

УДК 7.05:004

<https://doi.org/10.33619/2414-2948/116/17>

ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫСОКОНАГРУЖЕННЫХ КРЕСТОВЫХ МУФТ В СЛУЧАЕ РАВНОМЕРНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УДЕЛЬНЫХ НАГРУЗОК.

©Хейрабади Г., Азербайджанский государственный университет нефти
и промышленности, г. Баку, Азербайджан, gezale@mail.ru

©Амирова А., Азербайджанский государственный университет нефти
и промышленности, г. Баку, Азербайджан

OPTIMIZATION OF HIGHLY LOADED CROSS COUPLINGS IN CASE OF UNIFORM DISTRIBUTION OF SPECIFIC LOADS

©Kheyraadi Q., Azerbaijan State University of Oil and Industry,
Baku, Azerbaijan, gezale@mail.ru

©Amirova A., Azerbaijan State University of Oil and Industry, Baku, Azerbaijan

Аннотация. Одним из путей повышения качества продукции машиностроительной промышленности является увеличение применения в машиностроении прогрессивных конструкционных материалов проката из низко-легированной стали гнутых фасонных и точных профилей и т.д. Это требует улучшения конструкции и эксплуатационной надежности основных несущих элементов и механизмов производственного технологического оборудования, в том числе прокатных станов, блюмингов, карданных валов и других, в конструкции которых передача крутящего момента рабочим органам осуществляется посредством быстроразъемных соединений, называемых высоконагруженными крестовыми муфтами, способными передавать при невысоких оборотах крутящие моменты свыше 300 кНм при значительной несоосности соединяемых валов (до 3–5 мм) и углах наклона оси вилки по отношению к оси лопасти муфты до 8–10.

Abstract. One of the ways to improve the quality of products of the machine-building industry is to increase the use of progressive structural materials in machine-building rolling from low-alloy steel bent shaped and precision profiles, etc., which, in turn, requires improving the design and operational reliability of the main load-bearing elements and mechanisms of production process equipment, including rolling mills, blooming mills, cardan shafts and others, in the design of which the transfer of torque to the working bodies is carried out by means of quick couplings, called high-loaded cross couplings, capable of transmitting at low speeds torques over 300 kNm at a significant misalignment of the connected shafts (up to 3-5 mm) and angles of inclination of the fork axis with respect to the axis of the coupling blade up to 8-10.

Ключевые слова: муфты, машиностроение, конструкции, карданный вал.

Keywords: couplings, mechanical engineering, structures, cardan shaft.

За последние годы высоконагруженные крестовые муфты стали получать распространение и в других отраслях машиностроения, в том числе нефтяной, чем обуславливается актуальность вопроса о повышении их работоспособности путем уменьшения их массы и габаритов, повышения межремонтного срока службы, т. е. надежности работы. Недостаточная надежность работы существующих конструкций высоконагруженных крестовых муфт обуславливается тем, что удельная нагрузка на

контактной поверхности при передаче крутящего момента распределяется явно неравномерно, в основном по закону треугольника, причем максимальные значения удельных нагрузок имеют место на участках контактной поверхности с наибольшим радиусом качания за счет несоосности ведущего и ведомого валов муфты [1]. Это приводит к неравномерному износу трущихся поверхностей и быстрому выходу их из строя [2, 3]. Выравнивание удельных нагрузок на поверхности трения позволит исключить это явление и в значительной мере продлить долговечность основных рабочих элементов высоконагруженных крестовых муфт.

В настоящей работе сделана попытка доказать возможность повышения ресурса работы муфт, наиболее распространенного конструктивного исполнения с помощью уменьшения работы трения в основных рабочих органах (между лопастью и вкладышами) путем внесения незначительных изменений в их конструкцию с целью уравнивания удельной нагрузки между поверхностями трения вилки, лопасти и вкладышей. Для этого предлагается корпус вилки исполнить в виде равно-прочной балки, обеспечивающей такие его деформации, которые вызвали бы перераспределение контактного давления на поверхности трения и его выравнивание. Эта задача в точной постановке решается методами теории упругости и полученный результат может оказаться весьма громоздким и непригодным для практики инженерного расчета [4].

Однако в виду того, что основной целью решения этой задачи является не уточнение напряженного состояния лопасти, а выравнивание удельных нагрузок на поверхности контакта, в пределах определенных допущений задачу решаем методами сопротивления материалов. Согласно измененной конструкции вилки, предполагается, что выбранное конструктивное исполнение корпуса вилки обеспечивает равномерное распределение контактного давления на поверхности трения между лопастью и вкладышами. Определим закон изменения толщины стенки вилки, обеспечивающий такое распределение нагрузки q .

Поскольку каждая из сторон вилки под действием силы q работает на изгиб, то определяя толщину стенки сторон у основания, исходя из требований обеспечения необходимой прочности конструкции, а именно

$$h_0 \geq \sqrt[3]{3ql^2/b_0 - [z]} \quad (1)$$

можем найти закон изменения высоты сечения сторон вилки h

$$h=f(z) \quad (2)$$

при котором достигается поставленная цель выравнивания контактной нагрузки q . Эта полуобратная задача решается применением уравнения упругой линии изгиба сторон вилки под действием нагрузки q , равной

$$q=T_k/2b_0l^2 \quad (3)$$

где T_k — передаваемый муфтой эквивалентный крутящий момент; b_0 — ширина контактной поверхности вилки и вкладышей; l — длина контактной поверхности.

Уравнение изогнутой контактной поверхности сторон вилки имеет вид

$$EJ_y z' = M(z) \quad (4)$$

Интегрируя это уравнение, имеем

$$y' = Q_z = \int q(l-z)^2/2EJ_x dz. \quad (5)$$

Здесь E — модуль упругости материала муфты; J_x — осевой момент инерции сечений сторон вилки в z сечении. С другой стороны контактные поверхности вилки примут форму, соответствующую деформированному состоянию сторон лопасти под той же сплошной нагрузкой q , т. е.

$$y = \int_0^1 q(l-z)^2 / 2EJ_B dz = ql^3 / 6EJ_B [1 - (1-z/l)^2], \quad (6)$$

где J_B — момент инерции продольного сечения сторон вилки; h_B — высота сечения вилки, постоянная и не зависящая от координаты.

Приравнявая правые части (5) и (6) получим уравнение, в котором жесткость сторон вилки EJ довольно сложным образом зависит от z , т. е. трансцендентное уравнение относительно Y_x

$$l^2 / J_B [1 - (1-z/l)^3] = \int_0^z q(l-z) / J dz \quad (7)$$

Для раскрытия интеграла в правой части (7) представим осевой момент инерции J_x в следующем виде:

$$J_x = J_0 e^{-3z} \quad (8)$$

Здесь $J_0 = bh_0^3 / 12$ осевой момент инерции сторон лопасти у основания, т. е. при $h_x = 0$; b — неизвестный коэффициент, который находится из трансцендентного уравнения (7); e — основание натуральных логарифмов.

Учитывая (8) в уравнении (7), после выполнения операции интегрирования получим трансцендентное уравнение для поиска значения коэффициента b , удовлетворяющего условиям поставленной задачи, т. е. уравнение (7) примет следующий окончательный вид:

$$J_0 / J_B [1 - (1 - z/l)^3] = l^{bz} / bl (1 + 1/bl - z/l)^2 \quad (9)$$

Это уравнение удобнее всего решать графически либо с применением ЭВМ.

Для получения равнопрочной конструкции высоконагруженных крестовых муфт по предлагаемой методике, не меняя основных стандартных размеров их, достаточно простой механической обработкой придать наружной поверхности вилки форму, описываемую кривой согласно уравнению (9).

Выводы

Впервые поставлена и решена задача о выборе конструктивных параметров высоконагруженных крестовых муфт, обеспечивающая выравнивание удельной нагрузки контактной поверхности лопасти и вкладышей. Внедрение рекомендаций настоящей статьи в практику инженерного расчета и проектирования позволит значительно уменьшить работу трения на контактных поверхностях высоконагруженных крестовых муфт буровых установок и прокатных станов и тем самым удлинить межремонтный срок их службы с одновременным облегчением массы конструкции. Последнее немаловажно также для уменьшения динамических нагрузок, возникающих в конструкции.

Список литературы:

1. Целиков А. И., Смирнов В. В. Прокатные станы. М.: Металлургиздат, 1958.
2. Казымов М. И. Анализ и характер износа деталей универсального шпинделя в трубопрокатных станах оборудования. Баку: Изд-во АЗИНЕФТЕХИМа, 1983. С. 58-60.
3. Крагельский И. В. Трение, изнашивание и смазка. М.: Машиностроение, 1978.

4. Королев А. А., Николаевский М. М. Техническое оборудование цехов. М.: Металлургиздат, 1953.

References:

1. Tselikov, A. I., & Smirnov, V. V. (1958). Prokatnye stany. Moscow. (in Russian).
2. Kazymov, M. I. (1983). Analiz i kharakter iznosa detalei universal'nogo shpindelya v truboprokatnykh stanakh oborudovaniya. Baku, 58-60. (in Russian).
3. Kragel'skii, I. V. (1978). Trenie, iznashivanie i smazka. Moscow. (in Russian).
4. Korolev, A. A., & Nikolaevskii, M. M. (1953). Tekhnicheskoe oborudovanie tsekhov. Moscow. (in Russian).

*Работа поступила
в редакцию 28.04.2025 г.*

*Принята к публикации
06.05.2025 г.*

Ссылка для цитирования:

Хейрабади Г., Амирова А. Оптимизация высоконагруженных крестовых муфт в случае равномерного распределения удельных нагрузок // Бюллетень науки и практики. 2025. Т. 11. №7. С. 142-145. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/116/17>

Cite as (APA):

Kheyrabadi, Q., & Amirova, A. (2025). Optimization of Highly Loaded Cross Couplings in Case of Uniform Distribution of Specific Loads. *Bulletin of Science and Practice*, 11(7), 142-145. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/116/17>