

УДК 625

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ТЕЛЕСКОПИЧЕСКОЙ СТРЕЛЫ ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ КРАНОВ**

**Тулеков Ауезхан Багдаулетович**

auezkhan1337@gmail.com

Магистрант кафедры транспорта, транспортной техники и технологии Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Республика Казахстан  
Научный руководитель - Б.Т.Сазамбаева

Кран - это грузоподъемная машина, имеющая канаты или тросы, которые поднимают и опускают материалы и перемещает их из одного места в другое. [1] Телескопическая сборка стрелы - самый важный компонент при выборе и использовании крана. Эта сборка может состоять из трех и более секций. Эта работа посвящена крану, имеющему пять секций стрелы с двумя канатными механизмами, которые отвечают за движение тросов и секций стрелы. Проектирование и анализ были сделаны с учетом максимальных условий загрузки.

### **Задачи исследования:**

1. Выбор механизма выдвигания;
2. Выбор механизма регулировки троса;
3. Расчет размеров сечений стрелы;
4. Выбор материала для оптимизации веса и прочности;
5. Моделирование секций стрелы с помощью SolidWorks, специального ПО;
6. Анализ секций штанги с использованием программного обеспечения ANSYS;
7. Добавление ребер жесткости в критические секции, выявленных в анализе.

Расчеты по нахождению размеров проводились с учетом сдвига и разрушения при растяжении секций стрелы, ссылаясь на [2]. Различные секции сборки можно классифицировать в качестве:

1. Основание телескопической стрелы;
2. Промежуточные секции стрелы, в количестве трех;
3. Головка стрелы.
4. Поворотный механизм

## 5. Гидродвигатель

### 1. КАНАТНЫЙ МЕХАНИЗМ ДЛЯ ВЫДВИЖЕНИЯ СТРЕЛЫ

В обычной системе выдвижения работают индивидуально отдельными рычагами. Это вызывает неравномерность распределения нагрузки по длине стрелы.

Этот же механизм использует систему шкивов, намоточных барабанов и одного поршня, данный механизм вызывает движение каждой секции относительно предыдущих разделов стрелы. Это помогает в равномерном распределении нагрузки на все секции стрелы. Также устраняет необходимость отдельной гидравлической системы для каждой секции стрелы. Гидроцилиндр автокрана через который рабочая жидкость подается в поршневую полость и выдвигает гильзу вместе со второй секцией, втягивание происходит при подаче рабочей жидкости в штоковую полость. Гидроцилиндр располагается внутри четвертой секции стрелы и опирается на роликовую опору. В разрезе профиль секций стрелы автокранов может иметь: прямоугольную форму (уголковая стрела), овоидную, трапециевидную или закругленную. У кранов тяжелого класса используется профиль сложной формы. Схема механизма показана на Рис.1.



Рисунок 1. Разрез секции канатного механизма для удлинения стрелы

### 2. САМОРЕГУЛИРУЕМЫЙ КАНАТНЫЙ МЕХАНИЗМ

В обычных механизмах веревка должна быть удлинена вручную оператором, когда секцию стрелы необходимо выдвинуть. Это может привести к чрезмерному напряжению в канатах из-за любой ошибки со стороны оператора. Чтобы избежать этой проблемы, необходимо использовать механизм с участием системы шкивов. Этот механизм поддерживает определенную длину веревки в запас и изменение расстояния между лебедкой и крюком компенсируется этой дополнительной веревкой. Принципиальная схема механизма приведена на Рис.2. Шкивы расположены таким образом, чтобы исключить необходимость разматывать веревку с лебедки, когда секции выдвинены. Лебедка используется только тогда, когда крюк должен быть опущен или поднят.



Рисунок 2. Разрез секций саморегулирующегося канатного механизма.

### 3. РЕБРА ЖЕСТКОСТИ

Ребра жесткости – это дополнительные пластины которые прикреплены к секциям стрелы, для того чтобы увеличить их сопротивление или предотвратить потерю прочности. Они используются для усиления критических участков стрел. На Рис. 2 показаны ребра жесткости, прикрепленные к стреле сверху и снизу. Места для добавления ребер жесткости были определены после анализа модели в программном обеспечении ANSYS [6]. Ребра жесткости при относительно малых затратах на материал, дают огромный прирост в прочности и жесткости конструкции. Данную технологию можно применять во многих сферах и областях, связанных с проектирование несущих конструкций. Также при помощи нетяжелых программных обеспечении можно рассчитать все исходы и выявить возможные отклонения. [3]

Выбор материала основан на нескольких параметрах такие как: доступность, обрабатываемость, свариваемость, текучесть и стоимость. Материал выбран из мягкой стали Ст3пс [4] и его свойства приведены ниже:

Предел прочности – 410 МПа;

Предел текучести – 230-250 МПа;

Относительно удлинение – 23%;

Испытание на изгиб – 25 мм;

Плотность стали –  $7.85 \text{ кг/м}^3$ ;

Коэффициент Пуассона – 0.29.

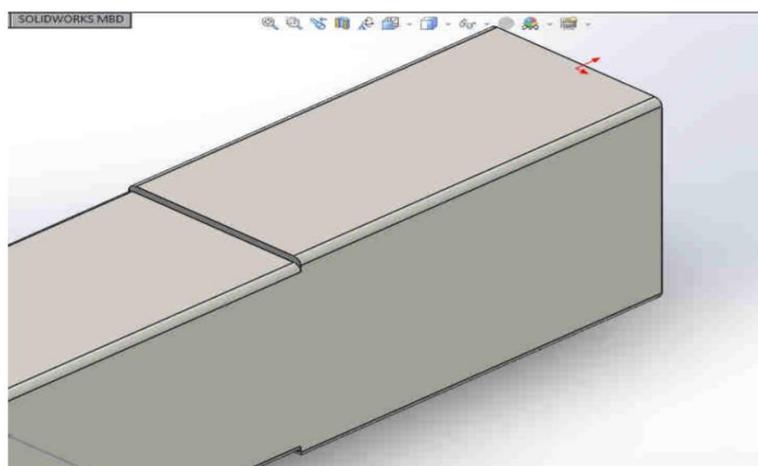


Рисунок 2. Ребра жесткости закреплены сверху и снизу промежуточной секции стрелы

### 4. МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ПРОЧНОСТИ СЕКЦИЙ СТРЕЛЫ

Анализ [5] сборки телескопической стрелы осуществляется на отдельных секциях, а не на полной сборке стрелы. Это было сделано для того, чтобы избежать ненужные недопонимания в расчетах. Секция был рассмотрена в полностью выдвинутой позиции для нахождения критических точек.

Модели секций стрелы были созданы с использованием SolidWorks. Выбранный материал был Ст3пс. Соответствующие размеры секций были взяты из конструкторских расчетов диссертации. Анализ проводился на базе программного обеспечения ANSYS [7]. Собственный вес стрелы считается в его центре тяжести. Предполагается, что этот кран будет иметь грузоподъемность 14 тонн и максимальное положение секций стрелы предполагает нести нагрузку 1,5 тонны. На Рис. 3 и Рис. 4 показаны данные без использования ребер жесткости. На Рис. 5 и Рис. 6 изображены напряжения, когда ребра жесткости используется.

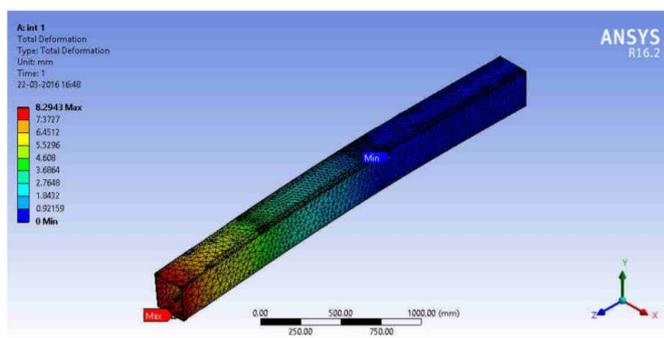


Рисунок 3. Полная деформация промежуточного участка без использования ребер жесткости

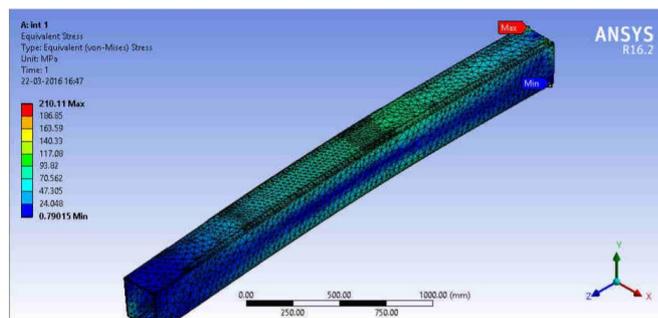


Рисунок 4. Напряжение промежуточной секции без ребер жесткости

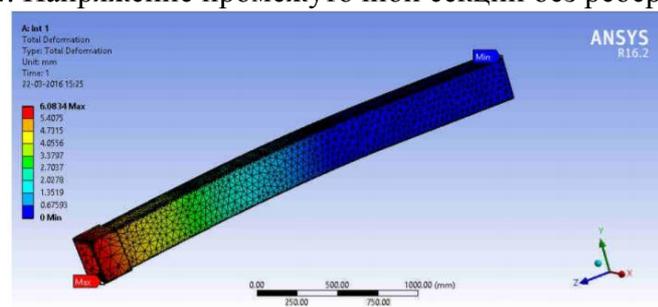


Рисунок 5. Полная деформация промежуточного участка с использованием ребер жесткости

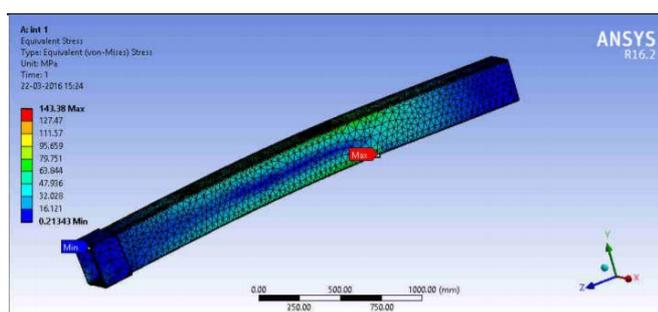


Рисунок 6. Напряжение промежуточной секции с ребрами жесткости

Максимальная деформация в промежуточной стреле сечение без использования ребер жесткости оказалась равной 8 мм. Деформация была уменьшена до 6,08 мм после использования ребер жесткости. Максимальное эквивалентное напряжение в промежуточной стреле сечение без использования ребер жесткости оказалось равным 210 МПа. Это напряжение было снижено до 143,38 МПа с добавлением ребер жесткости.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В данной статье показывается, как можно спроектировать секции стрел с использованием SolidWorks и провести анализ с помощью ANSYS [6]. Этот подход может быть использован для будущего проектирования и более точного исследования в данной области.

Выявлено что пластины жесткости, которые были добавлены после анализа, значительно уменьшили напряжение и деформацию. Они должны быть только в критических участках конструкции, чтобы уменьшить растрату материала и не придать телескопической стреле лишнего веса. Установлено, что максимальные напряжения оказались ниже, чем предел прочности при растяжении. Также был выбран оптимальный предел текучести для материалов секции стрелы. Следовательно, проанализированные компоненты можно безопасно использовать для подъема груза до 14 тонн. Для последующих работ связанных с этой темой, можно сравнивать и выбирать наиболее оптимальную конструкцию.

### **Список использованных источников**

- 1 [Наварский Ю.В. Грузоподъемные машины. Учебно-методическое пособие. Екатеринбург. 2006 – 100с.
- 2 Гохберг М.М. Металлические конструкции подъемно-транспортных машин. Ленинград. 1969 – 520с.
- 3 Тику Ш. Эффективная работа: SolidWorks, CAD, ANSYS. Санкт-Петербург. 2005 – 768с.
- 4 «Марочник стали и его сплавов». Характеристика материала СтЗпс. (splav-kharkov.com). 2003.
- 5 Мосеев Е.Н. Нагрузочные режимы в телескопической стреле. Красноярск. 2001-159с.
- 6 Международный журнал машиностроения. «Проектирование и конечный анализ подъемной стрелы». Ноябрь 2013, 135-140 с.
- 7 Международный журнал для передовых инженерно-технических исследований. «Моделирование и конечный элементный анализ телескопической стрелы крана». Декабрь 2011, 51-52 с.