

УДК 621.863.21

В. К. ИТБАЕВ, С. С. ПРОКШИН, С. М. МИНИГАЛЕЕВ,
М. Г. КОВРИЖКИН, К. Г. МОРОЗОВ

ОПЫТ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ РЕДУКТОРА ДЛЯ СПУСКО-ПОДЪЕМНОГО КАРОТАЖНОГО ПОДЪЕМНИКА

Предлагается новая конструкция редуктора спуско-подъемного агрегата (СПА) для скважинных геофизических приборов. Разработанный реверсивный коническо-планетарный редуктор обладает более широким диапазоном скоростей спуска и подъема по сравнению с существующими рядными и цилиндрическими зубчатыми редукторами и имеет массу и габариты в 2,5 раза меньше. Редуктор прошел заводские испытания, освоено его серийное производство и опытная партия успешно прошла полевые испытания в ряде нефтяных и геофизических компаниях. *Каротажный подъемник; каротаж; ускоренный каротаж; быстрый каротаж; медленный каротаж; режим реверса; тяговое усилие; минимальная и максимальная скорости каната*

Сложившаяся к настоящему времени ситуация в области каротажа нефтяных и газовых скважин показала необходимость расширения диапазона скоростей перемещения скважинных геофизических приборов спуско-подъемными агрегатами (СПА) с целью повышения информативности проводимых исследований. Используемые в настоящее время каротажные подъемники обеспечивают диапазон скоростей 20...10000 м/час. Задача расширения диапазона может быть решена отказом от механических трансмиссий и заменой их объемными гидравлическими передачами, однако сложность, высокая стоимость, недостаточная ремонтопригодность, особенно в полевых условиях, существенно ограничивают использование этого варианта. В то же время применение механических трансмиссий ограничено их кинематическими и объемно-массовыми характеристиками.

Указанные обстоятельства делают актуальной разработку механической трансмиссии для СПА каротажного подъемника отвечающего следующим требованиям: масса не более 200 кг; объединение механических передач в моноблок; возможность использования реверса; возможность выбора оптимального по отношению к конкретной ситуации передаточного отношения. Момент на выходном валу не менее 3000 Нм.

Анализ возможных кинематических схем в условиях значений удельного момента 12...21 кг/Нм привел к использованию комбинированной структуры, включающей кониче-

скую ортогональную передачу (по условиям компоновки СПА на шасси автомобиля), главную передачу, двухрядную планетарную передачу и передачу реверса. Кинематическая схема предусматривает использование трех управляющих устройств для изменения режимов работы: нейтральное положение; ускоренный каротаж; быстрый каротаж; медленный каротаж; реверс.

Кинематическая схема приведена на рис. 1.

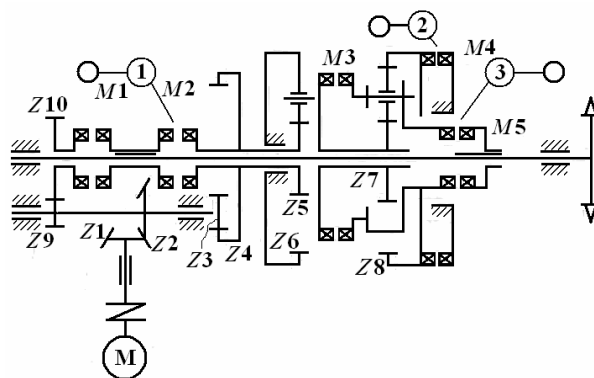


Рис. 1

Включение нужного режима осуществляется за счет использования трех органов управления: режимы «нейтраль», реверс и ускоренный каротаж – переключатель 1; режим быстрого и медленного каротажа – переключатель 2; переход от режимов ускоренного каротажа к быстрому и медленному осуществляется переключателем 3. При этом возможны следующие передаточные отношения:

- режим ускоренного каротажа (основного подъема с большой скоростью)

$$i_{\text{ок}} = \frac{z_2}{z_1} \cdot \frac{z_4}{z_3};$$

- режим быстрого каротажа

$$i_{\text{ук}} = \frac{z_2}{z_1} \cdot \frac{z_4}{z_3} \left(\frac{z_6}{z_5} + 1 \right);$$

- режим медленного каротажа

$$i_{\text{МК}} = \frac{z_2}{z_1} \cdot \frac{z_4}{z_3} \left(\frac{z_6}{z_5} + 1 \right) \cdot \left(\frac{z_8}{z_7} + 1 \right);$$

- режим реверса

$$i_{\text{рев}} = - \frac{z_2}{z_1} \cdot \frac{z_{10}}{z_9}.$$

В реализованной конструкции редуктора:

$$i_{\text{ок}} = 43,27; i_{\text{ук}} = 9,05;$$

$$i_{\text{МК}} = 206,08; i_{\text{рев}} = 7,12$$

В дальнейшем система управления была изменена и сведена к наличию двух органов управления. Изменения привели к установке муфты М5, которая выполнена двухсторонней. Фрагмент схемы представлен на рис. 2. Кинематические характеристики режимов остались без изменений.

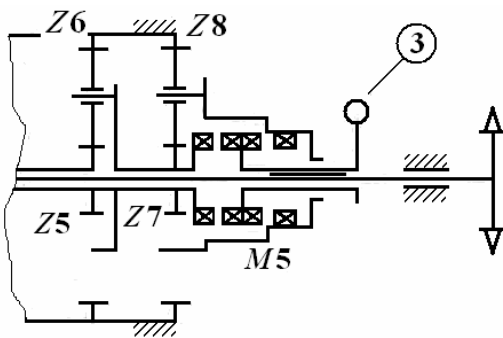


Рис. 2

В кинематическую схему СПА включена цепная передача, обслуживающая работу барабана, взаимодействующего с грузонесущим кабелем, наматываемым на барабан в несколько слоев.

Учитывая сложный характер эксплуатации подъемников в полевых условиях, узел управления был создан по простейшей схеме с контурами блокировки, препятствующей ошибочному включению режимов.

В конструкции редуктора предусмотрено «лимитирующее звено». Это узел, который в случае чрезвычайной перегрузки позволяет сохранить всю конструкцию без повреждений за счет локального разрушения. Восстановление

соединения с частичной разборкой редуктора возможно в условиях механической мастерской.

Вся механическая обработка деталей выполняется стандартизованным режущим инструментом и требует небольшого количества специальных станочных приспособлений.

Производственный опыт, полученный при изготовлении партии редукторов РКПР-02 для доводки конструкции и отработки ее на технологичность показал, что затраты на оснащение технологических и контрольных операций не превышают 500 тыс. рублей, что вполне приемлемо для освоения изделий такого уровня сложности.

По результатам измерений и испытаний на стендах под нагрузкой были получены параметры, подтвердившие расчетные, а именно:

- минимальная скорость каната (м/час) – 15;
- тяговое усилие испытаний (кН) – 59;
- максимальная скорость каната (м/час) – 8800.

Более подробная информация об испытаниях СПА ПКС-5 приведена в табл. 1.

Объемно-массовые и тяговая характеристики редуктора РКПР-02.05 следующие:

1. Номинальный момент на выходном вале, Нм	3100;
2. Габаритные размеры:	
длина, мм	695;
ширина, мм	470;
высота, мм	358;
3. Масса, кг	160.

При производственных мощностях ОАО ТЗГОиА (г. Туймазы, РБ) изготовлена опытная серия из шести редукторов РКПР-02.05 для комплектации СПА каротажных станций, которые испытаны в полевых условиях следующими предприятиями: ОАО «Нефтяная компания Паритет», г. Нижневартовск; ООО, ТНГ «Алгиз», Альметьевская геофизическая компания; ОАО «Горизонт Сибирь», г. Ноябрьский.

Результаты испытаний и практической эксплуатации в полевых условиях положительны.

Сравнение с ближайшими аналогами указывает на значительное превосходство редукторов серии РКПР по удельному моменту приблизительно в 2,1 раза, существенно улучшены компоновочные характеристики, эргономические и эстетические свойства. Применение РКПР возможно на всех типах шасси подъемников ПКС-3,5 и ПКС-5. Ожидаемая цена редуктора 220 тыс. рублей.

Таблица 1

Передача редуктора	Передача КПП шасси	Скорость каротажа, м/час*				Натяжение кабеля макс., кН**	
		на 1–2 витках		на средних витках		на 1–2 витках	на средних витках
		min	max	min	max		
Медленный каротаж	1	15	41	27	73	59	33
	2	27	74	48	133	59	33
	3	51	141	92	254	59	33
	4	78	214	140	386	59	33
Быстрый каротаж	1	71	194	128	351	59	33
	2	128	352	231	636	59	33
	3	245	672	441	1214	59	33
	4	372	1022	671	1845	59	33
Ускоренный каротаж	1	338	929	610	1678	59	33
	2	613	1685	1106	3043	59	33
	3	1169	3215	2111	5805	59	33
	4	1777	4887	3209	8824	59	33
Реверс	1	428	1177	773	2125	–	–
	2	776	2135	1402	3855	–	–
	3	1481	4073	2674	7354	–	–
	4	2251	6191	4065	11179	–	–

* При расчете минимальной скорости каротажа частота вращения двигателя шасси принималась равной 800 об/мин, при расчете максимальной скорости – 2200 об/мин.

** Максимальное усилие натяжения рассчитывалось при максимальном крутящем моменте двигателя 637 Н·м при 1450 об/мин и контролировалось экспериментально.

ОБ АВТОРАХ



Итбаев Валерий Каюмович, проф., зав. кафедрой основ конструирования механизмов и машин. Дипл. инж.-мех. по авиац. двигателям (УАИ, 1970). Д-р техн. наук по управлению тепловыми и электроракетными двигателями ЛА (УГАТУ, 1996). Иссл. в обл. разработки гибких соединений трубопроводов и методов их расчета.



Прокшин Сергей Сергеевич, доц. той же каф. Дипл. инж.-мех. по авиац. двигателям (УАИ, 1964). Канд. техн. наук по авиац. двигателям и энерг. установкам (ЧПИ, 1977). Иссл. в обл. проектирования и оптимизации конструкций передач и трансмиссий для транспортных средств, приборостроения и энергетических машин.



Минигалеев Сергей Мунирович, доц. той же каф. Дипл. инж.-мех. по авиац. двигателям и энерг. установкам (УГАТУ, 1997). Канд. техн. наук по авиац. двигателям и энерг. установкам (УГАТУ, 2002). Иссл. в обл. ускоренных испытаний авиац. двигателей.



Коврижкин Михаил Григорьевич, зам. техн. дир. ОАО «ТЗГОиА». Дипл. инж. по авиац. двигателям и энерг. установкам (УАИ, 1974). Иссл. в обл. проектирования спуско-подъемных агрегатов.



Морозов Константин Георгиевич, вед. конструктор ОГК ОАО «ТЗГОиА». Дипл. инж. по ДВС (УГАТУ, 2001). Иссл. в обл. проектирования спуско-подъемных агрегатов.