

УДК 621. 817

DOI: 10.35211/1990-5297-2021-10-257-39-42

А. В. Попов, И. В. Нотов, А. А. Рожнов

**ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ
ЭЛЕМЕНТОВ СФЕРИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗУЮЩЕГО МЕХАНИЗМА
ПРИ НЕОРТОГОНАЛЬНОМ РАСПОЛОЖЕНИИ НАРУЖНЫХ ШАРНИРОВ**

Волгоградский государственный технический университет

e-mail: apopov34@rambler.ru

Работа посвящена моделированию напряженно-деформированного состояния сферического преобразующего механизма с неортогональным расположением шарниров наружного кольца относительно оси качания промежуточного кольца. Показаны результаты моделирования нагружения основных элементов механизма в рабочем положении. На основе полученных данных выявлены наиболее опасные участки и даны рекомендации по проектированию.

Ключевые слова: сферический механизм, бесступенчатый привод, шарнирное соединение.

© Попов А. В., Нотов И. В., Рожнов А. А., 2021.

A. V. Popov, I. V. Notov, A. A. Rozhnov

**EXAMINATION OF STRESS-STRAIN STATE OF SPHERICAL
TRANSFORMING MECHANISM ELEMENTS AT NON-ORTHOGONAL
ARRANGEMENT EXTERNAL HINGES**

Volgograd State Technical University

Work is devoted to modeling of stress-strain state of spherical converting mechanism with non-orthogonal arrangement of hinges of outer ring relative to rocking axis of intermediate ring. Results of simulation of mechanism main elements loading in operating position are shown. Based on the obtained data, the most hazardous areas were identified and design recommendations were given

Keywords: spherical mechanism, stepless drive, articulated joint.

В последнее время наблюдается тенденция применения плавнорегулируемых передач во многих областях промышленности. Это объясняется бурным развитием техники и технологий, повышением требований к изготавливаемой продукции, а также ужесточением экологических норм, приводящим к совершенствованию уже известных и появлению новых механизмов. Одним из способов совершенствования, является повышение несущей способности элементов конструкции при сохранении или увеличении требуемой надежности, а также улучшении эксплуатационных, технических и скоростных показателей механизмов и машин в целом.

Проектные расчеты, как известно, основываются на прочностных зависимостях исходя из выбора материалов и их физико-механических свойств для деталей и расчета действующих нагрузок и рабочих напряжений. В предыдущих работах авторами уже были исследованы вопросы, связанные с распределением нагрузок и напряжений в звеньях сферического преобразующего механизма с двумя и тремя степенями свободы [1–4]. Для таких схем сферического преобразующего механизма выявлены наиболее нагруженные элементы и даны рекомендации по подбору и расчетам его отдельных деталей.

Как известно, работа сферического преобразующего механизма, заключается в преобразовании силовых и кинематических характеристик двигателя в регулируемые колебания и далее в требуемое движение исполнительного звена. Для преобразование во вращательное движение необходимо применение дополнительных устройств, например, обгонных муфт. Несмотря на то, что в результате такого трансформирования движения имеется некоторая нестабильность угловой скорости, регулирование передаточного отношения возможно в весьма

широком диапазоне, что дает преимущество перед другими преобразователями движения. Однако, здесь существует проблема выравнивания движения ведомого звена, что ограничивает область использования, особенно для машин, в которых предъявляются повышенные требования к плавности работы. В машинах, где небольшая вибрация положительно сказывается на технологическом процессе (например, приводы дозаторов сыпучих материалов) и в машинах, где имеются большие маховые массы, сглаживающие колебания скорости за счет инерции, применение регулируемых приводов на основе сферических механизмов достаточно перспективно.

В работе смоделирована работа и нагруженное состояние элементов сферического преобразующего механизма с неортогональным расположением наружного шарнира относительно оси вращения выходных цапф. Такое конструктивное решение способствует смещению фазы рабочего хода наружного кольца и уменьшению периода выбега, что сказывается на повышении плавности вращения ведомого звена [5].

В работе рассматривается в сравнении конструкции сферического механизма при размещении шарниров относительно оси цапф ведомого кольца под различными углами. Для сравнения приведено перпендикулярное расположение шарниров (рис. 1, а). Также приведены схемы неортогонального (60° и 30°) расположения указанных шарниров (рис. 1, б и в). Для определения действующих напряжений было смоделировано напряженно-деформированное состояние элементов сферического преобразующего механизма в рабочем положении, когда внутреннее и среднее кольца отклонены относительно оси вращения ведущего вала на регулируемый угол, т.е. указанные углы не равны 0° .

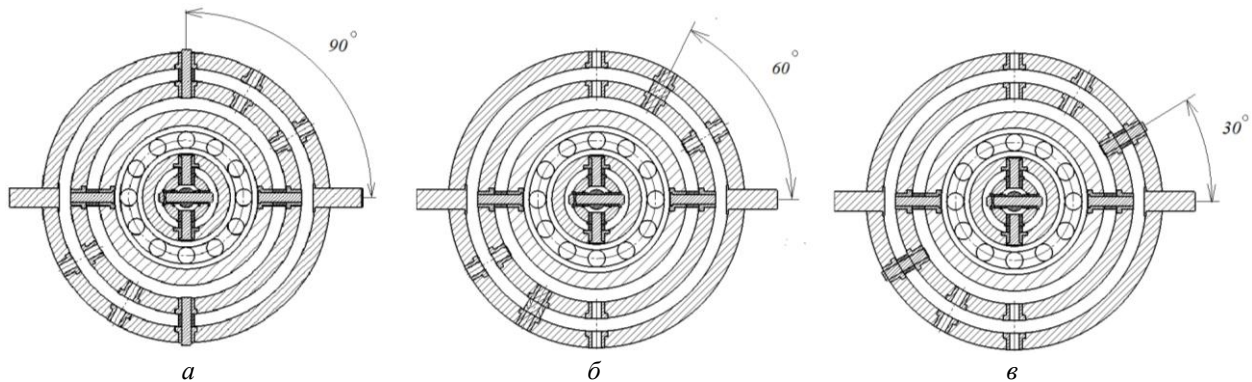


Рис. 1. Конструктивная схема сферического механизма с расположением шарниров относительно выходных цапф:
а – 90°; б – 60°; в – 30°

Ввиду того, что нагрузки на звенья механизма изменяются циклически, для сравнения были выбраны положения механизмов с максимальными значениями напряжений для каждого варианта установки шарниров (рис. 2). Анализ показал, что распределение напряжений при перпендикулярном расположении шарниров (рис. 2, а) повторило ранее полученные результаты [1–4]. Для шарниров, установленных под углом 60° (рис. 2, б), нагруженные элементы оказались теми же, но цикличность возрастания и убывания напряжений не совпала по фазе и максимальные значения наблюдались при различных углах поворота ведущего вала для каждой й пары сопряженных деталей. Так,

максимальные и близкие к критическим значения напряжений возникали в шарнирных соединениях в положениях механизма около крайних в момент смены направления движения выходного звена. Остальное время элементы испытывали напряжения не совпадающие по циклу друг с другом. Расположение шарниров под углом 30° (рис. 2, в) выявило одновременное нарастание и убывание напряжений в большинстве деталей, что показало чрезмерную нагруженность шарниров, ведущего вала, промежуточного и наружного колец. Однако, в другое время цикла работы механизма указанные звенья оказались недогруженными.

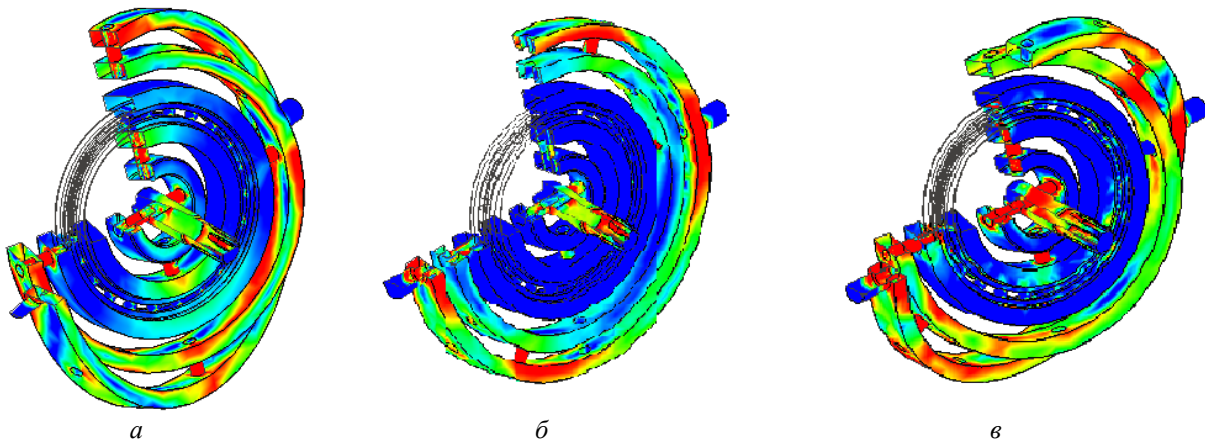


Рис. 2. Моделирование напряженно-деформированного состояния механизма в зависимости от рабочих положений шарниров при 90° (а), при 60° (б) при 30°(в)

Результаты моделирования напряженно-деформированного состояния сферического механизма с различным конструктивным решением по расположению шарниров показали, что величины напряжений, возникающие в элементах может отличаться до 30 % в зависимости от схемы. Поэтому модернизация и переналадка

такого типа механизма обязательно должна сопровождаться пересчетом и адаптацией силовых показателей работы привода в целом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Попов, А. В. Сравнительный анализ распределения напряжений в элементах различного конструктивного ис-

полнения шарнирного соединения сферического механизма / А. В. Попов, И. В. Нотов, А. А. Рожнов // Известия ВолгГТУ : научный журнал № 6 (253) / ВолгГТУ. – Волгоград, 2021. – (Серия «Проблемы материаловедения, сварки и прочности в машиностроении»). – С. 59–61.

2. *Попов, А. В.* Сравнительный анализ напряженно-деформированного состояния подшипника сферического преобразующего механизма различных схем исполнения / А. В. Попов, И. В. Нотов, А. А. Рожнов // Известия ВолгГТУ : научный журнал № 2 (249) / ВолгГТУ. – Волгоград, 2021. – (Серия «Проблемы материаловедения, сварки и прочности в машиностроении»). – С. 49–52.

3. *Попов, А. В.* Исследование распределения напряжений в шарнирном элементе ведущего кольца сферического преобразующего механизма / А. В. Попов, А. А. Рожнов, И. В. Нотов // Известия ВолгГТУ : научный журнал № 4 (239) / ВолгГТУ. – Волгоград, 2020. – (Серия «Проблемы материаловедения, сварки и прочности в машиностроении»). – С. 28–30.

4. *Попов, А. В.* Анализ напряженно-деформированного состояния ведущего вала сферического преобразующего механизма / А. В. Попов, И. В. Нотов, А. А. Рожнов // Известия ВолгГТУ : научный журнал № 10 (245) / ВолгГТУ. – Волгоград, 2020. – (Серия «Проблемы материаловедения, сварки и прочности в машиностроении»). – С. 39–41.

5. *Нотов, И. В.* Оценка неравномерности работы импульсного вариатора с двумя сферическими преобразующими механизмами / И. В. Нотов // XII Всероссийский съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики (г. Уфа, Республика Башкортостан, 19–24 августа 2019 г.) : сб.тр. В 4 т. Т.1. Общая и прикладная механика / Ин-т проблем сверхпластичности металлов РАН, Башкирский гос. ун-т, Уфимский гос. авиационный технический ун-т, Уфимский гос. нефтяной технический ун-т, Ин-т механики им. Р. Р. Мавлютова УФИЦ РАН [и др.]. – Уфа, 2019. – С. 589–590.