

УДК 621.874

## АНАЛИЗ МЕТОДИК РАСЧЕТА ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА КРАНОВЫХ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ НА БАЗЕ САЕ И КЛАССИЧЕСКИХ МЕТОДОВ СТРОИТЕЛЬНОЙ МЕХАНИКИ

*Мирошников А.А., ст. преподаватель,  
topalexengineering@gmail.com*

*ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет им. В. Даля»*

**Ключевые слова:** *мостовой кран, остаточный ресурс, напряженно-деформированное состояние металлоконструкции.*

Металлоконструкции грузоподъемных машин, отработавших свой нормативный срок, требуют особого контроля. На сегодняшний день отсутствует единая методика оценки остаточного ресурса [1,2]. В статье приводится сравнительный анализ напряженно-деформированного состояния выполненные в программном комплексе SolidWorks Simulation [1,3,4] и методов строительной механики [5-7].

В данной работе приведены результаты изучения расчета напряженно деформированного состояния металлоконструкции с помощью разных методов. Сравняются полученные данные методом конечных элементов (МКЭ) в программном комплексе Computer-aided engineering (CAE) и классический метод расчета строительной механики основан на принципе расчета [1,2].

Объектом исследования выступает металлоконструкция двухбалочного мостового грейферного крана грузоподъемностью 5 т., пролетом 22,5м. Расчетный случай нагружения описан следующим образом. Тележка крана находится по середине пролета. Учитывается одновременно действие нагрузок в следующих случаях: подъем груза и движение крана.

Воспользуемся методом построения эпюр изгибающих моментов. Наибольший изгибающий момент от подвижной нагрузки возникает в сечении, смещенном от середины пролета на расстояние  $a/4$  ( $a$  – база тележки), при расположении тележки соответствующим колесом над указанным сечением, получаем величину наибольшего изгибающего момента.

Расчетные вертикальные нагрузки на главные балки крана приняты согласно методике [5] (рис.1.).

Аналогичное конечное значение результата момента получаем и при расчете методом линий влияния [5] и равняется 153,35 кНм.

При расчете кранового моста на горизонтальные нагрузки принята расчетная схема – главные и концевые балки образуют статически неопределимую плоскую раму, нагруженную системой сил в своей плоскости .

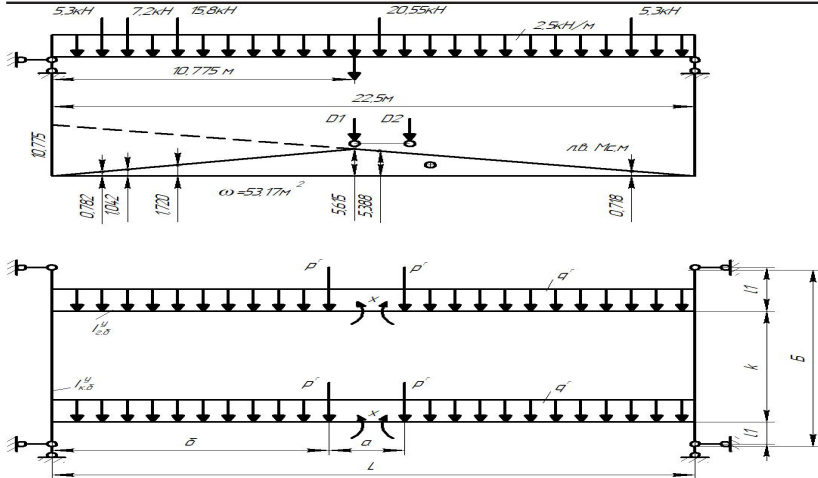


Рисунок 1 - Расчетная схема моста крана при расчетах на вертикальные нагрузки. Определение изгибающих моментов в опасном сечении главной балки методом линий влияния

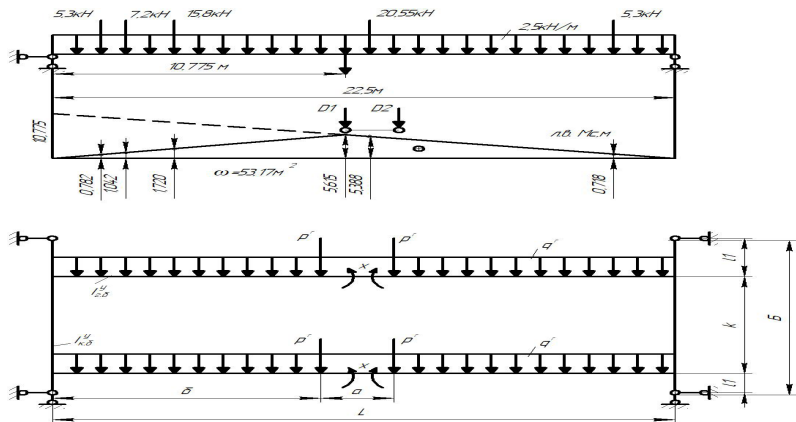


Рисунок 2 - Расчетная схема моста крана при расчетах на горизонтальные нагрузки.

Расчет выполнен методом сил [5]. Горизонтальные нагрузки представлены в виде сосредоточенных динамических нагрузок от массы тележки и груза,

передающиеся на металлоконструкцию в местах контакта ходовых колес тележки с рельсами ( $P_r = 2476$  Н.). Также распределенная динамическая нагрузка, приходящаяся на одну балку, определяется исходя из равенства изгибающих моментов в среднем сечении главных балок от сосредоточенной и распределенной нагрузок ( $q^r = 428,6$  Н/м.). Наибольшие изгибающие моменты равны:

$$M_{расч} = M_q' + M_q'' + M_p = 5,9327 \cdot 10^8 \text{ Н} \cdot \text{мм.}$$

Нормальные напряжения в наиболее нагруженных волокнах нижнего пояса рассчитываемого сечения главной балки:

$$\sigma = \frac{M_{расч}}{W_x} + \frac{M_l}{W_y} = \frac{5,9327 \cdot 10^8}{5,007 \cdot 10^6} + \frac{2,293 \cdot 10^7}{2,799 \cdot 10^6} = 127 \text{ МПа}$$

Расчет МКЭ. Построена твердотельная модель моста крана. Выполнена с учетом всех геометрических характеристик, содержащая основные элементы для расчета. Анализ выполнен с учетом имитации нагрузки описанной ранее включающей в себя динамические коэффициенты (рис. 3). Имитация опор – шарнирная. Расчетная модель содержит всего узлов 1177554, количество элементов 592072. Для всей модели использованы конечные элементы с функцией формы второго порядка. Упругие свойства материала стали 3 описаны следующими физическими величинами: модуль упругости первого рода  $E = 2,04 \cdot 10^{11}$  Н/м<sup>2</sup>, предел текучести  $2,25 \cdot 10^8$  Н/м<sup>2</sup>, коэффициент Пуассона  $\mu = 0,29$ .

Результаты расчета показали, что расчетное напряжение составляет 145,6 МПа. Прогиб нижнего пояса более нагруженной балки (на которой расположена кабина, настил с электрооборудованием) составил 3,54 мм.

Рассмотрим сечение находящиеся по середине кран-балки. Зондирование крайних точек нижнего пояса показал напряжения равные 76МПа. Точка по середине – 66МПа. Следовательно, наиболее нагруженной зонной является крайние точки нижнего пояса.

Анализ методик расчета, позволяет сделать вывод.

1. Реальное сооружение в строительной механике заменяется расчетной схемой – упрощенной, отражающей основные свойства. Получить наглядную картину напряжений довольно сложно, а для сложных геометрических объектов практически невозможно.
2. Комплекс САЕ основанный на численном методе расчета – МКЭ. Позволяет создать математическую модель практически для любой модели, благодаря конечным элементам в виде треугольников и тетраэдров. Для повышения точности вычислений можно легко увеличить плотность сетки. Рассмотреть картину напряженно-деформированного состояния с максимальной подробностью. Простые вычислительные методы, бази-

рующиеся на аналитическом решении, не дают возможности получить полного описания связей взаимодействия и переходных процессов.

3. Расчетное напряжение нижнего пояса МКЭ на 13% в большую сторону отличается от полученного значения методом линий влияния и методом сил. Данные CAE напрямую зависят от точности выполнения расчетной твердотельной модели и как следствие самой расчетной модели.

*Библиографический список:*

1. А.А. Мирошников, Л.Я. Будиков. Оценка остаточного ресурса мостовых кранов применением CALS технологий и методов численного анализа. Материалы Международной научно-практической конференции преподавателей, студентов и молодых ученых «Транспортные системы и современные технологии», посвященной 97-й годовщине образования Луганского национального университета имени Владимира Даля. Луганск 2017.
2. Будиков Л. Я., Мирошников А. А., Криничный П. Ю. О параметрах технического состояния мостовых кранов при оценке их остаточного ресурса / Наземные транспортно-технологические комплексы и средства: Материалы Международной научно-технической конференции. – Тюмень, 2018. - С. 64-69.
3. Мирошников А.А., Гиловой Л.Я. Моделирование жесткости станины зубофрезерного станка с помощью метода конечных элементов. XVII научная конференция математическое моделирование и информатика. Москва, 2015г.
4. Мирошников А.А. Численные методы решения задач подъемно-транспортного, строительного, дорожного машиностроения №1: метод. указания: Изд-во ГОУ ВПО «Луганский нац. ун-т им. В. Даля», 2018. – 69 с.
5. Методические указания к расчету несущих металлических конструкций мостовых кранов. Сост.: Л.Я. Будиков, А.В. Зеленко. – Луганск: Изд-во Восточно-укр. Нац. университета им. В.Даля, 2003. – 44с.
6. ГОСТ 32579.5-2013. Краны грузоподъемные. Принципы формирования расчетных нагрузок и комбинаций нагрузок. Часть 5. Краны мостового типа. – М.: Стандартиформ, 2015.-15с.
7. ГОСТ 33169-2014. Краны грузоподъемные. Металлические конструкции. Подтверждение несущей способности. -М.: Стандартиформ, 2015. – 30 с.

## **ANALYSIS OF METHOD OF CALCULATION OF THE RESIDUAL RESOURCE CRANE METALWORK ON THE BASIS OF CAE AND CLASSICAL METHODS OF CONSTRUCTION MECHANICS**

*Miroshnikov A.A.*

**Keywords:** *crane, metalwork, residual resource, intense deformed.*

*Question of definition of a residual resource of a metal construction play large role at operation of cars of the increased danger. Continuously the number grows hoisting machine, fulfilled at the end of their working lives. In this regard the increasing value gets a research in the field of a residual resource of a metal construction.*