

**Н.В. Осипова**

## **АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМА ВЫЕМКИ ГРУНТА ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЭКСКАВАТОРА-ДРАГЛАЙНА НА КАРЬЕРАХ**

Приведен краткий обзор известных бесконтактных методов определения объемов поверхностей. В ходе анализа выявлено, что измерения, основанные на фотограмметрии и лазерном сканировании ненадежны из-за непригодности к изменяющимся природным и погодным явлениям, а приборы, использующие радиоизотопный контроль, оказывают негативное влияние на здоровье человека. В результате делается акцент в сторону использования радиолокационного метода оперативного контроля объемов работ, который является наиболее приемлемым вследствие того, что имеет хорошие показатели в неблагоприятных условиях окружающей среды, высокое быстродействие и точность.

Ключевые слова: драглайн, выемка, забой, мониторинг, оперативный контроль, фотограмметрический метод, лазерный метод, радиоизотопный метод, радиолокационный метод.

**В** настоящее время экскаваторы-драглайны являются основным землеройным оборудованием, используемым для открытых горных работ во всем мире. Эффективность их эксплуатации во многом определяет основные технико-экономические показатели горного предприятия. Однако, как показывает опыт использования экскаваторной техники на разрезах РФ и за рубежом, она остается недостаточно высокой, в результате чего наблюдается снижение производительности предприятия. Одна из причин — отсутствие надежных и точных информационно-измерительных систем, позволяющих в масштабе реального времени осуществлять автоматизированный мониторинг технологического процесса экскавации [6].

Основная задача исследования заключается в оценке объема забойной поверхности (или перемещаемой горной массы)

драглайна в каждом цикле экскавации с применением бесконтактных методов.

Одним из первых свое применение в восстановлении объемных изображений нашел фотограмметрический метод, основанный на использовании бинокулярного зрения, которое, подобно человеческим глазам позволяет соединить изображение в единый образ и получить информацию не только о предметах, находящихся в поле зрения, но и об их отдаленности [3–5, 7].

Его смысл довольно прост: по двум полученным снимкам с параллельно закрепленных web-камер (так называемым, стереопарам) на одном из них находят некую область пикселей определенного диаметра и производят поиск соответствующей ей области на другом изображении, затем ищется расстояние между ними. Чем оно меньше, тем дальше от нас располагается данный элемент изображения.

Таким образом, зная, например, высоту расположения камер над плоскостью земли и расстояние до некой области самого объекта, можно с легкостью восстановить его координаты для дальнейшего вычисления объема.

Техническая реализация фотограмметрического метода достаточно проста (рис. 1).

Требуются всего две цифровые Ethernet-стереокамеры и компьютер с программой, включающей модуль захвата изображений, обработку данных по заложенным алгоритмам, и выводом результатов в понятном для пользователя графическом виде.



Рис. 1. Структура системы, реализующей фотограмметрический метод определения объема



Рис. 2. Техническая реализация лазерного метода определения объема

К недостаткам данного метода следует отнести:

- непригодность к изменяющимся природным условиям, например, дождь, снегопад, туман, град, слишком яркое солнце не только дают погрешности в распознавании образов, но и пагубно влияют на работу самих средств измерения;
- невозможность точного воспроизведения изображения в запыленной, загазованной атмосфере, в ночное время;
- плохая работоспособность при низких температурах воздуха.

В последнее время бурный интерес вызвал лазерный метод (рис. 2) определения объема различных объектов, основанный на преобразовании энергии [8–12]. Принцип действия заключается в измерении времени прохождения лазерного луча двойного расстояния от излучателя до цели и обратно с помощью высокоточного таймера. Данные поступают с высокой скоростью на обработку в микрокомпьютер. В специальной программной

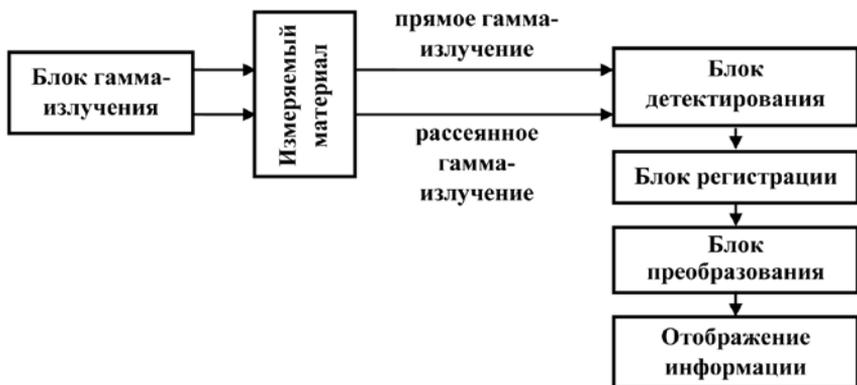


Рис. 3. Измерительная система, реализующая радиоизотопный метод определения объема

среде отображается так называемое «облако отраженных точек», каждая из которых имеет свою прямоугольную координату. Далее при помощи алгоритмов они представляются математически описываемыми поверхностями в виде триангуляционных сеток.

Недостатки данного метода в принципе повторяют недостатки фотограмметрического, но в качестве дополнительных к ним можно отнести более сложную конструкцию, высокую стоимость и невозможность сканирования объектов с низкой отражательной способностью.

Радиоизотопный метод контроля, структурная схема измерительной системы которого представлена на рис. 3, находит применение в горной промышленности для измерения объема породы на ленточном конвейере [2].

С помощью блока гамма-излучения формируется заданная ширина пучка излучения. Когда гамма-кванты проходят через вещество, они взаимодействуют с его атомами и делятся на прямое и рассеянное излучение. Блок детектирования предназначен для первичного преобразования мощности гамма-излучения. В блоке регистрации происходит съем информации об измеренных значениях с определенной частотой опроса. При помощи блока преобразования осуществляется кодирование сигнала в цифровое представление. Результат выводится на блок отображения информации.

Измерительные приборы, использующие радиоизотопные методы контроля, оказывают негативное влияние на здоровье человека, и это является существенным недостатком.

Радиолокационный метод используется для обнаружения воздушных, морских и наземных объектов, определения их дальности и геометрических параметров, в экологическом мониторинге.



Рис. 4. Техническая реализация радиолокационного метода определения объема

Рассмотрим его техническую реализацию (рис. 4). Мощный импульсный генератор является передающим устройством с источником электромагнитного сигнала высокой мощности. В цифро-аналоговом преобразователе (ЦАП) осуществляется цифровой синтез сигнала, который проходит усилитель мощности и излучается антенной. Она выполняет фокусировку и формирует диаграмму направленности, а также принимает отраженные от цели радиоволны для передачи в приемник. Малошумящий усилитель увеличивает амплитуду сигнала до требуемого уровня для ее дальнейшей оцифровки. Устройство защиты приемника – обычный разрядник, не позволяющий перегрузить канал связи высоким уровнем сигнала-помехи. Аналого-цифровой преобразователь (АЦП) позволяет перейти от аналогового к цифровому представлению сигнала для его последующего анализа. Микрокомпьютер, используя специальные программные средства, обрабатывает полученные данные и отображает информацию о состоянии объекта контроля [1].

Данный метод имеет ряд преимуществ перед остальными: хорошие показатели в неблагоприятных погодных и природных условиях, большой диапазон и разрешение, быстроедействие, точность.

Поэтому он является наиболее приемлемым в плане вычисления объема выемки грунта в забое для оперативного контроля производительности экскаватора-драглайна.

Применение измерительной системы, основанной на радиолокационном методе измерения, позволит не повысить производительность горных машин, но и поднять общие технико-экономические показатели горного предприятия.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Карасев В. В., Булах Е. Г.* Основы радиолокации. Методическое пособие по дисциплине «Радионавигационные приборы» для курсантов (студентов) специальности 180402 «Судовождение». – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2006. – 49 с.

2. *Войтюк И. Н.* Бесконтактный метод измерения объемной плотности шахтного грузопотока ленточного конвейерного транспорта // Современные научные исследования и инновации. 2014. № 5 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2014/05/35156> (дата обращения: 03.05.2016).

3. *Гук А. П., Гордиенко А. С., Лазерко М. М.* Основные научные исследования кафедры фотограмметрии и дистанционного зондирования в 2010 году: автоматизация дешифрирования космических снимков, построение 3D моделей по материалам дистанционного зондирования // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. – 2011. – Т. 4. – С. 15–21.

4. *Ессин А. С., Ессин С. С.* Особенности фотограмметрической обработки материалов цифровой аэрофотосъемки с БПЛА // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. – 2010. – № 1. – Т. 4. – С. 80–82.

5. *Кобзева Е. А.* Использование фотограмметрических методов создания 3D моделей при проектировании водохранилищ // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. – 2011. – Т. 4. – С. 3–6.

6. *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.

7. *Осипова Н. В.* Отчет о научно-исследовательской работе по гранту РФФИ № 08-07-00447 «Разработка и исследование методов оценки достоверности результатов восстановления объемных фотороботов на основе общедоступных установок виртуальной реальности». Рук. темы – к. ф.-м. н., доцент В. И. Протасов, рукопись – М., 2009. – С. 18.

8. *Петров М. В.* Опыт использования мобильной системы лазерного сканирования LYNX MOBILE MAPPER M1 для решения задач проектирования ремонта автомобильных дорог // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. – 2013. – № 3. – С. 101–106.

9. *Bewley A., Shekhar R., Upcroft B.* Lever development of a dragline in-bucket bulk density monitor // CRC Mining Australian mining technology conference. 2011, pp. 1–10.

10. *Haddad N. A.* From ground surveying to 3D laser scanner: A review of techniques used for spatial documentation of historic sites // Journal of King Saud University – Engineering Sciences. 2011, vol. 23, no 2, pp. 109–118

11. *Kisztner J., Jelinek J., Danek T., Ruzicka J.* 3D documentation of outcrop by laser scanner – Filtration of vegetation // Perspectives in Science. 1-st Czech-China Scientific Conference 2015. 2016, vol. 7, pp. 161–165.

12. *Upcroft B., Chandra Shekhar R., Joseph Bewley A., Paul J. A.* Patent US8930091. Measurement of bulk density of the payload in a dragline bucket. 2015. **ПАТ**

#### КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

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

Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2016. No. 12, pp. 222–224.

UDC 622:  
681.518.3

**N.V. Osipova**

#### **ANALYSIS OF METHODS OF DETERMINING THE VOLUME OF SURFACE DIGGING FOR OPERATIONAL CONTROL EXCAVATOR DRAGLINE PERFORMANCE IN PITS**

The article gives a brief overview of the known non-contact methods of determining the amounts of the surfaces. The analysis revealed that the measurements based on photogrammetry and laser scanning are unreliable due to the unsuitability of changing environmental

and weather events, and the devices that use the radioisotope control, have a negative impact on human health. As a result, the emphasis toward the use of radar method of operative control the volume of work, which is the most suitable due to the fact that it has a good performance in harsh environments, high speed and accuracy.

Key words: dragline, excavation, slaughtering, monitoring, operational control, photogrammetric method, laser method, radioisotope method, the radar method.

#### 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. Karasev V. V., Bulakh E. G. *Osnovy radiolokatsii. Metodicheskoe posobie po discipline «Radionavigatsionnye pribory» dlya kursantov (studentov) spetsial'nosti 180402 «Sudovozhdenie» (Fundamentals of radar . Toolkit on the subject «Radio Navigation Devices» for cadets (students) 180402 specialty «Navigation»)*, Vladivostok: Dal'rybtuz, 2006, 49 p.
2. Voytyuk I. N. Beskontaktnyy metod izmereniya ob"emnoy plotnosti shakhtnogo gruzopotoka lentochnogo konveyernogo transporta. *Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovatsii*. 2014, no 5, available at: <http://web.snauka.ru/issues/2014/05/35156> (accessed: 03.05.2016).
3. Guk A. P., Gordienko A. S., Lazerko M. M. *Interesko GEO-Sibir'*. 2011, vol. 4, pp. 15–21.
4. Essin A. S., Essin S. S. *Interesko GEO-Sibir'*. 2010, no 1, vol. 4, pp. 80–82.
5. Kobzeva E. A. *Interesko GEO-Sibir'*. 2011, vol. 4, pp. 3–6.
6. Pevzner L. D., Yugay I. S., Suleymenov T. S. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2010, no 7, pp. 285–290.
7. Osipova N. V. *Otchet o nauchno-issledovatel'skoy rabote po grantu RFFI № 08-07-00447 «Razrabotka i issledovanie metodov otsenki dostovernosti rezul'tatov vosstanovleniya ob"emnykh fotorobotov na osnove obshchedostupnykh ustanovok virtual'noy real'nosti»*. Ruk. temy V. I. Protasov, rukopis' (Development and research of methods for evaluating the reliability of the results of the recovery volume identikit based on public installations of virtual reality), Moscow, 2009, pp. 18.
8. Petrov M. V. *Interesko GEO-Sibir'*. 2013, no 3, pp. 101–106.
9. Bewley A., Shekhar R., Upcroft B. Lever development of a dragline in-bucket bulk density monitor. *CRC Mining Australian mining technology conference*. 2011, pp. 1–10.
10. Haddad N. A. From ground surveying to 3D laser scanner: A review of techniques used for spatial documentation of historic sites. *Journal of King Saud University Engineering Sciences*. 2011, vol. 23, no 2. pp. 109–118
11. Kisztnier J., Jelinek J., Danek T., Ruzicka J. 3D documentation of outcrop by laser scanner Filtration of vegetation. *Perspectives in Science. 1-st Czech-China Scientific Conference 2015*. 2016, vol. 7, pp. 161–165.
12. Upcroft B., Chandra Shekhar R., Joseph Bewley A., Paul J. A. *Patent US8930091*. Measurement of bulk density of the payload in a dragline bucket. 2015.

