

## РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕССА ПОДЪЕМА ГРУЗА

Емельянов Р.Т. Турышева Е.С.

*Сибирский федеральный университет*

В соответствии с методикой экспериментальных исследований испытания проводились на гидрофицированном кране. Испытания проводились с компактным жестким грузом массой 1000 кг и с длинномерным пакетом труб длиной 6 м и такой же массы. Род груза значительно сказывается на динамических нагрузках навесного оборудования. В среднем при работе с длинномерными грузами коэффициент динамичности выше на 12...20%, чем при работе с жесткими компактными грузами за счет наложения динамики колебаний пакета длинномерного груза. Теоретические расчеты подтверждаются в плане увеличения коэффициента динамичности при уменьшении массы груза за счет больших амплитуд колебаний груза. При этом частота колебаний груза зависит от его массы, чем больше масса груза, тем меньше частота его колебаний, примерно в прямой пропорции.

На рис. 1 приведены графики изменения коэффициентов динамичности в зависимости от вида груза и его массы.

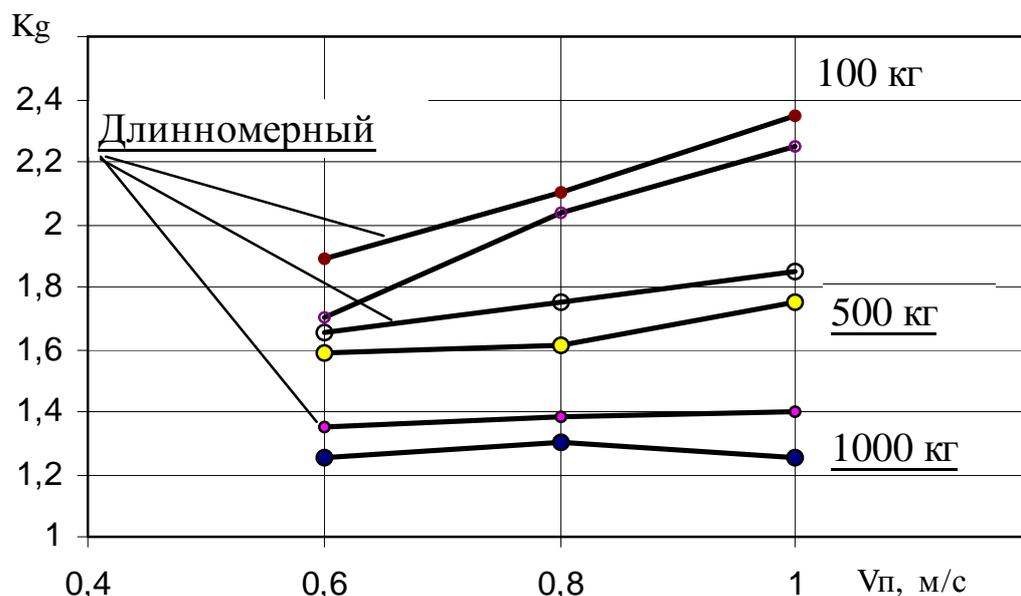


Рис. 1 Изменения коэффициентов динамичности

Увеличение скорости подъема приводит к увеличению коэффициента динамичности, но в зависимости от массы груза. Чем больше масса груза, тем меньше влияние скорости подъема на динамические нагрузки. Соотношение статических и динамических нагрузок в механизме подъема такие же, как и в соприкасающихся с ними элементах конструкции при темпе включения двигателя 0,3...0,5 с., поэтому при расчетах динамических нагрузок в конструкции крана можно пользоваться теми же коэффициентами, учитывая время включения двигателя. Чем меньше время включения, тем быстрее разгон и тем «жестче» приложение динамических нагрузок. Для конструкции желательно более плавное приложение нагрузок, поскольку, чем выше

скорость приложения нагрузок, тем меньше влияние демпфирующих сопротивлений на развитие колебаний. На рис. 2 приведена зависимость влияния массы поднимаемого груза на величину демпфирующих сопротивлений привода механизма подъема. Эта зависимость при легком нагружении механизма подъема имеет линейный вид.

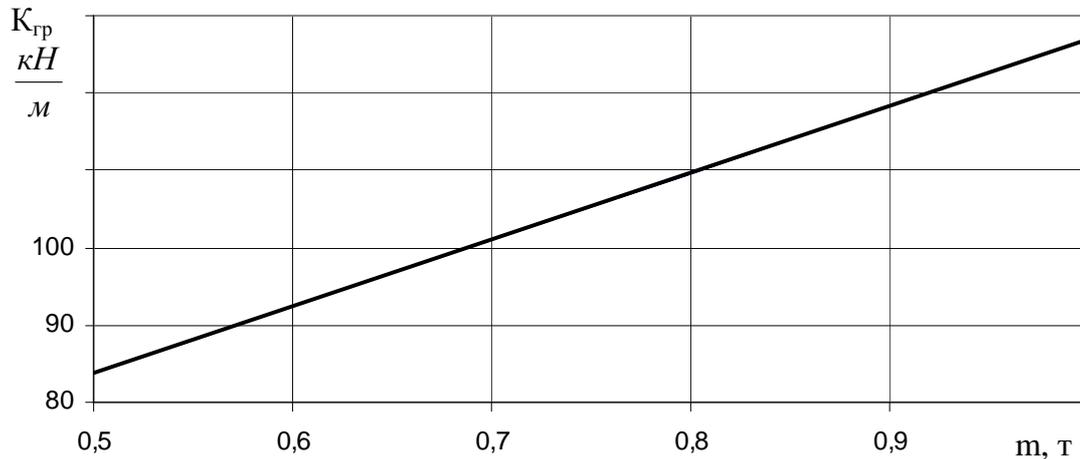


Рис. 2 Зависимость демпфирующих сопротивлений от массы поднимаемого груза

Для проверки теоретических положений о влиянии зазоров в шарнирных соединениях элементов рабочего оборудования были проведены испытания крана в тех же условиях, но только с жестким компактным грузом, при тех же значениях суммарных зазоров – 0,002 м, 0,0035 м, 0,005 м. Повышенный зазор обеспечивался проточкой шарниров в соединениях стрелы с грейферной подвеской, соединениях механизма подъема стрелы. Испытания проводились с грузом массой 1000 кг при скорости подъема 0,85...0,95 м/с. Испытания показали, что с точностью до 10% расчетные данные совпали с экспериментальными, в среднем коэффициент динамичности при увеличении зазоров до 0,005 м увеличивается до 30%. «Жесткость» колебаний увеличивается за счет «перекладки» зазоров. В момент «перекладки» зазоров нагрузка падает почти до нуля, а затем резко возрастает в ту или другую сторону, частота колебаний при этом резко увеличивается и за счет амплитуд колебаний увеличивается коэффициент динамичности.

На рис. 3 приведены изменения коэффициента динамичности в зависимости от величины зазоров в рабочем оборудовании и приводе механизма подъема груза.

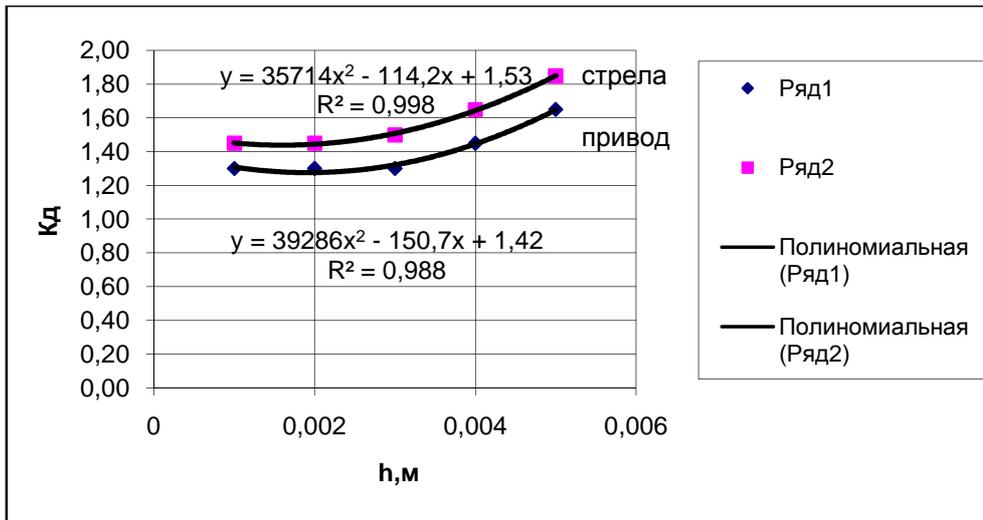


Рис. 3. Изменения коэффициента динамичности

Исследование динамических нагрузок при внедрении грейферного захвата в штабель груза проводилось при скорости движения 0,55...0,65 м/с. с высоты около двух метров. В качестве груза использовалась песчано-гравийная смесь в двух состояниях – рыхлом и слежавшемся. Сопротивление грейфера с грузом, активный забор груза при этом сопровождаются интенсивными колебаниями нагрузки, имеющими высокую частоту и амплитуду, достигающую 30% статической нагрузки. Средний коэффициент динамичности при внедрении захвата в рыхлую песчано-гравийную смесь составил 1,38, а при внедрении захвата с слежавшуюся песчано-гравийную смесь 1,71. На рис. 4 показана осциллограмма записи процесса внедрения грейферного захвата в штабель груза.

Режим сбрасывания груза в процессе подъема это режим экстремальный, т.е. в реальной действительности груз укладывается в транспортное средство или в штабель плавно, но этот режим иногда имеет место как аварийный, поэтому были проведены испытания крана в процессе сбрасывания груза при его подъеме с максимально возможной скоростью. Испытания проводились с жестким компактным грузом массой 500 кг. Груз подвешивался на электромагнитной защелке и в нужный момент (при достижении высоты подъема около 2 м) резко сбрасывался. Этот процесс развернутый при скорости записи 16см/с на осциллограмме приведен ниже на рис. 4. Из неё видно, что в различные периоды цикла работы механизма подъема (пуск, установившееся движение, торможение) колебания груза существенно разные и направлены как вдоль оси ОХ, так и вдоль оси ОУ.

При движении груза массой 1000 кг, амплитуда колебаний в горизонтальной плоскости не превышает 5 мм. Колебания груза имеют максимальные значения в пуско-тормозных режимах. В установившемся режиме работы крана колебания затухают. Максимальные величины колебаний возникают при подъеме груза с подхвата. Опыты по определению параметров колебательного процесса системы проводились при семикратном повторении подъёма груза на высоту 16 м. На основании этого определены среднеарифметические значения максимальных величин амплитуды колебания, их среднеквадратичные отклонения  $S$  и величина доверительного интервала параметра.

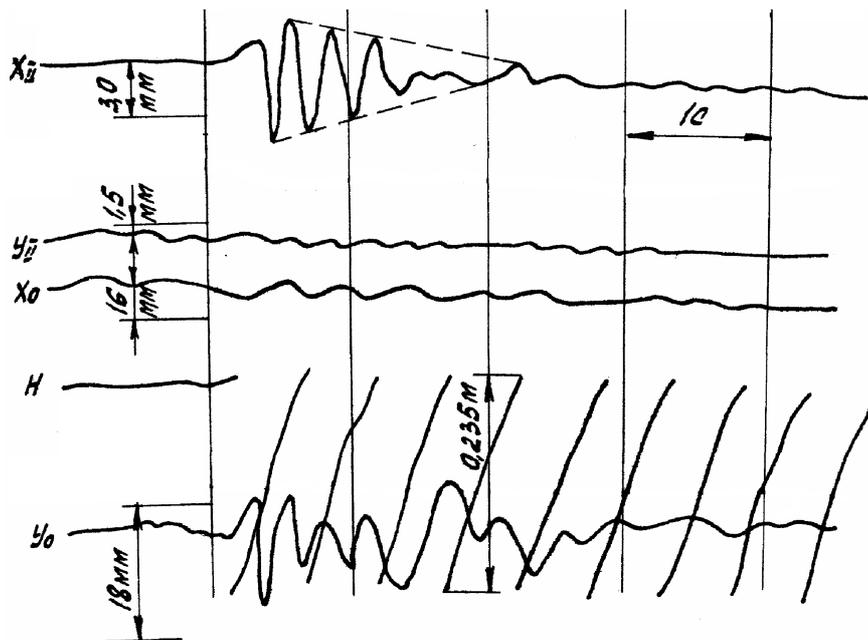


Рис. 4 Оциллограмма процесса подъема груза:  $\sigma_{IР}$  и  $\sigma_{IIР}$   $\sigma_{IIIР}$  –напряжения сжатия в сечениях I и II III;  $x_0$ ,  $x_{II}$ ,  $y_0$ ,  $y_{II}$ –перемещения мачты в сечениях O и II;

При торможении груза полиспагт испытывает сильные колебания, амплитуда которых достигает 7,4 мм. Частота колебаний составляет 2,85 Гц. Закон изменения амплитуд колебания в исследуемых сечениях близок к прямолинейному, что говорит о наличии в системе сухого трения. Декремент затухания колебаний равен 0,4.

Время  $t_1 + t_2$  на оциллограмме это разгон стрелы с грузом до максимально возможной скорости подъема,  $t_4$  – время отцепа груза. Сбрасывание груза сопровождалось резким снижением нагрузки и переходом ее в отрицательную сторону за время  $t_5$  составляющее всего 0,1...0,15 с, затем рывок в обратную сторону (время  $t_6$ ) и далее затухание колебаний. При величине суммарных зазоров 0,005 м коэффициент динамичности составил 3,1.

Избыточное усилие при подъеме груза описывается уравнением:

$$P = |\exp(-u)A \sin(\omega \cdot u)|,$$

где  $\omega$  – частота колебаний груза;  $u$  – время отрыва груза.

В таблице 2 приведены коэффициенты динамичности, полученные расчетным и экспериментальным методами, на режимах подъема груза на погрузочно-разгрузочных работах с максимальным приближением к принятой в практике технологии работ и на режимах экстремальных, сопровождающихся повышенными динамическими нагрузками. Приведенные данные подтверждают достоверность расчетной методики. Расхождения теоретических и экспериментальных данных составляет не более 11 %.