

БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ СТРЕЛОВЫХ САМОХОДНЫХ КРАНОВ

С.И. Вахрушев

Пермский государственный технический университет

Стреловые самоходные краны характеризуются высоким расположением центра масс и большими габаритами. Статистика ГИБДД показывает, что такие агрегаты часто теряют поперечную устойчивость на повороте и значительно влияют на безопасность движения. Дана оценка совместного влияния дорожных условий, массово-габаритных характеристик и скорости движения на безопасность на дорогах.

Безопасность движения любого транспортного средства характеризуется двумя основными параметрами: устойчивостью к заносу и опрокидыванию, а также тормозным путем.

Оба этих параметра зависят от коэффициента сцепления шин с дорогой, называемого также силой трения, а он, в свою очередь, зависит от типа и состояния дорожного покрытия, рисунка и степени износа протектора шин. Приближенные значения этого коэффициента (в зависимости от типа и состояния дорожного покрытия):

Цементно-бетонное покрытие, сухое.....	0,6
Асфальтобетонное покрытие, сухое	0,6
Каменная мостовая, сухая.....	0,55
Каменная мостовая, мокрая, чистая.....	0,45
Битумное покрытие и щебень, сухие.....	0,4
Цементно-бетонное покрытие, мокрое.....	0,4
Асфальтобетонное покрытие, мокрое, грязное.....	0,3
Уплотненный снег, скользкое асфальтобетонное покрытие, свежееувлажненное	0,2
Обледеневшее дорожное покрытие, гладкое	0,1

В комментариях к Правилам дорожного движения РФ [1] предлагается формула предельно допустимой скорости движения по условиям устойчивости

$$V = 8\sqrt{RB/H},$$

где R – радиус поворота; B – ширина колеи транспортного средства; H – высота расположения центра тяжести.

С целью предотвращения заноса транспортного средства в кювет по эмпирической формуле определяют предельную скорость движения на повороте:

$$V = 11,3\sqrt{\mu R},$$

где μ – коэффициент сцепления шин с дорогой; R – радиус поворота.

Зависимость скорости движения от коэффициента сцепления и радиуса закругления дороги представлена на рис. 1.

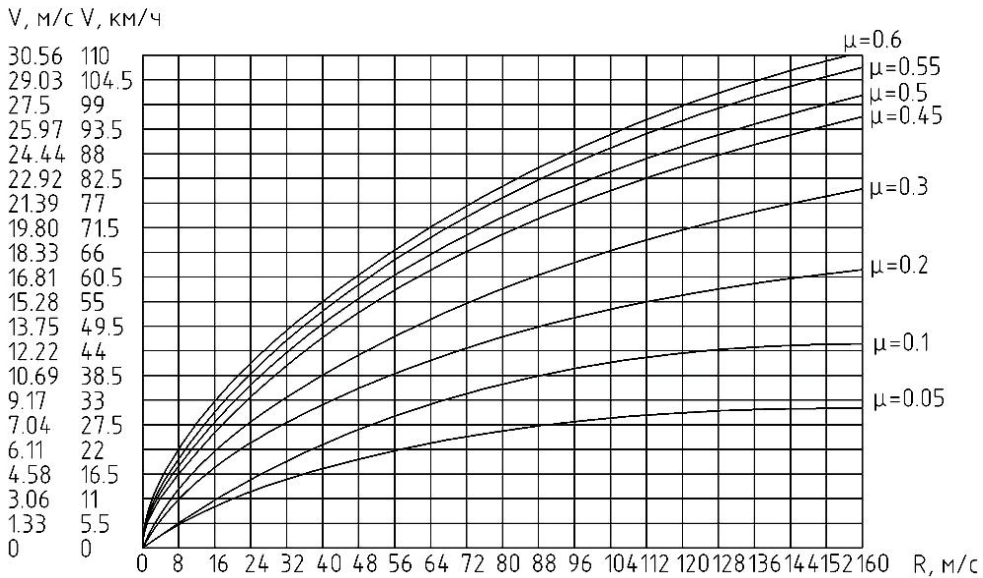


Рис. 1. Зависимость предельной скорости движения на повороте по заносу от коэффициента сцепления шин с дорогой и радиуса закругления дороги

Помимо заноса, опасность представляет возможность опрокидывания крана на повороте, когда центробежная сила, параллельная плоскости дороги, действует в ту же сторону, что и составляющая силы тяжести $G \cdot \sin \alpha$ (рис. 2).

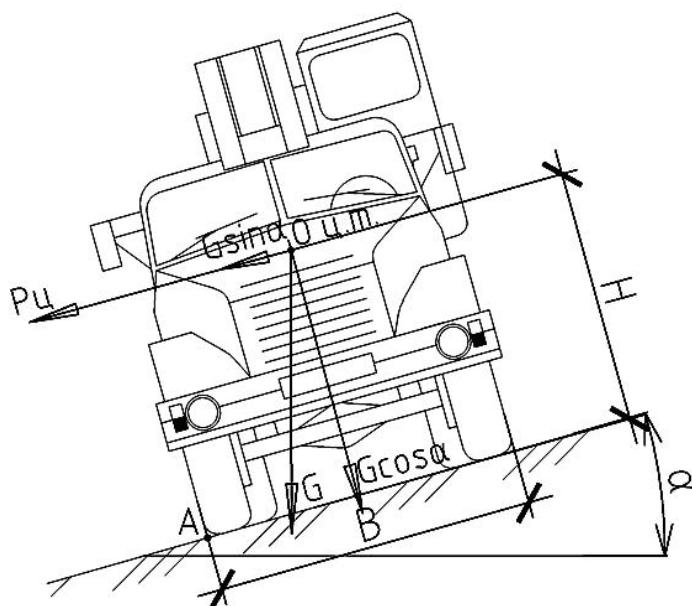


Рис. 2. Расчетная схема для определения поперечной устойчивости самоходного крана при движении с поворотом на склоне

Как видно из расчетной схемы, при движении самоходного стрелового крана на него кроме силы тяжести действует центробежная сила:

$$P_{ц} = \frac{G}{g} \omega^2 R = \frac{GV^2}{gR},$$

где G – сила тяжести; g – ускорение свободного падения; ω – угловая скорость движения на повороте; V – скорость движения стрелового самоходного крана на повороте.

Центробежная сила, стремящаяся опрокинуть стреловой самоходный кран на повороте зависит от массы крана, квадрата скорости движения и радиуса поворота [2].

Опрокидывающий момент относительно ребра опрокидывания (на рис. 2 показана проекция в точке А) описывается уравнением

$$M_{опр} = G \sin \alpha H + \frac{GV^2}{gR} H,$$

где α – угол склона; H – высота расположения общего центра масс самоходного стрелового крана.

Момент запаса устойчивости относительно точки А

$$M_{\text{зап}} = G \cos \alpha \frac{B}{2} - G \sin \alpha H + \frac{GV^2}{gR} H ,$$

где B – ширина колеи самоходного стрелового крана.

Критическую скорость движения, соответствующую условию

$$M_{\text{зап}} = 0 ,$$

определяем из уравнения

$$G \cos \alpha \frac{B}{2} - G \sin \alpha H + \frac{GV^2}{gR} H = 0 ,$$

откуда окончательно получим

$$V = V_{\text{кр}} = \sqrt{\left(\frac{B}{2H} \cos \alpha - \sin \alpha\right) Rg} .$$

Критическая скорость движения крана на повороте зависит от ширины колеи и высоты расположения центра масс крана, а также от величины угла склона и радиуса поворота.

Критическая скорость движения крана на повороте должна быть тем меньше, чем больше угол склона и меньше радиус поворота крана, так как массово-геометрические характеристики крана задаются конструктивно.

Проведенные аналитические исследования позволили построить график зависимости предельной скорости движения самоходного стрелового крана от радиуса поворота и угла наклона дороги (рис. 3).

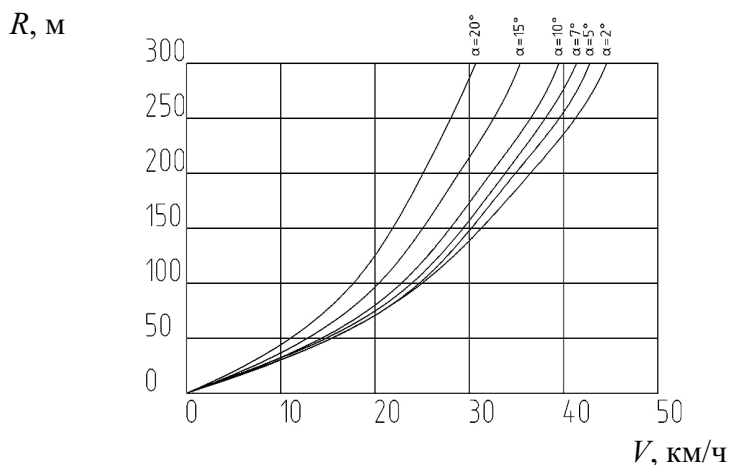


Рис. 3. Зависимость критической скорости движения крана на повороте по опрокидыванию от радиуса поворота крана и угла наклона дороги

Следовательно, для обеспечения поперечной устойчивости самоходного стрелового крана в движении необходимо максимально затормаживать на входе в поворот. Автомобиль затормаживается вследствие трения колодок или щек тормозов о барабаны или диски. Если конструкция этих узлов удачная, а усилие на щеках или колодках достаточное, то можно это трение увеличить настолько, что колеса автомобиля перестанут вращаться. Тогда они начнут скользить по поверхности дороги, т.е. продвигаться по дороге с сопротивлением, равным по величине силе трения шин о поверхность дороги. Это может привести к потере поперечной устойчивости крана по скольжению. Величина силы трения зависит от коэффициента сцепления шин с дорогой μ . Формула пути торможения будет выглядеть следующим образом:

$$S_m = \frac{V^2}{26g\mu}.$$

Как видно из формулы, масса автомобиля не влияет на длину тормозного пути. График зависимости между длиной пути торможения, скоростью движения и коэффициентом сцепления показан на рис. 4.

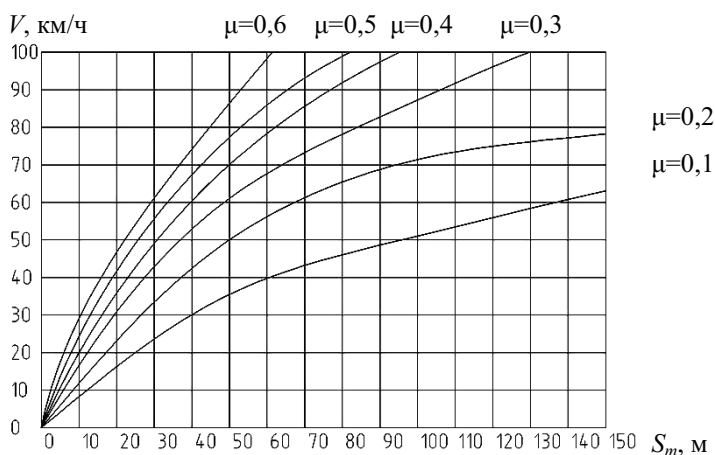


Рис. 4. Зависимость тормозного пути от скорости автомобиля и коэффициента сцепления шин с дорогой

Выводы:

1. Для обеспечения безопасного передвижения самоходных стреловых кранов по дорогам общего пользования необходимо соблюдение скоростного режима.

2. Критическая скорость по заносу зависит от состояния дороги, колес и радиуса поворота.

3. Критическая скорость по опрокидыванию зависит от радиуса поворота и угла наклона проезжей части.

4. Длина тормозного пути зависит от скорости движения крана и коэффициента сцепления шин с дорогой.

Список литературы

1. Комментарий к Правилам дорожного движения Российской Федерации ГУП ЦПП. – М., 2010. – 217 с.

2. Гоберман Л.А. Основы теории, расчета и проектирования строительных и дорожных машин. – М.: Машиностроение, 1988. – 462 с.

Получено 16.08.2010