

УДК 621.86.001.66

© 2004 г. **Джолдасбеков У.А.**, Джолдасбеков С.У., Темирбеков Е.С., Савельев Е.Н.**ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СИЛОВОЙ АНАЛИЗ
ШАРНИРНО-РЫЧАЖНОГО ПОДЪЕМНИКА**

Представлены результаты теоретического и экспериментального исследования шарнирно-рычажного подъемника. Анализ результатов показал эффективность применения метода конечных элементов по сравнению с кинетостатическим расчетом. Результаты расчета сравниваются с экспериментальными.

Теоретическое исследование шарнирно-рычажных механизмов традиционно начинается с определения структуры. Затем определяются кинематические и другие параметры. Для оценки работоспособности, определения оптимальных сечений элементов конструкции и выбора необходимых материалов проводится силовой расчет.

Методы аналитической кинетостатики основаны на сведении задачи определения сил реакций в кинематических парах и уравнивающей силы к решению систем линейных алгебраических уравнений равновесия звеньев. Кинетостатический анализ механизма проводится для определения движущей силы или момента (в зависимости от вида ведущего звена), приложенных к ведущему звену, и реакций в кинематических парах при известной полезной нагрузке, приложенной в рабочей точке. Рассматриваемые равновесия всех звеньев механизма в совокупности дают систему линейных алгебраических уравнений относительно неизвестных реакций. Условия равновесия звеньев механизма приводятся к линейной системе уравнений, решая которую находим реакции в шарнирах.

В некоторых случаях силовой анализ шарнирно-рычажных механизмов представляет значительные трудности, так как приходится учитывать, что трехмерная кинематическая схема реальной конструкции, согласно формуле Малышева, формально обладает избыточным числом геометрических связей. Наличие избытка этих связей в кинематических схемах можно обнаружить практически в любом реальном шарнирно-рычажном механизме.

Для силового анализа при наличии избыточных связей обычно используется метод конечных элементов (МКЭ) в варианте перемещений. В данной методике исследуемая трехмерная конструкция разбивается на конечные стержневые элементы, соединенные в узлах. Решение на всей области определяется через узловые значения с помощью функций форм. При этом решаются краевые задачи механики деформируемого твердого тела.

Из решения краевых задач определяются функции перемещений по длине стержневых элементов, с помощью которых находятся компоненты усилий в узлах.

Шарнирно-рычажные механизмы используются во многих отраслях промышленности. Способность этих механизмов воспроизводить строго заданную траекторию движения рабочего органа при одном приводе дало возможность использовать их в качестве манипуляционных и подъемных устройств. На базе теоретических исследований кинематики, кинетостатики и теории прочности разработаны и изготовлены различные конструкции шарнирно-рычажных механизмов: подъемные устройства, грузозахватные механизмы, манипуляторы и другие устройства IV, III и II классов [1].

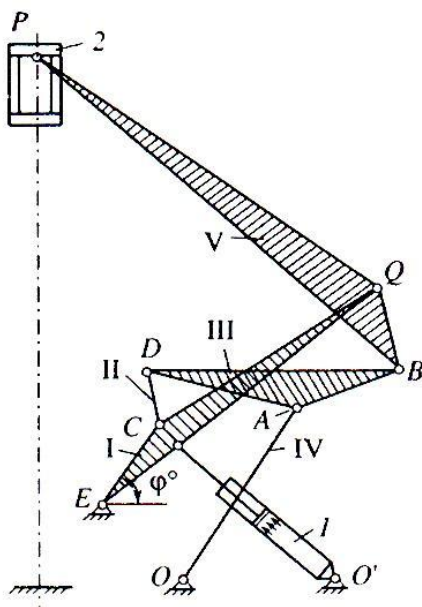


Рис. 1

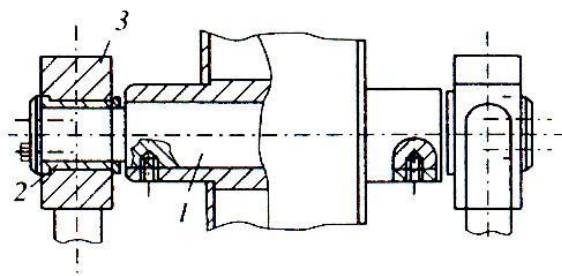


Рис. 2

Основной особенностью действующих шарнирно-рычажных механизмов является то, что при структурном, кинематическом и силовом исследованиях чаще всего применяется плоская модель. При конструировании и изготовлении механизмов приходится исходить из того, что для фактической работоспособности, оптимальной грузоподъемности, устойчивости и прочности их конструкции представляют собой шарнирно-рычажные механизмы пространственной топологии. Это значит, что практически каждое из звеньев разнесено в пространстве и имеет не менее двух параллельных звеньев, а в шарнирном узле (кинематической паре) соединяются не только два, но три и более звеньев.

Спроектированный и изготовленный опытный образец шарнирно-рычажного подъемника ВШД-8 предназначен для подъема людей и грузов при производстве ремонтных, строительного-монтажных, отделочных и других видов работ на высоте. С целью уточнения теоретических данных силового расчета, проверки технических параметров и оценки работоспособности подъемника ВШД-8 проведены экспериментальные исследования [2].

Технические характеристики подъемника ВШД-8: высота подъема пола рабочей площадки от земли 6,5 м; грузоподъемность 150 кг; отклонение рабочей площадки от вертикальной прямой при подъеме не более 0,2 м; тип привода электро-гидравлический; габариты в транспортном положении (длина, ширина, высота) 4,4, 1,2, 2,2 м; масса 1000 кг.

Целью экспериментальных исследований шарнирно-рычажного подъемника ВШД-8, в основу которого положен механизм III класса, являлось определение поперечных нагрузок в шарнирных узлах (кинематических парах) в зависимости от величины поднимаемого груза и его положения относительно движения ведущего звена. Кинематическая схема подъемника приведена на рис. 1. Подъемник имеет один привод – гидроцилиндр 1. Рабочий орган – подъемная площадка 2 совершает строго вертикальное движение, что является главным назначением данной конструкции. Объектом исследования являлись шарнирные узлы B, C, D, Q. Схема конструкции шарнирных узлов приведена на рис. 2. Шарнирный узел состоит из ступенчатой стальной оси 1, помещенной в опоры скольжения 2, которые запрессованы в корпуса 3, приваренные к звеньям подъемника.

Средством измерения усилий в шарнирных узлах являлись тензорезисторы, расположенные на тензометрических осях. Тензометрические оси представляют собой

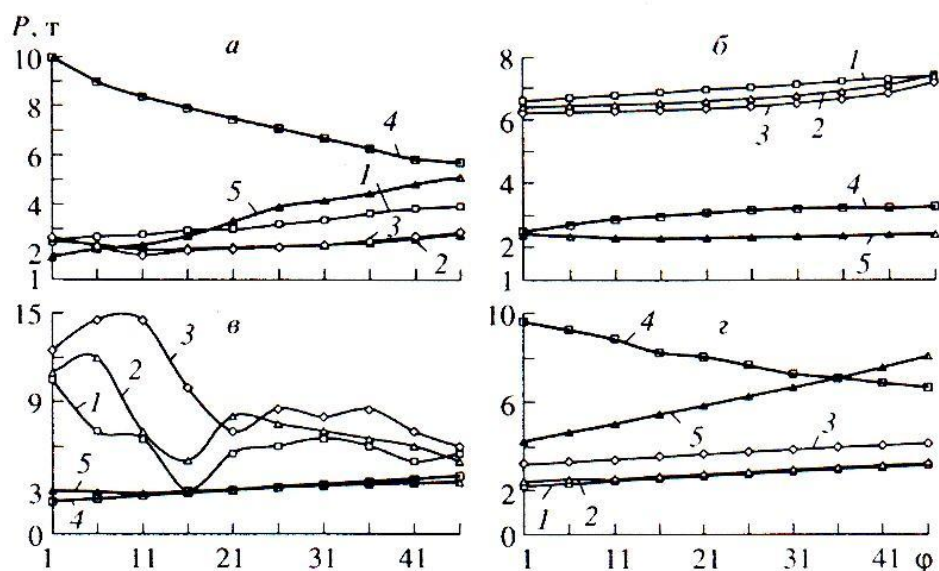


Рис. 3

аналоги рабочих осей подъемника с наклеенными на них определенным образом тензодатчиками, позволяющими определять величины деформаций изгиба, растяжения–сжатия и кручения. Анализ работы шарнирно-рычажных механизмов показывает, что передача нагрузки от звена к звену происходит через ось шарнирного узла, которая воспринимает, в зависимости от конструктивных особенностей и назначения, деформации изгиба, растяжения–сжатия и кручения. Для данной конструкции наиболее выраженной и определяемой является деформация изгиба оси шарнирного узла.

Тарировку тензометрических осей проводили на специально изготовленном тарировочном стенде. С его помощью получены зависимости деформаций изгиба тензометрических осей от величины приложенной поперечной нагрузки, в условиях близких к условиям работы на реальной модели шарнирного узла подъемника. После проведения тарировки, тензометрические оси были помещены в шарнирные узлы *B*, *C*, *D*, *Q* подъемника вместо его рабочих осей.

На рис. 3 кривыми 1, 2, 3 показаны экспериментальные зависимости усилий в шарнирных узлах *B*, *C*, *D*, *Q* от угла φ ведущего звена при работе с грузом 100, 200, 300 кг и расчетные зависимости, полученные методом кинетостатики (кривые 4) и методом МКЭ при работе с грузом 200 кг.

Сравнивая экспериментальные и теоретические значения поперечной нагрузки в шарнирных узлах подъемника ВШД-8 можно сделать следующие выводы. Результаты, полученные МКЭ [3] для шарнирных узлов *B* и *Q* (рис. 3, а, г), имеют качественный схожий характер и близкие численные значения с экспериментальными результатами. Это объясняется учетом при расчете конструктивных параметров физико-механических свойств применяемых материалов и пространственной топологии конструкции. Результаты, полученные методом кинетостатики для шарнирных узлов *B*, *C* и *Q* ни качественно, ни количественно не совпадают с экспериментальными данными. Это объясняется тем, что расчетная модель – плоская, и при расчетах не учитывали конструктивные особенности и механические свойства применяемых материалов.

Для шарнирного узла *D* (рис. 3, в) теоретические и экспериментальные данные не имеют ни качественной, ни количественной схожести. Более того, при пропорциональном увеличении полезной нагрузки не наблюдается тенденции к возникновению качественно подобного семейства экспериментальных кривых. Это происходит из-за значительной упругой деформации данного шарнирного узла и элементов конструкции.

Для шарнирного узла С (рис. 3, б) теоретические и экспериментальные данные численно имеют большие расхождения. Это происходит также из-за значительной упругой деформации данного шарнирного узла и элементов конструкции.

Для всех шарнирных узлов наблюдается тенденция сближения теоретических и экспериментальных значений в конечной стадии подъема механизма. Это связано с уменьшением влияния особых положений, влияний перекосов и неточностей, допущенных при изготовлении и "раскрытии" механизма.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Джолдасбеков У.А., Баугунчиков Ж.Ж.* Механизмы и манипуляционные устройства высоких классов. Алматы: Эверо, 1996. 36 с.
2. *Савельев Е.Н.* Разработка методики экспериментального определения силовых и кинематических параметров подъемных устройств на базе механизмов высоких классов: Автореф. на соиск. ... к.т.н. Алматы: ИММаш, 1999. 160 с.
3. *Джолдасбеков С.У., Темирбеков Е.С.* Определение усилий в конструкциях МВК пространственной топологии. Теория и численная компьютерная реализация. Деп. в КазгосНИИТН. 6.02.1996. № 6700-КА96. 209 с.

Алматы

Поступила в редакцию 3.Х.2004