

УДК 618.718.4

В.В. Волков, аспирант*Севастопольский национальный технический университет**Лаборатория биомеханики**ул. Университетская 33, г. Севастополь, Украина, 99053**E-mail: sevbiolab@gmail.com***РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ИМПЛАНТАТА ОБОЛОЧЕЧНОГО ТИПА**

Представлена новая анатомически-адаптирующаяся конструкция эндопротеза тазобедренного сустава с головкой, которая представляет собой тонкостенную сферическую оболочку, заполненную жидкостью с избыточным давлением.

Ключевые слова: *сферическая оболочка, имплантируемая металлоконструкция, жёсткость, работоспособность.*

Разработка новых имплантируемых металлоконструкций является актуальной инженерной задачей, представляющей особый интерес в изучении подобных объектов с точки зрения механики деформируемого твёрдого тела. В процессе разработки имплантируемых металлоконструкций целесообразно приближать их характеристики к характеристикам естественных суставов. Имплантаты должны обладать требуемой долговечностью, надёжностью, биоинертностью, быть доступными для потребителя и обеспечивать естественное качество жизни человека.

В Межведомственной лаборатории биомеханики Севастопольского национального технического университета разработана серия конструкций эндопротезов тазобедренного сустава (ЭТБС) с гидронаполненной полый головкой, выполненной в виде тонкостенной сферической оболочки. Данная конструкция является результатом совершенствования разработки, на которую получен патент Украины на изобретение № 62786А [1], представляющей собой имплантат с полый сферической головкой, конструкция которого рассмотрена в работах [2–4], где определены этапы её дальнейшего совершенствования по направлениям:

1. Снижение массы эндопротеза за счёт уменьшения толщины стенки его головки – с целью приближения массы имплантата к массе естественного сустава.
2. Приближение жёсткости металлической полый головки к жёсткости костной ткани естественного сустава – для обеспечения упругих характеристик имплантата.

Цель исследований – создание анатомически-адаптирующейся конструкции ЭТБС, содержащей полую сферическую головку, характеристики которой были бы приближены к характеристикам головки бедренной кости человека (рисунок 1).



Рисунок 1 – Рентгенограмма тазобедренного сустава человека

В результате выполненных работ созданы технологии изготовления и опытные образцы инновационной высокотехнологичной конструкции ЭТБС, имеющие следующие отличительные особенности [5]:

1. За счёт дополнительного снижения определенного количества объема металла, находящегося в головке имплантата, масса искусственного сустава приближена к массе естественного, что, тем самым, обеспечивает биомеханику искусственного сустава близкую к биомеханике естественного сустава.
2. Жёсткость головки эндопротеза приближена к жёсткости костной ткани естественного сустава человека. Толщина стенки оболочки уменьшена, а сама головка заполнена биоинертной жидкостью с избыточным давлением.

3. Улучшены демпфирующие характеристики эндопротеза по восприятию ударно-динамических нагрузок на ножку (без потери устойчивости стенки головки).
4. Улучшены прочностные характеристики при действии нагрузки, следовательно, уменьшена вероятность её расшатывания.
5. Увеличен срок службы имплантата.

Вышеперечисленные особенности обеспечиваются преимуществами конструкции головки эндопротеза, представленного на рисунке 2.

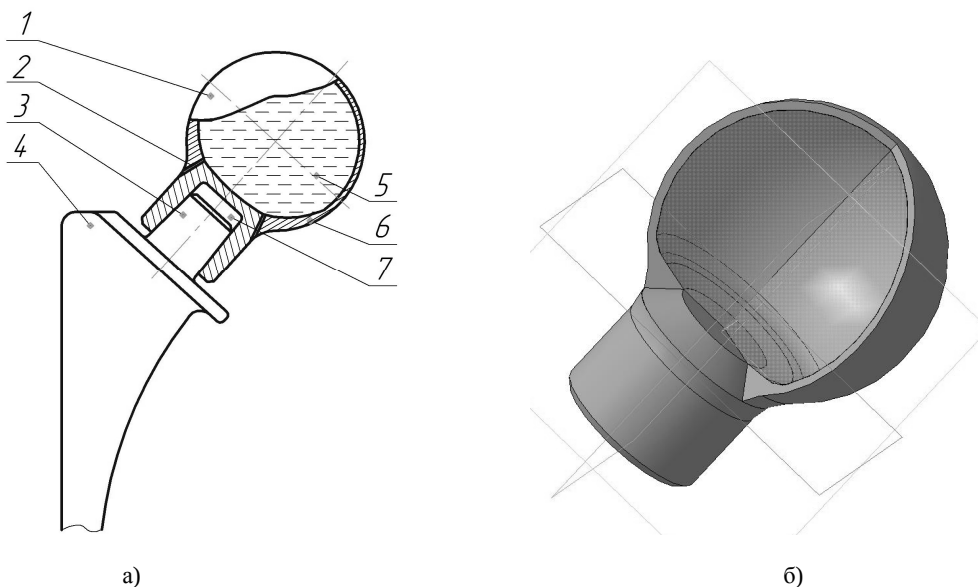


Рисунок 2 – Изображение элементов конструкции эндопротеза тазобедренного сустава с гидронаполненной головкой: а) чертёж с указанием основных элементов эндопротеза: 1 – полая головка ЭТБС; 2 – резьба; 3 – шейка ЭТБС; 4 – ножка ЭТБС (изображена усечённой); 5 – биоинертная жидкость; 6 – сферическая оболочка; 7 – коническое отверстие; б) 3D-модель гидронаполненной головки с шейкой.

Таким образом, на базе ранее разработанного имплантата удалось создать новый, который позволил не только усовершенствовать предыдущую конструкцию, но и обеспечить анатомическую адаптацию ЭТБС, что, в итоге, существенно повышает ресурс пациента.

На рисунке 3 для сравнения представлены модели конструкции ЭТБС с полой головкой [1] и разработанной на её базе инновационной конструкции ЭТБС с гидронаполненной головкой, представляющей собой тонкостенную сферическую оболочку [5].

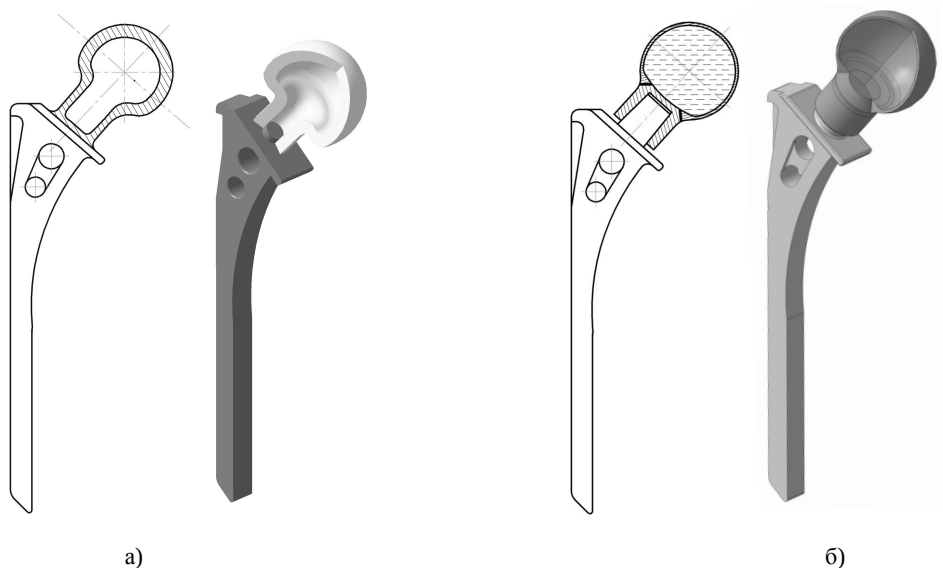


Рисунок 3 – Сравнение ЭТБС:
а) ЭТБС с полой головкой; б) ЭТБС с полой гидронаполненной головкой;

На разработанную конструкцию ЭТБС получен патент Украины на изобретение № 93823 (рисунок 4).



Рисунок 4 – Патент на разработанную инновационную конструкцию ЭТБС

Одним из этапов дальнейших исследований данной имплантируемой металлоконструкции будет оценка прочности её несущих элементов, в частности, головки эндопротеза, представляющей собой гидронаполненную тонкостенную сферическую оболочку, рассматриваемую как ёмкость под действием равномерного давления. Схема нагружения такой оболочки дана на рисунке 5 [6].

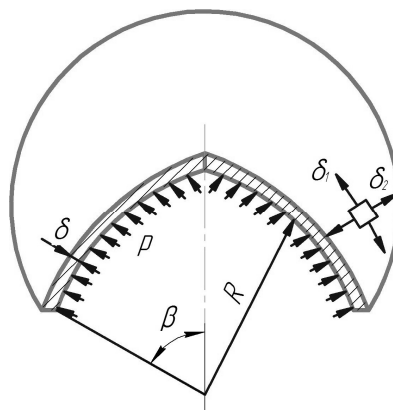


Рисунок 5 – Схема нагружения сферической оболочки давлением и действующие напряжения

Для расчётов на прочность такой системы вдали от закреплённых краёв оболочки с достаточной точностью могут использоваться формулы безмоментных теорий [6]. Некоторые расчётные формулы, которые предполагается применять для оценки прочности исследуемого имплантата, представлены ниже. При данной схеме нагружения (рисунок 5) возникают меридиональные σ_1 и кольцевые σ_2 напряжения. Расчёт этих напряжений производится по формуле [6]: $\sigma_1 = \sigma_2 = \frac{pR}{2\delta}$, где p – величина действующего равномерного давления, R – радиус кривизны гладкой тонкостенной сферической оболочки; δ – толщина стенки оболочки.

При заданном давлении p и допускаемых напряжениях $[\sigma]$ требуемая минимальная толщина стенки головки ЭТБС определяется из соотношения [6] $\delta = \frac{pR}{2[\sigma]}$.

Приращение радиуса сферы R от давления p можно определить по формуле [6]: $\Delta = 0,35 \frac{pR}{E\delta}$.

Следует отметить, что рассматриваемая конструкция ЭТБС является достаточно сложным объектом исследований, представляющими особый интерес в области механики деформируемого твёрдого тела. В частности, актуальной задачей является оценка работоспособности несущих элементов имплантата (тонкостенной сферической гидронаполненной оболочки) с применением специальных разделов теории оболочек, что и является, на данный момент, перспективой дальнейших исследований.

Библіографічний список використаної літератури

1. Патент 62786А України, МКИ ⁷ А 61 F 2/32. Однополюсный эндопротез тазобедренного сустава / М.И. Калинин, В.И. Пахалюк, А.М. Поляков, Г.Д. Олиниченко. — № 2003054917; Заявл. 29.05.03; Оpubл. 15.12.03. Бюлл. №12 // Промислова власність. — 2003.
2. Оценка НДС однополюсного эндопротеза тазобедренного сустава с полый головкой / А.М. Поляков, М.И. Калинин, В.И. Пахалюк, Г.Д. Олиниченко // Актуальні питання сучасної ортопедії та травматології: матер. всеукраїн. науково-практ. конф. Вид-во інститута травматології та ортопедії АМН України. — К., 2004. — С. 73.
3. Волков В.В. Оценка устойчивости полый головки эндопротеза тазобедренного сустава под действием внешней нагрузки / В.В. Волков, М.И. Калинин // Вестник СевНТУ: сб. науч. тр. Сер. Механика, энергетика, экология. — Севастополь: СевНТУ, 2010. — Вып. 110. — С. 235–238.
4. Конечно-элементный анализ НДС имплантируемых конструкций оболочечного типа / В.В. Волков [и др.] // Динамика, надежность и долговечность механических и биомеханических систем и элементов их конструкций: матер. междунар. научн.-техн. конф. — Севастополь: СевНТУ, 2009. — С. 79–80.
5. Пат. 93823 Україна, МПК ⁷ А 61 F 2/30. Однополюсный эндопротез кульшового суглоба / В.В. Волков, М.И. Калинин, В.И. Пахалюк, О.В. Коваленко, Г.Д. Олиниченко [та ін.]. — № а2010 04247; Заявл. 12.04.10; Оpubл. 10.03.11. Бюлл. №21 // Промислова власність. — 2011.
6. Лизин В.Т. Проектирование тонкостенных конструкций: учеб. пособ. для студ. вузов / В.Т. Лизин, В.А. Пяткин. — М.: Машиностроение, 2003. — Разд. 4. — С. 195–199.

Поступила в редакцию 7.06.2011 г.

Волков В.В. Розробка конструкції імплантату оболонкового типу

Розробка нових металоконструкцій для імплантації є актуальним інженерним завданням, що представляє особливий інтерес у вивченні подібних об'єктів з точки зору механіки деформівного твердого тіла. Представлена нова анатомічно-адаптована конструкція ендопротеза кульшового суглоба з головкою, яка являє собою тонкостінну сферичну оболонку, заповнену рідиною з надлишковим тиском.

Ключові слова: сферична оболонка, металоконструкція, що імплантується, жорсткість, працездатність.

Volkov V.V. Development of a design for the implant shell type

The development of a new implantable metal is an vital engineering problem, of particular interest in the study of such objects from the viewpoint of solid mechanics. The paper presents a new anatomically-adaptable design of hip arthroplasty with the head, which is a thin-walled spherical shell filled with fluid overpressure.

Keywords: spherical shell, implantable metal structure, stiffness, efficiency.