

3. Усталостный излом происходит, как правило, при нагружении по правой боковой поверхности.

4. Прочность спироидной передачи в целом определяется прочностью витков при их нагружении по правой боковой поверхности.

Библиографические ссылки

1. Гольдфарб В. И. Создание высокоэффективных редукторов приводов трубопроводной арматуры / В. И. Гольдфарб, Е. С. Трубачев // Трубопроводная арматура XXI века : материалы 1-й Междунар. конф. – Курган, 2008. – С. 68–76.
2. Гольдфарб В. И., Трубачев Е. С. Что делать и чего не делать при выборе и проектировании редукторов ТПА // Арматуростроение. – 2010. – № 1 (64). – С. 52–57.
3. Кузнецов А. С. Теоретическое и экспериментальное исследование статической нагруженности спироидной передачи : дис. ... канд. техн. наук. – Ижевск, 2005. – 186 с.

A. A. Kornilov, Postgraduate Student, Izhevsk State Technical University

D. E. Ivanov, Postgraduate Student, Izhevsk State Technical University

Some Results of Experimental and Calculation Evaluation of Complicated Parts Strength of Pipeline Valve Spiroid Gear Boxes

Methods and algorithms of strength evaluation of pipeline valve drives complicated elements, which are used in the Institute of Mechanics, IzhSTU, are described. Results of experimental and calculation evaluation of case-shaped parts and spiroid gear elements are given.

Key words: spiroid gearboxes, strength

Получено: 02.11.11

УДК 621.833

A. С. Кузнецов, кандидат технических наук

Д. Е. Иванов, аспирант

Ижевский государственный технический университет

ОСОБЕННОСТИ ПРОЧНОСТНЫХ РАСЧЕТОВ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ СПИРОИДНЫХ РЕДУКТОРОВ ЗАПОРНОЙ АРМАТУРЫ

Описывается методика оценки нагруженно-деформированного состояния корпусных деталей редукторов трубопроводной арматуры. Приводится анализ различных подходов к формированию расчетной схемы при моделировании нагружения корпуса спироидного редуктора.

Ключевые слова: корпусные детали, спироидные редукторы, прочность

Как известно, наряду с инженерными методиками в процессе проектирования изделий машиностроения, в том числе спироидных редукторов, используются численные методы, в частности, для прочностного расчета корпусных деталей применяется метод конечных элементов [1, 2, 3, 4]. Применение МКЭ обусловлено отсутствием аналитических зависимостей для расчета напряженно-деформированного состояния (НДС) корпуса в силу его сложной конфигурации (рис. 1).

Ниже рассмотрим основные особенности формирования расчетной схемы корпусных деталей многооборотных редукторов ТПА. Общий вид редуктора и разрезы по червяку и колесу приведены на рис. 2.

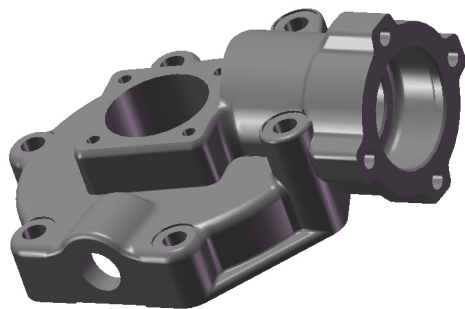


Рис. 1. Пример корпуса спироидного редуктора РЗАМ-С-500

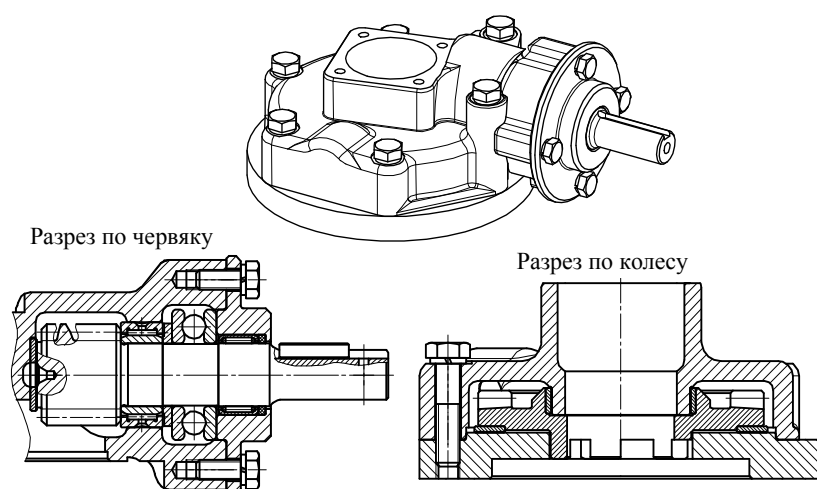


Рис. 2. Конструкция многооборотного редуктора ТПА РЗАМ-С-500

Редуктор состоит из корпуса, в котором смонтирована спироидная передача. Спироидная передача включает в себя спироидные червяк и колесо. Спироидный червяк заключен в две радиальные опоры качения, одну осевую опору качения и одну – скольжения, причем одна радиальная опора расположена во входном фланце редуктора, осевое усилие с червяка воспринимается либо фланцем, либо корпусом, в зависимости от того, какими поверхностями зубьев производится передача вращающего момента. Спироидное колесо имеет по одной осевой и радиальной опоре, радиальная нагрузка с колеса передается на корпус, а осевая нагрузка с колеса воспринимается основанием редуктора.

Исходными данными для расчетов корпусных деталей на прочность являются:

- 1) предельный вращающий момент на входном фланце редуктора;
- 2) реакции в опорах червяка и колеса, вычисленные для обеих рабочих поверхностей при действии предельного вращающего момента;

3) твердотельная модель корпуса, основания корпуса и фланца (или крышки) на входном валу;

4) механические характеристики материала.

Выполнение расчета МКЭ осуществляется в следующей последовательности [5, 6, 7]:

- 1) импорт твердотельной модели в систему МКЭ;
- 2) выбор типа конечных элементов и задание параметров материала;
- 3) формирование схемы нагружения, включающей выбор поверхностей закрепления, наложения на соответствующие поверхности усилий, и в случае расчета 3D-сборки определение параметров взаимодействия деталей друг с другом;
- 4) выбор размера и построение сетки конечных элементов;
- 5) собственно расчет;
- 6) обработка полученных результатов с целью выявления слабых мест.

Основным критерием для оценки результатов расчета является предел текучести σ_T для сталей и алюминиевых сплавов или предел прочности σ_B для чугуна. Расчетные напряжения не должны превышать указанных величин. В случае обнаружения участков конструкции, обладающих недостаточной прочностью, в исходные твердотельные модели вносятся изменения и расчет повторяется в соответствии с приведенной последовательностью, также одним из важных результатов является податливость конструкции в опорах спироидного червяка и колеса, применяемая при анализе реального спироидного зацепления.

Оценка НДС корпусных деталей является задачей оценки упругих деформаций и не требует специальных приемов ее решения. Так, например, для выбора типа и размеров конечных элементов, а также методов оценки точности полученных результатов применимы общие рекомендации, изложенные, например, в [8, 9].

Общей рекомендацией при выборе схемы закрепления рассчитываемой детали является применение ее базовых поверхностей для наложения условий закрепления. При этом под закреплением детали по поверхности понимается применение ограничения в виде требуемого количества и типа лишаемых степеней свободы. В нашем случае основными конструкторскими базами корпусов являются:

- базовая плоскость соединения с основанием редуктора – ограничивает вращение вокруг двух осей и одностороннее поступательное движение вдоль одной оси;
- центрирующий относительно основания пояс – ограничивает поступательное движение вдоль двух осей;
- крепежные отверстия (крепеж основания с корпусом) – лишает возможности вращения вокруг оси колеса и одностороннего поступательного движения вдоль одной оси.

Учитывая это, расчетная схема корпуса для случаев нагружения по правой и левой рабочим поверхностям, на первый взгляд, должна иметь вид, представленный на рис. 3. При этом усилия, передаваемые на поверхности корпуса от опор, распределены по соответствующей зависимости [10]. Применение такого подхода, когда расчету подвергается одна деталь, обеспечивает достаточно высокую его производительность. Однако практика испытаний говорит о неадекватности рассмотренной расчетной схемы, причины тому следующие:

- 1) закрепленные поверхности являются абсолютно неподвижными, в то время как основание, имеющее зачастую те же механические свойства, абсолютно жестким не является;

2) поверхности корпуса и основания, контактирующие по плоскости разъема, в силу усилий затяжки болтовых соединений участвуют в перераспределении радиальных и окружных сил, и центрирующий поясok оказывается менее нагружен;

3) между входным фланцем (крышкой) и корпусом происходят те же процессы, что и между корпусом и основанием.

Для исключения указанных неточностей и обеспечения большей адекватности исходной расчетной схемы реальному нагружению корпуса необходимо включить в расчетную схему детали «основание» и «фланец», а также их крепежные детали. Расчетные схемы для корпусных деталей редуктора приведены на рис. 4. Между поверхностями взаимодействующих деталей применены ограничения контакта «surface-to-surface», а также смоделировано болтовое соединение между ними.

Поскольку во втором варианте расчетной схемы осуществляется решение контактной задачи, продолжительность расчета существенно возрастает – с 10 мин до 4...8 ч (рабочая станция с 6-ядерным процессором с частотой 3 ГГц, объемом ОЗУ 8 ГБ).

Как показывает практика расчетов, а также результаты некоторых испытаний, отличия между результатами расчета для указанных расчетных схем может достигать 50 %: результаты расчета напряжений в области соединения деталей во втором случае оказываются меньше на 20...30 %, а в областях, удаленных от фланца и основания напряжения, выше на 30...50 %. Пример результатов расчета НДС для двух расчетных схем приведен на рис. 5.

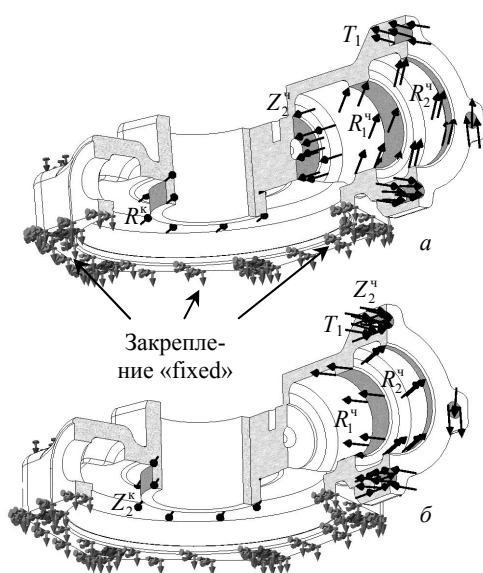


Рис. 3. Упрощенная расчетная схема корпуса редуктора РЗАМ-С-500: а и б – соответственно правая и левая рабочие поверхности

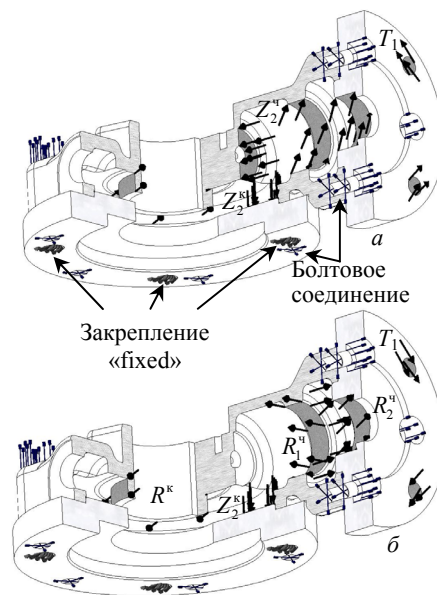


Рис. 4. Корректная расчетная схема корпуса редуктора РЗАМ-С-500: а и б – соответственно правая и левая рабочие поверхности

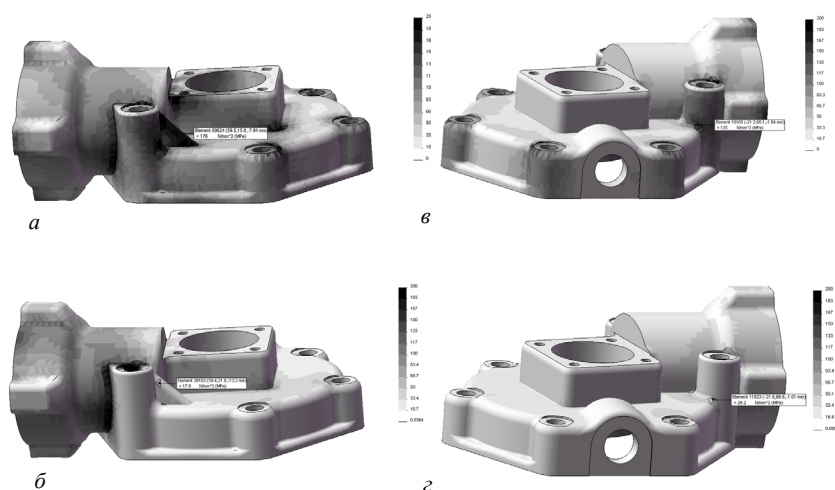


Рис. 5. Результат расчета НДС корпуса редуктора РЗАМ-С-500: а, б – передача вращающего момента левыми поверхностями зубьев, соответственно корректная и упрощенная схемы нагружения; в, г – то же для передачи вращения правыми поверхностями

Заключение

Описанная в статье методика применяется при проектировании многооборотных спироидных редукторов ТПА, что позволяет выпускать изделия с высокими нагрузочными и небольшими массогабаритными характеристиками.

Библиографические ссылки

1. Алямовский А. А. SolidWorks/COSMOSWorks. Инженерный анализ методом конечных элементов. – М. : ДМК Пресс, 2004. – 432 с.
2. Басов К. А. ANSYS в примерах и задачах / под общ. ред. Д. Г. Красовского. – М. : КомпьютерПресс, 2002. – 224 с.
3. Каплун А. Б., Морозов Е. М., Олферьева М. А. ANSYS в руках инженера : практ. рук-во. – М. : Едиториал УРСС, 2003. – 272 с.
4. Чигарев А. В., Кравчук А. С., Смалюк А. Ф. ANSYS для инженера : справ. пособие. – М. : Машиностроение-1, 2004. – 512 с.
5. Басов К. А. ANSYS в примерах и задачах.
6. Каплун А. Б., Морозов Е. М., Олферьева М. А. ANSYS в руках инженера.
7. Чигарев А. В., Кравчук А. С., Смалюк А. Ф. ANSYS для инженера
8. Алямовский А. А. SolidWorks/COSMOSWorks.
9. Басов К. А. ANSYS в примерах и задачах.
10. Справочник машиностроителя. – Т. 3. – М. : Машгиз, 1956. – 563 с.

A. S. Kuznetsov, Candidate of Technical Sciences, Izhevsk State Technical University
D. E. Ivanov, Postgraduate Student, Izhevsk State Technical University

Features of Strength Calculation of Valving Spiroid Gearboxes Housing Parts

The technique of stress-strain state evaluation of pipeline valves gearbox housing parts is described. The analysis is given of various approaches to the calculation scheme formation when modeling the loading of the spiroid gearbox housing.

Key words: housing parts, spiroid gearboxes, strength

Получено: 15.11.11