

## **ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ СОПРОТИВЛЕНИЯ ВРАЩЕНИЮ В ОПОРНО-ЦЕНТРИРУЮЩИХ УЗЛАХ БУРОШНЕКОВЫХ МАШИН**

*Маметьев Л.Е., Ананьев А.Н., Любимов О.В., Жалнин Д.В.*

*Россия, Кемерово, Кузбасский государственный технический университет*

Разработка бурошнековых комплексов для проходки горизонтальных и слабонаклонных скважин началась на кафедре горных машин и комплексов КузПИ-КузГТУ с середины 70-х годов в связи с насущными потребностями народного хозяйства. Несмотря на рыночные преобразования в экономике, проблема не потеряла актуальности и поныне.

Свидетельством тому служит постоянное увеличение среди подземных способов работ доли микротунеллирования, как комплексной технологии бестраншейной прокладки и ремонта коммуникаций различного назначения, исключаяющей пагубное влияние на окружающую экологическую среду [1], что особенно важно при разработке мерзлых грунтов. Развивающейся в настоящее время областью применения бурошнековых комплексов является также открытая и подземная добыча полезных ископаемых в местах, где выемка и транспортировка традиционными способами затруднена или невозможна [2].

Вышеуказанные перспективы развития в сочетании с рыночными условиями экономики требуют от разработчиков бурошнековых комплексов решения ряда технико-экономических проблем, среди которых - рационализация энерговооруженности, габаритов, веса, номенклатуры оборудования при снижении стоимости эксплуатации; унификация комплексов на весь диапазон буримых скважин; повышение долговечности шнекового бурового става.

Одним из направлений снижения энергоемкости процесса бурения является совершенствование опорно-центрирующих подшипниковых узлов бурового става, заключающееся в научно-обоснованной замене конструкций с традиционными способами смазывания и уплотнения подшипниками с твердосмазочным антифрикционным наполнителем (АФЗ), обладающим самосмазывающим и самогерметизирующим свойствами [3].

С целью оценки параметров сопротивления вращению опорно-центрирующих устройств шнекового бурового става, оснащенных подшипниками с АФЗ, при непосредственном воздействии транспортируемого продукта бурения на испытательном стенде была осуществлена серия экспериментов.

На выходе оценивалась величина максимального преодолеваемого приводом в пульсирующем цикле момента сопротивления вращению  $M_{\max}$ .

Факторами, влияние которых на сопротивление вращению в процессе экспериментов оценивалось, являлись:

- ресурс работы опорно-центрирующего узла  $T$ ;
- время стабилизации момента сопротивления вращению при пуске  $t_{\text{ст}}$ ;
- влажность транспортируемого продукта  $W$ ;
- коэффициент заполнения шнековой спирали  $\psi$ .

Поскольку периодичность контроля выходного параметра и соответствующие этому моменту значения входных параметров носили случайный характер, возможен вероятностный подход к оценке результатов. В таблице 1 приведены результаты статистического факторного анализа, представляющие собой матрицу, компонентами которой являются коэффициенты парной корреляции.

Таблица 1

Результаты факторного анализа, выраженные посредством корреляционной матрицы

	$T$ , сут	$t_{\text{ст}}$ , мин	$W$ , %	$\psi$	$M_{\max}$ , Нм
$T$ , сут	<b>1,00</b>	<b>-0,27</b>	0,18	<b>0,45</b>	<b>0,39</b>
$t_{\text{ст}}$ , мин	<b>-0,27</b>	<b>1,00</b>	<b>0,32</b>	0,15	<b>-0,43</b>
$W$ , %	0,18	<b>0,32</b>	<b>1,00</b>	<b>0,66</b>	-0,18
$\psi$	<b>0,45</b>	0,15	<b>0,66</b>	<b>1,00</b>	0,05
$M_{\max}$ , Нм	<b>0,39</b>	<b>-0,43</b>	-0,18	0,05	<b>1,00</b>

П р и м е ч а н и е. Для числа наблюдений  $N = 72$  при уровне значимости  $\alpha = 0,05$  критическое значение коэффициента парной корреляции  $r_{\text{кр}} = 0,23$ .

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод о крайне слабой зависимости  $M_{\max}$  от  $W$  ( $r = -0,18$ ) и  $\psi$  ( $r = 0,05$ ) при наличии в опорно-центрирующем узле подшипника с АФЗ. При эксплуатации в узле подшипников, не имеющих самогерметизации, коэффициенты парной корреляции достигают значений соответственно  $r = -0,26$  и  $r = 0,34$ , что свидетельствует о значимости в этом случае  $W$  и  $\psi$  при формировании величины  $M_{\max}$  [4].

Проведенный с применением ПЭВМ регрессионный анализ позволил с достаточной достоверностью представить функциональные зависимости

$M_{\max}$  от  $T$ ,  $W$  и  $\psi$  для традиционных и усовершенствованных конструкций опорно-центрирующих узлов в виде полиномов 4-й степени [5].

Наблюдения выявили резкое возрастание величины максимально преодолеваемого момента сопротивления узлов, оснащенных подшипниками с АФЗ, при пуске привода с последующей стабилизацией в течение малого по отношению к ресурсу промежутка времени  $t_{\text{ст}}$ . Обращает на себя внимание значимая ( $r=-0,43$ ) корреляционная связь  $M_{\max}$  с временем стабилизации. Природа этого явления, оказывающего существенное влияние на энергоемкость бурошнекового оборудования, возможно связана со сложными процессами взаимодействия деталей конструкции подшипника с АФЗ с проникающими снаружи частицами транспортируемой среды и требует дальнейшего детального изучения. Однако имеющиеся экспериментальные результаты позволяют построить достоверные регрессионные модели, необходимые на данном этапе исследований.

Анализ алгебраических свойств элементарных функций позволил предположить, что в данном случае предпочтительны зависимости вида:

$$M_{\max} = \frac{a_1 + b_1 \cdot t_{\text{ст}}}{a_2 + b_2 \cdot t_{\text{ст}}} \quad (1)$$

В табл. 2 приведены результаты проведенного с применением ПЭВМ регрессионного анализа в виде рассчитанных коэффициентов предложенной регрессионной модели, полученных для фиксированных значений  $T$  при стабилизации  $W$  и  $\psi$  на средних уровнях.

Таблица 2

Результаты регрессионного анализа

Ресурс, сут	Коэффициент регрессионной модели	Числовое значение	Проверка адекватности модели	Коэффициент корреляции
T=1	$a_1$	1,376491	N=7, n=2 $S_{\text{ад}}^2 = 1,749$ $S^2\{y\} = 30,771$ $F=0,057 < F_{\text{кр}}$	$r = 0,86102$ $r > r_{\text{кр}}$
	$b_1$	0,030299		
	$a_2$	0,125749		
	$b_2$	0,015532		
T=14	$a_1$	0,807688	N=7, n=2 $S_{\text{ад}}^2 = 23,852$ $S^2\{y\} = 22,391$ $F=1,065 < F_{\text{кр}}$	$r = 0,99956$ $r > r_{\text{кр}}$
	$b_1$	0,017891		
	$a_2$	0,001631		
	$b_2$	0,000492		
T=29	$a_1$	0,786708	N=7, n=2 $S_{\text{ад}}^2 = 24,167$ $S^2\{y\} = 23,765$ $F=1,017 < F_{\text{кр}}$	$r = 0,99918$ $r > r_{\text{кр}}$
	$b_1$	0,518209		
	$a_2$	0,001259		
	$b_2$	0,002485		

П р и м е ч а н и я. 1. Для  $f_{ад} = N - m = 3$ ,  $f_E = N(n - 1) = 7$ ,  $\alpha = 0,05$ :  $F_{кр} = 4,35$ . 2. Для  $N = 7$ ,  $\alpha = 0,05$ :  $r_{кр} = 0,65$ .

Здесь же отражены значения дисперсий воспроизводимости  $S^2\{y\}$  и адекватности  $S^2_{ад}$ , рассчитанные значения критерия Фишера  $F$  и коэффициента корреляции  $r$ , доказывающие адекватность модели при числе наблюдений  $N$ , числе повторов  $n$ , числе коэффициентов регрессионной модели  $m$ .

### Выводы

Проведенные экспериментальные исследования впервые позволили осуществить анализ влияния ряда эксплуатационных факторов на сопротивление вращению опорно-центрирующих узлов буровых машин, оснащенных подшипниками с АФЗ.

Выявлена значимая корреляционная связь максимально преодолеваемого приводом при пуске момента сопротивления  $M_{max}$  с временем стабилизации  $t_{ст}$  и получены достоверные регрессионные модели процесса его стабилизации, необходимые на данном этапе исследований.

Установлено, что стабилизация  $M_{max}$  оказывает существенное влияние на энергоемкость бурового оборудования и связана со сложными процессами взаимодействия деталей конструкции подшипника с АФЗ с проникающими в него частицами транспортируемого продукта.

Накопленный положительный технический опыт при бурении скважин на объектах ООО «Блок» (г. Нижневартовск) подтверждает актуальность и своевременность проведенных исследований по решению затронутых проблем.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Кюн Г., Шойбле Л., Шлик Г. Закрытая прокладка непроходных трубопроводов. Под ред. В.П. Самойлова и А.В. Сладкова. - М.: Стройиздат, 1993. - 168 с.
2. Ягнаков А.Ф., Семенов Ю.Н., Лебедев В.Е. Выемка угля буровым способом. - М.: Недра, 1976. - 120 с.
3. Маметьев Л.Е., Ананьев А.Н., Любимов О.В. Совершенствование конструкций подшипниковых узлов шнековых машин горизонтального бурения // Совершенствование технологических процессов при разработке месторождений полезных ископаемых: Сб. науч. тр. №10. - Кемерово: Ассоциация «Кузбассуглетехнология», 1996. - С. 109 - 113.
4. Маметьев Л.Е., Ананьев А.Н., Любимов О.В. Оценка влияния условий эксплуатации на работоспособность опорных машин горизонтального бурения // Совершенствование технологических процессов при разра-

ботке месторождений полезных ископаемых: Сб. науч. тр. №11. - Кемерово: НТЦ «Кузбассуглетехнология», 1997. - С. 116 - 122.

5. Маметьев Л.Е., Ананьев А.Н., Любимов О.В. Регрессионный анализ влияния эксплуатационных условий на работоспособность подшипниковых узлов бурошнековых машин // Совершенствование технологических процессов при разработке месторождений полезных ископаемых: Сб. науч. тр. №12. - Кемерово: НТЦ «Кузбассуглетехнология», 1997. - С. 120 - 126.