

ше, поскольку условия сцепления колес с почвой лучше. На стерне критический угол склона  $\alpha$  увеличивается, и полный разворот трактора возможен на склонах до  $17 \dots 18^\circ$  (рис. 3).

Имея возможность определить форму и размеры траектории поворота трактора, можно на стадии проектирования оценивать влияние конструктивных и эксплуатационных факторов на его поворачиваемость на склоне.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Войтешонок В.С. Траектория поворота трактора на склоне и ее регистрация // Конструирование и эксплуатация автомобилей и тракторов. Мн., 1986. Вып. 1.
2. Технические концепции создания горно-равнинных мобильных средств механизации сельскохозяйственного производства / В.В. Гуськов, П.А. Амельченко, П.В. Зеленый и др. // Тракторы и сельхозмашины, 1987. № 3.

УДК 629.114.2.02.73

П.В. ЗЕЛЕНЬИЙ, канд. техн. наук,  
А.Г. САМАДАШВИЛИ (БПИ)

### ДВИЖЕНИЕ КОЛЕСНОГО ТРАКТОРА НА СКЛОНЕ ПРИ АСИММЕТРИЧНОМ ПРИЛОЖЕНИИ КРЮКОВОГО УСИЛИЯ

Асимметричное приложение крюкового усилия может быть вынужденным, являясь следствием неправильного агрегатирования, конструктивных особенностей сельскохозяйственной машины, несоответствия ее параметров трактору, или создаваться специально с целью влияния на показатели движения агрегата. Необходимость в таком влиянии, в частности на курсовой угол, возникает в основном при работе сельскохозяйственных машинно-тракторных агрегатов в полевых условиях горных склонов. Единственно допустимым направлением выполнения рабочих ходов на склоне является поперечное — совпадающее с горизонталями местности и создающее условия для снижения воздействия почвообработки на развитие водной эрозии легкоуязвимых склоновых земель. При таком движении агрегат оставляет перпендикулярные к направлению стока воды борозды, играющие роль микротеррас и задерживающие значительную ее часть на поверхности до полного впитывания почвой. Помимо экологических соображений такое движение агрегатов экономически выгоднее любого другого, требует меньших энергозатрат и расхода топлива на обработку единицы площади. Однако возникают трудности несколько иного рода, связанные со сложностью поддержания точности поперечного направления движения под постоянным воздействием боковых сил со стороны опорной поверхности. И если заданное движение колес переднего моста обеспечивается вследствие управляющих воздействий водителя, то задние сползают до тех пор, пока их поворот не будет противостоять боковым силам. С таким же углом поворота (курсowym углом) будет совершать движение и агрегат в целом. На осваиваемых под однолетние культуры склонах  $14 \dots 15^\circ$  этот угол достигает  $5^\circ$  и более [1]. Наиболее отрицательное влияние движение трактора

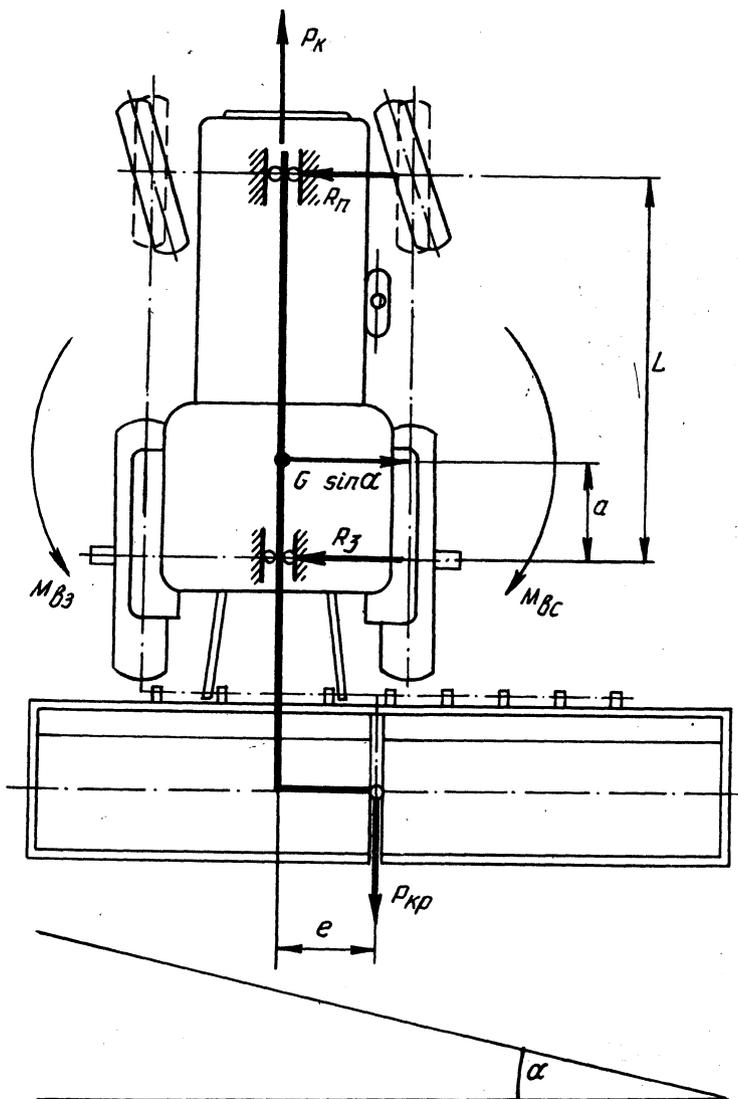


Рис. 1. Упрощенная схема сил и моментов, действующих на машинно-тракторный агрегат при асимметричном агрегатировании на склоне:

$R_{п}$  и  $R_{з}$  — боковые реакции почвы на колеса переднего и заднего мостов трактора;  $G \sin \alpha$  — боковая составляющая силы веса агрегата;  $\alpha$  — угол склона;  $P_{к}$  и  $P_{кр}$  — тяговое усилие трактора и крюковое усилие, создаваемое тяговым сопротивлением машины;  $M_{вз}$  и  $M_{вс}$  — моменты возмущающий и восстанавливающий устойчивое движение агрегата;  $L$  и  $a$  — база трактора и расстояние от центра масс агрегата до оси задних колес

со значительным курсовым углом оказывает на пропашные культуры, увеличивая вероятность вторжения ходовой части и рабочих органов машины в защитные зоны растений, затрудняя агротехническую проходимость, нарушая углы резания и относительное расположение рабочих органов в плане, увеличивая тяговое сопротивление машин.

Однако возрастанию сползания задних неуправляемых колес препятствует не только их поворот относительно направления движения, но и появление восстанавливающего момента  $M_{вс}$  от крюкового усилия, дополнительно противодействующего возмущающему моменту  $M_{вз}$  от боковой составляющей нагрузки, приходящейся на задние колеса (рис. 1). Поэтому, искусственно обеспечивая возникновение восстанавливающего момента, можно влиять на сползание задних колес трактора и в целом на курсовой угол агрегата.

Исходя из того что, согласно схеме на рис. 1, боковая реакция почвы на задние колеса

$$R_3 = \frac{M_{вс} - G \sin \alpha \cdot (L - a)}{L},$$

необходимый восстанавливающий момент для обеспечения ориентированного в направлении движения положения трактора на склоне, при котором  $R_3 = 0$ ,

$$M_{вс} = G \sin \alpha \cdot (L - a),$$

где  $G$  — вес агрегата;  $\alpha$  — угол склона;  $L$  — продольная база;  $a$  — расстояние от центра масс до оси задних колес.

В случае создания восстанавливающего момента за счет асимметричного приложения крюкового усилия ( $M_{вс} = P_{кр} e$ ) необходимое смещение точки приложения последнего вниз по склону

$$e = \frac{G \sin \alpha \cdot (L - a)}{P_{кр}}.$$

При этом боковая реакция почвы на передние колеса

$$R_{п} = \frac{G a \sin \alpha + P_{кр} e}{L}.$$

Анализ приведенных зависимостей показал, что асимметричное приложение крюкового усилия обуславливает перераспределение боковых реакций почвы с колес заднего моста на передние. Это, а также необходимость в значительном для достижения полного эффекта смещении крюкового усилия ограничивает возможности рассматриваемого способа воздействия на курсовое движение агрегата. Так, для полной ориентации крутосклонного трактора "Беларусь" МТЗ-82К в направлении движения расчетное смещение номинального крюкового усилия в 14 кН должно составлять 1650 мм, а боковая реакция почвы на передние колеса 12,2 кН ( $G = 48$  кН,  $\alpha = 15^\circ$ ,  $L = 2,9$  м,  $a = 1,04$  м). Поскольку при условии сохранения управляемости такую боковую реакцию почвы передний мост не может воспринимать (он будет скользить вниз по

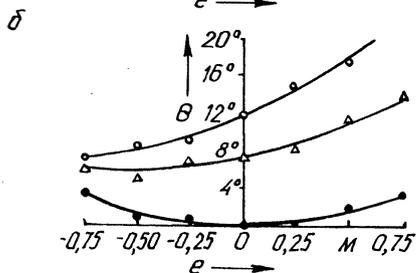
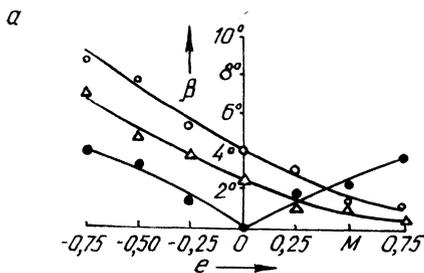


Рис. 2. Курсовой угол трактора (а) и угол поворота передних колес (б) в функции смещения точки приложения кривокового усилия на горизонтальной поверхности (—●—), склонах  $10^\circ$  (—△—) и  $15^\circ$  (—○—) однолетней залежи

склону), возможно только частичное воздействие асимметричного кривокового усилия на курсовой угол трактора, которое в совокупности со способностью задних колес в остаточном угловом положении самим сопротивляться сползанию позволило бы уменьшить курсовой угол до допустимых значений  $1 \dots 1,6^\circ$  [1].

Насколько реально решение этой задачи и как сказывается асимметричное приложение кривокового усилия на угле поворота направляющих колес, было выявлено экспериментально при полевых испытаниях горной модификации трактора "Беларусь" МТЗ-82К класса 1,4. Испытания проводились на горизонтальной поверхности и склонах  $10^\circ$  и  $15^\circ$  однолетней залежи суглинистой почвы. Масса трактора — 4800 кг. Колесная формула 4К4. Шины передние — 200—508, задние 330—965, Внутришинное давление воздуха — соответственно 0,25 и 0,14 МПа. Асимметричное приложение кривокового усилия, равного приблизительно 14 кН, достигало 0,75 м в обе стороны и создавалось забалансированным грузочным трактором. Длина зачетного гона — 40 м. Движение осуществлялось на третьей передаче в номинальном режиме работы двигателя. Траектория движения отмечалась заранее и совпадала с горизонталями местности.

Анализ полученных экспериментальных зависимостей показал, что по мере увеличения поперечного смещения точки приложения кривокового усилия вниз по склону эффективность влияния смещения на курсовой угол трактора снижается (рис. 2). Кривые на графике приобретают асимптотический характер. Объясняется это тем, что с уменьшением курсового угла уменьшается и угол, характеризующий положение задних неуправляемых колес относительно направления качения. Их способность противостоять сползанию, следовательно, также снижается, и поэтому кривые на графике приобретают характер асимптотических зависимостей, доказывая нецелесообразность достижения полной ориентации трактора в направлении движения увеличением смещения кривокового усилия. Достаточное для удержания курсового угла в отмеченных

допустимых пределах смещение крюкового усилия при осваиваемых под од-нолетние культуры склонах до  $14 \dots 15^\circ$  колеблется в диапазоне от 0,45 до 0,75 м. Причем необходимость в асимметричном приложении крюкового уси-лия возникает на склонах, крутизна которых не более  $6 \dots 7^\circ$ . Поэтому для участков с меньшей крутизной, когда курсовой угол трактора не превышает допустимые значения  $1 \dots 1,6^\circ$ , может быть рекомендовано обычное агрегати-рование сельскохозяйственных машин и орудий, а для более крутых — сме-щенное вниз по склону. В случае работы с машинами, агрегатирование кото-рых согласуется с размерами колеи трактора (плуг, пропашные культивато-ры), это смещение должно носить дискретный характер, соответствующий ши-рине междурядий или захвата рабочих органов. Так, для пропашных машин при междурядьях 0,7 или 0,9 м такие же по значению дискретные смещения вполне согласуются с определенными по экспериментальным зависимостям.

Смещение крюкового усилия в противоположном направлении — вверх по склону — привело, как и ожидалось, к резкому возрастанию курсового угла и осуществлялось с целью выяснения полной картины воздействия, в дан-ном случае дестабилизирующего.

При горизонтальной поверхности крюковое усилие в смещенном положе-нии заставляет двигаться трактор с курсовым углом. Однако в связи с пово-ротом при этом задних колес, которые все больше противодействуют возра-станию курсового угла, эффективность влияния снижается, на что указывают кривые на графике. Интерес к его исследованию в равнинных условиях про-диктован возможностью использования регулирования асимметричного при-ложения крюкового усилия для управления агрегатом в целом, особенно ког-да стеснен маневр. Асимметричным приложением крюкового усилия можно компенсировать также возмущающий момент, действующий на трактор и вы-званный боковыми реакциями почвы, воспринимаемыми рабочими органами навесной машины вследствие ее конструктивных особенностей и других при-чин.

О перераспределении со смещением точки приложения крюкового усилия боковых реакций почвы с колес заднего моста на передние, направляемые во-дителем вдоль заданной прямолинейной траектории, свидетельствует возрастание необходимого для поддержания прямолинейного движения угла их пово-рота в сторону подъема поверхности склона (рис. 2, б). Вследствие повышенного проскальзывания направляющих колес в повернутом положении относи-тельно поверхности склона кривые, иллюстрирующие на графике зависимость необходимого угла их поворота от смещения крюкового усилия, изгибаются вверх, указывая на потерю способности колес эффективно противостоять бо-ковым силам. Это связано с усложнением управляющих воздействий водителя по обеспечению качения передних колес вдоль заданной траектории (в между-рядьях или по следу маркера). Допустимое же смещение точки приложения крюкового усилия следует определять как достаточное с точки зрения обеспе-чения уменьшения его курсового угла лишь до значений, необходимых по условиям агротехники (проходимости в междурядьях, качества почвообра-ботки и посева) и составляющих  $1 \dots 1,6^\circ$ . Так, у трактора МТЗ-82К, подвергну-того испытаниям, допустимое по условиям сохранения приемлемой управ-ляемости смещение точки приложения номинального крюкового усилия не должно превышать 0,75 м на склонах до  $12 \dots 13^\circ$ , а при меньших значениях

крюкового усилия — до  $15^\circ$ .

Таким образом, асимметричное агрегатирование сельскохозяйственных машин с колесными тракторами класса 1,4 может быть рекомендовано к использованию при составлении машинно-тракторных агрегатов для работы на склонах, а также при разработке и совершенствовании средств агрегатирования. Для тракторов класса 1,4 рекомендуется использовать асимметричное агрегатирование для эффективного уменьшения курсового угла до приемлемых значений в том случае, если тяговое сопротивление машины превышает 7 кН. Пропашные почвообрабатывающие машины, предназначенные для тракторов этого класса, при дискретном на ширину междурядья смещении обеспечивают возможность перемещения без повреждения культурных растений (агротехническую проходимость) на склонах от  $6^\circ$  до  $12^\circ$  при ширине междурядья 0,7 м и от  $7^\circ$  до  $15^\circ$  при ширине 0,9 м.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зелёный П.В. Изыскание и исследование средств повышения устойчивости курсового движения колесного машинно-тракторного агрегата на склоне: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Мн., 1982.

УДК 629.114.42.073

А.П. ТЯПУХИН (БПИ)

### УСТОЙЧИВОСТЬ САМОСВАЛЬНОГО ТРАКТОРНОГО ПРИЦЕПА ОЗТП-8588 ПРИ РАЗГРУЗКЕ

Прицеп модели ОЗТП-8588 грузоподъемностью 7000 кг полунавесной конструкции, штатным тягачом которого является трактор тягового класса 1,4 (типа МТЗ-80 или МТЗ-100), разработан НТИ по тракторным прицепах г. Орска. В результате проработок конструктивных схем были приняты догрузка сцепного устройства трактора от полной массы прицепа, не превышающая 10 000 Н; безрессорная подвеска колес передней оси и жесткое крепление к раме колес задней оси; связь дышла с рамой с помощью шарнира с двумя степенями свободы. Конструктивная схема прицепа ОЗТП-8588 приведена на рис. 1.

Обеспечение устойчивости самосвальных прицепов является необходимым условием безопасности работы тракторных поездов.

Для оценки статической устойчивости тракторного поезда на базе трактора МТЗ-80 и прицепа ОЗТП-8588 был проведен теоретический анализ статического распределения нагрузок от полного веса прицепа на ходовые оси и гидрокрюк трактора в зависимости от угла подъема платформы  $\alpha$ . При этом сделаны следующие допущения: не учитывались податливость несущей системы на кручение, технологические допуски на изготовление, деформации шин соответствуют данным, полученным из формулы Р.Хедкеля [1]

$$h = G_{\kappa} / \pi \rho_{\omega} \sqrt{BD},$$