

ИССЛЕДОВАНИЕ НАГРУЖЕННОСТИ РАБОЧЕГО ОБОРУДОВАНИЯ КАРЬЕРНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ

Шестаков В.С., Бахарева В.И., Сазанов А.А. (УГТУ, г. Екатеринбург, Россия)

Abstract: In article the method of calculation of tension in elements of the working equipment of career excavators is considered. Exact determination of tension will allow to set reasonably sections of elements, to count durability and reliability. In article an example of determination of tension with use of the Structure 3D module of APM WinMachine system is reviewed. For calculation the model including an arrow, a handle and a ladle is made.

Анализ напряженно-деформированного состояния позволяет выявить элементы оборудования, которые имеют слабые места или излишние запасы прочности ещё на стадии проектирования. Для расчета напряжений применяются специализированные программные модули. Нами для расчета выбрана система *APM WinMachine*, напряжения определяются в модуле *Structure 3D* в результате статического расчета методом конечных элементов.

Порядок проведения расчетов в программе *Structure-3D*:

- составляется модель конструкции с заданием сечений стержневым элементам и толщин пластинам;
- определяются действующие на элементы объекта рабочие и аварийные нагрузки для приложения к узлам модели – составление модели нагружения;
- наложение ограничений на перемещение узлов модели для проведения статических расчетов – составление модели закреплений;
- элементам конструкции задается материал;
- выполняются поочередно расчеты при действии рабочих и аварийных нагрузок;
- выполняется анализ напряженно-деформированного состояния элементов рассматриваемого объекта и вырабатываются рекомендации по изменению элементов модели, которые не удовлетворяют условиям прочности и выносливости;
- при изменении по рекомендациям геометрических размеров элементов расчеты повторяются.

Для таких сложных конструкций, как рабочее оборудование экскаватора возможно два варианта расчетов напряжений:

- 1) каждый узел рабочего оборудования (стрела, рукоять, ковш, подвеска и др.) моделируются, нагружаются и закрепляются как самостоятельные элементы;
- 2) моделируется, нагружается и закрепляется полностью вся конструкция, т.е. все рабочее оборудование экскаватора.

В первом варианте достоинством будет упрощение составления моделей, а к недостаткам можно отнести необходимость составления математических моделей для расчета усилий при действии одних узлов на другие, при передаче рабочих усилий от ковша на всю цепочку элементов. Сложно так же реализовать через закрепления действительное взаимодействие узлов рабочего оборудования. Такой способ часто используют специалисты, работающие в области теоретического исследования нагруженности рабочего оборудования экскаваторов (Ананин В. и др.). Определение действующих на элементы объекта нагрузок рассмотрено в [1].

Во втором варианте упрощается расчет усилий, но усложняется составление модели – рукоять со стрелой соединяется через седловой подшипник, канат огибает головной блок и это должно быть реализовано в модели.

При разработке методики расчета напряжений нами рассмотрен экскаватор ЭКГ-8и с круглой рукоятью, разгруженной от кручения, шарнирно сочлененной стрелой.

Разработка модели для второго варианта расчетов

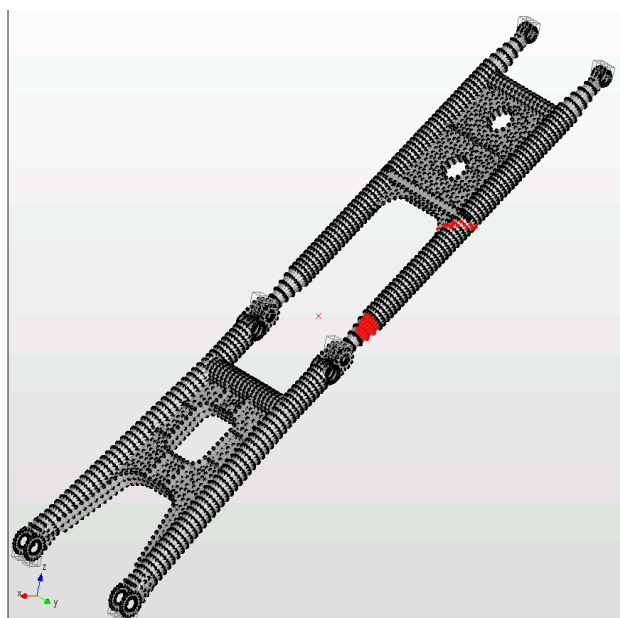


Рис. 1. Модель стрелы экскаватора ЭКГ-8И, выполненная в APM Structure 3D

Для упрощения создания модели рабочего оборудования нами использован прием поузлового составления с последующим соединением их в окончательную.

Расчетная модель стрелы составлена из пластинчатых элементов с включением стержневых для осей головных блоков, осей соединения секций между собой, осей пяты стрелы (рис. 1).

Стрела состоит из шарнирно соединенных верхней и нижней секций. Шарнир, соединяющий верхнюю и нижнюю части стрелы и тяги крепления нижней части к надстройке смоделированы стержнями. Один из двух узлов стержня жестко соединен с пластинами стрелы, а другой шарнирной соединен с узлом оси, соединяющей секции стрелы. Использование шарнира для стержня обеспечивает

реализацию небольшого углового поворота верхней секции относительно нижней при изменении длины канатов вантовой подвески. Общий вид элементов, имитирующих шарниры между верхней и нижней секцией стрелы, представлены на рис. 2.

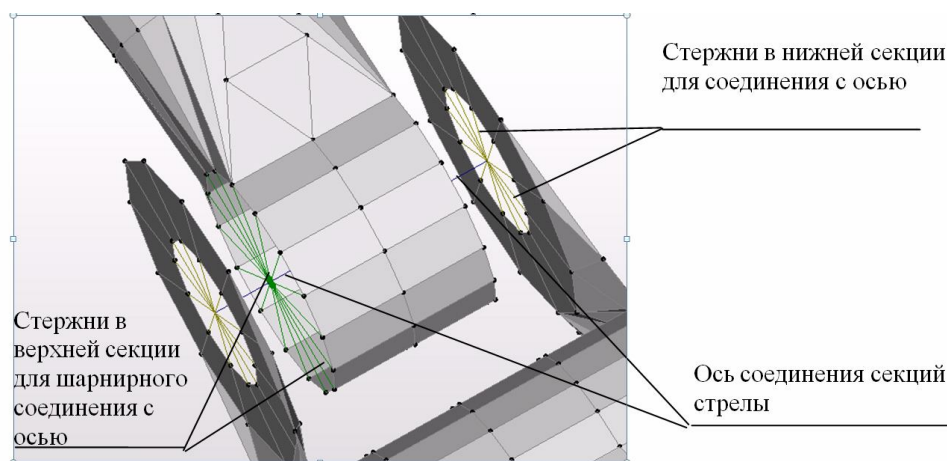


Рис. 2. Участки секций стрелы со стержнями, моделирующими шарнир

Аналогично смоделированы головные блоки стрелы. Узлам стержней, которые соединяются с осью головного блока, заданы шарниры, через вторые узлы проходят канаты. Головные блоки представлены на рис. 3.

На концы подъемных канатов установлены опоры без возможности перемещения по всем осям.

Подобным же образом с использованием пластинчатых, объемных и стержневых элементов может быть смоделирована рукоять и при помощи вспомогательных стержней смоделирован седловой подшипник, но с достаточной для практических целей точ-

ностью рукоятки можно смоделировать стержнем, в этом варианте проще смоделировать поворот в седловом подшипнике вокруг оси рукоятки. Если не ставится задача расчета напряжений для ковша, то при расчетах напряжений в стреле и рукоятки можно применять упрощенную пластинчатую модель ковша. Для пластин ковша удобно прикладывать нагрузку копания, а также силу тяжести горной массы в ковше.

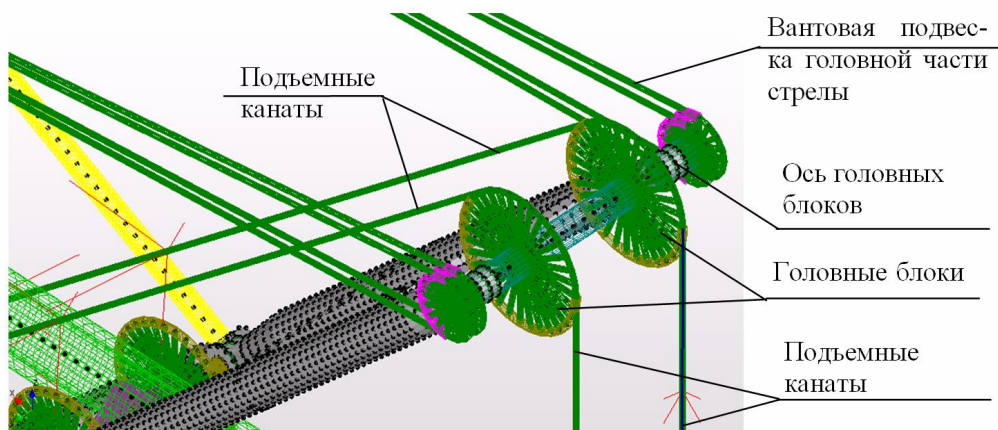


Рис. 3. Модель головных блоков с канатами. Включен режим отображения объёмных элементов «каркасом»

Модель стрелы, рукоятки с ковшем, надстройки соединены в общую расчетную модель (рис. 4.).

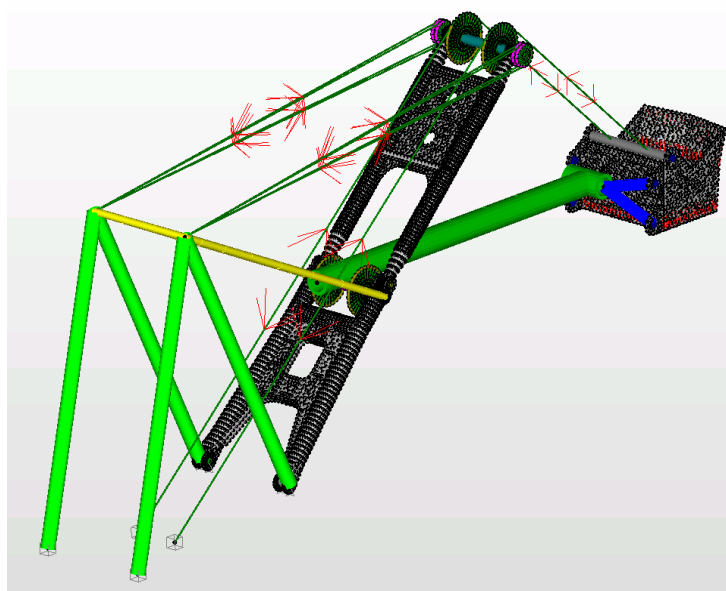


Рис. 4. Модель рабочего оборудования экскаватора ЭКГ-8И (объёмное представление элементов выключено)

Модель закрепления для второго варианта выполнена установкой опор на осях стрелы и на концах подъемных канатов в месте прихода их на барабаны подъемной лебедки.

Модель нагружения для второго варианта не требует сложного математического описания. Исходными данными служит максимальное (стопорное) усилие подъема.

Задание усилия на элементы выполняется следующим алгоритмом. На зубья ковша задается усилие копания в виде двух составляющих касательного P01 и нормального P02, причем первое равно стопорному подъемному. Выполняется расчет усилий в элементах модели, в том числе и в подъемных канатах, если усилие в подъемном канате превысит стопорное, то уменьшается усилие на зубьях и повторяется расчет. Такое уменьшение на зубьях и повторный расчет до тех пор, пока усилие в канатах не сравняется со стопорным. Особенностью модуля Structure 3D является то, что используется объемная модель с характеристиками используемого материала, силы тяжести элементов рассчитываются автоматически и используются при расчетах.

Пример расчета напряжений показан на рис. 5.

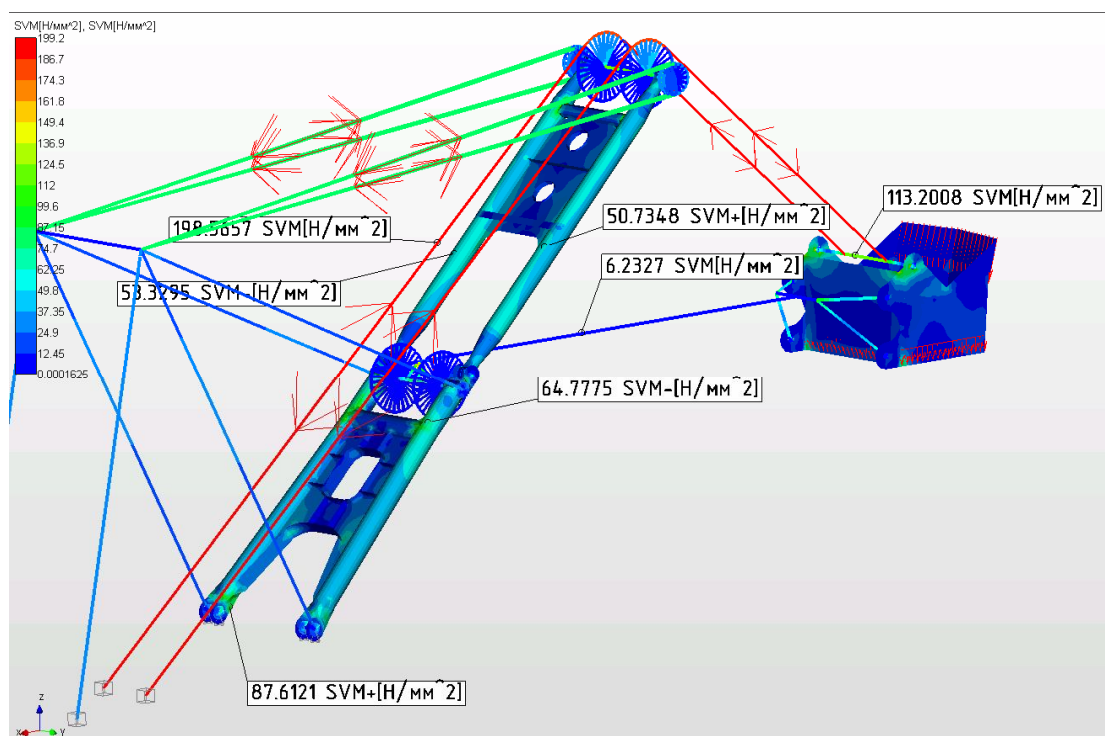


Рис. 5. Карта напряжений второго расчётного случая

Выводы.

1. Представленная методика позволяет проводить расчет напряжений для экскаваторов с любым типом рабочего оборудования.
2. Анализ полученных результатов показывает, что элементы стрелы и рукояти недостаточно нагружены, поэтому можно уменьшить их сечения. Уменьшение сечений приведет к снижению массы рабочего оборудования и момента инерции поворотной части. За счет уменьшения момента инерции будет происходить за меньшее время разгон и торможение, снизится время цикла и соответственно повысится производительность экскаватора при неизменной мощности привода поворота.

Список литературы: 1. В.С. Шестаков, С.А.Хорошавин. Составление моделей для расчета рабочего оборудования карьерных экскаваторов производства ОАО «Уралмашзавод»/ Горное оборудование и электромеханика. - № 8. – 2013, С. 14-19