



УДК 621.873.

Яблоков Александр Сергеевич, доцент, к.т.н., доцент кафедры подъемно-транспортных машин и машиноремонта

Волжский государственный университет водного транспорта
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5.

Борунов Сергей Александрович, студент кафедры подъемно-транспортных машин и машиноремонта

Волжский государственный университет водного транспорта
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5.

Девин Александр Дмитриевич, студент кафедры подъемно-транспортных машин и машиноремонта

Волжский государственный университет водного транспорта
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5.

Шутов Владислав Вадимович, студент кафедры подъемно-транспортных машин и машиноремонта

Волжский государственный университет водного транспорта
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5.

РЕКОНСТРУКЦИЯ УСТРОЙСТВА СПРЕДЕРА КОЗЛОВОГО КОНТЕЙНЕРНОГО ПЕРЕГРУЖАТЕЛЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ КОНЕЧНО- ЭЛЕМЕНТНОГО АНАЛИЗА

Аннотация. Статья посвящена комплексному исследованию проекта реконструкции спредера козлового контейнерного перегружателя с учетом дополнительных нагрузок. Применяется метод математического моделирования исчерпания ресурса. Рассчитывались напряжения, действующие в основании рамы спредера, и возникающие деформации, произведенные в программе APM Structure 3D. Из анализа кинетики НДС в металлоконструкции каркаса, были выявлены опасные зоны с наиболее интенсивным процессом накопления повреждений. Используя краевые условия, взятые из общего решения МКЭ.

Ключевые слова: спредер, подъемное сооружение, металлоконструкция, напряженно-деформированное состояние, метод конечных элементов, моделирование, прочность, концентрация напряжений, надежность.

Введение

В качестве средства автоматизации в этой статье был выбран козловой контейнерный кран МККС – 42 Км.

В качестве грузозахватного устройства в кране предложено модернизировать специальное грузозахватное приспособление – спредер. Спредер осуществляет автоматическое сцепление и расцепление с контейнером без участия стропальщика. При опускании спредера на контейнер Т – образные штыри заходят в отверстия фитингов и поворачиваются на 90 градусов, осуществляя сцепление спредера с контейнером. После транспортировки контейнера штыри возвращаются в исходное положение, освобождая контейнер.

Для точного наведения спредера на контейнер захват выполнен поворотным. Кроме того, предусмотрена возможность работы с несколькими типами контейнеров. При необходимости смены типоразмера контейнера вместо контейнера 1С спредер производит захват рамы для работы с контейнером 1А и производится подключение к этой раме электрических разъемов для работы механизмов поворота штыков.

Козловой контейнерный кран выполнен с двумя консолями, грузоподъемность на которых ограничена контейнерами 1С, что удешевляет конструкцию и в тоже время не сказывается на работе склада, так как под контейнеры 1А остается достаточно складского места между опорами крана. В тоже время опоры крана выполнены таким образом, что контейнеры 1С проходят сквозь них без поворота захвата, что ускоряет проведение погрузочно-разгрузочных работ.

Расчет металлоконструкции спредера

Для оценки возможности практического использования метода математического моделирования исчерпания ресурса, был проведен расчет металлоконструкции главной балки спредера козлового контейнерного крана МККС-42Км.

Материал металлоконструкции - низколегированная сталь 09Г2С.

Определение напряженно-деформированного состояния крана выполнено в зависимости от условий работы крана - для расчета был выбран номинальный режим работы крана, соответствующий максимально допустимой грузоподъемности – 32 тн., предельной ветровой нагрузке рабочего состояния – скорость ветра 25 м/с.

На конструкцию действует сила тяжести поворотной части 0,15 Н/мм². На каждую опору приходится 221.25 Н.

Расчёт напряжений, действующих в основании рамы спредера и возникающие деформации, произведён в программе APM Structure 3D [1].

На базе проведенного анализа кинетики НДС в металлоконструкции каркаса выявляются опасные зоны с наиболее интенсивным процессом накопления повреждений. Далее, используя краевые условия, взятые из общего решения МКЭ, уточняют для каждой зоны кинетику НДС и параметры, необходимые для оценки величины накопленной поврежденности для заданного периода эксплуатации крана.[2] Затем для каждой опасной зоны путем интегрирования уравнения накопления повреждений для заданной истории нагружения в этой зоне определяется накопленная к данному моменту времени поврежденность и определяется усталостная долговечность крана.

Результаты расчета максимальных деформаций и напряжений, возникающих в критическом элементе основания спредера, представлены на рис.2.3. Видно, что напряженное состояние имеет трехосный (объемный) характер, а максимальное эквивалентное напряжение составляет 72,4 МПа (область МнЦУ)[3].

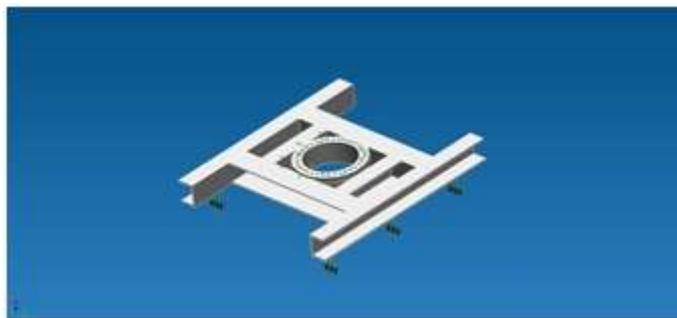


Рисунок 2.1 - Модель рамы спредера.

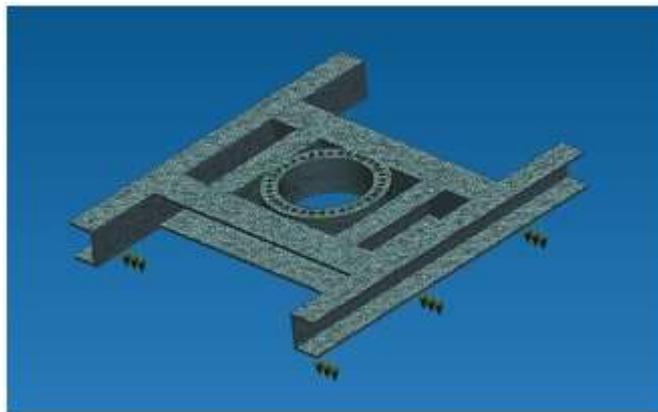


Рисунок 2.2- Конечная элементная сетка.

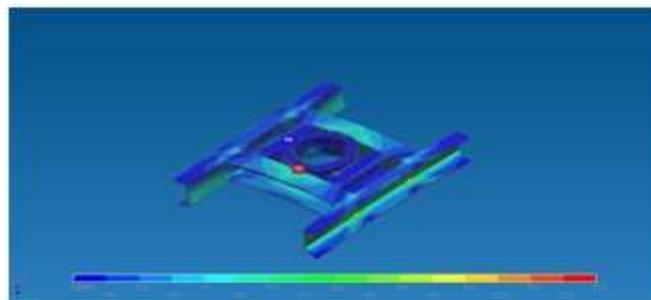


Рисунок 2.3 – Эквивалентные напряжения.

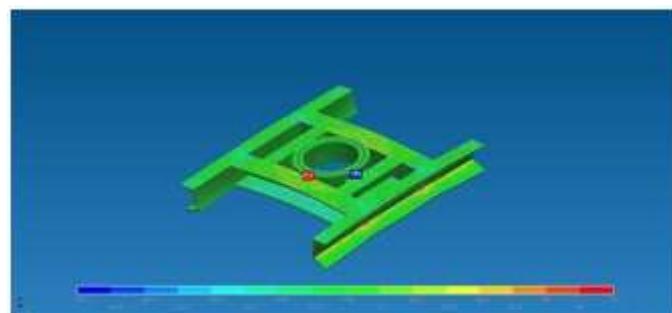


Рисунок 2.4 –Напряжение по оси X.

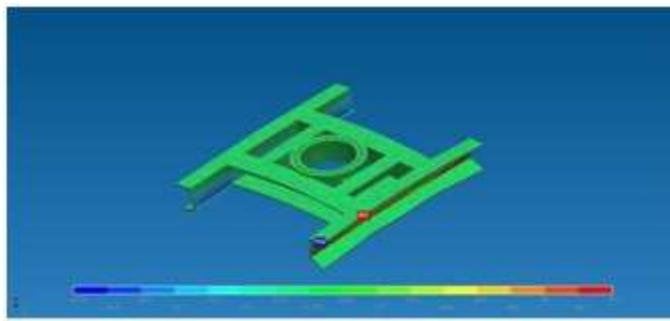


Рисунок 2.5 – Напряжение по оси Y

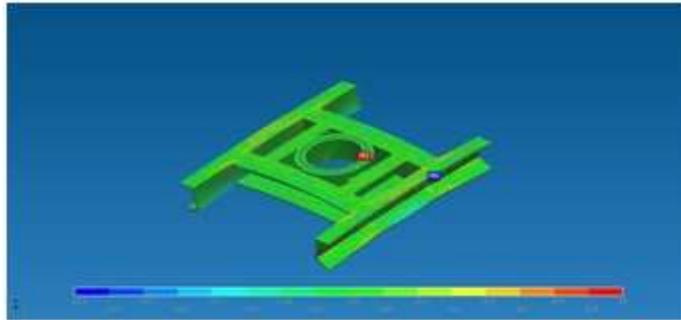


Рисунок 2.6 Напряжение по оси Z.

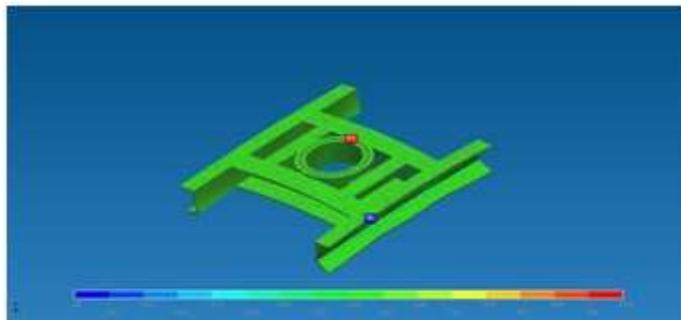


Рисунок 2.7 – Касательные напряжения по плоскости XY.

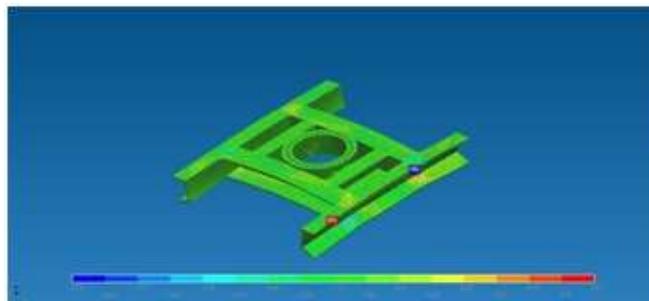


Рисунок 2.8 Касательные напряжения по плоскости YZ.

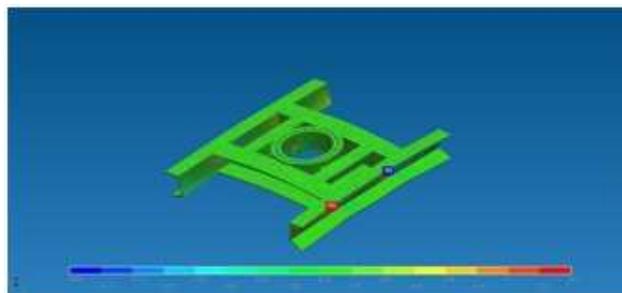


Рисунок 2.9 Касательные напряжения по плоскости XZ.

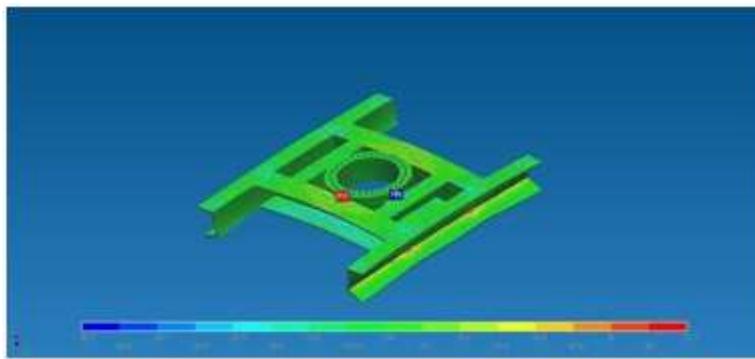


Рисунок 2.10 – Деформации по оси X.

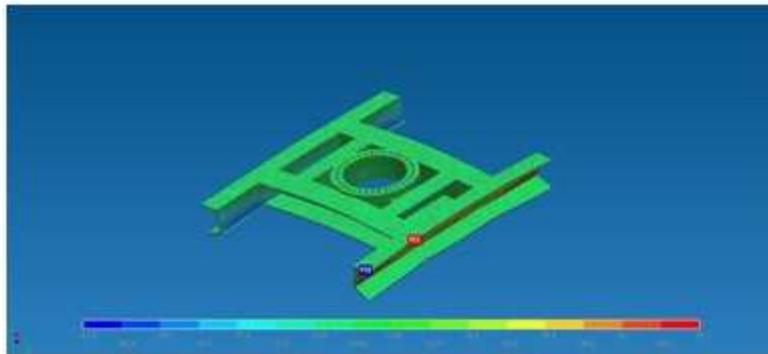


Рисунок 2.11 Деформации по оси Y.

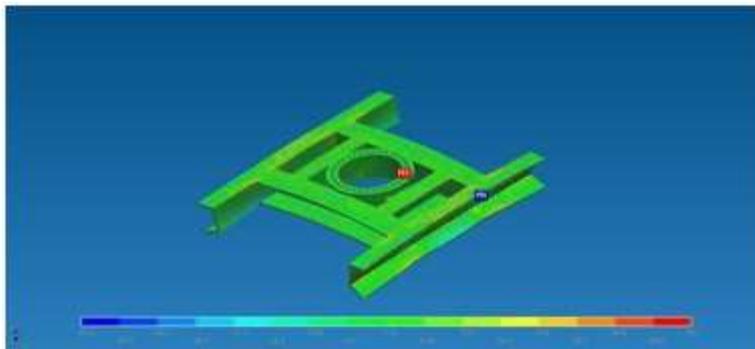


Рисунок 2.12 – Деформации по оси Z.

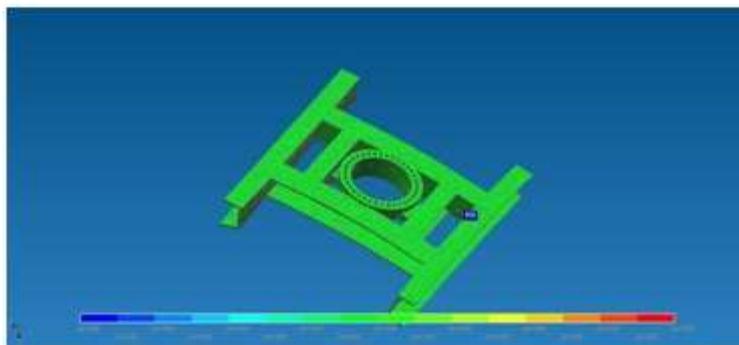


Рисунок 2.13 – Количество циклов.

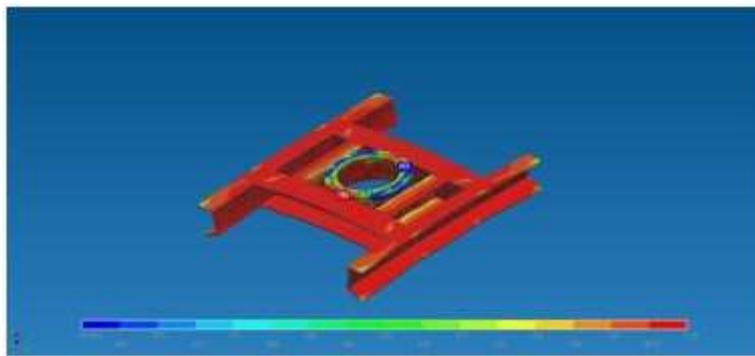


Рисунок 2.14 Кратность по пределу текучести.

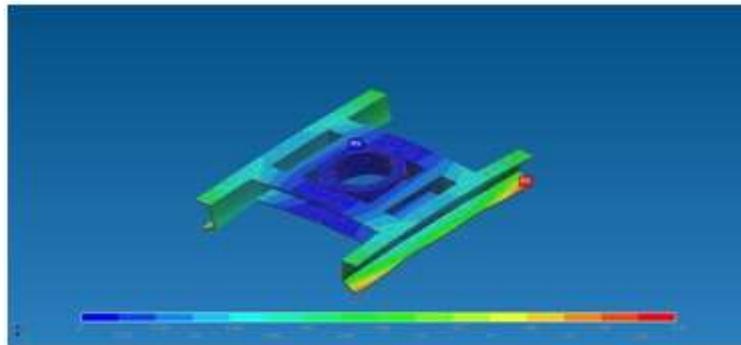


Рисунок 2.15 Суммарные перемещения.

Проверка нормальных напряжений

Нормальные напряжения в опасном сечении металлоконструкции [4], МПа:

$$\sigma = \frac{m_0 R_H}{k_M}$$

где m_0 - коэффициент условий работы, $m_0 = 0,54$;

$$m_0 = m_1 * m_2 * m_3$$

$$m_0 = 0,6 * 0,9 * 1 = 0,54$$

R_H -нормативный предел текучести, для малоуглеродистых сталей 502 МПа[5];

k_M - коэффициент надёжности по материалу, $k_M = 1,5$, для малоуглеродистой стали;

$$\sigma = (0,54 * 502) / 1,5 = 180,72 \text{ МПа}$$

Нормальные напряжения в опасном сечении составляют $\sigma = 72,4$ МПа, что ниже предельного напряжения $\sigma = 180,72$ МПа[6].

По результатам оценки реконструкции грузозахватного устройства (спредера) сделан вывод о выработке ресурса металлоконструкции спредера: эксплуатация крана в паспортном режиме допускается с проведением ежегодной экспертизы промышленной безопасности, и с применением неразрушающих методов контроля несущих узлов металлоконструкции устройства.

Проверка касательных напряжений.

Касательные напряжения в опасном сечении металлоконструкции [7], МПа:

$$\tau = (m_0 * R_H) / k_M = 117,3 \text{ МПа}$$

Касательные напряжения в плоскости xz равно 1,05 МПа, что ниже предельно-допустимого значения 117,3 МПа[8].

Заключение.

1. Представленный вариант математической модели МПС, для расчета усталостной долговечности конструкций по механизму деградации многоциклового усталости материала позволяет учитывать:

- нелинейность процесса накопления усталостных повреждений;
- нелинейность суммирования повреждений при изменении режимов нагружения или вида напряженного состояния.

2. Разработана научно-обоснованная инженерная методика расчета полей напряжений, деформаций, повреждений в опасных зонах элементов и узлов несущих конструкций по механизму деградации многоциклового усталости материала.

3. Проведён анализ элементов и узлов спредера, подверженной воздействию знакопеременного нагружения и выполнен на его основе прогноз усталостной долговечности, который показал, что данный подход пригоден для разработки на его основе экспертных систем оценки ресурса различных металлоконструкций, как на стадии проектирования, так и на стадии эксплуатации.

Список литературы:

1. «Structure CAD» пакет «Scad Office v.11».
2. Курсовое проектирование грузоподъемных машин. Руденко Н.Ф., Александров М.П., Лысяков А.Г. – М: Машиностроение, 1971.
3. Курсовое проектирование грузоподъемных машин. Под ред. Казака С.А. – М: Высшая школа, 1989.
4. Конструирование узлов и деталей машин. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. – М: Высшая школа, 2000.
5. Справочник конструктора-машиностроителя. Анурьев В.И. В 3-х томах. – М: Машиностроение, 1982.
6. Технология машиностроения. Под ред. Дальского А.М. В 2-х томах. – М: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999.
7. Трощенко В. Т. Деформирование и разрушение металлов при многоцикловом нагружении. – Киев: Наук.думка, 1981. – 343с.
8. Campbell J. D., Dowling F. R. // Journal of Mech. and Phys. Solids. 1970, № 18. p. 43

RECONSTRUCTION OF THE SPREADER ATACHED TO GANTRY CONTAINER LOADER BASED ON THE RESULTS OF THE FINITE ELEMENT ANALYSIS

Yablokov Alexander Sergeevich, Borunov Sergey Alexandrovich,
Devin Alexander Dmitrievich, Shutov Vladislav Vadimovich

Annotation. The article is devoted to a comprehensive study of the reconstruction project of the spreader on gantry container loader , taking into account additional loads. The method of mathematical modeling of exhaustion of the resource is applied. The stresses acting at the base of the spreader frame and the resulting deformations produced in the APM Structure 3D program. From the analysis of the kinetics of the stress-strain state in the metal structure of the frame, hazardous areas with the most intense damage accumulation process were identified. Using the boundary conditions taken from the general solution by the finite element method.

Keywords: spreader, handling equipment, metal construction, stress-strain state, finite element method, modeling, strength, stress concentration, reliability.