

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ОТВЕТСТВЕННЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПУТЕМ МОДЕЛИРОВАНИЯ ИХ СБОРОЧНОГО ПРОЦЕССА

Водолазская Н.В.

Ключевые слова: моделирование, надежность, групповое резьбовое соединение, сборочные технологии, число обходов.

Аннотация. На примере ответственных групповых резьбовых соединений проанализированы возможности повышения надежности сборочных технологий. С учетом требований обеспечения герметизации стыка выполнен расчет усилий в крепежных деталях для случая многообходной затяжки. Проведено сопоставление теоретических моделей и результатов экспериментальных исследований процесса сборки таких соединений для различных значений относительной податливости деталей стыка.

IMPROVING RELIABILITY OF CRITICAL JOINTS BY MODELING THEIR ASSEMBLY PROCESS

Vodolazskaya N.V.

Keywords: modeling, reliability, group threaded connection, assembly technology, number of rounds.

Abstract. Using the example of responsible group threaded connections, the possibilities of improving the reliability of assembly technologies are analyzed. Taking into account the requirements to provide sealing of the joint, the forces in the fasteners are calculated for the case of multi-pass tightening. Comparison of theoretical models and results of experimental studies of the process of assembling such joints have been made for different values of relative compliance of joint parts.

Одной из важнейших составляющих системы обеспечения качества продукции является повышение надежности сборочных процессов [1-3]. Данное направление особенно актуально при рассмотрении вопросов эксплуатационной надежности ответственных соединений, к числу которых относятся групповые резьбовые соединения [4-10]. Технология сборки таких соединений предусматривает получение в крепежных деталях сравнительно одинаковых осевых усилий, при которых упругие деформации стягиваемых деталей при установившемся режиме работы будут находиться в определённых пределах, обеспечивающих плотность стыка [11, 12]. При этом возникает ряд проблем по обеспечению нормированного нагружения этих деталей, связанных с уменьшением осевых усилий, в ранее затянутых болтах при поочередной затяжке следующих болтов, а также с зависимостью такого уменьшения от относительной податливости элементов соединения и количества крепежных деталей. Решение указанных проблем можно проводить с помощью моделирования сборочного процесса в двух направлениях, а именно: последовательной затяжкой каждой из крепежных пар до разных усилий за один обход или осуществлением сборочного процесса путем получения необходимых усилий в крепежных деталях за несколько обходов. В связи с тем, что для сборки групповых резьбовых

соединений с высокой относительной податливостью и количеством собираемых пар больше четырех применение первого варианта становится нежелательным по условиям прочности крепежных деталей [13, 14], предпочтительным является осуществление многообходной затяжки.

С целью повышения надежности ответственных соединений и разработки методики расчетов меры нагружения крепежных деталей было выполнено математическое моделирование процесса такой затяжки, результатом которого явились следующие зависимости:

$$P_k^{(i)} = P(1 - \Delta P_k^i) = P(1 - \xi_k^i), \quad (1),$$

где $P_k^{(i)}$ - суммарное осевое усилие в деталях k - той пары после i - той затяжки в первом обходе, ΔP_k^i величина разгрузки в ранее затянутых парах, ξ_k^i - коэффициент разгрузки k -той пары.

А после окончания первого обхода (осуществления N - й затяжки) :

$$P_k^{(N)} = P(1 - \sum_{i=1}^{N-1} \psi_i) = P(1 - \xi_k^{(N)}), \quad (2)$$

где $\xi_k^{(N)} = \sum_{i=1}^{N-1} \psi_i$ - коэффициент разгрузки k - той пары после первого обхода,

$$\psi_i = \frac{\eta}{1 + (i-1)\eta} - \text{коэффициент } i\text{-той разгрузки,}$$

$$\eta = \frac{\lambda_1}{\lambda_0} - \text{относительная податливость группового резьбового}$$

соединения, λ_1 - податливость стягиваемых деталей стыка,

λ_0 - податливость крепежных деталей.

Общее усилие в соединении после первого обхода (когда $P_N^{(N)} = P$) составит:

$$Q^{(N)} = \sum P_k^{(N)} = PN(1 - \xi_k^{(N)}). \quad (3)$$

На основании полученных зависимостей были проведены расчеты степени нагружения крепежных деталей от количества затягиваемых деталей после трех обходов для групповых резьбовых соединений с учетом относительной податливости. Пример результатов такого расчета, графически отображающий эти зависимости, приведен на рисунке 1 (a - для $\eta=0,1$; b - для $\eta=0,3$). При этом ряд 1 -после первого обхода, ряд 2 -после второго обхода, а ряд 3 - после третьего обхода.

Для подтверждения полученных аналитических зависимостей проводилось сравнение расчетных значений степени нагружения затягиваемых крепежных деталей с экспериментальными результатами, полученными ранее [12] при затяжке группового резьбового соединения, которое уплотняет крышку химического сосуда высокого давления.

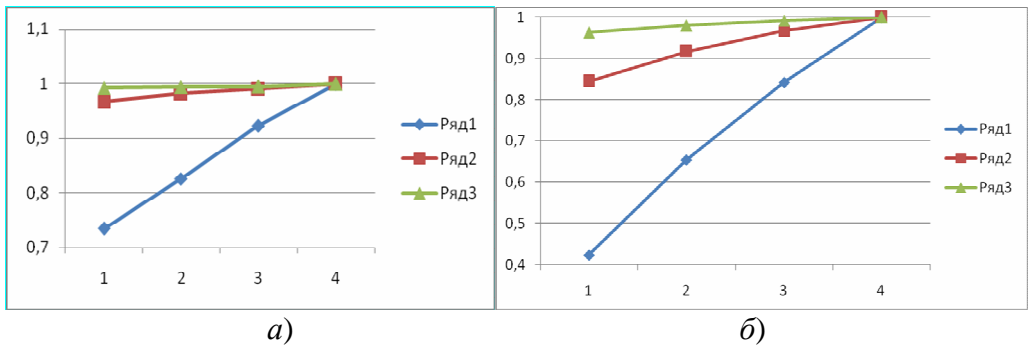


Рис. 1. Степень нагружения крепежных деталей при трех обходах

Сопоставление расчетных (ряд 1) значений после третьего обхода с экспериментальными значениями (ряд 2) графически представлено на рисунке 2.

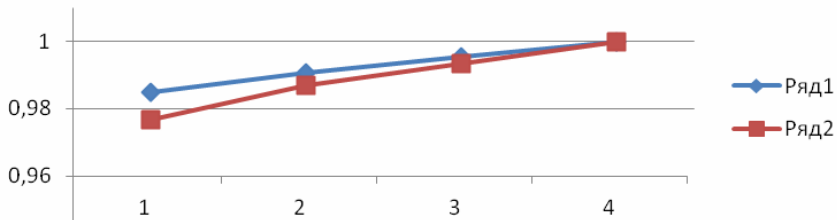


Рис. 2. Сравнение значений степени нагружения крепежных деталей

Полученные зависимости демонстрируют достаточную сходимость теоретических и экспериментальных результатов и позволяют обеспечить повышение надежности групповых резьбовых соединений за счет обеспечения плотности фланцевого стыка.

Список литературы

1. Водолазская Н.В. Моделирование технических систем для повышения надежности выпускаемой продукции. // Органическое сельское хозяйство: проблемы и перспективы. – Белгород, 2018. – С. 196-198.
2. Водолазская Е.Г., Водолазская Н.В. Управление процессом регулирования качества сборочных операций // Придніпровський науковий вісник. – 1998. – №110(177). – С. 19-21.
3. Водолазская Н.В. Модели, алгоритмы и технические средства обеспечения качества сборки резьбовых соединений. – Донецк: ДВНЗ «ДонНТУ», 2013. – 207 с.
4. Водолазская Н.В. Состояние и некоторые направления развития технологии сборки резьбовых соединений // Journal of Advanced Research in Technical Science. – 2016. – №3. – С. 20-23.
5. Водолазская Н.В., Искрицкий В.М., Водолазская Е.Г. Сборка резьбовых соединений. Проблемы и перспективы совершенствования технологии сборочных процессов. – Краматорск: ДГМА, 2014. – 192 с.

6. Vodolazskaya N.V. Compactness spatially – oriented of technological system for assembly of treaded connection // Research and Development in Mechanical Industry. – Vol. 1, Herceg Novi, 2003. – P. 578-586.
7. Водолазська Н., Водолазська О., Искрицький В. Проблеми автоматизації складання різевих з'єднань // Машинознавство. – 2001. – №11(53). – С. 51-53.
8. Водолазская Н.В., Водолазская Е.Г., Искрицкий В.М. Расчет параметров размерного ряда блоков технологического воздействия для сборки резьбовых соединений // UNITECH'03. Gabrovo, 2003. – С. 522-524.
9. Wodolazskaja N.W., Wodolazskaja E.G., Iskrickij W.M. Dynamika procesu modułowego montażu połączeń śrubowych // Technologia i automatyzacja montażu. – Warszawa: OBR“ТЕКОМА”, 2002. – №1. – С. 30-32.
10. Водолазская Е.Г., Водолазская Н.В., Искрицкий В.М. Сборка резьбовых соединений металлургического оборудования // Совершенствование процессов и оборудования обработки давлением в металлургии и машиностроении. – Краматорск, 1998. – С. 392-394.
11. Tarakhovskiy A., Kramar V. Evaluation of the influence of manufacturing errors on the quality of sealing joints installation // MATEC: Web of Conferences, 2018. – P. 01137.
12. Водолазская Н.В. Расчет параметров определенных технических систем на основе моделирования их сборочных процессов // Сборка в машиностроении и приборостроении. – 2018. – №9. – С. 425-429.
13. Водолазская Н.В. Теоретическая оценка вариантов сборки ответственных видов соединений // Journal of Advanced Research in Technical Science. – 2017. – №6. – С. 17-20.
14. Водолазская Н.В. Технологические особенности анализа сборочного процесса ответственных видов соединений // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2020. – №5. – С. 230-234.

References

1. Vodolazskaya N.V. Modeling of technical systems to improve the reliability of products // Organic agriculture: problems and prospects. – Belgorod, 2018. – P. 196-198.
2. Vodolazskaya E.G., Vodolazskaya N.V. Managing the process of regulating the quality of assembly operations // Dnieper scientific bulletin. – 1998. – №110(177). – P. 19-21.
3. Vodolazska N.V. Models, algorithms and means of ensuring quality of threaded connections assembly. – Donetsk: DonNTU, 2013. – 207p.
4. Vodolazskaya N.V. Condition and some directions of development of assembly technology of threaded connections // Journal of Advanced Research in Technical Science. – 2016. – Is. 3. – P. 20-23.
5. Vodolazskaya N.V, Iskrickij V.M., Vodolazskaya E.G. Assembly of threaded connections. Problems and prospects of the perfection of assembly technology processes: Monograph. – Kramatorsk: DSMA, 2014. – 192 p.

6. Vodolazskaya N.V. Compactness spatially – oriented of technological system for assembly of treaded connection // Research and Development in Mechanical Industry. – Vol. 1, Herceg Novi, 2003. – P. 578-586.
7. Vodolazska N., Vodolazska O., Iskrizkiyi V. Problems of automating the assembly of threaded joints // Mechanical Engineering. – 2001. – №11. – P. 51-53.
8. Vodolazskaya N.V., Vodolazskaya E.G., Iskrickij V.M. Calculation of dimensional parameters of a number of blocks of technological influence for threaded fasteners // UNITECH'03. Gabrovo, 2003. – P. 522–524.
9. Wodolazskaja N.W., Wodolazskaja E.G., Iskrickij W.M. Dynamika procesu modułowego montażu połączeń śrubowych // Technologia i automatyzacja montażu. – Warszawa: OBR“TEKOMA”, 2002. – №1. – P. 30-32.
10. Vodolazskaya E.G., Vodolazskaya N.V., Iskrickij V.M. Assembly of threaded joints of metallurgical equipment//Improvement of processes and equipment of pressure treatment in metallurgy and machine building – Kramatorsk, 1998. – P. 392-394.
11. Tarakhovskiy A., Kramar V. Evaluation of the influence of manufacturing errors on the quality of sealing joints installation // MATEC: Web of Conferences, 2018. – P. 01137.
12. Vodolazskaya N.V Calculation of parameters of certain technical systems on the basis of modeling of their assembly processes // Assembly in mechanical engineering and instrumentation. – 2018. – №9. – P. 425-429.
13. Vodolazskaya N.V. Theoretical Assessment of options of assembly of responsible connections types // Journal of Advanced Research in Technical Science. – 2017. – Is. 6. – P. 17-20.
14. Vodolazskaya N.V Technology ability of assembly process analysis of important types of connections // Assembly in mechanical engineering and instrumentation. – 2020. – №5. – P. 230-234.

Водолазская Наталия Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры Технической механики и конструирования машин, Белгородский государственный аграрный университет, г.Белгород, Россия, vnv26@bk.ru

Vodolazskaya Nataliia Vladimirovna – candidate of technical sciences, associate professor, Department of Technical Mechanics and Machinery Design, Belgorod State Agricultural University, Belgorod, Russia, vnv26@bk.ru

Received 16.09.2021