

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОЙ МАССЫ КОНСТРУКЦИИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ

Савостина Т.П., Косяченко С.С.

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация. Данная статья посвящена исследованиям в области определения оптимальной массы конструкции на этапе проектирования. В качестве примера в статье рассмотрена электрическая таль, как унифицированный технический объект, состоящий из отдельных самостоятельных блоков: механизма подъема, механизма передвижения, подвесных элементов и тормозов. Система автоматизированного проектирования позволяет произвести расчеты отдельных блоков при различных компоновках, что значительно сокращает время на проектировании. Результатом выбора оптимальной массы конструкции стал вариант компоновки с минимальной суммарной массой.

Ключевые слова. Таль, механизм подъема, механизм передвижения, масса, редуктор, проектирование, оптимизация, конструкция, параметризация.

JUSTIFICATION FOR CHOOSING THE OPTIMAL WEIGHT OF THE STRUCTURE DURING DESIGN

Savostina T. P., Kosyachenko S.S.

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Annotation. This article is devoted to research in the field of determining the optimal weight of the structure at the design stage. As an example, the article considers the electric hoist as a unified technical object consisting of separate independent blocks: the lifting mechanism, the movement mechanism, suspension elements and brakes. The computer-aided design system allows you to perform calculations of individual blocks in different layouts, which significantly reduces the time spent on design. The result of choosing the optimal mass of the structure was a variant of the layout with a minimum total mass.

Keywords. Hoist, lifting mechanism, movement mechanism, weight, gear, design, optimization, construction, parameterization.

Механизированные тали получили широкое применение в различных сферах промышленности, они монтируются в производственных цехах, ремонтных участках в качестве грузоподъемного устройства [1]. Таль подвешивается к балкам или специальным тележкам, перемещающимся по подвесному монорельсовому пути. В качестве пути для талей небольшой грузоподъемностью используют двутавры [2]. Отличительной особенностью тали является ее компактность. Современное производство и проектирование грузоподъемных машин [3] основывается на создании унифицированных блочных конструкций [4], таких как крюковые подвески, редуктора, тормоза, муфты. Унификация позволяет получить значительный экономический эффект при производстве и в процессе эксплуатации данных технических объектов [5].

Конструкция, состоящая из отдельных самостоятельных узлов [6], которые соединяются между собой лёгкосъёмными соединениями получили название блочной конструкции. Преимуществом блочной конструкции заключается в том, что отдельные блоки проще отделить от машины для ремонта или замены более сложных узлов [7]. Все это дает возможность максимальной унификации отдельных составных узлов и деталей технического объекта [8].

Одной из задач современных систем автоматизированного проектирования является сокращение времени и повышение качества проектирования изделий машиностроения [9]. Отдельные блоки проще проектировать и рассчитывать, как самостоятельные единицы в современных системах автоматизированного проектирования [10]. Множество модулей для расчета и проектирования разнообразных редукторов [11], передач с гибкой связью [12], расчеты на надежность [13] разнообразных деталей.

Электрическая таль (рисунок 1) состоит из блоков:

- механизма подъема;
- механизма передвижения;
- крюкового подвеса;

- грузового каната;
- станции управления.

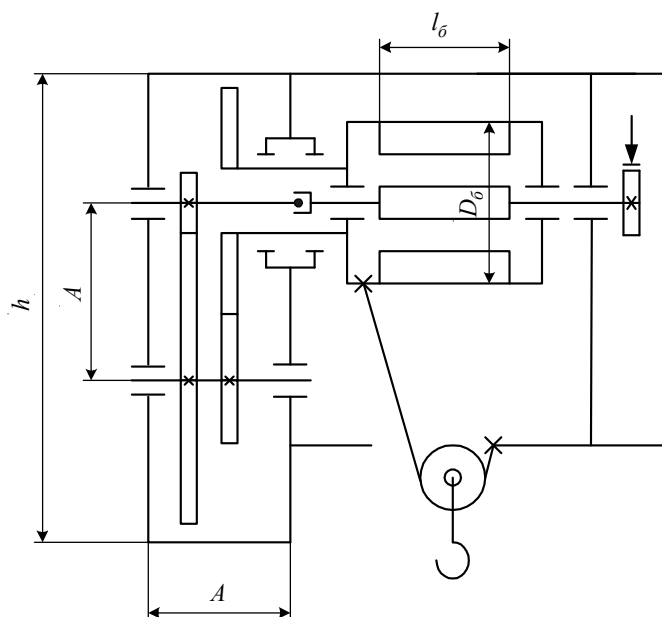


Рисунок 1 –Блочная компоновка электрической тали.

В свою очередь, каждый отдельный блок электротали состоит из блочных узлов, например: механизм подъема состоит из электродвигателя, барабана, редуктора [14], крюкового подвеса. Механизм передвижения включает в себя приводную тележку [15]. В состав подвески входит два блока конструкция барабана [16] и тип полиспаста.

Данный пример наглядно показывает, что электрическая таль имеет многофакторные расчёты типовых блоков. Исходными данными расчета тали являются грузоподъемность, скорость подъема и необходимая высота подъема. Методику расчета типовых задач произведём с помощью современных средств автоматизированного параметрического проектирования, когда результаты расчета служат переменными для построения модели в системах проектирования CAD.

Для определения минимального значения веса конструкции используем для расчета все конструктивные схемы полиспастов (рис. 2) с обозначением кратности полиспаста a и числом полиспастов i .

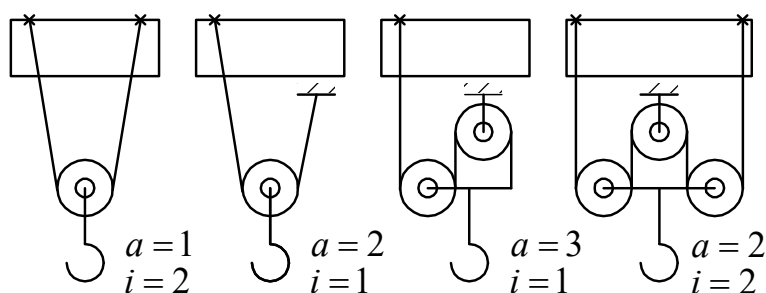


Рисунок 2 – Варианты схем полиспастов.

Далее для каждой схемы полиспаста рассчитывается коэффициент полезного действия, определяется натяжение ветвей каната и производится проверка расчетом на разрыв. По ГОСТ выбирается диаметр каната для каждого варианта схемы и определяется диаметр и длина барабана. Следующим этапом расчета является определение угловых скоростей барабана и передаточных чисел редуктора по каждому варианту. По принципу равнонагруженности должно выполняться условие:

$$d_2 > d_1 \sqrt[3]{u_1} \quad (1)$$

где u_1 – передаточное число первой ступени редуктора.

В алгоритме расчета, составленном в Excel, производится расчет значений передаточных чисел, числа зубьев и межосевого расстояния при выполнении заданных условий. Определяются габаритные размеры редуктора: высота, длина корпуса и ширина. Основным показателем для оптимизации является масса (редуктора, барабана и двигателя), которая также рассчитывается в программе. Результаты полученных расчетов сведены в таблице 1.

Таблица 1 – Сводная таблица масс конструкции.

| Число полюсов электродвигателя | Четыре | | Шесть | | | Восемь | | |
|------------------------------------|--------|-----|-------|-----|------------|--------|-----|-----|
| | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| Кратность полиспаста | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| Общее передаточное число редуктора | 60 | 40 | 80 | 40 | 27 | 40 | 40 | 20 |
| Редуктор, кг | 394 | 210 | 684 | 210 | 89 | 93 | 93 | 93 |
| Двигатель, кг | 40 | 40 | 35 | 34 | 34 | 45 | 45 | 45 |
| Барабан, кг | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 125 | 125 | 125 |
| Суммарная масса, кг | 550 | 370 | 840 | 365 | 245 | 280 | 280 | 280 |
| Приоритет | 5 | 4 | 6 | 3 | 1 | 2 | | |

Из множества просчитанных вариантов компоновок, составленных из блоков конструкции электрической тали, получено множество вариантов значений масс. Приоритетным вариантом для оптимизации массы конструкции является суммарная масса.

В результате проведенных расчетов можно сделать следующие выводы:

- 1) оптимальным вариантом компоновки электрической тали по суммарным массам является компоновка с электродвигателем, имеющим 6 полюсов в сочетании с сдвоенным полиспастом кратность которого равна 3;
- 2) один из вариантов, позволяет получить максимальную высоту подъема груза, но данный вариант не имеет минимальную массу.
- 3) наименьшую массу имеет редуктор с шестернями, твердость которых превышает 350 НВ.
- 4) для выбранного варианта необходимо произвести проверку электродвигателя по пусковому моменту.

Список использованных источников

1. Шабанов Б.М. Подъемно-транспортные машины /Шабанов Б.М., Андрющенко Ю.Е., Марисов А.Ф., Кушнарв В.И., Сиротенко А.Н., Маньшина Е.Ю., Савостина Т.П.// Министерство образования и науки Российской Федерации, Донской государственный технический университет. Ростов-на-Дону, 2012.
2. Антибас И.Р. Инновационный подход принятия решений при проектировании /Антибас И.Р., Дьяченко А.Г., Савостина Т.П.// В сборнике: Инновации в машиностроении. Сборник трудов X Международной научно-практической конференции. Под редакцией В.Ю. Блюменштейна. 2019. С. 737-740.
3. Боровков А.С. Влияние типа сортамента на прочность и устойчивость несущей конструкции подъемника/Боровков А.С., Партко С.А.//Молодой исследователь Дона. 2018. № 2 (11). С. 16-20.
4. Сиротенко, А. Н. Энергосберегающий пневмопривод технологического оборудования/А. Н. Сиротенко, С. А. Партко//Инновационные технологии в машиностроении и металлургии: сб. статей VI науч.-практ. конф. -Ростов-на-Дону, 2014. -С. 173-177.
5. Савостина Т.П. Проектирование передвижного грузоподъемного механизма /В.В. Деменов, Т.П. Савостина // В книге: Актуальные проблемы науки и техники. 2019 Материалы национальной научно-практической конференции. Ответственный редактор Петрова Елена Вячеславовна. 2019. С. 370-371.
6. Антибас И.Р. Моделирование, изучение и изготовление стойки культиватора из композитных материалов/И.Р. Антибас, А.Г. Дьяченко//Вестник мордовского. ун-та. -2018. -Т. 28, № 3. -С. 366-378.
7. Дьяченко А.Г. Методологические особенности использования параметризации при проектировании /Дьяченко А.Г., Савостина Т.П.//В сборнике: Инновации в машиностроении. сборник трудов IX Международной научно-практической конференции. Под редакцией А.М. Маркова, А.В. Балашова, М.В. Доц. 2018. С. 513-517.
8. Сиротенко, А. Н. Особенности проектирования цепной передачи в CAD/CAE КОМПАС-GEARS и АРМ Winmachine / А. Н. Сиротенко // Инновационные технологии науке и образовании. ИТНО-2017: материалы V Междунар. науч.-практ. конф. 11-15 сентября 2017 г./ Донской гос. техн. ун-т. - Ростов-на-Дону: ДГТУ-Принт, 2017. - С. 570-574.

9. Антибас И.Р. Параметрическая оптимизация конструкции / Антибас И.Р., Савостина Т.П. // В сборнике: Инновации в машиностроении. сборник трудов IX Международной научно-практической конференции. Под редакцией А.М. Маркова, А.В. Балашова, М.В. Доц. 2018. С. 268-271.
10. Сиротенко, А. Н. Особенности расчета клиноременной передачи с использованием комплекса программ КОМПАС-GEARS и CAE APM Winmachine / А. Н. Сиротенко // Инновационные технологии науке и образованию. ИТНО-2017: материалы V Междунар. науч.-практ. конф. 11-15 сентября 2017 г./ Донской гос. техн. ун-т. - Ростов-на-Дону: ДГТУ-Принт, 2017. - С. 570-574.
11. Антибас И.Р. Особенности использования параметризации при проектировании /Антибас И.Р., Дьяченко А.Г., Савостина Т.П.// В сборнике: Инновации в машиностроении. Сборник трудов X Международной научно-практической конференции. Под редакцией В.Ю. Блюменштейна . 2019. С. 732-736.
12. Савостина Т.П. Оптимизации профиля среза транспортирующего устройства от величины секундной подачи/ Т.П. Савостина, Б.И. Саед //Вестник Донского государственного технического университета. 2017. Т. 18. №94(91). С. 44-49.
13. Харманда М.Г. Надежность оптимизации дизайна с использованием оптимальных факторов безопасности для крупномасштабных задач/ М.Г. Харманда., И.Р. Антибас // Вестник Донского государственного технического университета. 2018. Т. 18. № 3. С. 271-279
14. Кушнарв В.И. Выбор оптимального варианта экспериментальной конструкции двухступенчатого мотор-редуктора /В.И. Кушнарв, Т.П. Савостина // В сборнике: Инновационные технологии в науке и образовании (ИТНО-2017) Материалы V Международной научно-практической конференции. 2017. С. 151-154.
15. Антибас И.Р. Использование имитационного моделирования при исследованиях влияния углов наклона культиваторных стоек на величину тягового сопротивления/ Антибас И.Р., Дьяченко А.Г., Савостина Т.П. //В сборнике: Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса. Сборник научных трудов XII Международной научно-практической конференции в рамках XXII Агропромышленного форума юга России и выставки «Интерагромаш». Донской государственный технический университет, Аграрный научный центр «Донской». 2019. С. 235-239.
16. Антибас И.Р. Моделирование профиля среза транспортирующего устройства/ И.Р. Антибас, Т.П. Савостина // В сборнике: Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения Сборник статей 11-й международной научно-практической конференции в рамках 21-й международной агропромышленной выставки "Интерагромаш - 2018". 2018. С. 40-42.

Работа выполнена в рамках инициативной НИР.