

## РАСЧЕТ ДИНАМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ В СТРЕЛЕ ДРАГЛАЙНА С ПОМОЩЬЮ ПРИНЦИПА ДАЛАМБЕРА

Смирнова М.Е., Татаренко А.Ю.  
Научный руководитель – доцент Калиновская Т.Г.

*Сибирский федеральный университет*

Драглайн — рабочее оборудование для разработки грунта ниже уровня стоянки экскаватора с ковшом, подвешенным на канатах (рис. 1). Ковш опускается на дно котлована или траншеи, а затем тянется к машине тяговым канатом, при этой ковш наполняется срезаемым грунтом. Затем груженный ковш поднимается подъемным канатом, одновременно поворачивая платформу к месту разгрузки. После разгрузки ковша поворачивают платформу со стрелой к забою и одновременно опускают ковш. Чтобы не заменять стреловой канат, длина которого рассчитана, стрелу прямой лопаты, для подвески удлиненной стрелы драглайна применяют дополнительные канаты подвески стрелы, соединяющие ось головных блоков стрелы с подвижной траверсой.



Рис.1 Экскаватор-драглайн в карьере.

Подъемный канат отвечает за вертикальное перемещение (подъем). Подтягивание каната к экскаватору реализуется при помощи тягового каната. При этом осуществляется подрезка грунта и заполнение ковша. При одномоментном натяжении обоих канатов растет расстояние между соединительным звеном и опрокидным блоком, что способствует натяжению разгрузочного каната, и, как следствие, — подъемом передней части ковша.

Раньше драглайны были очень распространены во всех классах и группах строительных и карьерных одноковшовых машин. Сейчас, в связи с широким распространением моделей гидравлических экскаваторов, драглайны идут как представители тяжелого класса, обычно – карьерные.

Главными показателями технического уровня экскаваторов являются их производительность, надежность, удельный расход электроэнергии и металлоемкость. В связи с этим, на стадии проектирования должны быть заложены конкретные технические решения, позволяющие повысить эффективность функционирования всей комплексной системы.

Одним из важнейших конструктивных факторов, определяющих величину эксплуатационных расходов, удельную металлоемкость, а также компоновку оборудования на поворотной платформе, является выбор рационального передаточного числа редуктора, номинальной частоты вращения приводных двигателей главных механизмов подъема, напора (тяги) поворота. Высокооборотные электродвигатели обеспечивают меньшую массу, рациональную компоновку на поворотной платформе, при необходимых суммарных моментах нагрузки на рабочее оборудование, но при этом значительно увеличивают крайне нежелательные динамические нагрузки на рабочее оборудование и металлоконструкции экскаватора.

Снижение динамических нагрузок приводит к повышению долговечности рабочих канатов и других узлов и обеспечит значительный экономический эффект (известно, что расходы на рабочие канаты за срок службы машины достигают по стоимости суммы, равной цене машины)

Таким образом, задача определения динамических нагрузок на металлоконструкции и механическое оборудование главных механизмов является актуальной с целью их снижения и повышения надежности узлов оборудования

В данной работе проводилось определение динамических реакций в тяговом канате и шарнире крепления стрелы экскаватора драглайна при равномерном вращении стрелы драглайна вместе с ковшом вокруг главной оси поворотного механизма (рис. 2).

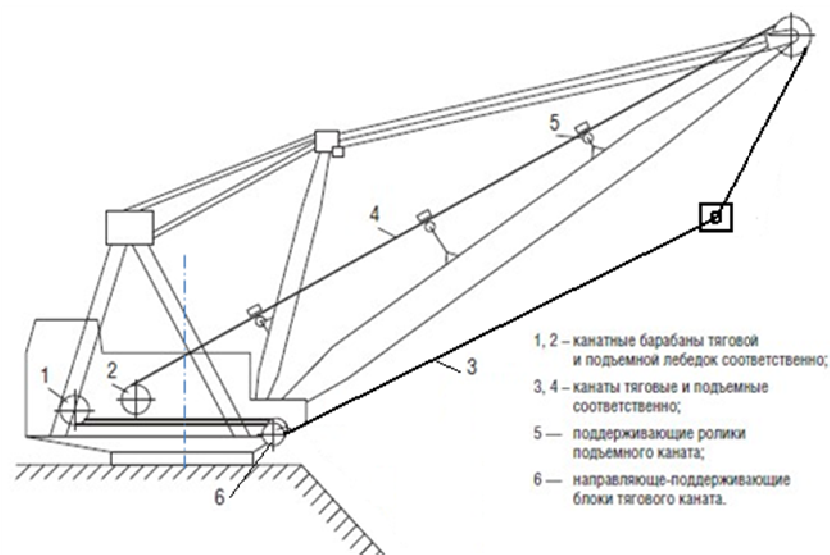


Рис. 2. Схема экскаватора-драглайна

Методом определения динамических реакций являлся метод кинетостатики, основанный на известном принципе Даламбера: если в любой момент времени к каждой из точек системы кроме действующих на нее внешних и внутренних сил присоединить соответствующие силы инерции, то полученная система сил будет уравновешенной и к ней можно применить все уравнения статики. При этом из составленных уравнений можно выразить величины реактивных усилий. Они зависят от сил инерции и носят динамический характер. В технике динамическими реакциями часто называют полные реакции опор вращающегося тела, возникающие в результате действия, как сил инерции, так и активных сил.

В настоящей работе динамическими считались добавочные усилия в опорах (канатах), возникающие от сил инерции, которые, согласно законам теоретической механики в общем случае могут быть приведены к главному вектору и главному

моменту сил инерции. В процессе проведения расчетов сначала находили полные реакции, затем определяли входящие и них динамические добавки.

В расчетах заданными величинами являлись: угловая скорость стрелы, масса и длина стрелы, масса ковша, расстояние от оси вращения до точки крепления стрелы, угол наклона стрелы к вертикали, угол между осью стрелы и подъемным канатом, высота подъема ковша и расстояние от ковша до оси вращения (рис. 3, а).

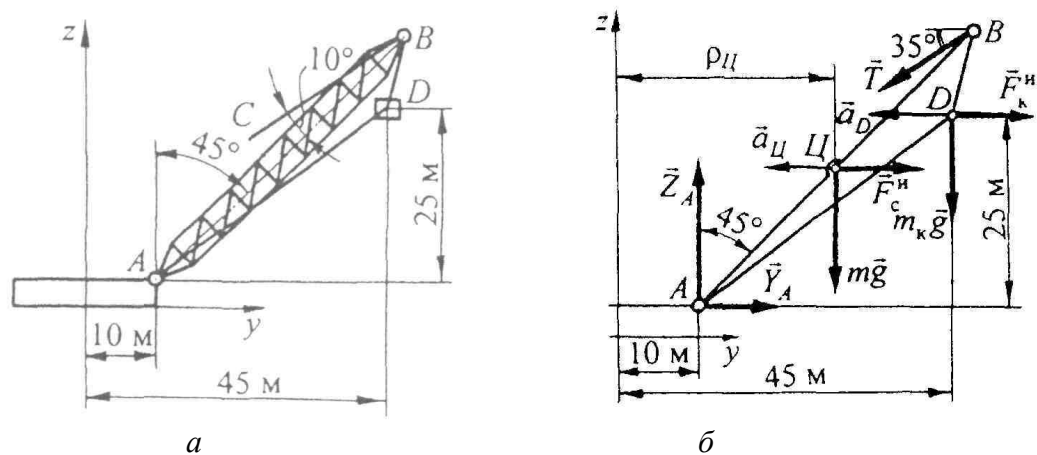


Рис. 3 Расчетные схемы стрелы с ковшом для определения динамических реакций:  
а) – геометрическая схема; б) – схема приложения сил

Учитывая положение стрелы на рис. 3, а, покажем на схеме (рис. 3, б) действующие активные силы тяжести стрелы и груза, натяжение каната в точке В, силы опорных реакций для точки А, а также силы инерции стрелы и ковша, возникающие из-за центростремительных ускорений при вращении стрелы. Вычислим силы инерции исходя из значений угловой скорости, масс стрелы и ковша и геометрических параметров экскаватора.

Составляя для полученной плоской системы произвольно расположенных сил три уравнения статики

$$\sum F_{ky} = 0, \quad \sum F_{kz} = 0, \quad \sum m_A(\bar{F}_k) = 0,$$

найдем неизвестные силы реакций. Их величины составляют

$$\begin{aligned} Z_A &= 2772,16 \text{ кН}, \\ Y_A &= 2419,61 \text{ кН}, \\ T &= 3122,79 \text{ кН}. \end{aligned}$$

Чтобы определить вошедшие в эти реакции динамические добавки, возникающие в результате равномерного вращения стрелы с ковшом, исключим из вышеприведенных уравнений равновесия активные силы. Тогда в полученные уравнения войдут только силы инерции и динамические реакции, которые имеют значения

$$\begin{aligned} Z_A^{\text{дин}} &= 196,49 \text{ кН}, \\ Y_A^{\text{дин}} &= 204,13 \text{ кН}, \\ T^{\text{дин}} &= 342,7956 \text{ кН} \end{aligned}$$

Сравнивая величины чисто динамических компонентов со значениями полных реакций, видно, что при заданной угловой скорости вращения платформы динамические добавки составляют от 7 до 11 % полных реакций.

В работе продемонстрировано определение динамических составляющих при равномерном вращении, однако тот же способ можно использовать для момента начала движения и остановки поворотного механизма экскаватора.