

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСЧЕТА ДИНАМИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ В БАЛКЕ МОСТОВОГО КРАНА И КАНАТЕ

Н.В. Водолазская, канд. техн. наук, доцент;

Е.А. Гординская,

Донецкий национальный технический университет, г. Донецк

Согласно концепции логистики между производством и транспортом, транспортом и потребителями всегда должны быть складские объекты, предназначенные для сглаживания неравномерных циклов производства, потребления и функционирования различных видов транспорта. Поэтому склад является одним из важнейших элементов логистической системы [1].

В условиях нестабильности экономики страны, когда не всегда удается «отгрузить» изготовленную продукцию или использовать уже имеющиеся запасы, актуальным становится вопрос об оптимизации использования складских площадей.

Одним из способов повышения эффективности складской логистики с точки зрения использования площадей является выбор оптимального оборудования перемещения складских запасов, который позволит:

- увеличить полезную площадь склада;
- увеличить полезный объем склада;
- ускорить выполнение логистических операций;
- увеличить производительность погрузочно-разгрузочных работ;
- улучшить качество выполнения погрузочно-разгрузочных, транспортно-перемещающих и других работ;
- сократить простои транспортных средств под погрузку и разгрузку;
- оптимизировать работу персонала [2].

Проанализировав погрузочно-разгрузочные механизмы, применяемые на складах, можно сказать, что наиболее рациональным механизмом является однобалочный мостовой кран.

Для удобства погрузочно-разгрузочных работ применяем специальный вилочный захват для мостового крана. Усовершенствованная конструкция вилового захвата с боковыми удерживающими вилами, которые передвигаются с помощью гидравлической системы, имеет большую массу в сравнении с предыдущей моделью захвата. Целью данной работы является разработка математической модели для расчета динамических нагрузок, возникающих в металлоконструкции мостового крана и канате.

Расчет производится для постепенного торможения опускающегося груза при совместной работе подъемного механизма и упругого моста.

Исходные данные для расчета

$Q=15,3$ кН – вес подъемного механизма, усовершенствованного вилового захвата и груза;

$m_1=5,54$ кН – масса механизма подъема и усовершенствованного вилового захвата;

$m_2=9,81$ кН – масса груза;

$G =26,5$ кН – вес металлоконструкции;

$T=14,7$ кН – тормозная сила привода.

Расчет коэффициента жесткости каната

$$C_1 = \frac{E \cdot F}{l},$$

где $E=127 \cdot 10^9$ Н/м² – модуль упругости при растяжении;

$F=0,00004712$ м² – площадь поперечного сечения каната;

$l=10$ м – длина каната.

$$C_1 = \frac{127 \cdot 10^9 \cdot 0,00004712}{5} = 1196 \text{ кН / м}$$

Расчет коэффициента жесткости каната

$$C_2 = 300 \sqrt[3]{Q^2},$$

$$C_2 = 300 \sqrt[3]{15,3^2} = 41 \text{ кН / м.}$$

Процесс торможения можно эмитировать приложением тормозной силы привода T к вращающейся массе механизма подъема m_1 в сторону, противоположную движению. Тогда можно записать, что усилия в упругих связях равны

$$F_1 = Q + C_1,$$

$$F_2 = G + Q + C_2.$$

Нагрузки упругих связей представляются в виде двухчастотных функций:

$$F_1 = A_1 \cos \omega_1 t + A_2 \cos \omega_2 t + D_1,$$

$$F_2 = A_3 \cos \omega_1 t + A_4 \cos \omega_1 t + D_2,$$

$$D_1 = Q + \frac{(T - Q)m_2}{m_1 + m_2},$$

$$D_2 = G + Q + \frac{(T - Q)m_2}{m_1 + m_2}.$$

Время торможения

$$t = \frac{Q + C_1}{Q + \frac{(T - Q)m_2}{m_1 + m_2}}.$$

Амплитуды косинусоидальных составляющих равны:

$$A_1 = \frac{(T - Q) \left(\frac{C_1}{m_1} - \frac{m_2 \omega_2^2}{m_1 + m_2} \right)}{\omega_2^2 - \omega_1^2},$$

$$A_2 = \frac{(T - Q) \left(\frac{m_2 \omega_2^2}{m_1 + m_2} - \frac{C_1}{m_1} \right)}{\omega_2^2 - \omega_1^2},$$

$$A_3 = \frac{(T - Q) m_2}{m_1 + m_2} \cdot \frac{\omega_2^2}{\omega_2^2 - \omega_1^2},$$

$$A_4 = \frac{(T - Q) m_2}{m_1 + m_2} \cdot \frac{\omega_1^2}{\omega_2^2 - \omega_1^2}.$$

Круговые частоты собственных колебаний:

$$\omega_1 = \frac{C_1 C_2}{(C_1 + C_2) m_1},$$

$$\omega_2 = \frac{C_1 + C_2}{m_2} + \frac{C_1}{m_1} - \omega_1^2.$$

Расчет времени торможения

$$t = \frac{15,3 + 1196}{15,3 + \frac{(14,7 - 15,3)81}{5,54 + 9,81}} = 81,2 \text{ сек.}$$

Круговые частоты собственных колебаний:

$$\omega_1 = \frac{1196 \cdot 41}{(1196 + 41)54} = 7,1.$$

$$\omega_2 = \frac{1196 + 41}{9,81} + \frac{1196}{5,54} - 7,1 = 5,2 \times 10^3.$$

Амплитуды косинусоидальных составляющих:

$$A_1 = \frac{(14,7 - 15,3) \left(\frac{1196}{5,54} - \frac{9,81 \cdot 5,2 \times 10^3}{5,54 + 9,81} \right)}{19,18 - 13,7} = 0,383 ,$$

$$A_2 = \frac{(14,7 - 15,3) \left(\frac{9,81 \cdot 5,2 \times 10^3}{5,54 + 9,81} - \frac{1196}{5,54} \right)}{19,18 - 13,7} = -0,383 ,$$

$$A_3 = - \frac{(14,7 - 15,3)9,81}{5,54 + 9,81} \cdot \frac{5,2 \times 10^3}{5,2 \times 10^3 - 7,1} = 0,383 ,$$

$$A_4 = \frac{(14,7 - 15,3)81}{5,54 + 9,81} \cdot \frac{5,2 \times 10^3}{5,2 \times 10^3 - 7,1} = -7,4 \times 10^{-7} ,$$

$$D_1 = 15,3 + \frac{(14,7 - 15,3)9,81}{5,54 + 9,81} = 14,9 \text{ кН} ,$$

$$D_2 = 26,5 + 15,3 + \frac{(14,7 - 15,3)9,81}{5,54 + 9,81} = 41,4 \text{ кН} .$$

Расчеты были произведены в программе MathCAD. Результат представлен в виде графиков.

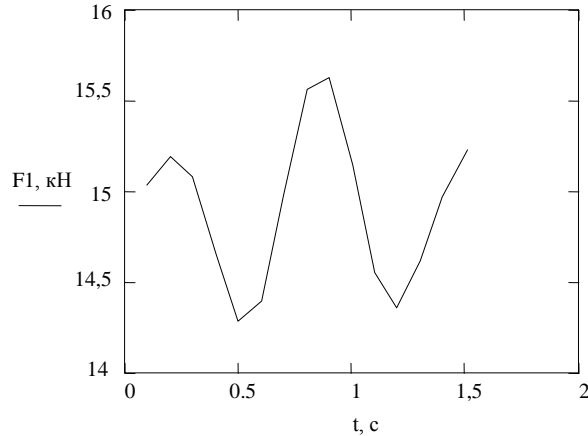


Рисунок 1 - График нагрузок в канате

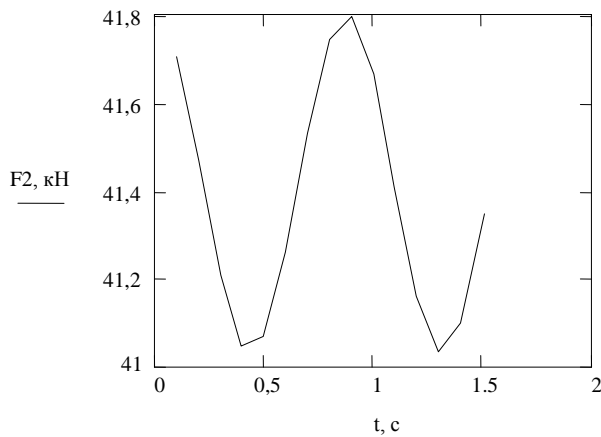


Рисунок 2 - График нагрузок в мосте

ВЫВОДЫ

Расчет динамических колебаний моста и каната мостового крана при применении усовершенствованного вилочного захвата показал, что:

- максимальные нагрузки при применении вилочного захвата в канате равны 15,6 кН, что не превышает предельных значений 54,9 кН;
- максимальные нагрузки при применении специального вилочного захвата в мосте равны 41,7 кН, что не превышает предельных значений 50 кН.

SUMMARY

In this paper we present calculations of the dynamic loads in the rope and the bridge crane in the application of an improved fork. Improved fork has lateral

restraints, which move with the help of a hydraulic system, which led to an increase in mass capture. The calculation is performed to check the possibility of an improved fork. The calculation was performed for a gradual deceleration sinking of the cargo at the joint work of the lift mechanism and an elastic bridge. The calculation showed that the maximum loads in the application of forks in the rope is equal to 15.6 kN, which does not exceed the limit values of 54.9 kN and the maximum loads using a special fork in the bridge are equal to 41.7 kN, which does not exceed the limit value of 50 kN.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Николайчук В.Е. Транспортно-складская логистика: учебное пособие – 2-е изд./ В.Е. Николайчук – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К^о», 2007. – 452 с.
2. Дыбская В.В. Логистика складирования для практиков / В.В. Дыбская. – М.: Издательство «АЛЬФА-ПРЕСС», 2005. – 208с.
3. Казак С.А. Динамика мостовых кранов (Расчет нагрузок при переходных режимах) / С.А. Казак – М.: Издательство «Машиностроение», 1968. – 328с.