

УДК 621.873:531.391

Е.Т. Ким (асп., каф. ПТСМ), А.Н. Орлов, д.т.н., проф.

### НАГРУЗКИ НА ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМЫ ИЗМЕНЕНИЯ ВЫЛЕТА ПОРТАЛЬНЫХ КРАНОВ

Определение статических нагрузок на элементы крановых конструкций является важным этапом проектировочного расчета. Существует достаточно много литературы, где рассматривается данная тематика [1, 2], но вывод формул сделан без учета упругости элементов кранов. Определение статических нагрузок с учетом податливости системы позволят более точно представить процессы, протекающие в стреловых конструкциях крана.

Предлагаемая работа посвящена определению статических нагрузок на элементы порталных кранов в соответствии с динамической моделью, приведена на (рис. 1).

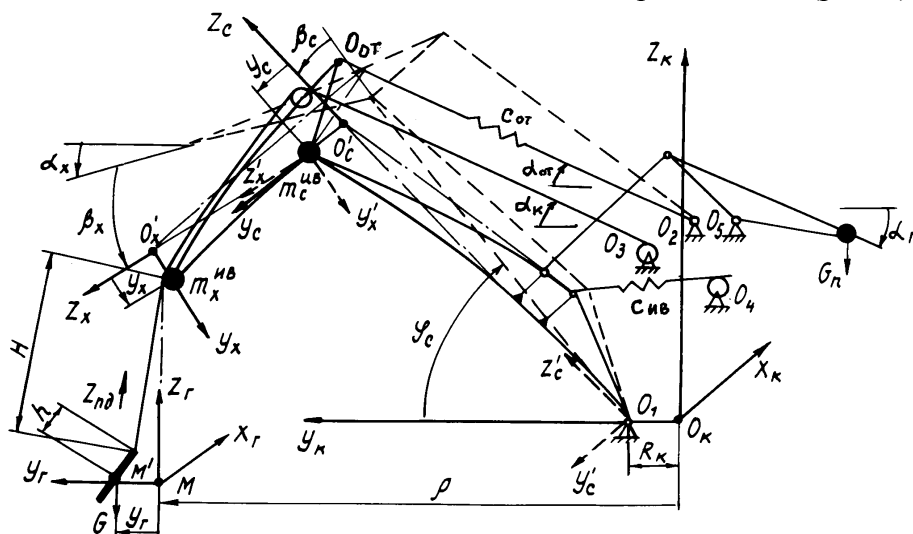


Рис. 1. Динамическая модель порталных кранов в виде механизмов с упругими звеньями

Как и при выводе дифференциальных уравнений, описывающих движение элементов системы изменения вылетов (СИВ) крана с грузом, применим метод линеаризации уравнений движения механизмов с нелинейными функциями положения (каким является СИВ), основанный на предположении близости законов движения механизма с упругими звеньями к закону движения жесткого механизма [3]. Закон движения СИВ в соответствии с жесткой динамической моделью [4] примем как программный. Отклонения от программного движения, вызванные податливостью звеньев элементов системы, будем рассматривать как динамические ошибки, и полагать малыми величинами.

Таким образом, кинематические передаточные функции (КПФ), вспомогательные функции и статические нагрузки будем представлять в виде:

$$\bar{F} = F + F_{пр}, \quad (1)$$

где  $\bar{F}$  — функция, описывающая гибкую модель;  $F$  — функция, связанная с жесткой моделью;  $F_{пр}$  — динамическая прибавка, обусловленная податливостью системы.

Условно вывод уравнений статических нагрузок можно разделить на два этапа. Первым этапом работы является получение уравнений для модели с жесткими звеньями использованием КПФ первого порядка, связывающие скорости звеньев крана с угловой скоростью  $\dot{\phi}_c$  стрелы [4, 5], а также дополнительных вспомогательных функций, введенных для упрощения

дальнейших записей. Выражения для КПФ получены для различных конструктивных исполнений стреловых систем, уравнивающих устройств и механизмов изменения вылета, включая уравнивающие устройства, расположенные под поворотной платформой [6]. В работе [7] приведены уравнения статических нагрузок, кинематические передаточные функции первого порядка, а также вспомогательные функции в соответствии с жесткой моделью.

На втором этапе рассматривается вывод уравнений динамических добавок и приведение к виду (1). Вывод начинается с определения вспомогательных функций и КПФ первого порядка; все динамические прибавки учитываются до величин первого порядка малости. Например, окончательный вид одной из кинематических передаточных функций -  $\bar{u}_x$ .

$$\bar{u}_x = u_x + u_{x_{np}}$$

$$u_{x_{np}}(\beta_x, \beta_c, y_c) = -u_x \left( \beta_x + \alpha_{от_{np}} \right) \operatorname{ctg}(\alpha_x + \alpha_{от} + \varepsilon_2) -$$

$$- \frac{l_c \cos(\varphi_c - \alpha_{от})}{l_{2x} \sin(\alpha_x + \alpha_{от} + \varepsilon_2)} \left( \beta_c + \alpha_{от_{np}} + \frac{y_c}{l_c} \right)$$

При выводе вспомогательных функции можно использовать два варианта, рассмотрим один из них. КПФ первого порядка для гибкой модели представим в виде  $\bar{u}_G = l_c \bar{p}_c - \bar{u}_x \bar{p}_b$ , после преобразования:  $u_{G_{np}} = l_c p_{c_{np}} - u_x p_{b_{np}} - u_{x_{np}} p_b$ . Теперь выписываем члены, стоящие при  $l_c$  и  $u_x$ , это и будут искомые прибавки соответствующих вспомогательных функций. Аналогично с остальными вспомогательными функциями.

Теперь перейдем непосредственно к выводу статических нагрузок на примере одной из сил. В соответствии с динамической моделью порталных кранов в виде механизмов с упругими звеньями (рис.1) получаем:

$$\bar{S}_c^{ст} = \frac{1}{l_c} \{ G \bar{u}_G + (G_x + 0.5 G_{от}) [l_c \cos(\varphi_c - \beta_c) + y_c \sin(\varphi_c - \beta_c)]$$

$$- \bar{u}_x [G_x l_{ц.х} \cos(\alpha_x + \beta_x) - 0.5 G_{от} l_{2x} \cos(\alpha_x + \beta_x + \varepsilon_2)] \}$$

где  $\bar{S}_c^{ст}$  статическая нагрузка, изгибающая стрелу.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Справочник по кранам. Т.2 / М.П. Александров и др. - Л.: Машиностроение, 1988. – 560 с.
2. Специальные краны: Уч. пособие / П.З. Петухов, Г.П. Ксюнин, Л.Г. Серлин – М.: Машиностроение, 1985.-248 с.
3. Динамика машин и управление машинами: Справочник / В.К. Асташев и др.–М.: Машиностроение, 1988.– 240 с.
4. Орлов А.Н., Флюгель Ф. Обобщенная математическая модель стреловых кранов // Труды СПбГТУ.– № 445.– СПб., 1995.– С. 66–77
5. Бортяков Д.Е., Орлов А.Н. Математическая модель системы изменения вылета порталных кранов // Изв. вузов. Машиностроение.– № 5.– 1990.– С.86–91.
6. Бортяков Д.Е., Орлов А.Н. Проектирование оптимальных уравнивающих устройств порталных кранов // Динамика прочность и надежность технологических машин.– Труды СПбГТУ, №478.– 1998.– С. 34–41.
7. Бортяков Д.Е., Орлов А.Н., Шевелев А.Б. Расчет и анализ частотного спектра порталных кранов // Известия ТГУ, Серия “Подъемно-транспортные машины и оборудование”, Вып.2.- Тула, 1999.-с.27-33.