

## УСТОЙЧИВОСТЬ ЭКСКАВАТОРОВ

Холявко А.А., Капралов П.А., Буева А.А.

научный руководитель канд. техн. наук Калиновская Т.Г.

*Сибирский Федеральный университет*

В горном машиностроении основным определяющим фактором является производительность машины, которая определяется как отношение объема производимых работ ко времени. Два основных пути повышения производительности, это во-первых, увеличение объема работ за счет изменения конструктивных параметров (например геометрии ковша или отвала), во-вторых сокращение времени цикла за счет наращивания скорости и совмещения выполнения рабочих операций. Однако повышение скорости перемещения любого конструктивного элемента машины ведет к возникновению динамических нагрузок. Если учесть при этом, что экскаватор находится на поверхности под уклоном, то высока вероятность потери устойчивости, в частности опрокидывания. Опрокидывание это одно из принципиальных ограничений эффективности использования экскаватора. Назначение параметров конструкции экскаватора, сменных рабочих органов, режимов работы гидропривода и систем автоматического управления производится на базе расчета устойчивости. Расчет устойчивости производится исходя из условия, что экскаватор должен реализовывать максимальные усилия на ковше при работе поперек гусениц.

Элементы конструкции экскаватора и груз совершают различные движения: поворот платформы, поворот, подъем или опускание стрелы, повороты рукояти и ковша (рис.1). Эти движения могут быть установившимися или неустойчивыми, причем некоторые движения могут быть одновременными. В процессе движений меняются число, значения действующих нагрузок, их расстояния до ребра опрокидывания. Поэтому при проверке устойчивости необходимо исследовать всю область возможных положений экскаватора и рабочего оборудования.

Опасность потери устойчивости возникает в случае, если суммарный опрокидывающий момент  $M_0$  от действия внешних сил будет превышать суммарный удерживающий момент  $M_y$ . В случае длительной потери устойчивости и начале поворота экскаватора вокруг ребра опрокидывания, при условии возникновения больших динамических нагрузок происходит опрокидывание. В противном случае экскаватор только качнется на определенный угол и возвратится в устойчивое состояние. Обзор существующих методов расчета коэффициента устойчивости и сравнительный анализ методик оценки устойчивости экскаваторов показывает, что существуют значительные расхождения в подходах к учету видов усилий, влияющих на величины удерживающего и опрокидывающего моментов.

Так, методика Правил Госгортехнадзора предусматривает устойчивость машины, как в рабочем, так и нерабочем состоянии. Расчет коэффициента запаса устойчивости выполняется двумя способами. В первом учитываются действия дополнительных нагрузок (ветровой для рабочего состояния крана; инерционных сил, возникающих при пуске-торможении механизмов подъема грузов, поворота и передвижения крана. Во втором – дополнительные нагрузки и наклон не учитываются.

По методике Ковровского экскаваторного завода (КЭЗ) определяется коэффициент статической устойчивости с учетом только сил тяжести элементов конструкции экскаватора и грунта в ковше.

Методика Вниистройдормаша предусматривает при расчете влияние центробежных сил, действующих на элементы конструкции экскаватора при повороте платформы.

По уточненной методике Карасева-Живейнова проверка условий устойчивости включает всю область возможных положений экскаватора и рабочего оборудования, для учета опасных с точки зрения потери устойчивости сочетаний нагрузок. Коэффициент запаса устойчивости определяется с учетом сил тяжести, центробежных сил, сил инерции, включая силы Кориолиса, а также сил ветра, действующих на элементы конструкции при совместном повороте платформы и рабочего оборудования. К перечисленным силам добавляются нагрузки, возникающие при повороте экскаватора относительно ребра опрокидывания: центробежная сила поворота экскаватора относительно ребра опрокидывания; сила инерции от ускорений при опрокидывании; силы Кориолиса от совмещения вращений платформы и экскаватора при опрокидывании; и от совмещения вращений стрелы и экскаватора, а также рукояти и экскаватора при опрокидывании.

Интересен для рассмотрения опыт сравнительного расчета коэффициентов устойчивости экскаватора с оборудованием "обратная лопата", проведенного по этой методике и методикам КЭЗ, ВНИИСДМ. Результаты этих расчетов приведены на рисунке 2.

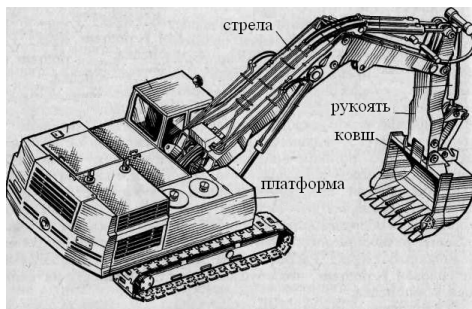


Рис.1. Экскаватор с ковшом «обратная лопата»

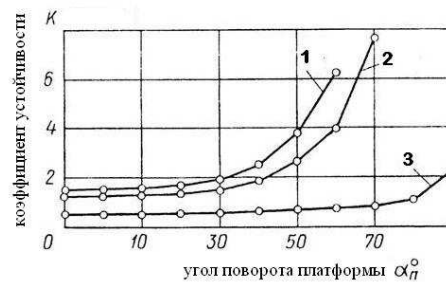


Рис.2. Расчеты устойчивости экскаватора по разным методикам

Значения рассчитанных коэффициентов на рис.2 соответствуют наихудшему для устойчивости сочетанию углов наклона стрелы, рукояти и ковша. Расчеты по методикам КЭЗ (кривая 1) и ВНИИСДМ (кривая 2) показывают, что устойчивость экскаватора обеспечивается при любых углах поворота платформы, так как ( $K > 1$ ). В то время, как расчет по уточненной методике (кривая 3) указывает на то, что при  $\alpha_n < 70^\circ$  коэффициент устойчивости меньше 1, что свидетельствует об отрыве от основания опор, не лежащих на ребре опрокидывания. Однако ввиду кратковременного действия динамических нагрузок экскаватор не опрокидывается, а только приподнимается относительно опорной поверхности на небольшой угол. Наихудшим для устойчивости является положение платформы экскаватора, определяемое углом  $\alpha_n$  от  $0$  до  $20^\circ$ . Анализ влияния усилий, составляющих опрокидывающий момент, показал, при этих углах наибольшее влияние на устойчивость оказывает опрокидывающий момент от сил инерции торможения стрелы. При  $\alpha_n = 60 - 80^\circ$  наибольшее влияние на устойчивость оказывает опрокидывающий момент от сил Кориолиса при совмещении поворотов платформы и стрелы. Опрокидывающими моментами от сил ветра и центробежных сил при повороте рукояти можно пренебречь.

В результате сравнительного анализа результатов расчетов установлено, что, при изменении угла наклона опорной поверхности от  $0^\circ$  до  $12^\circ$  можно пользоваться традиционными методиками расчета. Однако при неблагоприятном для устойчивости

экскаватора сочетании движений и положений элементов рабочего оборудования существует возможность отрыва гусениц экскаватора от наклонной опорной поверхности.