

УСТОЙЧИВОСТЬ МАЛОГАБАРИТНЫХ КОЛЕСНЫХ КОВШЕВЫХ ПОГРУЗЧИКОВ С ГСТ ПРИ ПОВОРОТЕ

Розглянутий процес розвороту малогабаритного навантажувача з бортовою системою повороту з позицій його стійкості. Встановлено, що найбільш небезпечним є випадок, коли рухома машина розвертається «зразу» реверсуванням тягового гідромотора одного із бортів. Раптово відцентрові і тангенціальні інерційні сили, що виникають при цьому, порушують коливання остову машини щодо опорної поверхні. У момент зупинки борту, що гальмується, спостерігається періодичний відрив ходових коліс машини від опорної поверхні і виникає небезпека перекидання навантажувача на кут ковша. Дані рекомендації запобігання небезпеки втрати навантажувачем стійкості.

Ключові слова: навантажувач, стійкість, бортова система повороту, коливання.

Рассмотрен процесс разворота малогабаритного погрузчика с бортовой системой поворота с позиции его стойкости. Установлено, что наиболее опасным есть случай, когда движущаяся машина разворачивается «сразу» реверсированием тягового гидромотора одного из бортов. Мгновенные центробежные и тангенциальные инерционные силы, что возникают при этом, нарушают колебания остова машины относительно опорной поверхности. В момент остановки борта, что притормаживается, наблюдается периодический отрыв ходовых колес машины от опорной поверхности и возникает опасность опрокидывания погрузчика на угол ковша. Даны рекомендации по предотвращению опасности потери погрузчиком стойкости.

Ключевые слова: погрузчик, устойчивость, бортовая система поворота, колебания.

There has been considered the process of making U-turn of light-sized loaders with board system of turning from the position of its stability. It has been determined that the most dangerous is the case when the moving car makes the turn at a full speed by reversing the traction hydraulic motor of one of its boards. Centrifugal and tangential inertial forces, abruptly arising at the moment, excite oscillations of the car body in relation to the ground contact area. At the moment of the braking board stopping there observed a periodical breakaway of the wheels from the ground contact area and there arises a danger of the loader roll-over onto the corner of the bucket. Recommendations as to preventing the danger of losing by the loader of its roadability have been given.

Key words: loader, stability, board system of turning, oscillation.

Постановка проблемы. Наиболее широкое применение как в нашей стране, так и за рубежом, получили малогабаритные, универсальные пневмоколесные фронтальные погрузчики благодаря их высоким эксплуатационным показателям: универсальности применения, маневренности, мобильности, высокой производительности, простоте управления и обслуживания, сравнительно небольшим стоимости и эксплуатационным расходам. Такие машины имеют жесткую раму, гидростатическую трансмиссию с бортовым поворотом. В качестве примера можно назвать лидеров по выпуску таких машины BobCat, JCB, CAT, Locust, Komatsu, New Holland, UNC, Амкодор с ковшом вместимостью 0,3 – 0,5 м³. Такие погрузчики, благодаря малым габаритным размерам, высокой маневренности и большому набору сменного оборудования, находят применение как средство малой механизации в промышленном и гражданском строительстве.

Анализ последних исследований и определение нерешённых ранее частей общей проблемы, которым посвящена статья. Основное условие возможности поворота машин с четырьмя ведущими неуправляемыми колесами определяется соотношением [2]

$$\frac{L}{B} \leq \frac{\varphi - f}{\mu},$$

где L, B – соответственно база и колея колесной машины; φ, f, μ – коэффициенты сцепления движителей с опорной поверхностью, сопротивления качения и повороту колесной машины.

Это обусловлено повышенной мобильностью и возможностью выполнять технологические операции в стесненных условиях. Благодаря регулируемым вручную двум независимым гидростатическим передачам в тяговом приводе, погрузчик способен выполнять как плавный поворот с переменным радиусом, так и разворот на месте, реверсированием подачи тяговых насосов. Это обстоятельство влечет за собой опасность потери устойчивости машины не только в регламентируемых техническими требованиями для обычных ковшовых погрузчиков условиях.

Формулирование целей статьи. Рассмотрено влияние процесса поворота малогабаритного погрузчика с бортовой системой поворота на его устойчивость. Рассматривается квазистатическая схема погрузчика с возможным его опрокидыванием на угол ковша.

Основные результаты. Кафедрой СДМ ХНАДУ выполнено исследование устойчивости такого рода погрузчиков при развороте «сходу». В результате установлено следующее: в дополнение к известным расчетным случаям оценки устойчивости ковшевых погрузчиков для короткобазовых машин с бортовой системой поворота необходимо предусмотреть еще два случая. В первом из них целесообразно дать оценку устойчивости при торможении машины с одновременным разворотом с

учетом действия продольных и поперечных инерционных сил. Рассматривается квазистатическая схема погрузчика с возможным его опрокидыванием на угол ковша.

В результате экспериментально-аналитического исследования установлено, что наиболее опасным является случай торможения и полной остановки ходовых колес одного из бортов машины с ее разворотом движением колес другого борта. Это достигается противовключением тяговых насосов, что создает предпосылки к опрокидыванию погрузчика на угол ковша. Как правило, вывод машины в описанный режим движения сопровождается интенсивными колебаниями ее остова. В этой связи, наряду с оценкой устойчивости в расчетных положениях для обычных колесных погрузчиков, выполнен анализ устойчивости рассматриваемых машин при резком торможении одного из бортов. Максимальное замедление вращения ходовых колес обуславливается наивысшим темпом изменения рабочего объема тяговых насосов $V_{H_i} = k_{\omega} \omega_e t \leq V_{H_{\max}}$ и соответствующим этому угловым ускорением колес

$$\varepsilon = \frac{1}{i_{\text{оп}}} \cdot \frac{\partial \omega_M}{\partial t} = \frac{K_{\omega} \omega_e^2 \eta_0^2}{V_M i_{\text{оп}}}.$$

В последнем соотношении: ω_e – угловая скорость роторов насоса; V_M – рабочий объем гидромоторов; K_{ω} – постоянная тяговых насосов зависящая от подачи подпиточного насоса, параметров цилиндров управления и кинематики механизма поворота наклонного диска (для ПМТС-1200 $K_{\omega} = 0.159(\text{см}^3/\text{об})/\text{рад}$).

Исследованием на экстремум функциональных зависимостей изменения во времени тангенциального и нормального ускорений погрузчика при развороте установлены условия его наиболее вероятного опрокидывания. Соответствующее этому наибольшее тангенциальное P_{τ} и нормальное P_N инерционные усилия в центре тяжести достигают значений

$$P_{\tau} = m \frac{K_{\omega} \omega_e^2 r_k \eta_0^2}{2 \cdot V_M \cdot i_{\text{оп}}};$$

$$P_N = m \cdot \frac{V^2}{b},$$

где помимо уже названных величин m – масса машины с грузом; V – скорость движения погрузчика к моменту его выхода на разворот; b – колея погрузчика.

По условию опрокидывания допустимая высота центра тяжести погрузчика с грузом в ковше в транспортном режиме движения не должна превышать значения

$$h_{\text{ум}} < \frac{g \cdot b^2}{2 \cdot V^2},$$

для ПМТС-1200 $h_{cm} < 0.9$ м, что соответствует расположению центра масс ковша с грузом в 1,2 т на высоте не более 0,8 м над опорной поверхностью.

Во втором случае рассматривается динамическая устойчивость погрузчика при его повороте относительно одного неподвижного борта. При этом внезапно приложенная к центру масс погрузчика центробежная сила первоначально возбуждает колебания машины на упругих ходовых колесах. В последующем колебательный процесс может интенсивно нарастать вследствие скольжения колес в области их контакта с опорной поверхностью. Критерием потери устойчивости следует считать возможный отрыв хотя бы одного колеса погрузчика от дороги (рис.2).

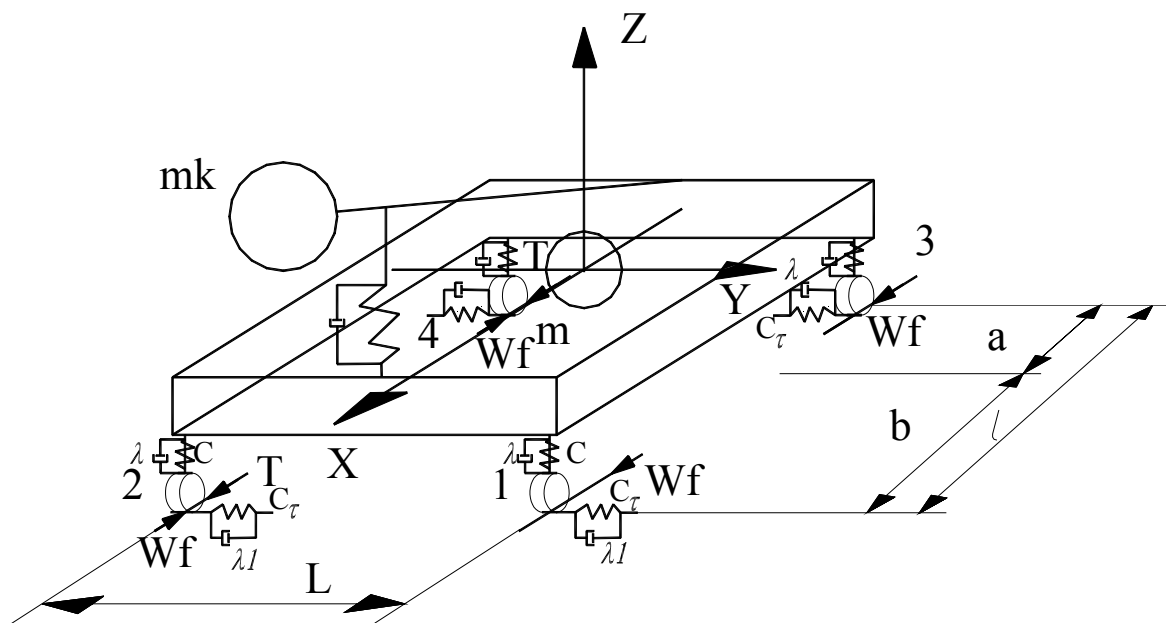


Рисунок 1 – Расчетная схема погрузчика



Рисунок 2 – Колебание погрузчика при выполнении поворота

Выводы и перспективы дальнейших исследований. Выполненное исследование позволило дать рекомендации по обеспечению безопасности погрузчика с бортовой системой поворота в ходе выполнения им технологических операций. Среди них необходимо выделить следующее:

- наиболее безопасным является разворот на месте предварительно остановленной машины противовключением тяговых насосов;
- при развороте машины «сходу» необходимо, чтобы ковш с грузом занимал, по возможности, крайнее нижнее положение; при выполнении транспортных операций и маневрирования ковш должен находиться по высоте ниже или на уровне центра тяжести остова погрузчика;
- с целью предотвращения самопроизвольной чрезмерной раскачки погрузчика целесообразно предусмотреть блокировку рычагов системы управления тяговыми насосами по достижению перемещениями остова машины допустимого уровня амплитуд;
- установка системы ROPS – дает возможность защитить погрузчик от опрокидывания;
- для предотвращения чрезмерных колебаний остова погрузчика относительно вертикали следует установить угломер с блокиратором тяговых насосов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Результаты исследования погрузчиков с бортовым поворотом / Л.В. Назаров, И.Г. Кириченко, И.А. Перевозник, Л.В. Разарёнов // Строительные и дорожные машины. – 2000. – №10. – С. 32–35.*
2. *Назаров Л.В. Динамические процессы при развороте малогабаритного погрузчика с бортовой системой поворота / Л.В. Назаров, Л.В. Разарёнов // Сборник научных трудов ХНАДУ. – X., 1999. – Вып. 2. – С. 51–54.*