

ПРОЧНОСТЬ И РАБОТОСПОСОБНОСТЬ МАТЕРИАЛОВ И КОНСТРУКЦИЙ

УДК 621. 817

DOI: 10.35211/1990-5297-2024-6-289-50-53

А. В. Попов, И. В. Нотов

АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЗВЕНЬЕВ СФЕРИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗУЮЩЕГО МЕХАНИЗМА ПОРШНЕВОГО НАСОСА*

Волгоградский государственный технический университет

e-mail: apopov34@rambler.ru

В статье представлено конструктивное исполнение сферического преобразующего механизма, используемого в поршневом насосе, выполненного в виде 3D модели. Проведен анализ деформаций звеньев указанного механизма. Определены наиболее нагруженные элементы, и обосновано усилие на участках с максимальными напряжениями с целью определения влияния на объемную подачу жидкости.

Ключевые слова: сферический механизм, поршневой насос

A. V. Popov, I. V. Notov

ANALYSIS OF STRESS-STRAIN STATE OF LINKS OF SPHERICAL CONVERTING MECHANISM OF PISTON PUMP

Volgograd State Technical University

The article presents the design of a spherical converting mechanism used as a piston pump, made in the form of a 3D model. An analysis of the deformations of the links of the specified mechanism was carried out. The most loaded elements were determined and the force in areas with maximum stress was justified in order to determine the effect on the volumetric fluid supply.

Keywords: spherical mechanism, piston pump

Ранее авторами были описаны схемы приводов и трансмиссий транспортных средств, в которых основным элементом был импульсный вариатор со сферическими преобразующими механизмами [1; 2]. При этом стоит отметить, что область применения указанных механизмов может быть существенно расширена в зависимости от поставленной задачи. В данной статье проводится анализ напряженно-деформированного состояния разработанной конструкции сферического преобразующего механизма для использования его в качестве преобразователя движения насоса для перекачки высоковязких жидкостей.

На сегодняшний день в области перекачки жидкостей обладающих высокой вязкостью, например таких как: мед, цемент, тесто, крема, нефть и другие, в основном используют насосы винтового, шестеренчатого и мембранного ти-

пов. Недостатками этих конструкций являются повышенные требования к изготовлению отдельных деталей, использование дополнительного оборудования, как в случае применения насосов мембранного типа, а также в большинстве случаев отсутствие дополнительных возможностей по регулированию подачи жидкости.

Альтернативным вариантом известных конструкций насосов могут послужить, насосы со сферическим преобразующим механизмом, в котором регулирование подачи жидкости может осуществляться за счет изменения частоты оборотов двигателя, угла наклона внутреннего кольца механизма, так и комбинированным способом.

На рис. 1 показана трехмерная модель сферического преобразующего механизма в рабочем положении с двумя поршнями выполненная в среде автоматизированного проектирования *Autodesk Inventor Professional*. Работа дан-

ного механизма аналогична тому, что был ранее рассмотрен авторами в работах посвященных применению сферического преобразующего механизма в составе трансмиссий транспортных средств [3].

Преобразующий механизм состоит из ведущего вала 1, с установленным на нем через шарнир 2 внутренним кольцом 3. На последнем с помощью подшипника 4 крепится промежуточное кольцо 5, которое соединено шарнирами 6 с наружным кольцом 7, имеющим возможность качания на цапфах 8 относительно корпуса (на рисунке не показан). Особенностью конструкции является то, что наружное кольцо 7 кинематически связано посредством проушин 9, оси 10, шатуна 11 и поршневого пальца 12

с диаметрально расположенными поршнями 13.

При работе такого механизма колебания наружного кольца 7, будут преобразовываться в возвратно-поступательное движение поршней. Таким образом, регулирование подачи жидкости может происходить двумя способами: посредством изменения частоты вращения ведущего вала 1 или изменением угла наклона внутреннего кольца 3, тем самым увеличивая амплитуду колебания. Кроме того, внутренне, среднее и наружное кольца выполнены в виде сборных полуколец скрепленных между собой винтами 14, что упрощает сборку данного механизма и позволяет более надежно зафиксировать шарниры колец и цапф от проворачивания в соответствующих отверстиях.

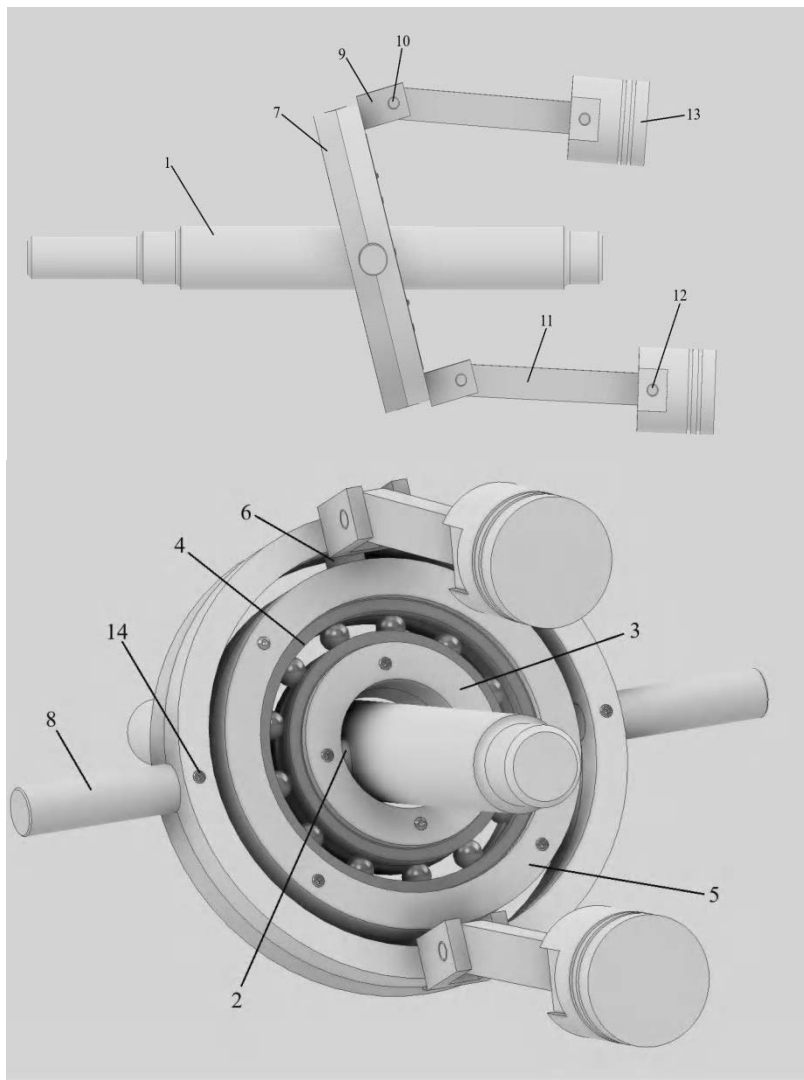


Рис. 1. Трехмерная модель сферического преобразующего механизма для поршневых насосов

Для определения и анализа деформаций звеньев сферического преобразующего меха-

низма с двумя степенями свободы с установленными на нем поршнями, движущимися

в противофазе, было смоделировано напряженно-деформированное состояние, результаты которого представлены на рис. 2.

Моделирование напряжений осуществлялось в программе *Autodesk Inventor Professional* с некоторыми допущениями. Поскольку модель на рис. 2 представляет результат статического расчета, то все элементы механизма были заменены соответствующими сопряжениями. Основным материалом конструкции была Сталь 40 ГОСТ 1050–2013 с пределом текучести 340 МПа, пределом прочности при растяжении 570 МПа [4]. Моделирование нагруженного состоя-

ния для анализа деформаций звеньев механизма осуществлялось приложением к ведущему валу модели крутящего момента $T = 100$ Н·м, для имитации внешней нагрузки ведомое звено модели жестко закреплялось, на днище поршня совершающего рабочий ход прикладывалось давление $P = 6$ МПа, а на днище поршня совершающего такт всасывания жидкости прикладывалось давление $P = 1$ МПа. В результате получены статические деформации элементов механизма и эпюры внутренних напряжений. Все данные визуализировались и масштабировались для удобства исследования.

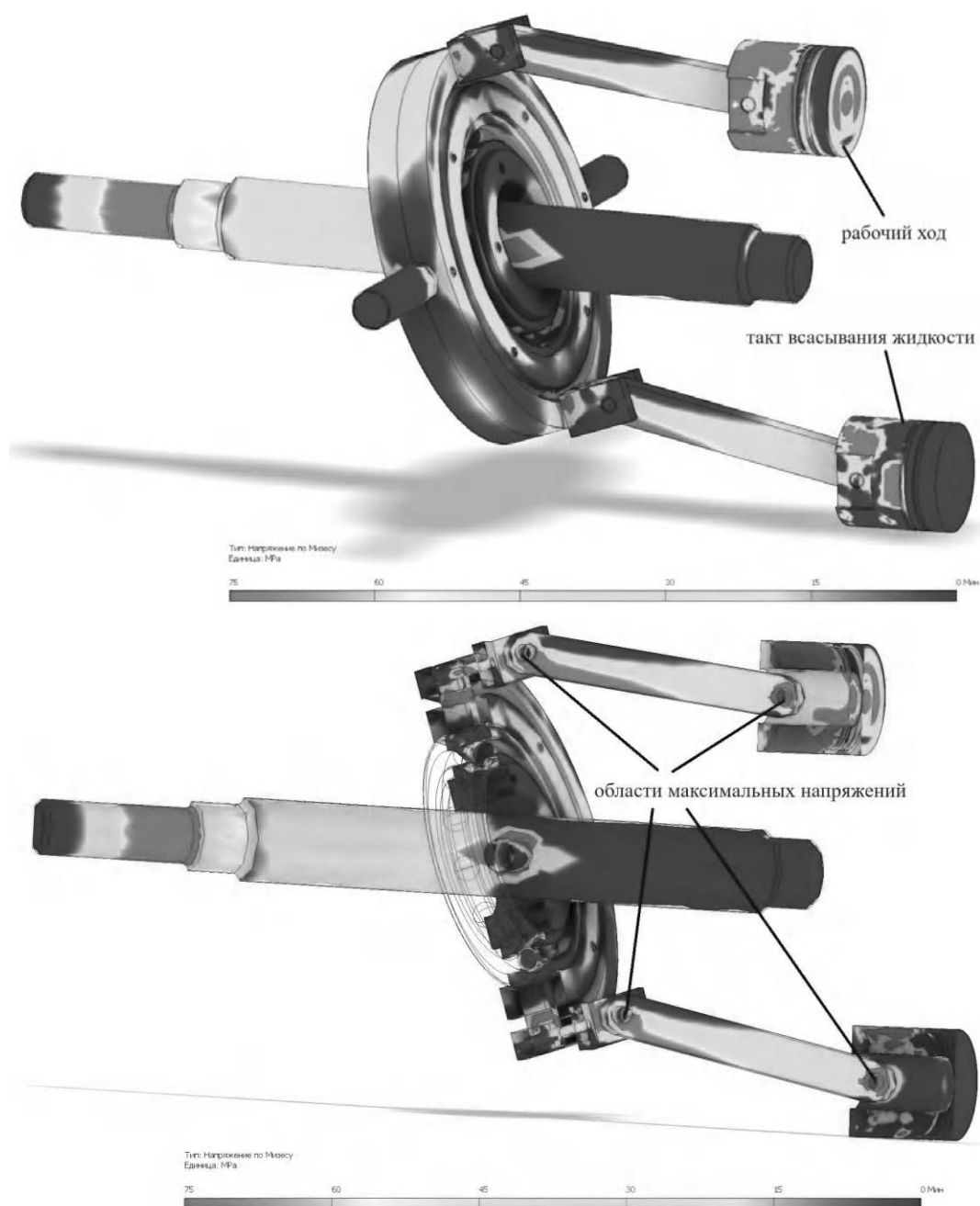


Рис. 2. Напряженно-деформированное состояние элементов механизма в рабочем положении

При анализе напряжений сферического преобразующего механизма можно заметить, что основные напряжения сосредоточены в основном в местах крепления поршня к шатуну и шатуна к наружному кольцу сферического механизма. Также за счет больших осевых нагрузок напряжения равномерно распределяются на половину диаметра наружного и среднего колец именно в той части механизма, где поршень совершает рабочий ход по перекачке жидкости, при этом вторая половина механизма остается слабо нагруженной.

По результатам моделирования в конструкции сферического механизма с двумя степенями свободы и выполненной в виде насоса для перекачки высоковязких жидкостей определены наиболее нагруженные участки, которыми являются места сопряжений деталей и колец механизма, которые в конкретный момент времени совершают такт рабочего хода для перекачки жидкости от чего воспринимают наибольшие осевые силы. По итогу проведенного исследования, данный вариант исполнения сферического преобразующего механизма показал удовлетворительные результаты и свою работоспособность, что может послужить интересом для дальнейших исследований и при-

менению указанного механизма в реальных производственных условиях эксплуатации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Нотов, И. В.* Варианты бесступенчато регулируемых трансмиссий для полноприводных транспортных средств малой мощности / И. В. Нотов, А. А. Рожнов // Проблемы механики современных машин : матер. VII междунар. науч. конф. (г. Улан-Удэ, 25–30 июня 2018 г.). В 2 т. Т. 1 / редкол. : В. С. Балбаров (отв. ред.) [и др.] ; Восточно-Сибирский гос. ун-т технологий и управления, Ин-т машиноведения им. А. А. Благонравова РАН, Уханьский текстильный ун-т (Китай), Иркутский гос. ун-т путей сообщения, Братский гос. ун-т. – Улан-Удэ, 2018. – С. 282–286.
2. *Попов, А. В.* Адаптация трансмиссии на основе регулируемого привода со сферическими механизмами для мототехники / А. В. Попов, А. А. Рожнов, И. В. Нотов // Инновационная наука. – 2020. – № 12. – С. 45–48.
3. *Нотов, И. В.* Теоретическое и экспериментальное исследование работы импульсного вариатора со сферическим преобразующим механизмом / И. В. Нотов // XXIII Региональная конференция молодых исследователей Волгоградской области (г. Волгоград, 11–14 декабря 2018 г.) : тез. докл. / редкол. : А. В. Навроцкий (отв. ред.) [и др.] ; Комитет образования, науки и молодежной политики Волгоградской обл., Совет ректоров вузов Волгоградской обл., Волгоградский гос. техн. ун-т. – Волгоград, 2019. – С. 45–46.
4. ГОСТ 1050–2013. Металлопродукция из нелегированных конструкционных качественных и специальных сталей. Общие технические условия (с Поправками) от 28 октября 2014 : дата введения 1 января 2015 г. – Москва : Стандартинформ, 2014. – 36 с.