

DOI: 10.26730/1999-4125-2020-1-29-39

УДК 622.333

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УЧЕТА РАБОТЫ ДЛЯ КАРЬЕРНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ ТИПОВ ДРАГЛАЙН И МЕХЛОПАТА

DEVELOPMENT OF A SYSTEM OF CONTROL AND ACCOUNTING OF WORK FOR CAREER EXCAVATORS OF TYPES OF DRAGLINE AND MEKHLOPAT

Дрыгин Михаил Юрьевич,
канд. техн. наук, e-mail: mike.drygin@gmail.com
Mikhail Yu. Drygin, C. Sc. In Engineering,

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 650000, Россия,
г. Кемерово, ул. Весенняя, 28
T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28, street Vesennyaya, Kemerovo, 650000,
Russian Federation

Аннотация:

Планирование на предприятии – сложнейшая задача, состоящая из планирования работы каждого экскаватора в конкретных условиях и требующая значительного объема объективных данных о параметрах надежности и производительности. Необъективность или отсутствие такой информации влечет снижение качества планирования. Современные экскаваторы, выпускаемые с системами учета и контроля, а также существующие системы как российского, так и импортного производства фактически не имеют систем оценки эффективности и учета объемов переэкскавируемой горной массы. Разработана система контроля и учета работы экскаватора (СКУРЭ), позволяющая вести учет нагрузок, объемов переэкскавируемой горной массы и разделять эффективно и неэффективно выполненные циклы, что в итоге позволяет не только осуществлять качественное планирование, но и контролировать качество работы оператора.

Ключевые слова: Экскаватор, драглайн, рабочий цикл, учет, счетчик ковшей, система контроля, контроль производительности.

Abstract:

Planning at the enterprise is a difficult task, consisting of planning the work of each excavator in specific conditions and requiring a significant amount of objective data on the parameters of reliability and performance. The bias or lack of such information leads to a decrease in the quality of planning. Modern excavators produced with accounting and control systems, as well as existing systems of both Russian and foreign production, in fact, do not have systems for evaluating the effectiveness and accounting for the volumes of re-excavated rock mass. An excavator control and accounting system (SCURE) has been developed, which allows keeping records of loads, volumes of re-excavated rock mass and dividing efficiently and inefficiently completed cycles, which ultimately allows not only quality planning, but also control the quality of operator work.

Key words: excavator, dragline, duty cycle, metering, bucket counter, control system, performance control.

В настоящее время мировая экономика проходит один из сильнейших кризисов, результатами которого может стать изменение баланса энергосистем в мире. Уже сегодня многие отрасли несут значительные убытки, а энергетическая – в первую очередь. Снижение цен на углеводороды вследствие сокращения объемов потребления напрямую угрожает безопасности

такой страны-экспортера, как Россия. В дальнейшем с ростом курса доллара, влекущим увеличение стоимости ремонтов импортного оборудования и снижением покупательной способности на уголь, добывающая отрасль будет испытывать все большее экономическое давление, а единственно возможным путем оптимизации в итоге станет повышение производительности

парка драглайнов и мехлопат.

Планирование на предприятии – сложнейшая задача, состоящая из планирования работы каждой машины в конкретных условиях, требующая значительного объема объективных данных о параметрах надежности и производительности машины. Необъективность или отсутствие такой информации влечет снижение качества планирования и превращение объективного планирования в установку некоего плана.

Можно выделить две основные задачи, требующие решения для повышения эффективности эксплуатации экскаваторного парка:

1. Обеспечение планирования производительности в реальных условиях работы экскаватора на основе данных об условиях его работы, техническом состоянии, применяемых в период работы методах ТОиР;

2. Повышение производительности экскаватора за счет снижения потерь времени на простой и непроизводительную работу.

Проведенный анализ работ по существующим способам управления, учета и планирования работы экскаватора показывает, что данный вопрос по-прежнему остается недостаточно раскрытым [1-7].

Повысить можно лишь то, что можно учитывать. Как показывают исследования, в России до 30% рабочего времени экскаватор занимается непродуктивной работой. Качество учета зависит от достоверности, объема и периодичности собираемой информации.

Помесячный маркшейдерский учет только фиксирует факт выполнения определенного объема работ, но не отвечает на вопрос «Где потери производительности?». Даже суточный учет через производительность автотранспорта, который внедряется посредством диспетчеризации, не дает объективной картины ввиду косвенности данного показателя применительно к экскаватору. Отсутствие возможности учета эффективности каждого рабочего цикла – это основная проблема, препятствующая выявлению максимально возможной производительности в конкретный момент времени в конкретных условиях забоя, следовательно, учет времени выполнения и количества рабочих циклов – основной механизм, позволяющий выявлять факторы снижения производительности в реальном времени и прогнозировать производительность.

Так, один цикл может быть выполнен машинистом с максимальной скоростью в максимально короткое время максимально приближенно к теоретическому. При этом эффективность цикла может быть крайне низка, например, из-за неполного заполнения ковша, что фактически превратит данный высокоскоростной цикл в бессмысленный расход ресурса, ведь производительность в целом будет крайне низка.

Исходя из этого, следует учитывать не только количество и скорость выполнения рабочего цикла, но и коэффициент заполнения ковша.

Для получения достоверных результатов, с одной стороны, нужна значительная по времени выборка, с другой стороны, данные внутри выборки должны быть распределены на максимально короткие временные циклы, что позволило бы выявлять и в перспективе снижать влияние внешних факторов, таких как состояние забоя, эффективность работы оператора и др.

В связи со сложностью создания точных систем учета веса грунта, основанных на радиоактивных датчиках заполнения ковша и тензометрических датчиках, устанавливаемых непосредственно на ковше, наибольшее распространение нашли системы, основанные на измерении мощности приводных двигателей в конкретный момент времени или угла и времени поворота. Существуют несколько российских систем, позволяющих осуществлять учет рабочих циклов. Система «Учет-1» получает информацию с шунтов якорных цепей приводных двигателей и на основе логической обработки производит учет рабочего цикла с погрешностью не менее 3%, а учет рабочего времени – с погрешностью менее 1%. Система «Цикл-1» учитывает производительность через учет рабочих циклов, засчитываемых при выполнении работы в заданном секторе и повороте экскаватора к месту выгрузки, и основана на применении датчиков углов поворота и учета времени поворота. Недостатки обеих систем начинают проявляться при фактической работе, когда оператор, заинтересованный в учете максимального количества циклов, подбирает алгоритм, который помогает учитывать большее, чем фактически выполненное, количество циклов. Однако большим недостатком являются погрешности в сторону занижения количества выполненных циклов, возникающие при выполнении оператором нестандартных действий, например, выполнение неполных циклов при подготовке забоя и дозаполнение ковша повторным неполным циклом [8]. Перспективным выглядит подход с применением бесконтактного радиолокационного метода определения объема выбранного грунта из забоя, который, в свою очередь, не лишен недостатков, связанных с непостоянством забоя, учетом процесса подготовки забоя при работе и необходимости автоматического выбора нулевой точки, что в итоге влечет наличие сложных и, как правило, ненадежных алгоритмов [9].

В то же время системы учета и контроля, в которых декларируется наличие системы учета рабочих циклов и которыми оснащены такие

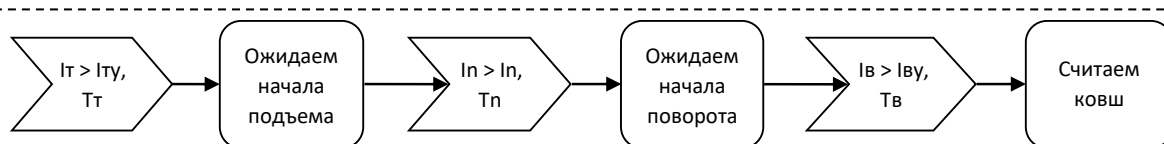


Рис. 1. Упрощенный алгоритм счетчика ковшей (полный цикл)
 Fig. 1. Simplified ladle counter algorithm (full cycle)

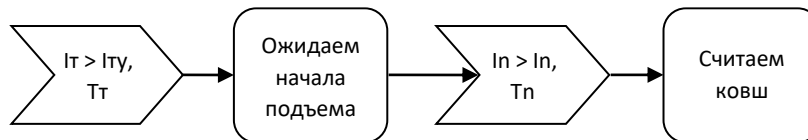


Рис. 2. Упрощенный алгоритм счетчика ковшей (короткий цикл)
 Fig. 2. Simplified ladle counter algorithm (short cycle)

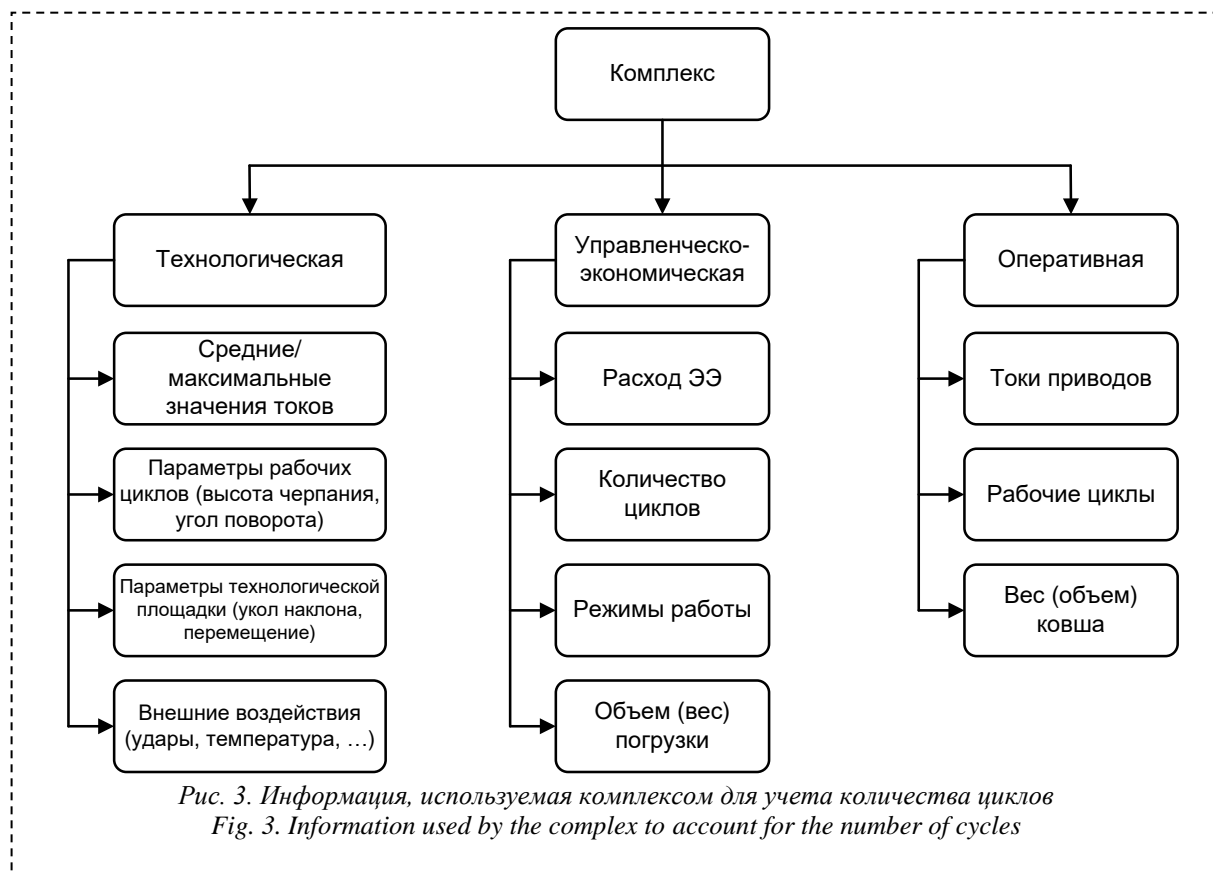
Таблица 1. Эффект от информации, получаемой с комплекса
 Table 1. The effect of information obtained from the complex

Точное планирование	Планирование объемов перегрузки горной массы исходя из реально достигнутых результатов в конкретных условиях на коротких промежутках времени.
Увеличение производительности машины	Точное отслеживание времени работы и соблюдения перерывов.
Учет расхода электроэнергии (реальные показатели)	На одну тонну (куб) отгрузки. На один рабочий цикл. На машиниста. Соотнесение расхода ЭЭ с плановыми показателями. Выявление «паразитных» потребителей.
Снижение затрат на ремонт	Контроль токов в цепях приводов (недопущение работы на предельных токах). Контроль крена. Контроль соблюдения правильности рабочего цикла. Отслеживание перемещения по забою (аналогично пробегу автомобиля). Отслеживание количества пусков.
Учет объема отгрузки (при наличии модуля)	Возможность учета веса (объема) погрузки в транспорт – избежание перегруза/недогруза (особенно для ЖД при отгрузке потребителю). Для ЭШ – учет объемов перегрузки.

современные экскаваторы, как Р&Н производства компании «Харнишфегер ЛТД» и ЭКГ производства объединенных машиностроительных заводов Уралмаш-Ижора, фактически не имеют системы учета переэкскавируемой горной массы [10]. Однако научные работы в данном направлении ведутся, например, А.А. Крюков провел работу по идентификации технологических операций одноковшовых экскаваторов по вектору состояния электротехнического комплекса главных приводов, дав математическое описание взаимосвязи ЭМС главных приводов при

выполнении рабочего цикла [11], а Л.Д. Певзнер в своих исследованиях по автоматизированной системе управления и учета работы экскаваторов создал интеллектуальные алгоритмы работы экскаватора [12, 13].

В целях сбора и анализа данной информации была разработана система контроля и учета работы экскаватора (СКУРЭ), выполняющая учет производительности в реальном времени через учет рабочих циклов.



За основу алгоритмов были взяты алгоритмы оригинального счетчика ковшей – «Аппарат контроля производительности АКП-1 кат. № 1269.00.000ИЭ» экскаватора ЭШ с упрощенной алгоритмической последовательностью действий, при этом в заводские алгоритмы счетчика ЭШ были внесены множественные изменения: разработаны система отсечек по токам, по времени и алгоритмические условия, только при выполнении которых цикл бы засчитывался. При разработке данной системы приходится учитывать два условия:

- Учет не полностью выполненного цикла недопустим;
- Исключение циклов из выполненных без учета ведет к недопустимым погрешностям учета.

Была разработана алгоритмическая система, при которой учет циклов проводится в трех направлениях. Первое – цикл выполнен полностью, отработали временные, токовые и логические алгоритмы, при которых цикл (поворот, прочерпывание-заполнение ковша, поворот, разгрузка) не просто выполнен, а выполнен с учетом обязательной загрузки ковша и его не разгрузки перед поворотом на угол меньший, чем требуется. Второй поток – это неполные циклы, когда фактически цикл выполнялся, но не дал результата – перегрузка горной массы, например, машинист не смог набрать ковш и начал делать еще один цикл по набору ковша, либо производит подготовку забоя. Третий поток – цикл не засчитан, когда вместо операций цикла оператор совершал

какие-то действия, пытаясь смоделировать цикл. Упрощенный алгоритм расчета параметров счетчика ковшей изображен на рис. 1 и рис. 2. При этом учитываются параметры: I_t – Ток тяги; I_p – Ток подъема; I_v – Ток поворота; $I_{ту}$ – Уставка тока тяги; $I_{пу}$ – Уставка тока подъема; $I_{ву}$ – Уставка тока поворота; T_t – Таймер $I_t > I_{ту}$; T_p – Таймер $I_p > I_{пу}$; T_v – Таймер $I_v > I_{ву}$. Также измеряются изменения состояния: P – Мощность сетевого двигателя; $P_{хв}$ – Мощность холостого хода, верхняя уставка; $P_{хн}$ – Мощность холостого хода, нижняя уставка; P_r – мощность работы; P_u – Уставка мощности сетевого двигателя; T – Таймер $P > P_u$.

Таким образом, контроль нескольких параметров, таких как токи приводов, углов поворота и крена, совместно позволяет получать значительное количество информации и при правильном алгоритмизировании обработки функционально ее использовать (табл. 1).

В комплекс закладывалась возможность масштабирования до уровня контроля всего оборудования производства с возможностью предоставления информации различного уровня в эксплуатирующие службы. В целом информация представлена в трех уровнях: управленческо-экономический, оперативный и технологический (сервисный). Далее на схеме представлена классификация информации, используемой комплексом для учета количества циклов (рис. 3). Данный объем информации при грамотном перекрестном анализе обеспечивает практически

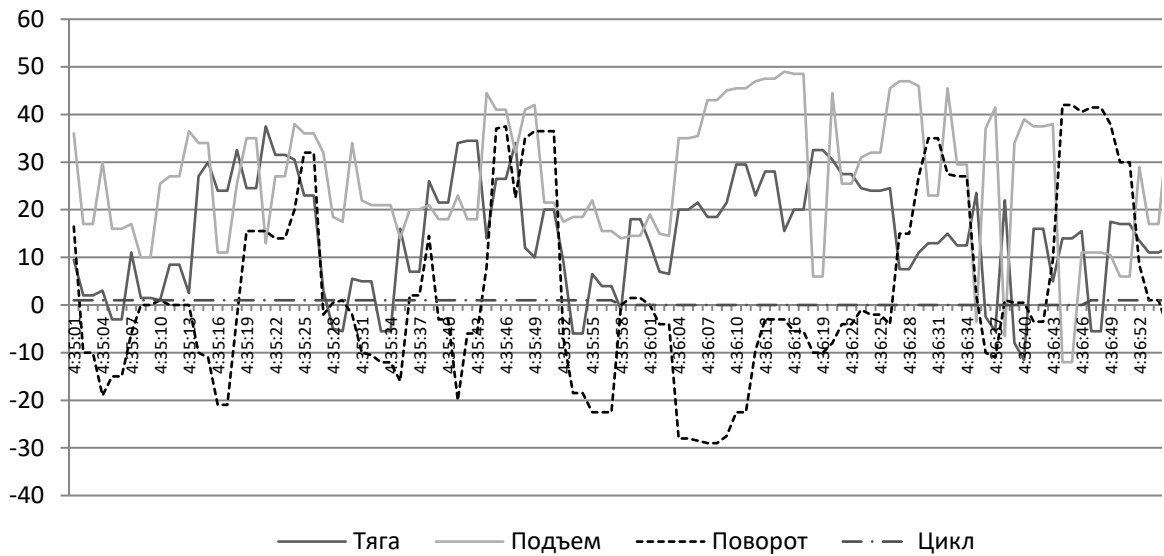


Рис. 4. Визуализация характера изменения значений нагрузки на привода экскаватора в процессе выполнения рабочего цикла

Fig. 4. Visualization of the nature of changes in the load on the drive of the excavator during the execution of the working cycle

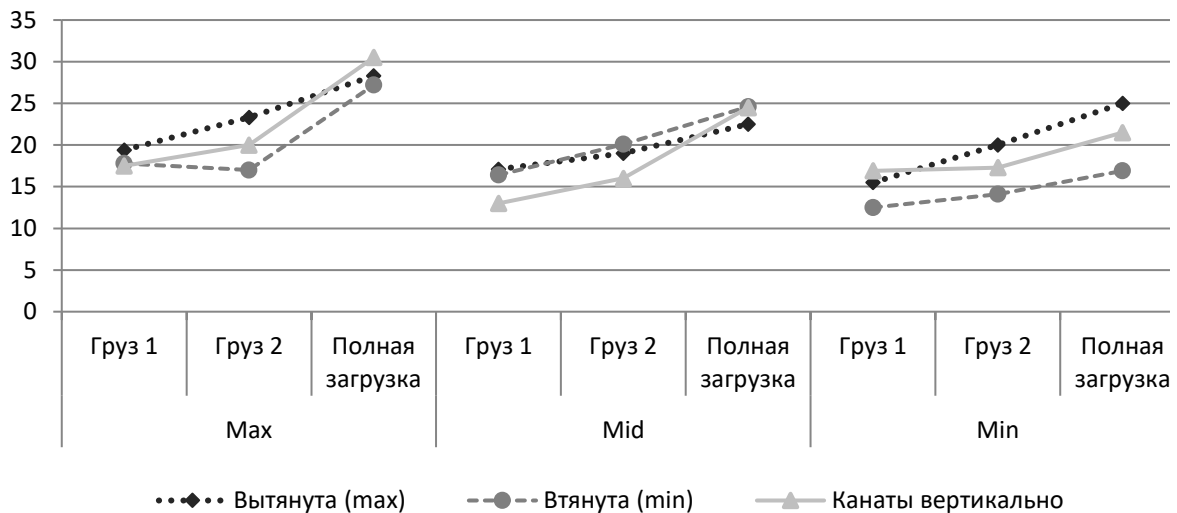


Рис. 5. Изменение тока привода подъема экскаватора типа мехлопата в зависимости от нагрузки и положения рукояти: max, mid и min – максимальная, средняя и минимальная скорость подъема соответственно

Fig. 5. The change in the current of the drive of lifting the excavator type mehlopata depending on the load and the position of the handle: max, mid and min - maximum, average and minimum lifting speed, respectively

полную информацию о работе экскаватора, позволяющую контролировать качество работы оператора. Потребителями информации технологического уровня являются механические службы и производственные службы оперативного уровня – оператор, а управленческо-экономического уровня – средний и высший менеджмент (период обновления информации соответственно: 1 неделя, 1 сек., 5 мин.).

Анализ токов с целью расчета циклов работ является более чем сложной задачей, отображение которой выходит за рамки данной работы. Отмечу

лишь, что в процессе цикла нагрузка на электродвигатели носит далеко не линейный характер, более того, достаточно часто изменяется, меняя даже свое значение – работа на контртоках. Графически картина поведения токов приводных двигателей в процессе выполнения рабочего цикла представлена на рис. 4.

Проведенные эксперименты показали, что значения токов меняются в зависимости от нагрузки практически линейно, но дополнительный усложняющий фактор вносит положение рукояти. Так, в зависимости от



Рис. 6. Схема сбора и движения информации
 Fig. 6. The scheme of collection and movement of information

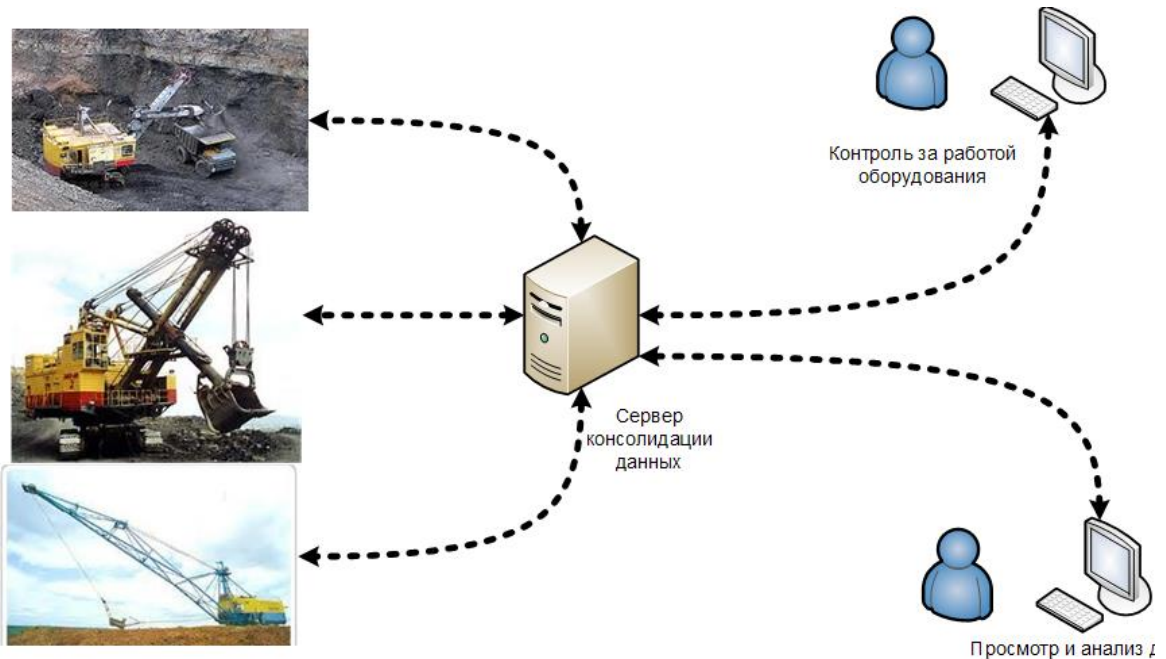


Рис. 7. Обобщенно-масштабируемая схема передачи информации СКУРЭ
 Fig. 7. Generally-scalable information transmission scheme SCURE

положения рукояти токи подъема могут изменяться более чем на 70% при одинаковой загрузке, а от скорости подъема – более чем на 60% (рис. 5). Главной сложностью при реализации взвешивания ковша было создание алгоритма, при котором фиксация токов происходила бы с поправкой на положение рукояти, что было решено через алгоритм, учитывающий открывание днища ковша. Для экскаваторов типа ЭШ аналогичные проблемы отсутствуют.

Сбор и обработка информации происходит по следующей схеме, изображенной на рис. 6. С

датчиков первичная информация поступает на анализатор, с анализатора на модуль сбора и визуализации, а далее посредством сети интернет передается на сервер, где она может быть просмотрена и при необходимости проанализирована.

Информация с каждой единицы оборудования поступает на сервер, где консолидируется и перекрестно перепроверяется, что позволяет с увеличением количества единиц подконтрольного оборудования увеличивать достоверность системы и получать новые, аналитически полученные



Рис. 8а. Блок контроллеров комплекса

Fig. 8a. Block controllers complex



Рис. 8б. Панель управления и визуализации

Fig. 8b. Control and visualization panel

данные, а также передавать данные на оборудование. При этом упрощенно масштабированная схема выглядит следующим образом (рис. 7).

На рис. 8а и рис. 8б представлены фотографии блока контроллеров, установленного на экскаваторе ЭШ-10/70 №457 на разрезе ООО «Ровер», и панели управления и визуализации.

В основу системы были заложены высоконадежные промышленные контролеры и панели, имеющие сертификаты Ростехнадзора и СЭС. В процессе эксплуатации была выявлена ненадежность стандартных креплений панели и анализатора электроэнергии, которые разрушились от вибрации и впоследствии были модернизированы.

Комплекс компонентов системы мониторинга электрических карьерных экскаваторов состоит из следующих элементов:

- 7-дюймовая графическая панель оператора с сенсорным экраном и поддержкой Ethernet;
- Анализатор электроэнергии Circutor CVM;
- Линейный преобразователь постоянного тока в унифицированный выходной сигнал постоянного тока 4-20мА;
- Шунты постоянного тока с номинальным напряжением 75 мВ;
- PC-совместимый промышленный контроллер 40МГц, 512кб Flash, 512кб SRAM, Ethernet, 1xRS232, 1xRS485, ISaGRAF, кабель CA-0910x1;
- 8-канальный модуль аналогового ввода, Modbus RTU;
- Модуль дискретного ввода/вывода 8DI/8DO с изоляцией, Modbus RTU;
- Датчик температуры 4-20мА (внутренний,

наружный воздух);

- AD-155B Power supply (Single Output With Battery Charger);
- Аккумулятор АСС 12V 7.2Ah GP1272;
- Щит с монтажной панелью (ЩМП) Фабер (395×310×220мм);
- Маршрутизатор TP-M2030;
- Коммутатор D-Link DES-1005A 5-port;
- Модем GSM COM и модем GSM USB Huawei E173;
- Антенны внешние GSM и GPS.

Примерная стоимость разработки СКУРЭ составила 2,92 млн. руб., затраты на установку на одну машину - 270 тыс. руб., поддержание работоспособности системы - 25 тыс. руб. в месяц, а эксплуатационные расходы комплекса – 4,5 тыс. руб. (табл. 2). Стоимость рассчитана исходя из стоимости человека/часа в 1000 руб., включающую в себя зарплату, налоги, аренду и содержание рабочего места и другие накладные расходы.

Результаты промышленных испытаний, проведенных на экскаваторах ЭШ-10/70, ЭКГ-10 и ЭКГ-4,66, показали, что комплекс может быть применен на всех моделях российских и советских экскаваторов типа драглайн и механическая лопата. Комплекс монтируется без изменения заводских электрических схем, прокладкой кабелей в стандартных кабель-каналах и использует имеющиеся шунты для снятия параметров тока. Установлено, что погрешность измерений комплекса не превышает 1% при учете количества ковшей и 5% при учете загрузки единичного ковша (компенсируется при усреднении и в рамках часового учета, как правило, не превышает 2%, а суточного – менее 1%.) Ниже представлен вариант отображения результатов

Таблица 2. Стоимость разработки и содержания СКУРЭ
Table 2. The cost of the development and content of SCURE

Наименование	Чел/час	Стоимость	Примечания
Стоимость разработки			
Разработка комплекса (лабораторный комплект оборудования)		200 000р.	
Разработка аппаратуры комплекса	1120	1 120 000р.	2 чел, 14 недель
Разработка ПО комплекса	960	960 000р.	1 чел, 24 недели
Разработка ПО сервера	640	640 000р.	1 чел, 16 недель
Итого:	2720	2 920 000р.	
Затраты на установку (на 1 комплекс)			
Стоимость комплекса (оборудование)		200 000р.	
Монтаж (работа, включая предварительную настройку)	50	50 000р.	2 чел, 25 часов
Монтаж (материалы)		20 000р.	
Итого:		270 000р.	
Эксплуатационные расходы (на 1 комплекс/месяц)			
Связь (GSM)		500р.	
Обслуживание	2	2 000р.	1 чел, 2 часа в месяц
Ремонт и модернизация (2%)		2 000р.	Жизненный цикл 5 лет
Итого:		4 500р.	
Эксплуатационные расходы (на систему/месяц)			
Аренда серверов (хостинг)		5 000р.	От 1 до 100 комплексов
Обслуживание серверов	20	20 000р.	1 чел, 20 часов в месяц
Итого:		25 000р.	

работы СКУРЭ с доступом посредством сети интернет (рис. 9).

В сравнении с зарубежными аналогами, которые, как правило, разрабатываются при проектировании экскаватора и имеют стоимость не менее 5-8% от его общей стоимости, превышающей 1 млрд. руб. и не имеют возможности устанавливаться на машины, не оборудованные ими с завода, разработанная система предоставляет более ценную информацию при меньшей стоимости.

Все вышеизложенное позволяет надеяться на широкое практическое применение СКУРЭ.

Выводы

1. Установлено, что основной проблемой при планировании горных работ и ТОиР является отсутствие возможности определять максимально возможную производительность в конкретный момент времени в конкретных условиях забоя, следовательно, учет времени выполнения и количества рабочих циклов – основной механизм, позволяющий выявлять факторы снижения производительности в реальном времени и прогнозировать производительность.

2. Современные экскаваторы, выпускаемые с системами учета и контроля, а также

существующие системы контроля как российского, так и импортного производства фактически не имеют систем оценки эффективности и учета объемов переэкскавируемой горной массы.

3. Разработанный комплекс позволяет учитывать не только значительное количество рабочих параметров, включая объем переэкскавируемой горной массы, но и разделять эффективно и неэффективно выполненные циклы, что позволяет контролировать качество работы оператора.

4. Установлено, что погрешность измерений СКУРЭ не превышает 1% при учете количества ковшей и 5% – при учете загрузки единичного ковша (компенсируется при усреднении и в рамках часового учета не превышает 2%, а суточного – менее 1%).

5. В сравнении с зарубежными аналогами, разрабатываемыми при проектировании экскаватора и не имеющими возможности монтажа на другие модели, данный комплекс может устанавливаться на любые экскаваторы типа механическая лопата и драглайн, а его стоимость не превышает 3-5% от стоимости зарубежных аналогов.

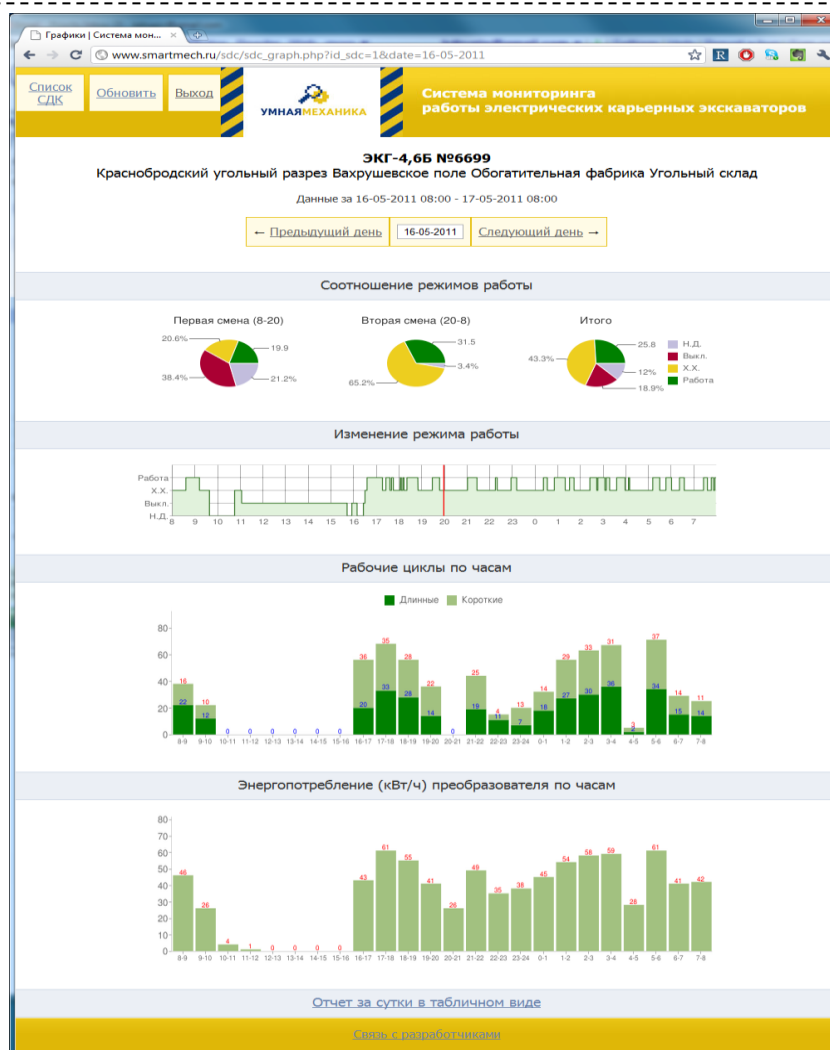


Рис. 9. Отображение результатов работы СКРЭ
 Fig. 9. Display of the results of the work of SCURE

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Линн, Т. Автоматизированный мониторинг технологического процесса шагающего экскаватора-драглайна: дис. канд. техн. наук. – Москва, 2010. – 104 с.
2. Bewley, A. Lever development of a dragline inbucket bulk density monitor / A. Bewley, R. Shekhar, B. Upcroft // Cremining australian mining technology conference. – 2011. – Pp. 1–10.
3. Ridley, P. Dragline bucket carry Angle Control / P. Ridley, R. Algra, P. Corke // Australian Conference on Robotics and Automation, Sydney, 14–15 November. – 2002. – Pp. 13–19.
4. Roberts, J. Three-dimensional imaging for a very large excavator / J. Roberts, G. Winstenley, P. Corce // The International Journal of Robotics Research. – 2003. – Vol. 22. – No. 7–8. – Pp. 467–477.
5. Upcroft, B. Patent US8930091 / B. Upcroft, R. Chandra Shekhar, A. Joseph Bewley, J.A. Paul / 2015.
6. Певзнер, Л.Д. К проблеме автоматизированного управления шагающим экскаватором-драглайном / Л.Д. Певзнер, И.С. Югай, Т.С. Сулейменов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2010. – № 7. – С. 285-290.
7. Певзнер, Л.Д. Автоматизация транспортного перемещения ковша экскаватора-драглайна на основе интеллектуальных алгоритмов / Л.Д. Певзнер, Т.С. Сулейменов, И.С. Югай // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2010. – №3. – С. 12–22.

8. Автоматическая система учета производительности «Цикл-1» [Электронный ресурс] // StudFiles. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/5512986/page:3/>. [05.04.2019].
9. Осипова, Н.В. Система оперативного контроля производительности экскаватора-драглайна на карьерах // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2017. – № 3. – С. 161-167.
10. Коряков, А.А. Информационные системы одноковшовых экскаваторов / А. А. Коряков, А.Л. Карякин // Международный научно-промышленный симпозиум «Уральская горная школа – регионам», 12–21 апреля 2010 г. – Екатеринбург: УГГУ, 2019. – С. 347-349.
11. Коряков, А.А. Идентификация технологических операций одноковшовых экскаваторов по вектору состояния электротехнического комплекса главных приводов: автореф. дис. канд. тех. наук. – Екатеринбург, 2013. – 20 с.
12. Певзнер, Л.Д. Автоматизированная система управления тяжелым драглайном и карьерным экскаватором [Электронный ресурс] // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2012. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/avtomatizirovannaya-sistema-upravleniya-tyazhelym-draglaynom-i-kariernym-ekskavatorom/viewer>. [05.04.2019].
13. Певзнер, Л.Д. Автоматизированный мониторинг технологического процесса шагающего экскаватора / Л.Д. Певзнер, Тайзар Линн [Электронный ресурс] // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2010. – С. 118-122. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/avtomatizirovannyi-monitoring-tehnologicheskogo-protsesta-shagayuschego-ekskavatora/viewer>. [05.04.2019].

REFERENCES

1. Linn, T. Avtomatizirovannyiy monitoring tehnologicheskogo protsesta shagayuschego ekskavatora-draglayna: dis. kand. tehn. nauk. [Automated monitoring of the technological process of a walking dragline excavator: discretion of a candidate of technical sciences] – Moscow, 2010. – 104 p.
2. Bewley, A. Lever development of a dragline inbucket bulk density monitor / A. Bewley, R. Shekhar, B. Upcroft. Cremining australian mining technology conference. – 2011. – Pp. 1–10.
3. Ridley, P. Dragline bucket carry Angle Control. P. Ridley, R. Algra, P. Corke. Australian Conference on Robotics and Automation, Sydney, 14–15 November. – 2002. – Pp. 13–19.
4. Roberts, J. Three-dimensional imaging for a very large excavator. J. Roberts, G. Winstenley, P. Corce. The International Journal of Robotics Research. – 2003. – Vol. 22. – No. 7–8. – Pp. 467–477.
5. Upcroft, B. Patent US8930091. B. Upcroft, R. Chandra Shekhar, A. Joseph Bewley, J.A. Paul. 2015.
6. Pevzner, L.D. K probleme avtomatizirovannogo upravleniya shagayuschim ekskavatorom-draglaynom [To the problem of automated control of a walking dragline excavator]. L.D. Pevzner, I.S. Yugay, T.S. Suleymenov. Gornyyiy informatsionno-analiticheskiy byulleten [Mountain News and Analysis Bulletin]. – 2010. – No. 7. – Pp. 285-290.
7. Pevzner, L.D. Avtomatizatsiya transportnogo peremescheniya kovsha ekskavatora-draglayna na osnove intellektualnykh algoritmov [Automation of transport movement of a dragline excavator bucket based on intelligent algorithms]. L.D. Pevzner, T.S. Suleymenov, I.S. Yugay. Gornyyiy informatsionno-analiticheskiy byulleten [Mountain News and Analysis Bulletin]. – 2010. – No. 3. – Pp. 12–22.
8. Avtomaticheskaya sistema ucheta proizvoditelnosti «Tsikl-1» [Automatic performance accounting system "Cycle-1"]. StudFiles. – URL: <https://studfile.net/preview/5512986/page:3/>. [accessed: 05.04.2019].
9. Osipova, N.V. Sistema operativnogo kontrolya proizvoditelnosti ekskavatora-draglayna na karerakh [The system of operational control of the performance of a dragline excavator in quarries]. Gornyyiy informatsionno-analiticheskiy byulleten [Mountain News and Analysis Bulletin]. – 2017. – No. 3. – Pp. 161-167.
10. Koryukov, A.A. Informatsionnyie sistemyi odnokovshovyih ekskavatorov [Shovel Information Systems. A.A. Koryukov, A.L. Karyakin]. Mezhdunarodnyiy nauchno-promyishlennyiy simpozium «Uralskaya gornaya shkola – regionam», 12–21 aprelya 2010 g. [International Scientific and Industrial Symposium "Ural Mining School for the Regions", April 12–21, 2010] – Екатеринбург: UGGU, 2019. – Pp. 347-349.
11. Koryukov, A.A. Identifikatsiya tehnologicheskikh operatsiy odnokovshovyih ekskavatorov po vektoru sostoyaniya elektrotehnicheskogo kompleksa glavnykh privodov: avtoref. dis. kand. teh. nauk. [Identification of technological operations of single-bucket excavators by the state vector of the electrical complex of the main drives: abstract. PhD thesis] – Екатеринбург, 2013. – 20 p.
12. Pevzner, L.D. Avtomatizirovannaya sistema upravleniya tyazhelyim draglaynom i karernym ekskavatorom [Automated heavy dragline and mining excavator control system]. Gornyyiy informatsionno-analiticheskiy byulleten [Mountain News and Analysis Bulletin]. – 2012. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/avtomatizirovannaya-sistema-upravleniya-tyazhelyim-draglaynom-i-kariernym-ekskavatorom/viewer>. [accessed: 05.04.2019].

1. Pevzner, L.D. Avtomatizirovannyiy monitoring tehnologicheskogo protsessa shagayuschego ekskavatora [Automated process monitoring of a walking excavator] / L.D. Pevzner, Tayzar Linn [Elektronnyiy resurs]. Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten [Mountain News and Analysis Bulletin]. – 2010. – Pp. 118-122. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/avtomatizirovannyu-monitoring-tehnologicheskogo-protssesa-shagayuschego-ekskavatora/viewer>. [accessed: 05.04.2019].

Поступило в редакцию 13.04.2020

Received 13 April 2020