

## ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ ТРАКТОРА НА СКЛОНАХ

Ал-й Л. МИСУН, магистр техн. наук  
Л. В. МИСУН, д-р техн. наук, профессор  
В. Л. МИСУН, инженер

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
Минск, Республика Беларусь

**Введение.** Работа сельскохозяйственной техники на полях с уклоном относится к затратному земледелию и требует определенных усилий от аграриев, а также «вплощения в жизнь» ряда инженерных решений для адаптации к конкретному типу технологических операций [1, 2, 4]. Так, трактора с классической рамой, хорошо справляются со своими функциями на равнинах, отличаются конструктивной особенностью, имея высокий центр тяжести. Наглядно достаточно просто представить расположение центра тяжести такого трактора, поставив его на склон и проведя вертикальную линию через ось качения трактора в переднем мосту. Становится очевидным, что весь вес (двигатель, кабина, противовесы, тракторист и т. д.) действуют против устойчивости и при достижении критического угла произойдет переворот трактора со всеми последствиями. Повысить же поперечную устойчивость трактора можно используя следующее:

- увеличить колею трактора, площадь контакта;
- использовать колеса меньшего диаметра, чтобы понизить центр тяжести;
- оснастить трактор постоянным полным приводом;
- использовать низкоклинренсные модификации тракторов при угле склона до  $16^\circ$ .

**Основная часть.** Для предотвращения несчастных случаев во время эксплуатации, например, при движении трактора Беларус 320 на подъем на дамбу клюквенного чека [3] и по поперечному уклону без опрокидывания, необходимо знать предельные углы, при которых возможно это движение. Опрокидывание наступает, когда передние колеса трактора полностью разгружаются и действующая на них нормальная реакция дороги равна нулю. При этом важно знать значение предельного статического угла подъема без опрокидывания. Так, при движении на подъем опрокидывания не произойдет, если угол будет

меньше  $40^\circ$  Динамический же угол подъема при движении трактора определяется из зависимости:

$$\alpha_{\text{дин}} = (0,4 \dots 0,6)\alpha_n,$$

где  $\alpha_{\text{дин}}$  – динамический угол подъема трактора при движении без опрокидывания, град.

В нашем случае:

$$\alpha_{\text{дин}} = 0,4 \cdot 40^\circ = 16^\circ.$$

Максимальная скорость на развороте, при которой трактор может двигаться без угрозы опрокидывания:

$$g_{\text{пр}} = \sqrt{\frac{gRB}{2h_1}},$$

где  $R$  – наименьший радиус разворота трактора, м (для трактора Беларусь 320  $R = 2,5$  м);

$B$  – ширина колеи трактора, Беларусь 320 ( $B = 1,25$  м);

$h_1$  – вертикальная координата центра тяжести трактора, м.

Подставляя значения в предыдущую формулу, находим:

$$g_{\text{пр}} = \sqrt{\frac{9,8 \cdot 2,5 \cdot 1,25}{2 \cdot 1,2}} = 3,57(\text{м/с}) = 12,85(\text{км/ч}).$$

Если скорость при развороте по наименьшему радиусу трактора Беларусь 320 будет превышать 12,85 км/ч, то высока вероятность его опрокидывания.

Определим предельный статический угол поперечного уклона, то есть наибольший угол уклона, на котором трактор может стоять, не опрокидываясь набок и не сползая вниз. Состояние поперечной устойчивости обеспечивается в том случае, если удерживающий момент будет больше опрокидывающего момента. Используемый на клюквенных чеках трактор Беларусь 320 будет двигаться без сползания и опрокидывания, если уклон чека менее или равен  $27^\circ$ . На поперечную устойчивость трактора дополнительно влияет качающаяся передняя ось, которая может поворачиваться в вертикально поперечной плоскости на некоторый ограниченный угол относительно остова. Вследствие этого при боковом крене трактора остов его сначала поворачивается вокруг шарнира передней оси, и только после упора в ограничители опрокидывание продолжается. Если учесть также разную деформацию

шин колес, расположенных на противоположных, сторонах трактора, то фактические значения предельных статических углов поперечной устойчивости будут снижены на 6–8° меньше по сравнению с расчетными. Для повышения устойчивости трактора при работе на склонах предлагается противоскатное устройство, содержащее тормозные элементы, их привод и блок управления [5]. Тормозные элементы (шипы) выполненные в виде конуса, жестко закреплены на несущей поверхности в шахматном порядке. При этом несущая поверхность противоскатного устройства жестко соединена со стержнем, который шарнирно связан с продольной тягой, жестко соединенной с навесной системой трактора. При движении трактора, например, на склон при неблагоприятных условиях, оператор при помощи навесной гидросистемы опускает навеску с жестко закрепленной на ней продольной тягой, которая через шарнир соединена со стержнем. Усилие передается на несущую поверхность устройства (шипы). При этом шипы углубляются в почву, образуя тупой угол между продольной тягой и центральной осью стержня, увеличивая тормозной эффект до полной остановки трактора.

**Заключение.** Рассмотрены направления повышения поперечной устойчивости трактора при работе на склонах. Предложено техническое решение для повышения безопасности работ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Арцименя, М. В. Требования безопасности труда при использовании пахотных машинно-тракторных агрегатов с дополнительным орудием на передней подвеске / М. В. Арцименя, М. А. Гринкевич, О. В. Гордеенко // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества. – Горки, 2023. – С. 19–22.
2. Босак, В. Н. Охрана труда в агрономии / В. Н. Босак, А. С. Алексеенко, М. П. Акулич. – Минск: Выш. шк., 2019. – 317 с.
3. Организационно-технические мероприятия для повышения безопасности и улучшения условий труда операторов мобильной сельскохозяйственной техники / Л. В. Мисун [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2012. – 192 с.
4. Охрана труда / В. Н. Босак [и др.]. – Горки: БГСХА, 2021. – 154 с.
5. Противоскатное устройство тракторных транспортных агрегатов, оснащенных гидросистемой: патент № 2494893 РФ; заявл. 05.12.2011; опубл. 10.10.2013.

*Аннотация.* Проанализированы направления повышения безопасности эксплуатации трактора на склонах, основные причины его опрокидывания. Предложено техническое решение для повышения устойчивости трактора на склонах.

*Ключевые слова:* безопасность, устойчивость, опрокидывание, трактор, склон.