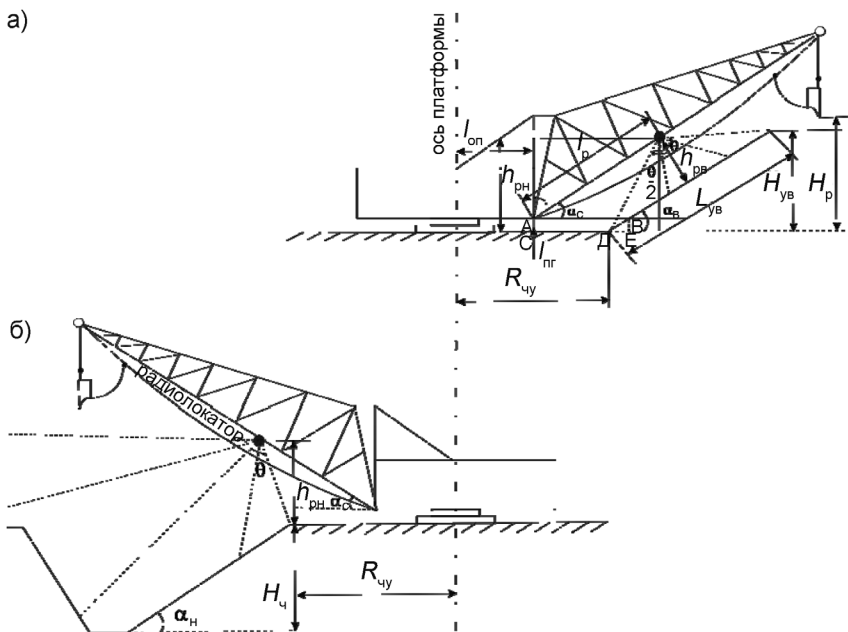


Рис. 1. Технологические параметры экскаватора-драглайна: $H_{\text{ч}}$ – глубина черпания; $R_{\text{чy}}$ – радиус черпания на уровне стояния платформы; $l_{\text{пг}}$ – расстояние от пяты стрелы до грунта; $l_{\text{оп}}$ – расстояние от оси платформы до пяты стрелы; $l_{\text{п}}$ – расстояние радиолокатора от начала стрелы; $\alpha_{\text{в}}$, $\alpha_{\text{н}}$ – угол откоса верхнего и нижнего забоев соответственно; $\alpha_{\text{с}}$ – угол наклона стрелы; $H_{\text{ув}}$ – высота расположения радиолокатора; $L_{\text{ув}}$ – длина верхнего уступа; $h_{\text{рв}}$, $h_{\text{рн}}$ – расстояние радиолокатора до верхнего и нижнего откосов соответственно; θ – угол обзора радиолокатора; $H_{\text{п}}$ – высота разгрузки

С учетом этого, паспортной глубины черпания и угла откоса определяется возможная высота забоя.

При расположении драглайна на подошве уступа и выемке верхним черпанием угол откоса забоя α_b для предотвращения скольжения и обеспечения наполнения ковша не превышает 20–25°.

Высота забоя H_{yb} (уступа) должна быть не более 0,8 от высоты разгрузки H_p для предотвращения работы в режиме стопорения. Расчеты следует производить исходя из предельных параметров $\alpha_c = \alpha_b = 25^\circ$, $H_{yb} = 0,8H_p$, при изменении которых все равно будет обеспечен требуемый сектор обзора для средства измерения. Наиболее оптимальным является его расположение равномерно относительно длины и ширины забойного блока и параллельно плоскости Земли (при нижнем черпании) и уступу (при верхнем черпании) [2].

Однако наличие двух средств измерения экономически нецелесообразно. К тому же, радиолокатор следует располагать на максимально возможном расстоянии от конца стрелы и вдоль ее длины в целях уменьшения колебаний и вибраций. Из рис. 1, а видно, что необходимый сектор сканирования обеспечивается и при верхнем черпании. При таком угле θ в обзор также попадает и забойный блок при нижнем черпании (рис. 1, б).

Длина верхнего уступа $L_{yв}$ определяется выражением:

$$L_{yв} = \frac{0,8H_p}{\sin(\alpha_c)}$$

Из геометрических построений находим отрезок AB (рис. 4, а):

$$DE = l_{nz} ctg \alpha_c, CD = R_{uy} - l_{on}, AB = CD + DE.$$

Отсюда расстояние радиолокатора до верхнего откоса:

$$h_{pg} = (l_{nz} ctg \alpha_c + R_{uy} - l_{on}) \sin \alpha_c.$$

Предел углового отклонения луча радиолокатора по длине выемки:

$$tg \frac{\theta}{2} = \frac{L_{yв}}{2h_{pg}} \Rightarrow \theta = 2arctg(0,5 \frac{L_{yв}}{h_{pg}}).$$

Его высота над уровнем Земли:

$$h_{pn} = \frac{h_{pg}}{\cos \frac{\theta}{2}} \cdot \cos(\frac{\theta}{2} + \alpha_c).$$

Расстояние радиолокатора от начала стрелы l_p :

$$l_p = \frac{h_{pn} - l_{nz}}{\sin \alpha_c}.$$

На рис. 2 показан вид одного забойного блока драглайна. Ширина ковша рассчитывается по формуле [7]:

$$b = 1,15 \cdot \sqrt[3]{E}.$$

Теперь нетрудно найти предел углового отклонения луча радиолокатора по ширине выемки ψ :

$$\operatorname{tg} \frac{\Psi}{2} = \frac{b}{2h_{pn}} \Rightarrow \Psi = 2 \operatorname{arctg} \left(0,5 \frac{b}{h_{pn}} \right).$$

Таким образом, средство измерения должно удовлетворять следующим требованиям:

- сектор обзора не менее чем $(\psi; \theta)$;
- минимальная дальность $\min(h_{pn}, h_{pb})$.

Как правило, радары для таких ближних дистанций используются при [3, 10]:

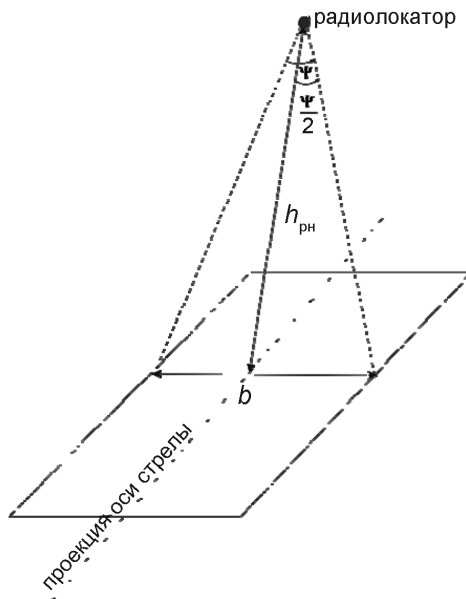


Рис. 2. Изображение одного забойного блока экскаватора-драглайна: ψ – предел углового отклонения луча радиолокатора по ширине выемки; b – ширина ковша; h_{pn} – расстояние радиолокатора до нижнего откоса

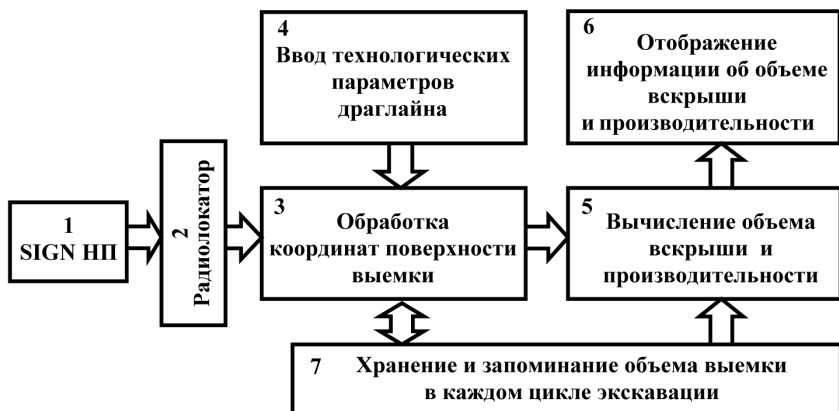


Рис. 3. Структурная схема системы оперативного контроля производительности экскаватора-драглайна

- рабочей длине волны $\lambda = 0,75-1,11$ см;
- рабочей частоте $f = 27-40$ ГГц.

На рис. 3 показана структура системы оперативного контроля производительности экскаватора-драглайна с использованием выбранного метода распознавания.

По сигналу 1 начала подъема груженого ковша SIGN HP = 1 происходит автоматический запуск радиолокатора 2. В достаточно малый промежуток времени (порядка микросекунды) от момента начала срабатывания механизма подъема до выхода ковша из грунта для поворота в забой происходит «сканирование» выемки. Радиолокатор 2 используется для измерения совокупности точек отраженных целей в виде угловых координат и дальности. Измерительная информация поступает в блок обработки 3, где осуществляется перевод в декартовы координаты, а также фильтрация, в результате которой остаются только точки, лежащие ниже нулевого уровня (плоскости Земли) и внутри области, ограниченной задаваемыми технологическими параметрами забоя в блоке 4. Далее по специальным алгоритмам в блоке 5 вычисляется объем выемки и выводится на блок 6 отображения информации, причем эти данные хранятся и запоминаются в блоке 7.

Таким образом, вычислив разницу между текущим и предыдущим измерением, можно определить производительность в каждом цикле работы драглайна.

Предложенная в статье система оперативного контроля производительности мощного экскаватора-драглайна может со-

четать в себе необходимые преимущества: оперативность, бесконтактность, быстродействие, устойчивость к изменяющимся погодным и природным условиям, простота технической реализации, надежность, малогабаритность.

Создание такой системы позволит оперативно определить и повысить производительность экскаватора драглайна, частично заменить или облегчить труд маркшейдеров, повысить скорость и точность измерений, поможет машинисту планировать дальнейшие действия, создать условия для их обучения и повышения квалификации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Груздев А. В., Сандригайло И. Н. Шагающие драглайны // Горная промышленность. – 2008. – № 5. – С. 6.
2. Ржевский В. В. Открытые горные работы. Ч. 1. Производственные процессы: Учебник для вузов. – М.: Недра, 1985. – 180 с.
3. Верба В. С., Меркулов В. И., Миляков Д. А., Чернов В. С. Интегрированные многодатчиковые комплексы мониторинга окружающего пространства // Журнал радиоэлектроники. – 2015. – № 4. – С. 51.
4. Злобина Е. В. Статистические модели определения рабочих параметров шагающих экскаваторов // Вестник КузГТУ. – 2010. – № 5. – С. 90–92.
5. Певзнер Л. Д., Югай И. С., Сулейменов Т. С. К проблеме автоматизированного управления шагающим экскаватором-драглайном // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2010. – № 7. – С. 285–290.
6. Певзнер Л. Д., Сулейменов Т. С., Югай И. С. Автоматизация транспортного перемещения ковша экскаватора-драглайна на основе интеллектуальных алгоритмов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2010. – № 3. – С. 12–22.
7. Домбровский Н. Г., Гальперин М. И. Строительные машины, ч. 2. – М.: Высшая школа. – 1985. – 83 с.
8. Линн Т. Автоматизированный мониторинг технологического процесса шагающего экскаватора-драглайна: Дис. ... канд. техн. наук. – М.: МГГУ, 2010. – 104 с.
9. Bewley A., Shekhar R., Uproft B. Lever development of a dragline in-bucket bulk density monitor // Crmning australian mining technology conference. 2011, pp. 1–10.
10. Ridley P., Algra R., Corke P. Dragline bucket carry Angle Control // Australian Conference on Robotics and Automation, Sydney, 14–15 November. 2002, pp. 13–19
11. Roberts J., Winstenley G., Corce P. Three-dimensional imaging for a very large excavator, The International Journal of Robotics Research. 2003. vol. 22. no. 7–8, pp. 467–477.
12. Uproft B., Chandra Shekhar R., Joseph Bewley A., Paul J. A. Patent US8930091, 2015. **ПАТЕНТ**

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Осипова Нина Витальевна — кандидат технических наук,
доцент, e-mail: nvo86@mail.ru, НИТУ «МИСиС».

Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2017. No. 3, pp. 161–167.

UDC 622:
681.518.3

N.V. Osipova

SYSTEM OPERATIONAL CONTROL PERFORMANCE EXCAVATOR-DRAGLINE IN PITS

The article presents the case for the technical requirements for the system of operational accounting powerful productivity of walking dragline excavators working in each cycle. Given the layout of the excavator when processing downhole blocks with upper and lower digging with the designation of the basic technological parameters of mining excavation machines. The calculation of the characteristics of the means of calculating the volume of work of the dragline, which uses non-contact radar method.

Key words: dragline, operational control, shoulder, slaughtering, radar, excavation, overburden, the lower scoop, scoop the top.

AUTHOR

Osipova N.V., Candidate of Technical Sciences,
Assistant Professor, e-mail: nvo86@mail.ru,
National University of Science and Technology «MISiS», 119049, Moscow, Russia.

REFERENCES

1. Gruzdev A. V., Sandrigaylo I. N. *Gornaya promyshlennost'*. 2008, no 5, pp. 6.
2. Rzhhevskiy V.V. *Otkrytye gornye raboty. Ch. 1. Proizvodstvennyye protsessy: Uchebnik dlya vuzov* (Open pit mining. Part 1: Production processes. Textbook for high schools), Moscow, Nedra, 1985, 180 p.
3. Verba V.S., Merkulov V.I., Milyakov D.A., Chernov V.S. *Zhurnal radioelektroniki*. 2015, no 4, pp. 51.
4. Zlobina E.V. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2010, no 5, pp. 90–92.
5. Pevzner L.D., Yugay I.S., Suleymenov T.S. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2010, no 7, pp. 285–290.
6. Pevzner L.D., Suleymenov T.S., Yugay I-S.S. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2010, no 3, pp. 12–22.
7. Dombrovskiy N. G., Gal'perin M. I. *Stroitel'nye mashiny*, ch. 2 (Construction machinery, Part 2), Moscow, Высшая школа. 1985, 83 p.
8. Linn T. *Avtomatizirovannyy monitoring tekhnologicheskogo protsessa shagayushchego ekskavatora-draglayna* (Automated monitoring process draglines), Candidate's thesis, Moscow, MGGU, 2010, 104 p.
9. Bewley A., Shekhar R., Upcroft B. Lever development of a dragline in-bucket bulk density monitor. *Crcmining australian mining technology conference*. 2011, pp. 1–10.
10. Ridley P., Algra R., Corke P. Dragline bucket carry Angle Control. *Australian Conference on Robotics and Automation*, Sydney, 14–15 November. 2002, pp. 13–19
11. Roberts J., Winstenley G., Corce P. Three-dimensional imaging for a very large excavator. *The International Journal of Robotics Research*. 2003. vol. 22. no. 7–8, pp. 467–477.
12. Upcroft B., Chandra Shekhar R., Joseph Bewley A., Paul J.A. *Patent US 8930091*, 2015.