

Обоснование конструктивных и режимных параметров рычажно-гидравлических механизмов карьерного гидравлического экскаватора

Телиман И. В.¹

¹ Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург, Россия

e-mail: ir4ik87_telbez@mail.ru

Реферат

Предмет исследования. Показано, что главные исполнительные механизмы карьерного гидравлического экскаватора (механизмы поворота стрелы, поворота рукояти и поворота ковша) представляют собой гидромеханические агрегаты, в которых двигатели (гидроцилиндры) являются составной частью рычажно-гидравлических механизмов.

Цель исследования – повышение энергоэффективности функционирования гидравлических экскаваторов.

Методология проведения исследований. Наличие кинематической связи между двигателем (штоком гидроцилиндра) и звеньями рычажно-гидравлического механизма обуславливает определенные соотношения между параметрами двигателя и энергосиловыми параметрами, реализуемыми на ведомом звене (стреле, рукояти и ковше), – кинематические и динамические передаточные функции. На основе имитационной модели функционирования главных механизмов получены выражения для определения передаточных функций.

Результаты. Установлено, что существуют рациональные значения динамических передаточных функций главных механизмов, при которых достигается соответствие между энергосиловыми параметрами, реализуемыми на ведомых звеньях, и режимом нагружения ведомых звеньев.

Выводы. Синтез конструктивных схем главных механизмов с рациональными значениями динамических передаточных функций позволит исключить перегрузку двигателей и, в конечном счете, повысить энергоэффективность функционирования гидравлического экскаватора.

Ключевые слова: карьерный гидравлический экскаватор; главные исполнительные механизмы; кинематические и динамические передаточные функции механизмов.

Введение. В условиях конкурентного развития горнодобывающей отрасли экономики проблема повышения качества технологических машин, в частности энергоэффективности оборудования, приобретает первостепенное значение.

Научные основы и основные принципы эффективного функционирования гидравлических экскаваторов как основного типа экскавационного оборудования были разработаны и сформулированы в трудах Н. Н. Мельникова, А. В. Ранева, Б. И. Сатовского, В. М. Штейнцайга и др. Дальнейшее развитие теории гидравлических экскаваторов нашло отражение в работах [1–11].

В общем случае предварительная оценка энергоэффективности оборудования может быть выполнена при сравнении удельного (отнесенного к производительности экскаватора) расхода энергии с теоретической энергоемкостью рабочего процесса.

Однако при этом установить степень использования энергетических ресурсов не представляется возможным без установления динамики формирования энергосиловых параметров, реализуемых на рабочем органе.

Цель и задачи исследования. Цель исследования – повышение энергоэффективности функционирования гидравлических экскаваторов.

Задачи, решаемые в данной работе:

- выявление динамики формирования энергосиловых параметров, реализуемых на ведомых звеньях (ковше, рукояти, стреле) главных механизмов;
- определение передаточных функций главных механизмов;
- синтез конструктивных схем механизмов с рациональным значением динамической передаточной функции.

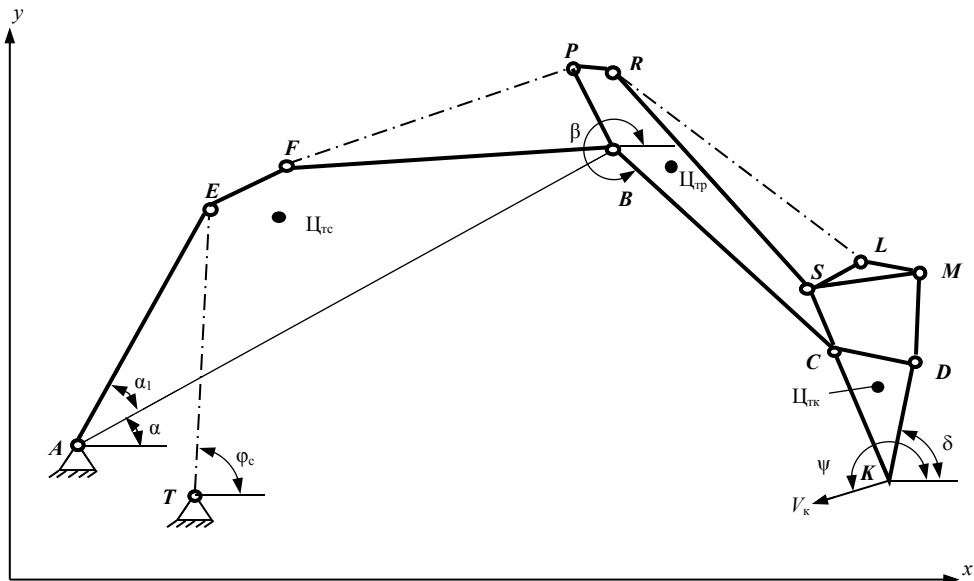


Рис. 1. Схема рабочего оборудования
Fig. 1. Implement scheme

Решение задачи исследования. Объектом исследования являются главные механизмы рабочего оборудования (механизмы поворота стрелы, поворота рукояти и поворота ковша) гидравлического экскаватора (рис. 1, где $\Pi_{тс}$ – центр тяжести стрелы; $\Pi_{тк}$ – центр тяжести ковша; $\Pi_{тр}$ – центр тяжести рукояти; V_k – скорость перемещения зубьев ковша, м/с; α , α_1 , φ_c , β , δ , ψ – углы для расчета координат точек элементов рабочего оборудования, град).

Предмет исследования – установление зависимостей для определения кинематической и динамической передаточных функций главных механизмов, определяющих соотношения между параметрами двигателей (гидроцилиндров) и энергосиловыми параметрами, реализуемыми на ведомых звеньях механизмов (стреле, рукояти и ковше).

Методы исследования – методы теории машин и механизмов, имитационное моделирование и вычислительный эксперимент.

Особенностью главных механизмов гидрофицированного рабочего оборудования является наличие кинематической связи между гидродвигателями (гидроцилиндрами) и звеньями механизмов, так как сами гидродвигатели (собственно цилиндр и поршень со штоком) являются звеньями механизмов.

При этом соотношения между параметрами механической энергии гидродвигателей и энергосиловыми параметрами, реализуемыми на ведомых звеньях (стреле, рукояти и ковше), зависят как от вида механической характеристики гидродвигателей, так и от типа структурной схемы механизмов.

На основе кинематического и силового анализа главных механизмов гидравлического экскаватора [12–14] получены аналитические выражения для расчета кинематической ПФ_V и силовой ПФ_F передаточных функций.

Зависимости для определения передаточных функций главных механизмов имеют вид:

$$\text{ПФ}_V = \frac{V_{\text{в.зв}}}{V_{\text{шт}}} = f_1(l_i, \alpha_j);$$

$$\text{ПФ}_F = \frac{F_{\text{в.зв}}}{F_{\text{шт}}} = f_2(l_i, \alpha_j, G_i),$$

где $V_{\text{в.зв}}$ – скорость ведомого звена механизма, т. е. скорости точки B стрелы, точки C рукояти и точки K ковша (скорость копания) соответственно; $V_{\text{шт}}$ – скорость перемещения штока гидроцилиндра; l_i – размеры (длины) звеньев механизма; α_j – углы, определяющие положения звеньев при перемещении штока гидроцилиндра; $F_{\text{в.зв}}$ – усилие, действующее на ведомом звене, т. е. усилие в точке B ,

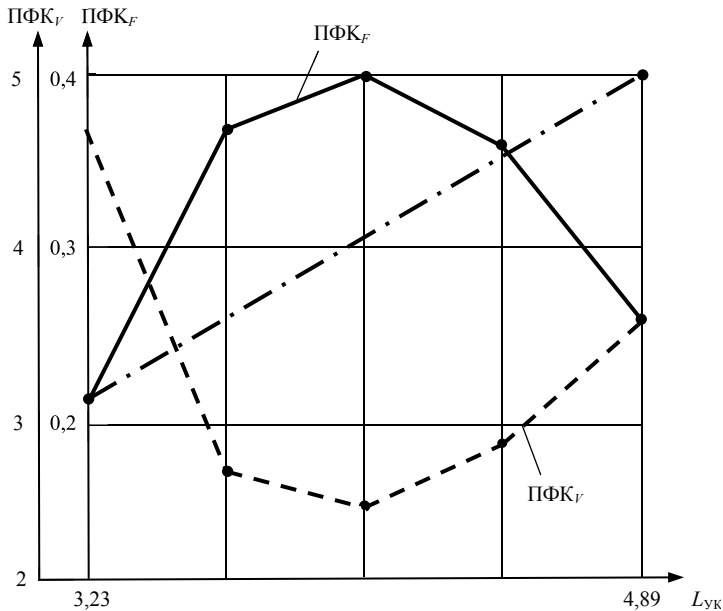


Рис. 2. График передаточных функций механизма поворота ковша: $\text{ПФ}_{K_r} = 0,21; 0,38; 0,40; 0,36; 0,27$; $\text{ПФ}_{K_v} = 4,8; 2,6; 2,5; 2,75; 3,7$; штрихпунктирной линией показана рациональная силовая передаточная функция

Fig. 2. Bucket turning mechanism transfer function plot: $\text{BTF}_F = 0.21; 0.38; 0.40; 0.36; 0.27$; $\text{BTF}_V = 4.8; 2.6; 2.5; 2.75; 3.7$; dashed line indicates rational transfer potential

точке C и точке K соответственно, направленное перпендикулярно радиусам-векторам AB , BC и CK ; $F_{\text{шт}}$ – усилие, действующее на штоке гидроцилиндра; G_i – силы тяжести звеньев механизмов поворота стрелы, поворота рукояти и поворота ковша.

На рис. 2 приведена рабочая характеристика механизма поворота ковша в виде графиков изменения относительных значений силовых параметров, реализуемых на ковше, в течение рабочего хода ($L_{\text{ук}}$ – относительная величина выдвигания штока гидроцилиндра).

Как видно из рис. 2, относительные значения силовых параметров (усилия на зубьях ковша) возрастают при выдвигании штока гидроцилиндра примерно на половину рабочего хода, а затем уменьшаются.

Следовательно, рабочая характеристика рассматриваемого механизма поворота ковша не обеспечивает соответствия между значениями силовых параметров, реализуемых на ковше, и режимом нагружения ковша, характеризующимся ростом величины внешних нагрузок в процессе копания. Следовательно, при экскавации породы в конце рабочего хода гидродвигатель будет перегружаться, что может привести к срабатыванию предохранительного клапана и прекращению рабочего процесса.

Таким образом, номинальный режим работы гидродвигателя механизма поворота ковша при полном использовании установленной мощности двигателя может быть реализован при идеальной рабочей характеристике механизма поворота ковша в виде монотонно возрастающей функции.

Заключение. Анализ рабочих характеристик механизмов рабочего оборудования позволит оценить степень влияния кинематических схем механизмов на эффективность функционирования механизмов и гидравлического экскаватора в целом.

Синтез идеальных рабочих характеристик механизмов рабочего оборудования позволит повысить степень использования установленной мощности приводных двигателей и, в конечном счете, обеспечить высокие технико-экономические показатели функционирования гидравлических экскаваторов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Борщ-Компониц Л. В. Методика оперативной оценки карьерных гидравлических экскаваторов // Горная промышленность. 1996. № 1. С. 29–37.
2. Виницкий К. Е. Освоение гидравлических экскаваторов нового поколения в практике открытых горных работ // Горная промышленность. 1998. № 1. С. 30–36.
3. Комиссаров А. П., Лаутеншлейгер А. А., Суслов Н. М. Оценка энергетических параметров рабочего оборудования гидравлических экскаваторов // Тяжелое машиностроение. 1991. № 8. С. 25–29.
4. Булес П. Эффективность эксплуатации карьерных экскаваторов с электромеханическим и гидравлическим приводом основных механизмов // Горная промышленность. 2014. № 6 (118). С. 36–37.
5. Висбек Р., Казаков В. А., Удачина Т. Е., Хаспеков П. Р. Об эффективности применения карьерных гидравлических экскаваторов // Горная промышленность. 1998. № 5. С. 25–29.
6. Dudeczak A. Excavators: theory and design. Warsaw: PWN, 2000.
7. Geu Flores F., Keckemethy A., Pottker A. Workspace analysis and maximal force calculation of a face-shovel excavator using kinematical transformers. 12th IFToMM World Congress, Besancon, June 18–21, 2007. 6 p.
8. Frimpong S., Hu Y., Chang Z. Performance simulation of shovel excavators for earthmoving operations // Summer in computer simulation conference (SCSC/03). 2003. P. 133–138.
9. Hall A. Characterizing the operation of a large hydraulic excavator. Master Diss. School of Engineering the University of Queensland, Brisbane, Australia, 2002. 150 p.
10. Park B. Development of a virtual reality excavator simulator: a mathematical model of excavator digging and a calculation methodology. PhD Diss. Virginia Polytechnic Institute and State University. Blacksburg, Virginia, USA, 2002. 223 p.
11. Rath H. Development of Hydraulic for Quarring Applications. Pt. 1 // Mine & Quarry. 1987. P. 26–30.
12. Комиссаров А. П., Шестаков В. С. Имитационная модель функционирования рабочего оборудования гидравлического экскаватора // Горное оборудование и электромеханика. 2013. № 8. С. 20–24.
13. Комиссаров А. П., Лагунова Ю. А., Шестаков В. С. Взаимосвязи конструктивных и режимных параметров гидрофицированного рабочего оборудования экскаваторов // Горное оборудование и электромеханика. 2014. № 11. С. 9–14.
14. Побегайло П. А. Мощные одноковшовые гидравлические экскаваторы. Выбор основных геометрических параметров рабочего оборудования на ранних стадиях проектирования. М.: Ленанд, 2014. 296 с.

Сведения об авторах:

Телиман Ирина Викторовна – аспирант кафедры горных машин и комплексов Уральского государственного горного университета. E-mail: ir4ik87_telbez@mail.ru

DOI: 10.21440/0536-1028-2019-7-132-137

Rationale for pit hydraulic excavator design and operating parameters-lever hydraulic mechanisms

Irina V. Teliman¹

¹ Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russia.

Abstract

Introduction. It is shown that the main executive mechanisms of the pit hydraulic excavator (mechanisms for turning the boom, turning the handle and turning the bucket) are hydro-mechanical units in which the engines (hydraulic cylinders) are an integral part of the lever-hydraulic mechanisms.

Research aim is to improve the efficiency of hydraulic excavator operation.

Research methodology. The presence of a kinematic connection between the engine (hydraulic cylinder rod) and the links of the lever-hydraulic mechanism determines certain relations between the parameters of the engine and the power parameters implemented on the driven link (boom, handle and bucket) – kinematic and dynamic transfer functions. On the basis of the main mechanisms functioning simulation model, expressions for definition of transfer functions are received.

Results. It is established that there are rational values of the dynamic transfer functions of the main mechanisms at which the correspondence between the energy-power parameters realized at the driven links and the mode of loading of the driven links is achieved.

Summary. Synthesis of design schemes of the main mechanisms with rational values of dynamic transfer functions will allow to exclude an overload of engines and, finally, to increase energy efficiency of hydraulic excavator functioning.

Key words: quarry hydraulic excavator; main executive mechanisms; kinematic and dynamic transfer functions of mechanisms.

REFERENCES

1. Borshch-Komponiets L. V. The method of pit hydraulic excavators efficient assessment. *Gornaia promyshlennost = Mining Industry Journal*. 1996; 1: 29–37. (In Russ.)
2. Vinitskii K. E. The exploitation of new-generation hydraulic excavators at opencast mining. *Gornaia promyshlennost = Mining Industry Journal*. 1998; 1: 30–36. (In Russ.)
3. Komissarov A. P., Lautensleiger A. A., Suslov N. M. Estimation of hydraulic excavator implements power parameters. *Tiazheloe mashinostroenie = Heavy Engineering*. 1991; 8: 25–29. (In Russ.)
4. Bules P. Operating efficiency of pit excavators with hydraulic drive of main mechanisms. *Gornaia promyshlennost = Mining Industry Journal*. 2014; 6 (118): 36–37. (In Russ.)
5. Visbek R., Kazakov V. A., Udachina T. E., Khaspekov P. R. On the effective use of hydraulic excavators. *Gornaia promyshlennost = Mining Industry Journal*. 1998; 5: 25–29. (In Russ.)
6. Dudczak A. Excavators: theory and design. Warsaw: PWN, 2000.
7. Geu Flores F., Kecskemethy A., Pottker A. Workspace analysis and maximal force calculation of a face-shovel excavator using kinematical transformers. In: *12th IFToMM World Congress, Besancon, June 18–21, 2007*. 6 p.
8. Frimpong S., Hu Y., Chang Z. Performance simulation of shovel excavators for earthmoving operations. In: *Summer in computer simulation conference (SCSC/03)*. 2003. P. 133–138.
9. Hall A. *Characterizing the operation of a large hydraulic excavator*. Master Diss. School of Engineering the University of Queensland, Brisbane, Australia, 2002. 150 p.
10. Park B. *Development of a virtual reality excavator simulator: a mathematical model of excavator digging and a calculation methodology*. PhD Diss. Virginia Polytechnic Institute and State University. Blackburg, Virginia, USA, 2002. 223 p.
11. Rath H. Development of Hydraulic for Quarring Applications. Pt. 1. *Mine & Quarry*. 1987. P. 26–30.
12. Komissarov A. P., Shestakov V. S. A simulation model operation working equipment hydraulic shovel. *Gornoe oborudovanie i electromekhanika = Mining Equipment and Electromechanics*. 2013; 8: 20–24. (In Russ.)
13. Komissarov A. P., Lagunova Iu. A., Shestakov V. S. Between constructive and regime parameters hydraulic operating equipment excavators. *Gornoe oborudovanie i electromekhanika = Mining Equipment and Electromechanics*. 2014; 11: 9–14. (In Russ.)
14. Pobegailo P. A. Powerful single-bucket hydraulic excavators. *Implements basic geometric parameters selection at the early stages of design*. Moscow: Lenand Publishing; 2014. (In Russ.)

Information about authors:

Irina V. Teliman – PhD student, Department of Mining Machines and Complexes, Ural State Mining University. E-mail: ir4ik87_telbez@mail.ru

Для цитирования: Телиман И. В. Обоснование конструктивных и режимных параметров рычажно-гидравлических механизмов карьерного гидравлического экскаватора // Известия вузов. Горный журнал. 2019. № 7. С. 132–137. DOI: 10.21440/0536-1028-2019-7-132-137

For citation: Teliman I. V. Rationale for pit hydraulic excavator design and operating parameters-lever hydraulic mechanisms. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal = News of the Higher Institutions. Mining Journal*. 2019; 7: 132–137 (In Russ.). DOI: 10.21440/0536-1028-2019-7-132-137