

УДК 622.23.05

Л.Д. Певзнер, Тайзар Линн

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ МОНИТОРИНГ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ШАГАЮЩЕГО ЭКСКАВАТОРА

Созданная математическая модель технологического процесса экскавации шагающего экскаватора-драглайна как объекта мониторинга позволяет имитировать основные технологические движения машины, как в режиме черпания, так и в режиме транспортирования. Разработанные алгоритмы технологического мониторинга временных, геометрических в энергетических параметров процесса позволяют предупреждать нарушения технологического задания, оценивать эффективность технологического процесса экскавации.

Ключевые слова: математическая модель, технологический процесс, шагающий экскаватор, мониторинг, экскавация.

Основным видом горнотранспортной техники современных карьеров являются крупные карьерные одноковшовые экскаваторы, эффективность эксплуатации которых во многом определяет основные технико-экономические показатели горного предприятия.

Недостаточно высокая эффективность эксплуатации мощных экскаваторов-драглайнов, снижение срока их службы приводит к большим потерям объема вскрышной горной массы и недоподготовке к выемке полезного ископаемого. Снижение эксплуатационной производительности экскаваторов объясняются недоиспользованием мощности приводов главных механизмов, их скоростных и силовых параметров, нерациональным управлением механизмами при выполнении экскаваторного цикла, недоиспользованием концевой нагрузки экскаватора, нарушениями технологической дисциплины.

Кроме того, уровень квалификации машиниста, его индивидуальное состояние в течение рабочей смены существенно влияют на показатели

работы экскаваторов. Одновременно из-за отсутствия достаточного объема информации о ходе рабочего процесса и дефицита времени зачастую возникают дополнительные динамические нагрузки на оборудование, теряется производительность, повышается вероятность ошибочных действий, ведущих к аварийным ситуациям.

Таким образом, «имеет место противоречие между возможностями высокопроизводительной машины и способностями машиниста, управляющего этой машиной» [1]. Это противоречие, возможно, устранить, используя методологию и средства автоматизированного управления и контроля. Автоматизированная система управления и контроля содержит своей неотъемлемой частью подсистему информационного обеспечения машиниста и технологического мониторинга.

Во время работы машинист экскаватора контролирует технологические параметры забоя визуально, следовательно, погрешность выполнения задания будет значительной, в особенности, если машинист не имеет доста-

точно опыта работы. Поэтому использование на борту экскаватора системы автоматизированного контроля с использованием ЭВМ позволит предупредить машиниста о возможных ошибках и тем самым избежать дополнительных затрат времени и средств.

Актуальность проблемы создания автоматизированной системы управления и в том числе информационного обеспечения машиниста для контроля за ходом технологического процесса экскавации с одной стороны и системы оценки эффективности эксплуатации с другой стороны была поддержана промышленностью в конце 70 годов прошлого столетия. Решение этой проблемы сдерживалось во многом не только отсутствием необходимых развитых бортовых технических средств, но и недостаточно эффективным программным обеспечением управления и контроля. В настоящее время промышленность располагает широким спектром технического и программного обеспечения, достаточного для решения проблемы автоматизации.

Изучая опыт работы экскаваторных бригад шагающих драглайнов, установлено, что машинисты драглайнов не в состоянии длительное время согласованно выполнять в предельном темпе операции экскаваторного цикла, машинисты средней квалификации допускают недоиспользование экскаватора по производительности в среднем на 30-40% .

Основными причинами такого факта являются то, что машинисты снижают верхний уровень предельных скоростей при транспортировании ковша, при выполнении операции черпания неправильный выбор толщины стружки приводит к многократному перечерпыванию. Частичное, а иногда и полное отсутствие со-

вмещения во времени операций цикла и лишние переключения командоаппарата при возврате ковша в забой и заводки его на черпание удлиняют цикл и создают дополнительные динамические нагрузки на рабочее оборудование. Неправильная установка драглайна в забое и нерациональная по времени последовательности черпания, наконец, некачественное выполнение паспорта экскавации, приводит к дополнительным непроизводительным потерям времени. Многие из отмеченных причин могут быть устранены, если машинист располагает средствами, которые позволяют измерять, вычислять и контролировать основные показатели, характеризующие протекание технологического процесса экскавации.

Математическая модель технологического процесса экскавации мощных драглайнов, используемых на открытых горных работах, представляется двумя моделями. Одна описывает технологическое перемещение рабочего органа экскаватора драглайна с горной массой из забоя в отвал и порожнего из отвала в забой на очередное черпание, вторая - описывает процесс зачерпывания горной массы. Модель перемещения ковша драглайна формируется из двух подмоделей: модели "главных механизмов" и собственно модели "технологического движения". Для составления указанных математических моделей использовались результаты, полученные ранее различными авторами, ссылки на которых приводятся ниже.

Исследования проводятся на примере шагающего экскаватора-драглайна ЭШ 20.90. Основные рабочие и технические характеристики экскаватора этой серии и ряд понятий, которые будут использоваться в дальнейшей работе приводятся ниже.

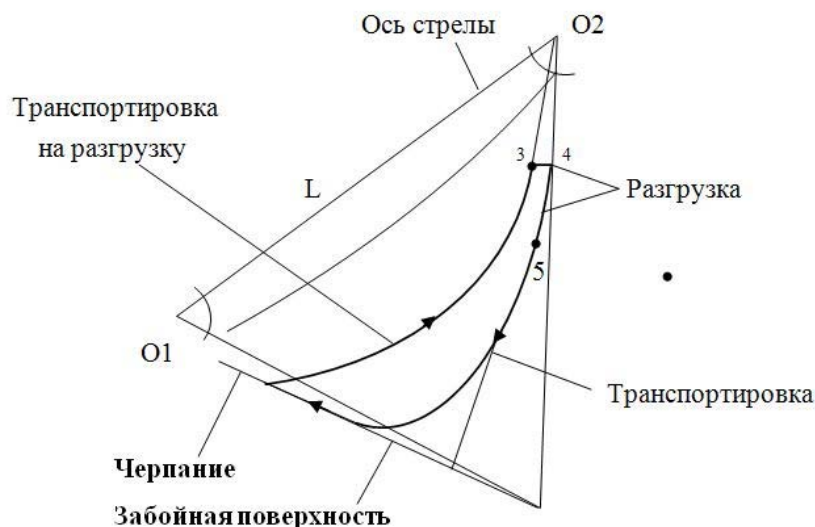


Рис. 1. Операции рабочего цикла драглайна

Рабочими параметрами одноковшового экскаватора являются:

Радиус $Rч$ черпания, для драглайна ЭШ 20.90 - $Rч = 83$ м.

Глубина $Hч$ черпания, для экскаватора ЭШ 20.90 - $Hч = 42,5$ м.

Радиус $Rр$ разгрузки, высота $Hр$ разгрузки, для экскаватора ЭШ 20.90 - $Hр = 38,5$ м.

Операции рабочего цикла драглайна, как показано на рис. 1, выполняются в следующем порядке: заброс ковша в забой, установка ковша в рабочее положение, черпание, выведение ковша из забоя, поворот к месту разгрузки, разгрузка, поворот к месту разгрузки и выведение его из забоя совмещаются с поворотом экскаватора. При перемещении породы в отвал возможна разгрузка ковша без остановки экскаватора, который делает поворот на угол близкий к 360° . В этом случае продолжительность цикла уменьшается, так как разгрузка ковша совмещается с поворотом экскаватора и осуществляется без его остановки для перемены направления поворота.

Расчетная продолжительность цикла при повороте на 120° и концевом проходе, при глубине копания до 25 м, в грунтах 1-й категории составляет 63 с.

Решение задач автоматизированного мониторинга состояния экскаватора драглайна невозможно без информации о текущем состоянии объекта автоматизации. Технологический процесс экскавации шагающего драглайна может быть представлен графической моделью циклических переходов, изображенной на рис. 2, в которой есть семь вершин, отражающих функциональное состояние драглайна: $H = \{0 - \text{простой}; 1 - \text{черпание}; 2 - \text{транспортирование на разгрузку}; 3 - \text{разгрузка}; 4 - \text{транспортирование на черпание}; 5 - \text{шагание}; 6 - \text{вспомогательные операции}\}$.

Граф функционирования содержит ориентированный цикл $(1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 1)$, соответствующий циклу экскавации. Состояние «простой» связано ребрами – двунаправленными дугами со всеми состояниями, поскольку вынужденный останов машины может произойти в

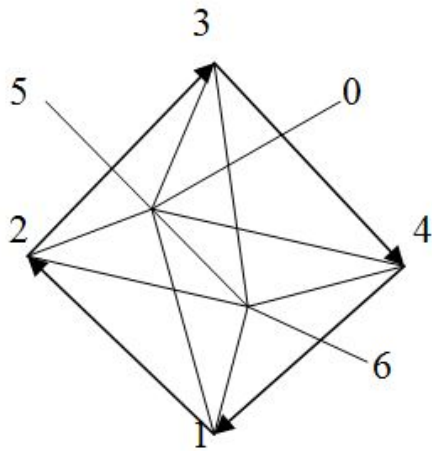


Рис. 2. Модель операций рабочего цикла драглайна

любой момент, прервав течение любой операции, начинается и заканчивается после останова главных механизмов, поэтому висячая вершина 5 связана ребром лишь с вершиной 0. Вспомогательные операции, которым отвечает вершина 6, могут начинаться и завершаться операциями: "останов", "черпание" или "транспортирование

на черпание", поэтому вершина 6 соединена ребрами с соответствующими вершинами 0, 1, 4 графа.

При решении проблемы идентификации технологических состояний экскаваторов возникает задача составления описания классов распознаваемых объектов на языке их признаков. Составление такого описания на основе одной лишь априорной информации в условиях неопределенности, в которых находятся одноковшовый экскаватор и его электро-механические системы, не может обеспечить распознавания технологических состояний с заданной точностью.

Разработанный усовершенствованный алгоритм [2, 3] идентификации технологических состояний драглайна был исследован на математической модели технологического цикла работы драглайна, структурная схема которой, содержащая модель движения ковша, модели главных механизмов «поворота, подъема и тяги», представлена на рис. 3.

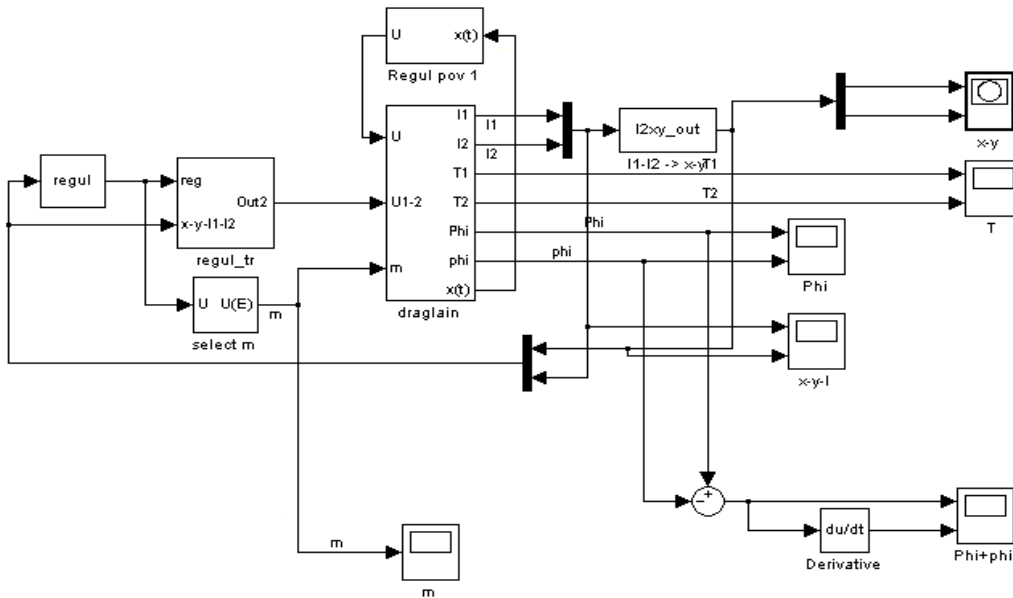


Рис. 3. Структурная схема модели движения ковша в цикле экскавации

Регистрация фактической трассы отшагивания экскаватора невозможна без внешней привязки к фиксированному реперу. Осуществить такую привязку возможно, например, с использованием гироскопа G и потенциометрического датчика P или с использованием современной навигационной технологии GPS (*Global Positioning System*). Состояние шагания однозначно распознается, поэтому не представляет сложности вычислить $Tш$ - время шагания, $Sш$ - путь шагания, ψ - полярный угол шагания, $Lш$ -

число шагов. Все эти параметры вычисляются как на i -том звене трассы, так и суммарно за некоторый интервал времени.

Найденные показатели позволяют представить машинисту экскаватора и технологической службе разреза картину фактического передвижения шагающего экскаватора - драглайна и при необходимости сравнить это передвижение с паспортным. Таким образом, можно сформировать отчет о проделанной работе, исследовать их, руководить технологическим процессом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Певзнер Л.Д. Алгоритмический и структурный синтез автоматизированного управления шагающим экскаватором-драглайном: дис. ... д-ра техн. наук - М.: МГИ, 1987.
2. Дуань Х.М., Разработка и исследования системы технологического монито-

ринга для тяжелых машин открытых горных работ. Дис.- М.; 2000, С.4-80.

3. Бобин И.С., Статистический метод распознавания технологических состояний одноковшовых экскаваторов// Изв. вузов. Горный журнал. 2002. № 2. С.17-26. **ИДБ**

Коротко об авторах

Певзнер Л.Д. – доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой АТ,
Тайзар Линн – аспирант,
Московский государственный горный университет,
Moscow State Mining University, Russia, ud@msmu.ru



ДИССЕРТАЦИИ

ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	Название работы	Специальность	Ученая степень
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
ШАБАНОВ Дмитрий Владимирович	Технология производства бетона с использованием суспензии, полученной при электроимпульсном дроблении горных пород	05.23.08	к.т.н.