

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ОСЕВЫХ НАГРУЗОК РЕЗИНОКОРДНОЙ ОБОЛОЧКИ ПРИВодОВ НЕФТЯНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Евдокимов А.П.

*Российский государственный университет нефти и газа (НИУ)
имени И.М. Губкина, Москва, Россия*

Ключевые слова: осевые силы, резинокордная оболочка, деформация сжатия, силовой привод, надёжность, ресурс.

Аннотация. Представлены результаты экспериментальных исследований осевых нагрузок резинокордных оболочек упругих соединительных муфт силовых и вспомогательных приводов, разработаны рекомендации по сборочным технологическим процессам, обеспечивающим надёжность нефтяного оборудования в реальных условиях эксплуатации. Предложены оптимальные размеры деформации сжатия упругого элемента в процессе сборки привода, позволяющие снизить уровень динамической нагруженности. Полученные результаты испытаний на прочность, ресурс и надёжность показали рациональность технологических решений сборочных операций привода.

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGICAL SOLUTIONS TO REDUCE AXIAL LOADS OF THE RUBBER CORD SHELL OF OIL EQUIPMENT DRIVES

Evdokimov A.P.

Gubkin Russian State University of Oil and Gas, Moscow, Russia

Keywords: axial forces, rubber-cord shell, compression deformation, power drive, reliability, service life.

Abstract. The results of experimental studies of axial loads of rubber-cord shells of elastic coupling couplings of power and auxiliary drives are presented, recommendations on assembly technological processes ensuring reliability of oil equipment in real operating conditions are developed. The optimal dimensions of the compression deformation of the elastic element during the assembly of the drive are proposed, allowing to reduce the level of dynamic loading. The obtained test results for durability, resource and reliability have shown the rationality of technological solutions for assembly operations of the drive.

Введение

Упругие компенсирующие соединительные муфты с торообразными резинокордными оболочками (РКО) широко используются в различных отраслях промышленности для передачи вращающего момента с вала приводного механизма на вал исполнительного механизма, в том числе и нефтегазодобывающем оборудовании. В результате удалось в значительной степени снизить уровень крутильных и вибрационных колебаний в элементах привода, а также компенсировать значительные смещения соединяемых валов механизмов [1-4].

Основными конструкционными элементами упругих соединительных муфт являются многослойная торообразная оболочка 1, закреплённая с обеих

сторон болтовыми соединениями 2 к наружным 3 и внутренним 4 стальным фланцам (рис. 1). Для обеспечения сборки муфты внутренние фланцы разрезают на две части. При сборке привода муфта сжимается двумя технологическими болтами 5 до соприкосновения внутренних фланцев [1, 5].

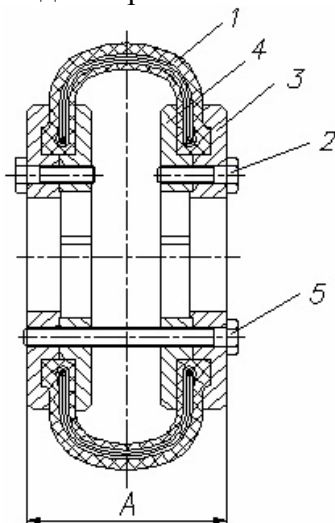


Рис. 1. Резинокордная оболочка: 1 – многослойный упругий элемент; 2 – болты крепления фланцев; 3 – наружный фланец; 4 – внутренний фланец; 5 – технологические болты

Технологические процессы сборки соединительных упругих муфт с последующей установкой на силовой привод не требуют сравнительно высоких трудозатрат, что также является важным показателем их широкого применения. Согласно требованиям процесса сборки приводов необходимо, чтобы расстояние между стальными фланцами составляет $A = 170 + 5$ мм (см. рис. 1), что соответствует конструктивным размерам сборочного чертежа муфты и габаритам РКО.

Однако следует отметить при этом и существенные недостатки. При сравнительно высокой частоте вращения (свыше 2000 об/мин) появляются значительные по величине центробежные силы, вызывающие возникновение больших осевых нагрузок. И, как следствие этого происходит разупрочнение материала РКО и ухудшение физико-механических свойств [6]. Корона оболочки приобретает конусообразную форму, т.е. происходит потеря устойчивости. В результате, ускоряются процессы накопления усталостных повреждений в упругом элементе с последующим возникновением поверхностным и сквозным трещин на его поверхности.

В целях снижения уровня центробежных сил была поставлена задача экспериментальными исследованиями определить осевые нагрузки РКО при различных установочных размерах между стальными фланцами упругой муфты и фланцами механизмов привода. На основе полученных результатов принять технологические решения по повышению надёжности и ресурса соединительной муфты с РКО.

Экспериментальные исследования осевых нагрузок РКО

Испытаниям подвергалась торообразная РКО ЭМ360×100 упругой соединительной муфты. Исследования проводились на стенде СТ-153 конструкции АО «Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт подвижного состава» (ВНИТИ) г. Коломна. В процессе экспериментов упругая муфта устанавливалась в следующие положения: нормальное $A = 170$ мм (без деформации растяжение-сжатие), сжатие $A = 165$ мм и растяжение $A = 175$ мм при максимальной частоте вращения $n = 3000$ об/мин. Осевые силы при этом (частота вращения отсутствовала) составляли: $P_1 = 0$ Н; $P_2 = 632$ Н; $P_3 = -129$ Н соответственно.

С возрастанием частоты вращения приводного механизма значение осевых нагрузок увеличивалось (рис. 2). В недеформированном состоянии и при сжатии РКО до частоты вращения $n = 2000$ об/мин происходило плавное возрастание нагрузки. Затем происходило значительное увеличение осевых сил.

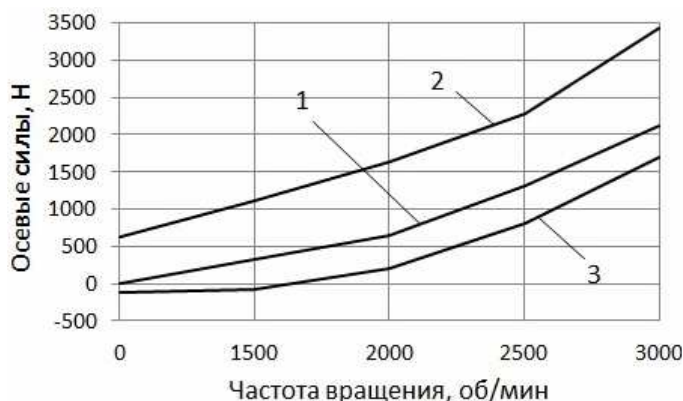


Рис. 2. Зависимости осевой силы сжатия от частоты вращения РКО при значениях размера A : 1 – 170 мм; 2 – 175 мм; 3 – 165 мм

При растяжении РКО ($A = 175$ мм) уровень осевой нагрузки был значительно выше по сравнению с предыдущими результатами. При частоте вращения $n = 2500$ об/мин кривая графика заметно возрастала. На максимальной частоте вращения, т.е. $n = 3000$ об/мин наблюдалось заметное различие значений осевых нагрузок при соответствующих размерах между фланцами муфты: $P_1 = 2113$ Н; $P_2 = 3420$ Н; $P_3 = 1697$ Н.

Кроме того, при $A = 165$ мм происходило менее заметное искажение наружной поверхности оболочки, потеря устойчивости не наблюдалась.

На последнем этапе экспериментальных исследований проводились ресурсные испытания РКО. Муфта устанавливалась без деформации сжатия (в первоначальном состоянии) и под действием деформации сжатия. При $A = 165$ мм и числе циклов нагружения 10^7 (многоцикловое число нагружений) появлялись малозаметные признаки дефектов на поверхности РКО в виде сравнительно небольших трещин длиной до 10 мм и глубиной 3 мм (рис. 3). Далее рост трещин не наблюдался.



Рис. 3. Ресурс РКО при значениях размера A : 1 – 165 мм; 2 – 170 мм

В исходном состоянии РКО, т.е. без деформации сжатия ($A = 170$ мм) наблюдалось появление значительных по размеру трещин при 10^5 циклов нагружения. При дальнейшем нагружении происходило появление сквозных трещин.

Проведение ресурсных испытаний элементов конструкций машиностроения нормативами предусмотрено малоцикловое число нагружения 10^6 , при котором не должно быть признаков дефектов. Данным требованиям отвечает РКО упругой соединительной муфты при расстоянии между фланцами $A = 165$ мм.

Выводы

1. Установлены оптимальные монтажные размеры соединительной муфты, позволяющие снизить уровень осевых нагрузок РКО на повышенных частотах вращения. Центробежные силы в значительной степени зависят как от частоты вращения механизмов привода, так и от ширины профиля РКО.

2. Рекомендуется при разработке технологического процесса предусмотреть установку упругой муфты с предварительным сравнительно небольшим сжатием РКО. Это позволит создать некоторые распорные нагрузки и тем самым уменьшить величину центробежных усилий при высоких частотах вращения.

Список литературы

1. Михайлов Б.К., Иванов Б.С. Муфты с неметаллическими упругими элементами. Теория и расчёт. – Л.: Машиностроение, 1987. – 145 с.
2. Кукаленко Б.Д., Заборский Е.В. Муфты приводов. Расчёт соединительных муфт. – СПб.: Издательство Политехн. ун-та, 2016. – 81 с.
3. Михальченко Г.С., Коссов В.С. Теория и конструкция локомотивов. – М.: Маршрут, 2006. – 584 с.
4. Ибрагимов М.А., Киселёв В.И. Динамика локомотивов. – М.: РГОТУПС, 2005. – 128 с.
5. Данковцев В.Т., Киселёв В.И., Четвергов В.А. Техническое обслуживание и ремонт локомотивов. – М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2007. – 558 с.

6. Корнеев С.А., Трибельский М.И., Пеньков И.А., Корнеев В.С. Аналитический метод расчёта цилиндрических резинокордных оболочек // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2014. – №2(42). – С. 71-77.

References

1. Mikhailov B.K., Ivanov B.S. Couplings with nonmetallic elastic elements. Theory and calculation. – L.: Mechanical Engineering, 1987. – 145 p.
2. Kukalenko B.D., Zaborskiy E.V. Drive couplings. Calculation of connecting couplings. – SPb.: Publ. house of the Polytechnic University, 2016. – 81 p.
3. Mikhhalchenko G.S., Kossov V.S. Theory and design of locomotives. – M.: Route, 2006. – 584 p.
4. Ibragimov M.A., Kiselev V.I. Dynamics of locomotives. – M.: RGOTUPS, 2005. – 128 p.
5. Dankovtsev V.T., Kiselyov V.I., Chetvergov V.A. Maintenance and repair of locomotives. – M.: Educational and Methodological Center for Education in Railway Transport, 2007. – 558 p.
6. Korneev S.A., Tribelsky M.I., Penkov I.A., Korneev V.S. Analytical method for calculating cylindrical rubber-cord shells // Modern technologies. System analysis. Modeling. 2014, no. 2(42), pp. 71-77.

Евдокимов Алексей Петрович – доктор технических наук, профессор a_evdo@mail.ru	Evdokimov Aleksey Petrovich – doctor of technical sciences, professor
--	--

Received 21.10.2025