



Электронное научное издание
«Ученые заметки ТОГУ»
2018, Том 9, № 1, С. 55 – 59

Свидетельство
Эл № ФС 77-39676 от 05.05.2010
[http://pnu.edu.ru/ru/ejournal/about/
ejournal@pnu.edu.ru](http://pnu.edu.ru/ru/ejournal/about/ejournal@pnu.edu.ru)

УДК 621.822.61

© 2018 г. С. А. Шемякин, д-р техн. наук,
(Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск)

Д. А. Васильев

(Дальневосточный университет путей сообщения, Хабаровск)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗГРУЗКИ КОВШЕЙ ЭКСКАВАТОРОВ

В статье проведён анализ процесса разгрузки породы из раскрывающихся и нераскрывающихся ковшей экскаваторов. Представлены результаты экспериментальных исследований процесса разгрузки породы из модели раскрывающегося ковша экскаватора с эксцентрическим движением козырька ковша. Приведены расчётные зависимости для определения параметров движения козырька при раскрытии ковша для разгрузки породы.

Ключевые слова: ковш, козырёк ковша, механизм открывания ковша, модель раскрывающегося ковша, результаты экспериментов.

S. A. Shemyakin, D. A. Vasiljev

IMPROVING THE UNLOADING PROCESS EXCAVATOR BUCKET

The objective of this paper is to describe results of analysis of excavator buckets and shovels unloading process. Experimental data of unloading process acquired on the scale model of hydraulic face shovel with eccentrically opening front presented along with a method of calculation of shovel front dynamics during opening for unloading.

Keywords: hydraulic face shovel, face shovel front, shovel opening mechanism, face shovel scale model, experimental data

Введение

На протяжении почти двух столетий конструкция одноковшовых экскаваторов совершенствовалась и в настоящее время трудно представить какое-либо прорывное решение, которое могло бы резко повысить эффективность выемки пород этим типом машин. Однако, всегда будет существовать возможность некоторого улучшения технико-экономических показателей работы экскаваторов за счёт совершенствования отдельных узлов и механизмов. Это положение в полной мере относится и к механизму разгрузки породы из ковша экскаватора. Время разгрузки породы из ковша невелико и составляет всего 1...3 секунды. Учитывая, что общее время цикла работы экскаватора составляет 20...25 секунд, то продление разгрузки на одну секунду снижает производительность на 4...5 процентов.

Анализ существующих конструкций экскаваторных ковшей

Экскаваторы с прямой лопатой и гибкой подвеской рабочего оборудования имеют идеальный с точки зрения времени разгрузки ковша, энергоёмкости процесса разгрузки и простоты устройства, механизм открытия днища на опорожнение от породы (рис. 1, а). Днище (2) опускается свободно не препятствуя выходу породы из ковша (1). Время разгрузки такого ковша определяется ускорением свободного падения породы и размерами по длине передней стенки (3).

Интенсивное внедрение гидросистем в механизмы управления рабочим оборудованием землеройных и землеройно-транспортных машин, начиная с пятидесятых годов прошлого столетия, привело к созданию одноковшовых экскаваторов с жёсткой подвеской рабочего оборудования, у которых все движения стрелы, рукояти и ковша осуществляются с помощью гидроцилиндров. Несмотря на большие энергозатраты на привод из-за низкого коэффициента полезного действия гидравлические экскаваторы стали быстро вытеснять с рынка сбыта аналогичные машины с гибкой подвеской рабочего оборудования. Преимущества гидравлических экскаваторов заключаются в возможности реализовать на рабочих органах большие усилия, в расширении технологических операций, лёгкости и точности управления, компактности трансмиссии и т.д. Однако, поворотные ковши (рис. 1, б) гидравлических экскаваторов с погружным оборудованием и прямые лопаты по времени разгрузки значительно уступают ковшам с открывающимся днищем (рис. 1, а). Время поворота ковшей (1) под действием гидроцилиндра (4) составляет порядка трёх секунд, что значительно снижает производительность таких экскаваторов.

Существенным продвижением в отыскании решения по уменьшению времени разгрузки поворотных ковшей явилась конструкция раскрывающегося ковша (рис. 1, в). Раскрытие таких ковшей и соответственно выход породы из ковша осуществляется за счёт поворота козырька (5) относительно задней стенки (7) гидроцилиндрами (6). Силовой анализ [1] сопротивлений раскрытию ковша свидетельствует о том, что в начальный момент открывания козырька возникают значительные сопротивления связанные: с подъёмом породы, находящейся в области козырька (5); со сдвигом породы породы в области козырька относительно породы расположенной над задней стенкой (7); с трением породы о боковые стенки и дно козырька; со сдвигом части «шапки» породы режущей кромкой козырька, с преодолением силы тяжести козырька. Нельзя также не учитывать дополнительных усилий на штоках гидроцилиндров (6) при разгоне всех движущихся масс в процессе раскрытия ковша.

Практически все эти сопротивления можно исключить, если навешивать козырёк

(5) к задней стенке с помощью эксцентриков (8) и кронштейнов (9) (рис. 1, г). Такая конструкция раскрытия ковша [2] при разгрузке позволяет выводить козырёк из-под породы и при этом исчезают указанные выше сопротивления. Резкое уменьшение сопротивлений в процессе разгрузки в свою очередь позволяет уменьшить необходимое усилие на штоках гидроцилиндров, уменьшить габариты и массу самих гидроцилиндров. Уменьшенную массу гидроцилиндров можно реализовать в увеличенную вместимость ковша и тем самым повысить производительность экскаватора.

Теоретические исследования

В связи с рассмотрением работоспособности ковшей с эксцентриковым механизмом необходимо исследование кинематики движения механизма раскрытия ковша со сложной траекторией козырька. Наибольший интерес представляет крайняя нижняя кромка козырька - точка А (рис. 2). Эта кромка (точка) определяет зевобразование ковша при выгрузке. Для исключения указанных выше сопротивлений характерных для ковшей с простым качанием козырька (по радиусу каждой точки) (рис. 1, в) необходимо, чтобы у ковшей со сложным качанием козырька ускорение точки А в направлении оси x было бы больше или, по крайней мере, равно ускорению свободного падения породы. Уравнения координат точки А, выраженные через параметры механизма, могут быть записаны в виде:

$$x_A = \rho \cdot \cos(\beta - \varepsilon) + x_0; \quad (1)$$

$$y_A = \rho \cdot \sin(\beta - \varepsilon), \quad (2)$$

где x_0 — ход штока.

Ускорение движения крайней точки А козырька в направлении оси x определится производной d^2x_A/dt^2 , т. е.

$$\frac{d^2x_A}{dt^2} = \rho \cdot \cos(\beta - \varepsilon)\varepsilon^2 + \rho \cdot \sin(\beta - \varepsilon)\beta'' - x_0''. \quad (3)$$

После преобразований уравнение (3) для определения ускорения точки А козырька имеет вид

$$x_A'' = \frac{\rho \cdot \cos(\beta - \varepsilon)(r_K \cdot l_{III} \cdot a_1^2 t^2)^2}{2l_{III} \cdot \sin\beta} \cdot \frac{2l_{III} - 3l_{III}^2 - 2a_1 l_{III} \cdot \cos\beta(r_K^2 - l_{III}^2 - a_1^2)}{l_{III} \cdot \sin\beta \cdot \cos\beta \left(\frac{r_K^2 - l_{III}^2 - a_1^2}{2l_{III} \cdot \sin\beta} \right)} - 2a_1 l_{III} \sin\beta \quad (4)$$

Ускорение точки А в направлении оси x , полученное по приведённой зависимости (4) для экскаватора с ковшом $1,6 \text{ м}^3$ за время разгона штока гидроцилиндров раскрытия ковша, равное $0,16 \text{ с}$, составляет 10 м/с^2 , что обеспечивает указанные ранее условия разгрузки породы из ковша со сложным движением козырька. Современные насосы в гидросистемах землеройных и землеройно-транспортных машин, как правило, обеспечивают разгон поршней гидроцилиндров за $0,15...0,16 \text{ с}$ [3].

Немаловажное значение имеют размеры по ширине (зеву) H и длине (ширине ковша) b_K выходного отверстия ковша при разгрузке. При малом соотношении H/b_K возможно сводообразование даже мелкокусковой сыпучей породы. Как показывают испытания [4] [5], при истечении мелкокусковых пород из отверстий с отношением $H/b_K \geq 3$ сводообразование отсутствует. В случае работы с крупнокусковой породой с типичным размером кусков a' наименьший размер зева ковша должен быть $H = (4...5)a'$.

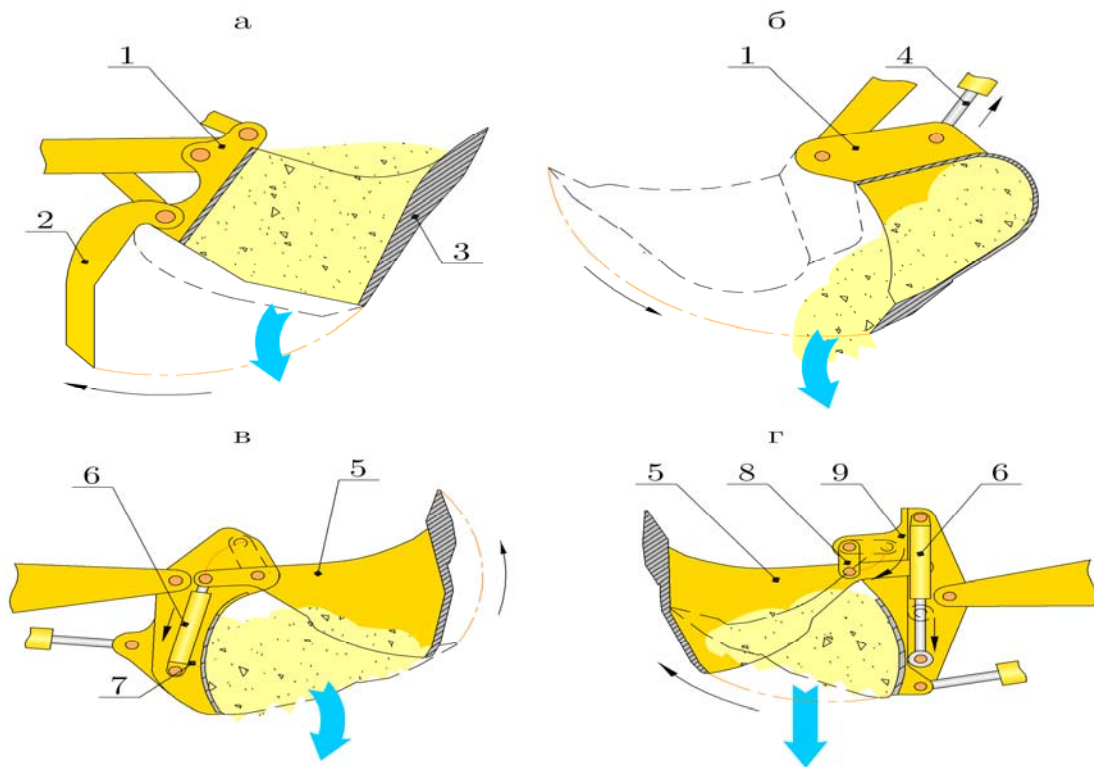


Рис. 1. Схемы экскаваторных ковшей с механизмами разгрузки:
 а – ковш экскаватора с прямой лопатой и гибкой подвеской рабочего оборудования; б – поворотный ковш экскаватора с жёсткой подвеской рабочего оборудования; в – раскрывающийся ковш; г – раскрывающийся ковш с подвеской козырька на эксцентриках; 1 – ковш; 2 – днище; 3 – передняя стенка; 4 – гидроцилиндр поворота ковша; 5 – козырёк; 6 – гидроцилиндр поворота козырька; 7 – задняя стенка; 8 – эксцентрик; 9 – кронштейн крепления эксцентрика

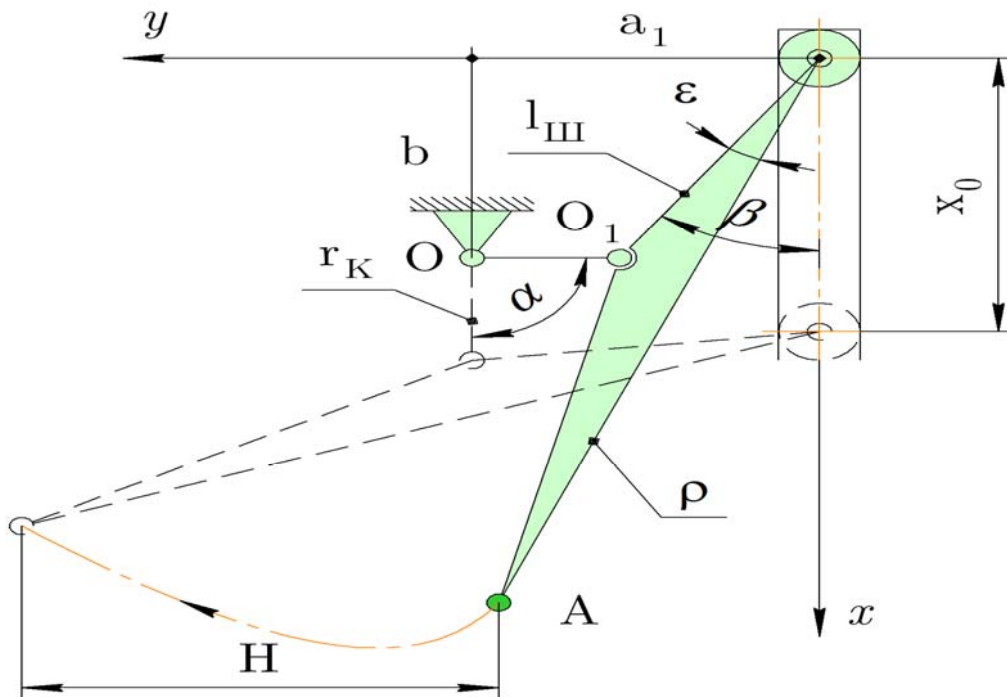


Рис. 2. Кинематическая схема механизма раскрытия ковша со сложным движением козырька

Экспериментальные исследования

Экспериментальные исследования процесса выгрузки породы из раскрывающихся ковшей с простым и сложным движением козырька при открывании проводились на стендах с моделями ковшей [6]. Модели экскаваторных ковшей были выбраны с коэффициентом линейного подобия, равным 4 относительно ковша объёмом 1 м³. Задняя стенка исследуемого ковша закреплялась жёстко к кронштейну. Ковш загружался породой с предельным коэффициентом заполнения. При испытаниях использовались породы различных типов: песок, супесь, суглинок. Нагрузка прикладывалась от штока гидроцилиндра к кронштейнам козырька через динамометр ДОСМ-1, индикатор которого имел подтормаживающее устройство стрелки шкалы.

В результате экспериментов установлено, что максимальное сопротивление раскрытию гружённых ковшей со сложным движением козырька в 11-12 раз меньше сопротивления раскрытия ковша с простым движением козырька.

Проведённые теоретические и экспериментальные исследования дают возможность перейти к определению уменьшения массы гидроцилиндров раскрытия ковша. Так расчётная экономия от уменьшения массы гидроцилиндров раскрытия и эквивалентного увеличения полезного объёма ковша для экскаваторов шестой размерной группы с вместимостью ковша 1,6 м³ составляет порядка 3300 у. е./год.

Список литературы

- [1] Шемякин С. А., Иванченко С. Н., Чебан А. Ю., Белов В. Е. Усовершенствованные рабочие органы одноковшовых землеройных машин для выемки пород // Горное оборудование и электромеханика. 2014 №1. С. 11-15.
- [2] Патент №2613399 Ковш экскаватора / С. А. Шемякин, Ю. А. Гамоля, Е. А. Шишкин, 16.03.2017. Бюл. №8.
- [3] Коваль П. В. Гидропривод горных машин. Изд-во «Недра» 1967. - 387 с.
- [4] Дженике Э. В. Складирование и выпуск сыпучих материалов. Изд-во «Мир» М, 1968, - 164 с.
- [5] Спиваковский А. О., Дьячков В. К. Транспортирующие машины. Изд-во «Машиностроение», 1968, - 504 с.
- [6] Шемякин С. А., Иванченко С. Н., Мамаев Ю. А. Ведение открытых горных работ на основе совершенствования выемки пород.- М.: Издательство «Горная книга», 2006.- 315 с.