

А. В. Попов¹, О. А. Попова²

АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ СФЕРИЧЕСКОГО ШАРНИРА ШТАТИВНЫХ ГОЛОВОК ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ ФИКСАЦИИ

¹ **Волгоградский государственный технический университет**

² **Волгоградская академия МВД РФ**

e-mail: apopov34@rambler.ru

Рассмотрены результаты моделирования напряженно-деформированного состояния различных конструктивных решений сферического шарнира штативной головки для установки и позиционирования измерительной, видео- и фотофиксирующей аппаратуры. Представлены сравнения нагруженности шарнира при различных способах фиксации. Приведены сравнения нагруженности пальца шарнира при закреплении фиксирующим винтом и прижимной шайбой. Обоснованы рекомендации по проектированию и выбору конструкции с учетом особенностей работы.

Ключевые слова: сферический шарнир, шаровая опора, шарнирное соединение.

A. V. Popov¹, O. A. Popova²

ANALYSIS OF STRESS STATE OF SPHERICAL JOINT OF TRIPOD HEADS WITH VARIOUS FIXATION METHODS

¹ **Volgograd State Technical University**

² **Volgograd Academy of the Ministry of the Interior of Russia**

The results of simulation of stress-strain state of various design solutions of spherical hinge of the tripod head for installation and positioning of measuring, video and photo-fixing equipment are considered. There are presented comparisons of hinge loading in different methods of fixation. Comparisons of hinge pin loading at fixation with fixing screw and pressing washer are given. Recommendations on design and design selection taking into account the peculiarities of the work are justified.

Keywords: spherical joint, ball support, hinge joint.

Любая аппаратура для выполнения своих задач требует определенного положения и ориентации в пространстве. Простейшим техническим средством, которое обеспечивает установку и закрепление в определенном операторском положении, являются опоры, называемые штативами. Наибольшее распространение по-

лучили штативы в виде треноги, которые, в зависимости от массы удерживаемого оборудования условно делят на легкие, средние и тяжелые [1]. Легкие, обычно, используются для простой измерительной, кино- и фотоаппаратуры массой до 5 кг. Средние применяются для оборудования массой до 30 кг. К этой группе

можно отнести мобильные измерительные комплексы видео- и фотофиксации, а также радары и камеры ГИБДД, например, «Арена-С» и «Крис-П», масса которых составляет до 15...20 кг. Тяжелые штативы могут зафиксировать в заданном положении оборудование массой до 120 кг (например, 1ШКС-М). Это актуально, главным образом, для профессиональной киносъемочной аппаратуры.

Штативы, в основном, состоят из основания (обычно – классическая тренога или набор треног с различной длиной ножек) и штативной головки, служащей для монтажа, закрепления и регулирования положения установленного оборудования. Простые неподвижные и не регулируемые штативные головки используют с легкой аппаратурой, не требующей частой перенастройки. Тяжелую и требующую точную настройку позиционирования технику устанавливают на регулируемые штативные головки, представленные в виде комплекса простых вращательных шарнирных соединений или сферических шарниров с тремя или более степенями подвижности. Последние отличаются компактностью и получили широкое распространение (Fujimi, Falcon, Manfrotto, Gitzo и др.).

Высокий износ сферических шарнирных соединений в результате трения, коррозии и невозможность восстановления необходимых характеристик в ходе ремонта поврежденных элементов требует детального рассмотрения условий нагружения и проработке новых способов увеличения долговечности [2, 3]. Это актуально и для шарниров штативных головок, которые имеют задачу удерживать и предотвращать падение дорогостоящей аппаратуры.

Современные регулируемые сферические шарниры штативных головок представляют шаровую опору, закрепленную либо удерживающим винтом (рис. 1, *а*), либо прижимной шайбой (рис. 1, *б*). В обоих случаях удержание пальца *1* с закрепленной на нем аппаратурой в заданном положении происходит за счет сил трения, которые реализуются и пропорциональны прижимной силе *F*.

В конструкции (рис. 1, *а*) палец *1* прижимается к чаше *2* удерживающим винтом *3* усилием *F*. В виду малой площади контакта удерживающего винта *3* с шаровой частью пальца *1* с целью повышения силы трения дополнительно устанавливают в этом месте окантовку из фрикционных полимеров.

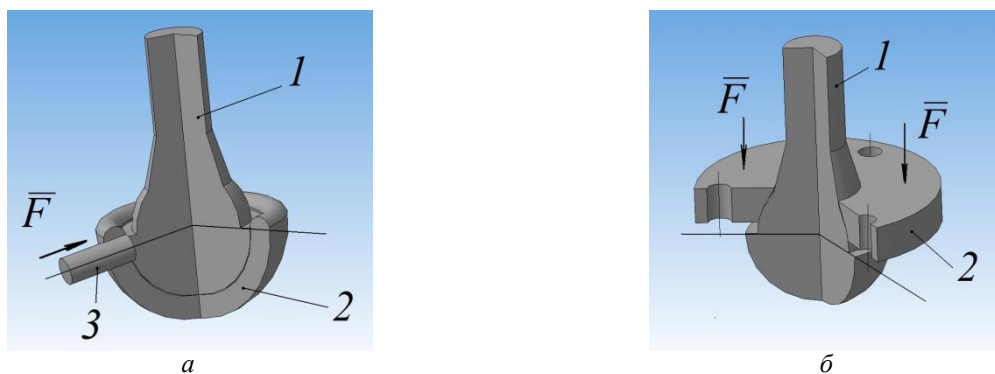


Рис. 1. Пространственная модель сферического шарнирной штативной головки:
а – закрепление удерживающим винтом, *б* – закрепление прижимной шайбой

В конструкции (рис. 1, *б*) палец *1* удерживается за счет трения шаровой части с чашей (на рисунке не показана) реализуемой усилием *F* прижимной шайбы *2*. В этом случае радиус чаши выполняется несколько меньшего радиуса шаровой части пальца. Также нижняя часть чаши может иметь полимерную вставку для повышения трения между контактирующими деталями.

В обоих случаях нагрузка для реализации удерживающего усилия трения приходится на тело пальца. В связи с чем проведено моделирование напряженно-деформированного со-

стояния этого элемента. Некоторые результаты моделирования изображены на рис. 2.

В процессе исследования было выявлено, что наибольшие нагрузки воспринимает сферическое сопряжение пальца в экваториальной его части. В случае с удерживающим винтом (рис. 2, *а*) максимальные напряжения носят локальный характер, при этом максимальные сосредоточены в месте касания удерживающего винта, а минимальные – в месте перпендикулярном ему и расположены симметрично по обе стороны сферической части. Анализ деформаций показал, что в этом месте они имеют

противоположный знак, что обеспечивает дополнительное прижатие к чаше, но способствует повышенному износу и уменьшению ресур-

са. Кроме этого, при таком закреплении пустотелые конструкции будут подвержены пластическим деформациям и менее надежны.

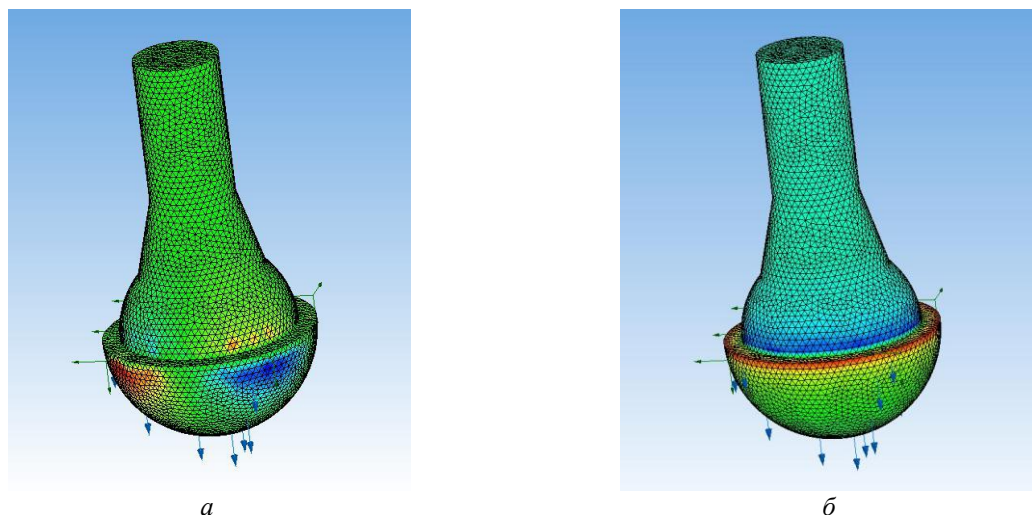


Рис. 2. Результаты моделирования напряженно-деформированного состояния пальца сферического шарнира при закреплении: удерживающим винтом (а), прижимной шайбой (б)

В случае закрепления пальца шарнира при помощи прижимной шайбы (рис. 2, б), область максимальных напряжений располагается также по экваториальной части сферического сопряжения, но напряжения распределены равномерно. Однако замечено, что место перехода между радиусами пальца имеет кольцевую область напряжений противоположного знака. Это обусловлено наличием концентратора напряжений в виде перехода малым радиусом. Поэтому данный тип фиксации подходит для пустотелых конструкций и пригоден, ввиду равномерного распределения нагрузки, для длительного использования.

В обоих случаях, с целью повышения трения и снижения вероятности произвольного проворачивания пальца шарнира, следует контролировать и обращать внимание на износ шаровой поверхности в экваториальной области.

Оптимизация конструкции шарнирного соединения штативной головки и выработка рекомендаций по проектированию сводится так-

же к оптимальному выбору материалов с различными физико-механическими свойствами для чаши и пальца исходя из уменьшения локальных напряжений. В качестве рекомендаций, можно сделать вывод, что для тяжелой, громоздкой и дорогостоящей аппаратуры следует использовать крепление с помощью прижимной шайбы, это положительно скажется на надежности закрепления, точности позиционирования и на износостойкости такого соединения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Ершов, К. Г.* Киносъемочная техника / К. Г. Ершов. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1988. – 272 с.
2. *Смирнов, Ю. П.* Об эффектах трения в сферическом шарнире / Ю.П. Смирнов // Известия ТулГУ. Технические науки. – Тула, 2012. – Вып. 2. – С. 387–394.
3. *Михайлов, А. Н.* Расчет относительных перемещений в системе втулка-палец шаровой опоры / А. Н. Михайлов, А. Н. Голубов // Прогрессивные технологии и системы машиностроения. – Донецк, 2016. – № 4(55). – С. 10–17.