

раметров температур и возможность достаточно просто, без внесения каких-либо изменений в существующую сеть проводить её расширение. Все это позволяет проводить внедрение высокоэффек-

тивной и высоконадежной системы контроля за работой узлов и агрегатов экскаватора, в итоге добиться снижения аварийности.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Применение 1-Wire.[Электронный ресурс].- режим доступа: <http://d.17-71.com/2007/10/16/primenenie-1-wire/>, свободный.
2. Основы построения сетей MicroLAN.[Электронный ресурс]. - режим доступа: <http://www.chipinfo.ru/literature/chipnews/200006/14.html>, свободный.
3. ML20# Назначение и принципы построения .[Электронный ресурс].-режим доступа: <http://www.ibutton.ru/pdf/Elin/1-Wire/ml20.pdf>, свободный.
4. Цифровые термометры.[Электронный ресурс]. - режим доступа <http://www.elin.ru/1-Wire/?topic=components2#DS1820>, свободный.
5. *Копылов И.П.* Справочник по электрическим машинам. - М.: Энергоатомиздат, 1988г.
6. Алексеев А.Г. Применение микропроцессорной техники в устройствах контроля параметров электрических машин. /Материалы международного форума производителей оборудования для топливно-энергетического комплекса и энергетики / ЗАО «Электромаш». - Преднестровье, г. Тирасполь 2006г.

□ Авторы статьи:

Богомолов  
Игорь Дмитриевич  
- докт.техн. наук, проф.каф. горных  
машин и комплексов КузГТУ  
Тел.583301

Дрыгин  
Михаил Юрьевич  
- аспирант. каф. горных машин и  
комплексов КузГТУ  
Email: [mike.drygin@gmail.com](mailto:mike.drygin@gmail.com), тел.  
/8-913-296-1642.

УДК 622.273

**А.И. Корякин, В.Ф. Воронков, А.В. Стрельников**

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКСКАВАЦИОННОГО ЦИКЛА ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ЭКСКАВАТОРОВ В РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ ИХ РАБОТЫ

Экспериментальные исследования проводились на следующих разрезах УК «Кузбассразрезуголь», где применяются гидравлические экскаваторы обратная лопата зарубежных фирм (R – 9350, Cat – 5130, RH – 260, R – 994, R – 984 с).

Общей особенностью работы экскаваторов является несущественное влияние типа экскавато-

ров на длительность операций экскавационного цикла при одних и тех же режимах их работу и качества взрывного дробления (поряд опускания ковша в забой, поворот экскаватора с грузным ковшом к месту разгрузки, подъем грузного и опускание в забой порожнего ковша, черпание с наполнением ковша).



Рис. 1. Установка автосамосвала под погрузку при полной загрузке ковша экскаватора с подъемом на высоту погрузки (разрез «Краснобродский»)



Рис. 2. Разгрузка ковша экскаватора в кузов автосамосвала при нижней погрузке (разрез «Караканский»)



Рис. 3. Отработка вскрышиного уступа верхним черпанием (разрез «Талдинский»).



Рис. 4. Выемка пологопадающего угольного пласта (разрез «Талдинский»)

За работой гидравлических экскаваторов проводились хронометражные наблюдения с фиксированием времени на выполнение операций экскавационного цикла и вспомогательные работы (подготовка, трассы, зачистка призабойного пространства для подъезда и разворота автосамосвалов как при нижней погрузке, так и на уровне

стояния экскаватора, разворот и установка автосамосвалов под погрузку).

Работа экскаваторов фиксировалась с помощью цифровой кинокамеры и цифрового фотоаппарата при различных технологических режимах их работы (рис. 1-4), что позволяло в режиме реального времени отслеживать продолжительность

Таблица 1. Математическое ожидание операций экскавационного цикла

Наименование операций	Ед. измер.	Показатели $\bar{M}$
Продолжительность наполнения ковша при черпании	с	11,5
Продолжительность разгрузки ковша в автосамосвал	с	4,03
Продолжительность опускания порожнего ковша в забой	с	3,47
Продолжительность подъема груженого ковша	с	5,2
Продолжительность поворота груженого ковша к автосамосвалу	с	6,92
Продолжительность поворота порожнего ковша от автосамосвала к забою	с	4,8/43° 3,45/37°
Продолжительность совмещенного подъема и поворота груженого ковша	с	10,16
Продолжительность совмещенного поворота и опускания в забой (к нижней бровке забоя) порожнего ковша	с	7,2

Таблица 2. Скоростные параметры операций экскавационного цикла

№ п/п	Наименование скорости	Ед. изм.	Показатели
1	Скорость опускания порожнего ковша в забой	м/с	1,44
2	Скорость подъема груженого ковша из забоя	м/с	0,96
3	Скорость поворота груженого ковша	град/с	5,78
4	Скорость поворота порожнего ковша	град/с	8,9

отдельных операций цикла.

При обработке экспериментальных данных принималось предположение, что показания по продолжительности отдельных операций экскавационного цикла носят вероятностный характер в виду невозможности повторения условий экскавации. Для этого строились гистограммы распределения с определением вероятности и нахождением математических ожиданий, которые и принимались для синтеза экскавационного цикла.

Полученные значения математических ожиданий « $\bar{M}$ » приведены в табл. 1.

На основании полученных значений математических ожиданий продолжительности операций экскавационного цикла определены скоростные параметры составляющих цикла (табл. 2).

На основании полученных результатов хронометражных наблюдений за продолжительностью операций экскавационного цикла произведена оценка влияния схем работы и режима черпания гидравлических экскаваторов на продолжительность экскавационного цикла. Исследовались следующие схемы работы экскаватора: с нижним черпанием и погрузкой в автосамосвал, расположенный на уровне стояния экскаватора; с нижним черпанием и погрузкой ниже уровня стояния экскаватора; с верхним черпанием и погрузкой на уровне стояния экскаватора.

При работе экскаватора с нижним черпанием и погрузкой в автосамосвал на уровне стояния экскаватора продолжительность цикла ( $t_{ц}$ ) для различных схем черпания

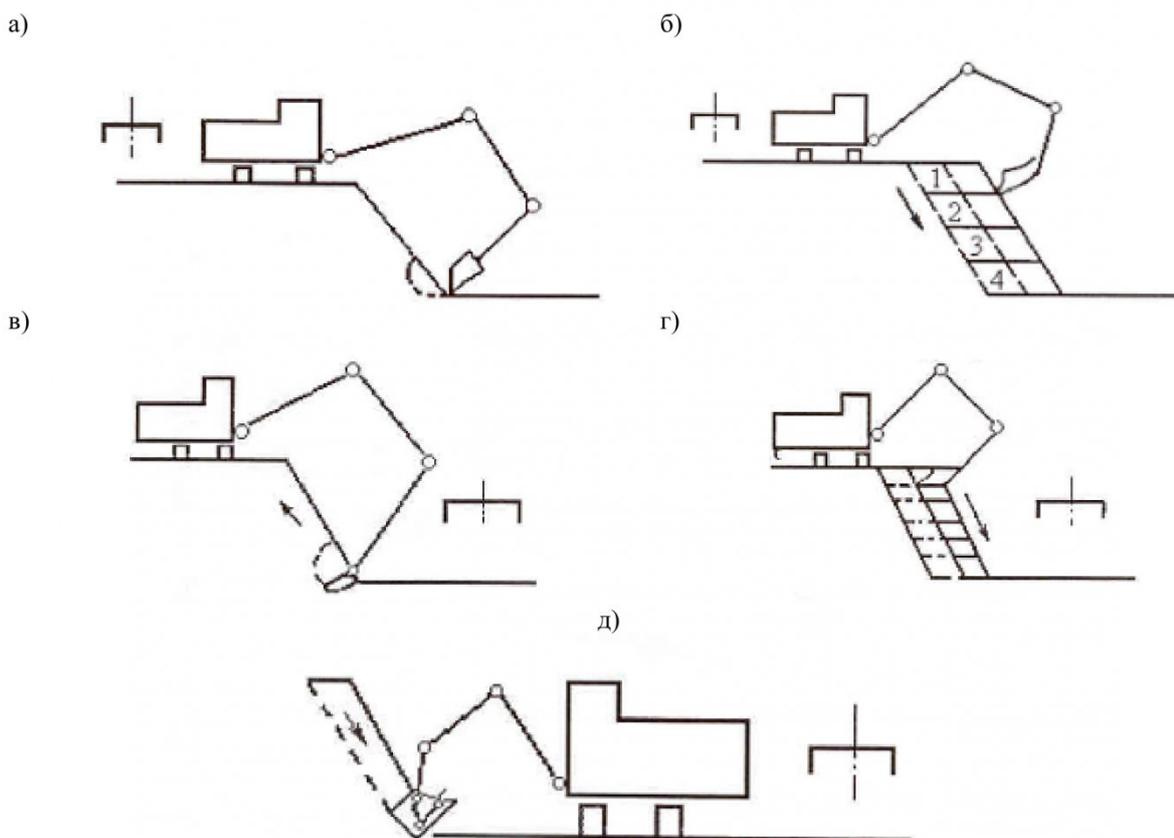


Рис. 5. Схемы режимов черпания гидравлического экскаватора обратная лопата: а – черпание от нижней бровки откоса забоя с обрушением верхней его части и верхней погрузкой; б – черпание горизонтальными и наклонными слоями сверху-вниз верхней погрузкой; в – черпание от нижней бровки откоса забоя с нижней погрузкой; г – черпание горизонтальными и наклонными слоями сверху-вниз с нижней погрузкой; д – верхнее черпание от нижней бровки откоса забоя с обрушением верхних слоев и погрузкой на уровне стояния экскаватора

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{ок}}^3 + t_{\text{нк}} + t_{\text{нк}}^2 + t_{\text{нов}}^2 + t_p + t_{\text{нов}}^n \quad (1)$$

где  $t_{\text{ок}}^3$  – время опускания порожнего коша в забой, с;

$t_{\text{нк}}$  – время наполнения ковша, с;

$t_{\text{нк}}^2$  – время подъема груженого ковша из забоя, с;

$t_{\text{нов}}^2$  – время поворота груженого ковша к месту разгрузки, с;

Таблица 3. Продолжительность цикла в зависимости от типа применяемого автосамосвала (его погрузочной высоты), с

Марка автосамосвала (породовоза)	Погрузочная высота, м	Тип экскаватора				
		R-9350	Cat-5130	RH-200	R-994	R-984c
БелАЗ-7548 А (E <sub>к</sub> = 21м <sup>3</sup> )	4,25	37,4/ 31,23	37,4/ 31,2	37,4/ 33,2	37,4/ 31,2	37,4/ 29,2
БелАЗ-7555 В (E <sub>к</sub> = 25м <sup>3</sup> )	4,61	38/ 31,6	38/ 31,6	38/ 33,6	38/ 31,6	38/ 29,6
БелАЗ-7512 (E <sub>к</sub> = 47м <sup>3</sup> )	5,58	39,7/ 32,7	39,7/ 32,7	39,7/ 34,7	39,7/ 32,7	39,7/ 30,7
БелАЗ-75131 (E <sub>к</sub> = 47м <sup>3</sup> )	5,72	40/ 32,8	40/ 32,8	40/ 34,8	40/ 32,8	40/ 30,8
БелАЗ-75215 (E <sub>к</sub> = 85м <sup>3</sup> )	5,7	40/ 32,8	40/ 32,8	40/ 34,8	40/ 32,8	40/ 30,8
БелАЗ-75303 (E <sub>к</sub> = 80м <sup>3</sup> )	6,52	41,37/ 33,7	41,37/ 33,7	41,37/ 35,7	41,37/ 33,7	41,37/ 31,7
БелАЗ-75306 (E <sub>к</sub> = 88м <sup>3</sup> )	6,52	41,37/ 33,7	41,37/ 33,7	41,37/ 35,7	41,37/ 33,7	41,37/ 31,7
БелАЗ-75501 (E <sub>к</sub> = 110м <sup>3</sup> )	6,6	41,5/ 33,9	41,5/ 33,9	41,5/ 35,9	41,5/ 33,9	41,5/ 31,9

Таблица 4. Продолжительность экскавационного цикла в режиме черпания горизонтальными и наклонными слоями сверху вниз при нижнем черпании и нижней погрузке, с.

Марка автосамосвала (породовоза)	Погрузочная высота, м	Тип экскаватора				
		R-9350	Cat-5130	RH-200	R-994	R-984c
БелАЗ-7548	4,25	35,3/30,3	35,5/30,3	35,5/32,3	35,5/30,3	35,5/28,3
БелАЗ-7555 В	4,61	35,9/30,5	35,9/30,5	35,9/32,5	35,9/30,5	35,9/28,5
БелАЗ-7512	5,58	36,9/31,2	36,9/31,2	36,9/33,2	36,9/31,2	36,9/29,2
БелАЗ-75131	5,72	37,05/31,3	37,05/31,3	37,05/33,3	37,05/31,3	37,05/29,3
БелАЗ-75215	5,7	37,03/31,3	37,03/31,3	37,03/33,3	37,03/31,3	37,03/29,3
БелАЗ-75303	6,52	37,9/31,8	37,9/31,8	37,9/33,8	37,9/31,8	37,9/29,8
БелАЗ-75306	6,52	37,9/31,8	37,9/31,8	37,9/33,8	37,9/31,8	37,9/29,8
БелАЗ-75501	6,6	38/31,9	38/31,9	38/33,9	38/31,9	38/29,9

Таблица 5. Зависимость продолжительности экскавационного цикла экскаваторов от типа автосамосвала при верхнем черпании и погрузкой на уровне стояния экскаватора

Марка автосамосвала (породовоза)	Емкость кузова, м <sup>3</sup>	Погрузочная высота, м	Тип экскаватора				
			R-9350	Cat-5130	RH-200	R-994	R-984c
БелАЗ-7548	21	4,25	36,5/30,7	36,5/30,7	40,5/32,7	36,5/30,7	36,5/28,7
БелАЗ-7555 В	25	4,61	37,1/31	37,1/31	39,1/33	37,1/31	37,1/29
БелАЗ-7512	47	5,58	38,8/32,06	38,8/32,06	40,8/34,06	38,8/32,06	38,8/30,06
БелАЗ-75131	47	5,72	39,1/32,2	39,1/32,2	41,1/34,2	39,1/32,2	39,1/30,2
БелАЗ-75215	85	5,7	39/32	39/32	41/34	39/32	39/30
БелАЗ-75303	80	6,52	40,4/33,1	40,4/33,1	42,4/35,1	40,4/33,1	40,4/31,1
БелАЗ-75306	88	6,52	40,4/33,1	40,4/33,1	42,4/35,1	40,4/33,1	40,4/31,1
БелАЗ-75501	110	6,6	40,56/33,2	40,56/33,2	42,56/35,2	40,56/33,2	40,56/31,2

$t_p$  – время разгрузки ковша, с;  
 $t_{пов}^n$  – время поворота порожнего ковша к забою, с.

При этом исследовалась работа экскаватора при следующих режимах черпания: черпание от нижней бровки откоса забоя с обрушением верхней его части; черпание горизонтальными слоями сверху вниз; черпание наклонными слоями сверху вниз с раздельным и совмещенным выполнением операций поворота опусканием порожнего ковша в забой и подъема с поворотом груженого ковша к месту разгрузки. Схемы работы экскаватора и его режимы черпания приведены на рис. 5.

В общем виде выражение (1) для режима черпания от нижней бровки откоса забоя с обрушением верхней его части имеет вид:

$$t_{ц} = \frac{H_3 + H_a + c}{U_{ок}^n} + t_{нк} + \frac{H_3 + H_a + c - l_n \cdot \sin \rho}{U_{нк}^c} + \frac{\psi}{U_{пов}^c} + \frac{\psi}{U_{пов}^n} + t_p \quad (2)$$

где  $H_3$  – высота забоя, м;  $H_a$  – высота автосамосвала,  $H_a = 4,5$  м;  $c$  – зазор между кузовом автосамосвала и ковшом при разгрузке,  $c = 1$  м;  $U_{ок}^n$  – скорость опускания порожнего ковша в забой,  $U_{ок}^n = 1,44$  м/с;  $t_{нк}$  – время наполнения ковша при черпании,  $t_{нк} = 11,5$  с – длина траектории движения ковша при черпании,  $l_n = 2$  м;  $\rho$  – угол откоса забоя,  $\rho = 50^\circ$ ;  $U_{нк}^c$  – скорость подъема груженого ковша,  $U_{нк}^c = 0,96$  м/с;  $\psi$  – угол поворота груженого и порожнего ковша, град;  $U_{пов}^c$  – скорость по-

ворота ковша,  $5,78$  град/с;  $U_{пов}^n$  – скорость поворота порожнего ковша,  $U_{пов}^n = 8,9$  град/с;  $t_p$  – время разгрузки ковша, с.

Формула (2) для исследования с учетом принятых исходных данных

$$t_{ц} = \frac{H_3 + H_a + 1}{1,44} + 11,5 + \frac{H_3 + H_a + 1 - 2 \cdot 0,76}{0,96} + 45 \left( \frac{1}{5,78} + \frac{1}{8,9} \right) + 4,03 = \frac{H_3 + 5,5}{1,44} + 11,5 + \frac{H_3 + 5,5 - 1,52}{0,96} + 12,8 + 4,03 = \frac{H_3 + 5,5}{1,44} + \frac{H_3 + 3,98}{0,96} + 28,4. \quad (3)$$

При схеме работы экскаватора с нижним черпанием и верхней погрузкой с режимом черпания горизонтальными и наклонными слоями сверху вниз формула для исследования продолжительности экскавационного цикла имеет вид:

$$t_{ц}^{"bc"} = (0,5 \cdot H_3 + H_a + c) \left( \frac{1}{U_{нк}^c} + \frac{1}{U_{ок}^n} \right) + t_{нк} + \psi \left( \frac{1}{U_{пов}^c} + \frac{1}{U_{пов}^n} \right) + t_p = (0,5 \cdot H_3 + 5,5) \times \left( \frac{1}{1,44} + \frac{1}{0,96} \right) + 11,5 + 45 \left( \frac{1}{5,78} + \frac{1}{8,9} \right) + 4,03 = (0,5 \cdot H_3 + 5,5) \cdot 1,73 + 12,8 + 15,53 = (0,5 \cdot H_3 + 5,5) \cdot 1,73 + 28,33 \quad (4)$$

Графическое изображение полученных зави-

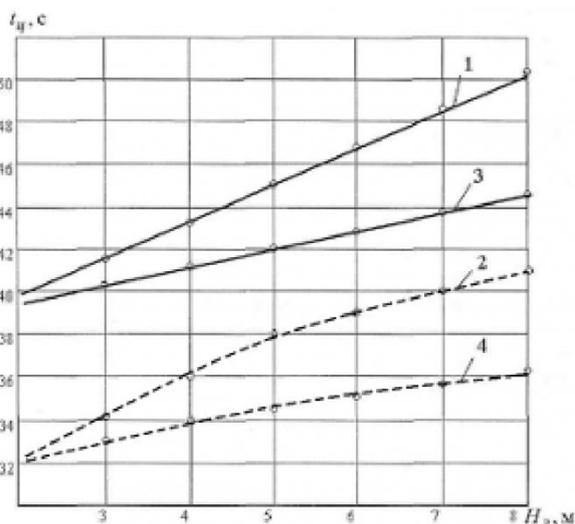


Рис. 6. Зависимость продолжительности экскавационного цикла от режима черпания: 1 – черпание от нижней бровки откоса забоя при раздельных операциях подъема и опускания ковша с его поворотом; 2 – совмещение операций подъема и опускания ковша с его поворотом; 3, 4 – черпание горизонтальными и наклонными слоями сверху-вниз с раздельными и совмещенными операциями подъема, опускания и поворота ковша, соответственно

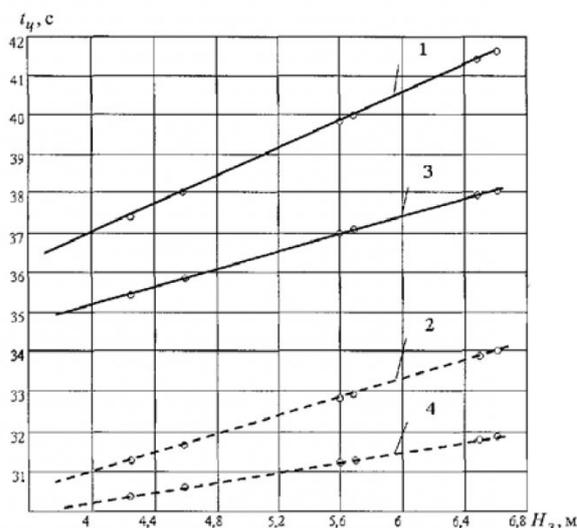


Рис. 7. Зависимость продолжительности экскавационного цикла от режима работы экскаватора и погрузочной высоты автосамосвала ( $H_a$ ) при нижней погрузке: 1, 2 – черпание от нижней бровки откоса уступа при раздельных операциях опускания и подъема ковша с его поворотом и с их совмещением, соответственно; 3, 4 – черпание горизонтальными и наклонными слоями сверху-вниз с раздельными и совмещенными операциями подъема, опускания и поворота ковша, соответственно

симостей приведено на рис. 6.

При работе экскаватора по схеме с нижним черпанием и нижней погрузкой в режиме черпания от нижней бровки откоса забоя с обрушением верхней его части продолжительность экскавационного цикла определяется по формуле

$$t_{\text{ц}} = \frac{H_a + c}{U_{\text{ок}}^n} + t_{\text{нк}} + \frac{H_a + c}{U_{\text{нк}}^2} + \psi \left( \frac{1}{U_{\text{нов}}^2} + \frac{1}{U_{\text{нов}}^n} \right) + t_p = (H_a + c) \left( \frac{1}{U_{\text{ок}}^n} + \frac{1}{U_{\text{нк}}^2} \right) + 11,5 + 45 \left( \frac{1}{5,78} + \frac{1}{8,9} \right) + 4,03 = (H_a + 1) \cdot 1,73 + 11,5 + (7,78 + 5,05) + 4,03 = (H_a + 1) \cdot 1,73 + 28,36 \quad (5)$$

Из формулы (5) видно, что продолжительность цикла зависит в основном от высоты загрузки автосамосвала и приведена в табл. 3.

При схеме работы экскаватора с нижним черпанием и нижней погрузкой при режимах черпания горизонтальными и наклонными слоями вы-

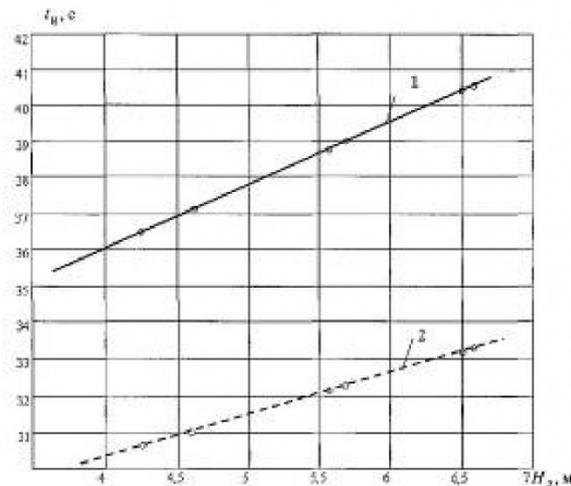


Рис. 8. Зависимость продолжительности экскавационного цикла от погрузочной высоты автосамосвала ( $H_a$ ) при верхнем черпании и погрузкой на уровне стояния экскаватора; 1 – черпание от нижней бровки откоса забоя при отдельных операциях опускания, подъема и поворота ковша; 2 – также с совмещением операций подъема и опускания ковша с его поворотом

□ Авторы статьи:

Корякин  
Анатолий Иванович  
-докт.техн.наук, проф.каф.открытых  
горных работ КузГТУ  
Тел 8-384-2\_39-63-68

Воронков  
Владимир Федорович  
-канд.техн.наук, доц. каф.открытых  
горных работ КузГТУ  
Тел 8-384-2\_39-63-68

Стрельников  
Андрей Владимирович  
- нач. управления по планированию  
горного производства ОАО «Кузбас-  
сразрезуголь». Тел. 8-384-2-44-00-48

ражения для определения  $t_{\text{ц}}$  имеет вид

$$t_{\text{ц}} = \frac{0,5 \cdot H_3}{U_{\text{ок}}^n} + \frac{H_a + c}{U_{\text{нк}}^2} + \psi \left( \frac{1}{U_{\text{нов}}^2} + \frac{1}{U_{\text{нов}}^n} \right) + t_{\text{нк}} + t_p = \frac{0,5 \cdot H_3}{U_{\text{ок}}^n} + \frac{(H_a + 1)}{U_{\text{нк}}^2} + 12,83 + 11,5 + 4,03 = 0,34 \cdot H_3 + 1,04(H_a + 1) + 28,36 \quad (6)$$

Результаты расчетов приведены в табл. 4.

Графически эти зависимости показаны на рис.7.

При работе экскаватора с верхним черпанием и погрузкой на уровне стояния продолжительность экскавационного цикла определяется выражением

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{ок}} + t_{\text{нк}} + t_{\text{нк}}^2 + t_{\text{нов}}^2 + t_p + t_{\text{нов}}^n$$

Продолжительность цикла при работе экскаватора в режиме черпания с выемкой породы от нижней части откоса забоя с обрушением вышележащего слоя определяются по выражению:

$$t_{\text{ц}} = \frac{H_a + c - 1,54}{U_{\text{ок}}^n} + t_{\text{нк}} + \frac{H_a + c}{U_{\text{нк}}^2} + \psi \left( \frac{1}{U_{\text{нов}}^2} + \frac{1}{U_{\text{нов}}^n} \right) + t_p = \frac{H_a - 0,54}{1,44} + \frac{H_a + 1}{0,96} + 12,83 + 11,5 + 4,03 = \frac{H_a - 0,54}{1,44} + \frac{H_a + 1}{0,96} + 28,46. \quad (6)$$

Продолжительность экскавационного цикла при верхнем черпании и погрузке в автосамосвалы разных марок на уровне стояния экскаватора представлены в табл. 5 при  $H_3 = 5$  м.

На рис.8 дано графическое изображение данных зависимостей

Результаты экспериментальных исследований в промышленных условиях разрезов Кузбасса позволили выявить закономерности изменения продолжительности экскавационного цикла в различных технологических режимах работы гидравлических экскаваторов обратная лопата.

Эти результаты могут быть использованы при обосновании оптимальных параметров технологических схем выемочно-погрузочных работ с применением гидравлических экскаваторов и расчете их производительности при открытой разработке угольных месторождений.