

## СТРОИТЕЛЬНЫЕ И ДОРОЖНЫЕ МАШИНЫ

УДК 621.879.4

*АНАНИН ВЛАДИМИР ГРИГОРЬЕВИЧ, докт. техн. наук, профессор,  
avg@tsuab.ru*

*ЭМИЛОВ АХМЕТ БАКЫТБЕКОВИЧ, студент,  
avg@tsuab.ru*

*Томский государственный архитектурно-строительный университет,  
634003, г. Томск, пл. Соляная, 2*

### **АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАРЬЕРНЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ЭКСКАВАТОРОВ И ЭКСКАВАТОРОВ С МЕХАНИЧЕСКИМ ПРИВОДОМ**

Проведён анализ эксплуатационных показателей гидравлических экскаваторов и экскаваторов с механическим приводом в условиях реальных карьеров. Проведено сравнение их конструктивных и технологических параметров. На основе анализа опыта использования экскаваторов в различных карьерах показаны конкурентные преимущества и недостатки применения исследуемых машин в карьерах строительной отрасли и в горнодобывающей промышленности.

**Ключевые слова:** экскаватор; карьер; эксплуатационные показатели; гидравлический привод; механический привод; геометрические параметры.

*VLADIMIR G. ANANIN, DSc, Professor,*

*avg@tsuab.ru*

*AKHMET B. EMILOV, Student,*

*avg@tsuab.ru*

*Tomsk State University of Architecture and Building,*

*2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia*

### **PERFORMANCE ANALYSIS OF HYDRAULIC AND POWER-DRIVEN EXCAVATORS**

The paper presents the analysis of performance criteria of hydraulic and power-driven excavators in real mining conditions. A comparison is given for their design and operational parameters. Both competitive advantages and disadvantages of these excavators are shown herein based on the experience of their use in open pits within the construction and mining industries.

**Keywords:** excavator; open pit; performance criteria; hydraulic drive; mechanical drive, geometry.

Наибольший объём работ, производимых при строительстве, приходится на земельные работы. Они считаются более тяжелыми и трудоёмкими. Сроки их исполнения во многом представляют сроки строительных работ в целом. Вследствие этого требуется обеспечить строительство требуемым парком соответствующих машин. Основными машинами, обеспечивающими механизацию земельных работ, считаются одноковшовые экскаваторы.

Интенсивное распространение гидравлических экскаваторов, полностью вытеснивших канатные машины из строительной отрасли, объясняется тем, что при одинаковой вместимости ковша, высоте копания и ширине зоны копания гидравлический экскаватор в 1,5 раза легче канатного. Это обеспечивает гидравлическим экскаваторам, по сравнению с канатными, неоспоримое конкурентное преимущество, т. к. при прочих равных условиях себестоимость экскавации грунта у них меньше [2].

В горнодобывающей промышленности РФ гидравлические экскаваторы используются, как правило, на вспомогательных работах, основной добычной машиной остаются экскаваторы с канатным или речным напором [Там же].

Идеология изготовления рабочего оборудования экскаваторов отработана ещё к середине прошлого века. До сих пор рабочее оборудование изготавливается в основном в соответствии с двумя техническими решениями:

– экскаваторы с речным напором и моноблочной стрелой, установленной на платформе под углом  $45^\circ$ , изготавливаются фирмами «Харнишвегер» (США) и ОАО «Уралмаш» (РФ);

– экскаваторы с канатными приводами механизмов подъёма, напора ковша и шарнирно сочлененной стрелой, также установленной на платформе под углом  $45^\circ$ , производят фирма «Бюсайрус Эри» (США) и ОАО «Ижорские заводы» (РФ).

Наглядными примерами работы гидравлических и канатных экскаваторов служит их применение в разрезах по добыче алмазов в Южной Африке и Якутии. Размеры карьеров на таких предприятиях обычно значительные. Глубина карьера может достигать 500 м. В карьерах с такой глубиной, как правило, условия работы машины достаточно стесненные, т. е. на незначительной площади размещено значительное количество горнодобывающего оборудования. Это приводит к снижению производительности экскаваторов из-за задержек подачи транспорта для эвакуации грунта в отвал. У механических лопат эти задержки обусловлены частыми переносами ЛЭП. В связи с этим применение гидравлических экскаваторов (ЭГ) для экскавации и погрузки грунта в данных условиях вполне оправданно и имеет преимущества перед использованием машин с механическим приводом. Основным отличием при эксплуатации гидравлических машин по сравнению с канатными ЭКГ является автономность при работе в разрезе.

В табл. 1 дано сравнение эффективности работы гидравлических экскаваторов и мехлопат (ЭКГ-15) с целью выявления наиболее перспективной модели.

Издержки рабочего времени на аварийные простои составили 21–27 % (табл. 1), при этом, как демонстрирует динамика их конфигурации, при повышении срока эксплуатации они увеличиваются. За такой же этап простои

канатного экскаватора ЭКГ-15 составили 5640 ч, что на 40 % меньше, чем САТ-5230.

Таблица 1

### Общие характеристики экскаваторов

Показатели	САТ-5230	RH-170	RH-200	ЭКГ-15
Количество экскаваторов	1	1	1	1
Геометрическая ёмкость ковша, м <sup>3</sup>	15,1	14,8	20,6	15,0
Объем отгруженной горной массы, тыс. м <sup>3</sup>	21770	22320	3320	12560
Аварийные простои, ч	15900	18040	340	5640
Производительность, м <sup>3</sup> /ч	512	565	578	480
Удельный расход топлива, кг/м <sup>3</sup>	0,29	0,28		
Коэффициент использования	0,47	0,46	0,79	0,59

Анализ конструктивных и технологических данных гидравлических экскаваторов демонстрирует, что они буквально сравнимы друг с другом по геометрическим и энергосиловым характеристикам. Основными отличиями ЭГ по сопоставлению с канатными ЭКГ считаются автономность в работе и шарнирное сочленение рукояти ковша со стрелой (рис. 1–3) [1].



Рис. 1. Схемы рабочего оборудования карьерных экскаваторов



Рис. 2. Экскаватор гидравлический с рабочим оборудованием прямая лопата Liebherr R-992



Рис. 3. Экскаватор карьерный одноковшовый с механическим приводом (ЭЖГ-15)

Идеология проектирования гидравлических экскаваторов предусматривает шарнирно-сочлененное рабочее оборудование, радиус копания гидравлического экскаватора не зависит от высоты копания. Радиус выбирается исходя из условий безопасного ведения горных работ и эффективной погрузки самосвала. Поэтому для гидравлического экскаватора РС-8000 фирмы «Комацу» при той же высоте копания, равной 16 м, радиус копания составляет всего 17 м.

Уменьшение радиуса копания с 24 до 17 м привело к снижению массы экскаватора с 1030 т (для РН-2800) до 700 т (для РС-8000) и увеличению (на 20 %) вместимости ковша (35 м куб. – для РН-2800 и 42 м куб. – для РС-8000).

Сравнивая технические параметры экскаваторов РН-2800 и РС-8000 (рис. 1), следует отметить, что оба экскаватора предназначены для отработки уступов высотой 16–20 м с погрузкой породы в самосвал грузоподъемностью 220–400 т. Причем по сравнению с экскаватором РН-2800 экскаватор РС-8000, характеризующийся меньшим радиусом копания, меньшей массой и меньшим моментом инерции, обладает лучшими экономическими показателями (соотношение цена – производительность) [1, 3].

В силу объективных причин большинство горно-обогатительных комбинатов (ГОКов) РФ не готово к эксплуатации мощных гидравлических экскаваторов (существующая ремонтная база ГОКов создана и оснащена технологическим оборудованием для эксплуатации канатных электрических мехлопат) [2].

Поэтому создание канатного электрического экскаватора с техническими характеристиками, близкими к параметрам гидравлических машин, обеспечит снижение себестоимости и повышение эффективности выполнения экскавационно-погрузочных работ в горной промышленности.

Таким образом, гидравлические экскаваторы по сравнению с традиционными канатными мехлопатами обеспечивает:

– снижение себестоимости экскавации породы (увеличение вместимости ковша, а значит, повышение производительности экскаватора при неизменных затратах);

– возможность выбора оптимального рабочего оборудования экскаватора исходя из условий работы в забое ГОКа (возможность установки на одном и том же базовом экскаваторе рабочего оборудования с канатным или реечным напором);

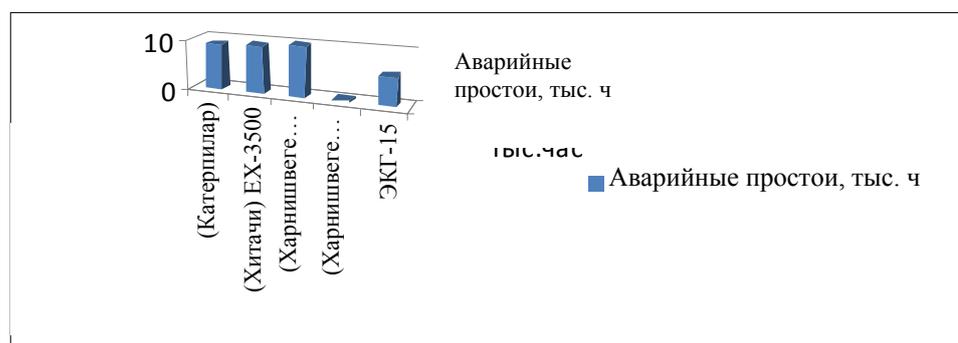
– адаптацию экскаватора к существующей эксплуатационно-ремонтной базе ГОКов (сохранение базовых решений по основным узлам и механизмам экскаватора);

– повышение надежности рабочего оборудования экскаватора за счет введения гидропневматических демпферов [2, 4, 5].

Издержки рабочего времени на аварийные простои составляют 20–28 % (табл. 2), как демонстрирует динамика их конфигурации, при повышении срока эксплуатации они увеличиваются. Меньшие простои у САТ-5230 (примерно 7950 ч), самые большие – у экскаватора EX-3500 (9300 ч), у RH-170 – 9020 ч. Наибольшие простои EX-3500 обоснованы более трудным по сравнению с другими ЭГ конструктивным исполнением и в соответствии с этим сложностью проведения ремонтных работ. За тот же период простои канатного экскаватора ЭКГ-15 составили 5640 ч, что на 40 % меньше, чем у EX-3500, и на 29 % меньше, чем у САТ-5230.

Таблица 2

#### Аварийные простои экскаваторов



Анализ основных характерных причин аварийных простоев гидравлических экскаваторов позволил выявить основные причины аварийных простоев экскаваторов: отказы гидроцилиндров ковша, рукояти, стрелы, разрыв шлангов высокого давления, выход из строя движков и др. Основными общими неисправностями для экскаваторов с гидравлическим приводом считаются [1, 6]:

- выход из строя гидронасосов;
- трещины в баках для гидрожидкости;
- разрыв шлангов высокого давления;
- обрыв шпилек головок цилиндров основного двигателя.

Таким образом, можно утверждать, что после 5 лет работы ЭГ значительно падает финансовая необходимость предстоящей их эксплуатации, т. к.

снижается продуктивность и растут издержки на текущие и капитальные ремонты, которые перекрывают средства амортизационных отчислений по сравнению с ЭКГ-15 (рис. 4).

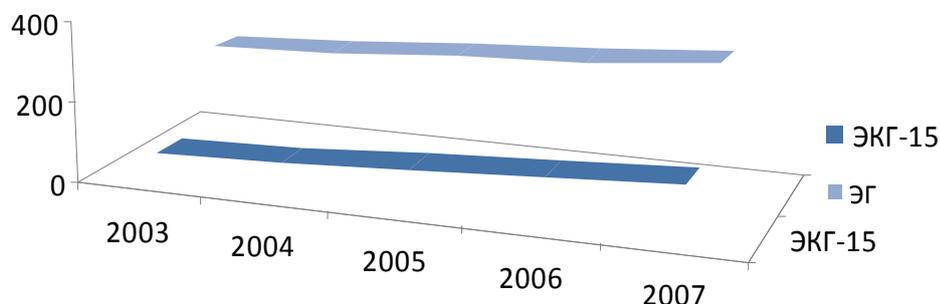


Рис. 4. Материальные затраты

Следует заключить, что по многим параметрам отличие в показателях незначительно, а по некоторым показателям ЭКГ-15 даже превосходят характеристики гидравлических экскаваторов. Канатные экскаваторы этого типа проще в изготовлении и обслуживании, они дешевле гидравлических и не требуют сложной ремонтной базы [1]. Соответственно, дешевле запасные части, которые более доступны по стоимости при отсутствии на них дефицита.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шеметов, П.А. Опыт эксплуатации карьерных экскаваторов / П.А. Шеметов // Горная Промышленность. – 2005. – № 5. – С. 34–39. – Условия доступа : <http://www.mining-media.ru/ru/article/karertekh/1227-opytnekspluatatsii-kanatnykh-i-gidravlicheskih-ekskavatorov-v-usloviyakh-karera-muruntau>
2. Новый карьерный экскаватор Cat-6020 // Строительные и дорожные машины. – 2015. – № 4. – С. 59–60.
3. Жулай, В.А. О производительности землеройно-транспортной техники / В.А. Жулай // Строительные и дорожные машины. – 2013. – № 3. – С 37–39.
4. Ананин, В.Г. Тенденции развития рабочего оборудования одноковшового карьерного экскаватора / В.Г. Ананин, А.И. Сапожников // Труды международной конференции «ИНТЕРСТРОЙМЕХ-2009». – 2009. – Бишкек : КГТУ. – С. 27–31.
5. Ананин, В.Г. Результаты экспериментальных исследований и моделирования рабочего оборудования одноковшового экскаватора / В.Г. Ананин // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2013. – № 1. – С. 203–214.
6. Карнаухов, Н.Н. Эксплуатация подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин / Н.Н. Карнаухов, Ш.М. Мерданов. – Тюмень. – 2012. – С. 455.

#### REFERENCES

1. Shemetov P.A. Opyt ekspluatatsii kar'ernykh ekskavatorov [Experience in excavator operation]. *Mining Industry Journal*. 2005. No. 5. Pp. 34–39. Available at : <http://www.mining->

media.ru/ru/article/karertekh/1227-opytnekspluatatsii-kanatnykh-i-gidravlicheskih-ekskavatorov-v-usloviyakh-karera-muruntau

2. *Novyi kar'ernyi ekskavator Cat-6020. Construction and Road Building Machinery*. 2015. No. 4. Pp. 59–60. (rus)
3. *Zhulai V.A.* O proizvoditel'nosti zemleroino-transportnoi tekhniki [Excavatory and transportation machinery performance]. *Construction and Road Building Machinery*. 2013. No. 3. Pp. 37–39. (rus)
4. *Ananin V.G., Sapozhnikov A.I.* Tendentsii razvitiya rabocheho oborudovaniya odnokovshovogo kar'ernogo ekskavatora [Operating equipment of mining shovel]. *Proc. Int. Sci. Conf. 'INTERSTROIMEKh-2009'*. 2009. Pp. 27–31. (rus)
5. *Ananin V.G.* Rezul'taty eksperimental'nykh issledovaniy i modelirovaniya rabocheho oborudovaniya odnokovshovogo ekskavatora [experimental findings and modeling of operating equipment of mining shovel]. *Vestnik TSUAB*. 2013. No. 1. Pp. 203–214. (rus)
6. *Karnaikhov N.N., Merdanov Sh.M.* Ekspluatatsiya pod"emno-transportnykh, stroitel'nykh i dorozhnykh mashin [Operation of lift-and-carry, construction, and road machinery']. Tyumen'. 2012. P. 455. (rus)