

ЛИТЕРАТУРА

1. Федоренчик А.С., Макаревич С.С., Протас П.А. Аналитическое исследование колеобразования на трелевочных волоках, укрепленных отходами лесозаготовок // Лесной журнал. – 2002. – № 1. – С. 80 – 89. (Изв. высш. учеб. заведений).
2. Федоренчик А.С., Макаревич С.С., Протас П.А. Определение глубины колеи на трелевочных волоках, укрепленных отходами лесозаготовок // Труды БГТУ. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. – Мн., 2002. – Вып. X. – С. 52 – 56.
3. Федоренчик А.С., Макаревич С.С., Вырко Н.П., Протас П.А. Расчет лесных транспортных путей с учетом вязкоупругих свойств материалов // Труды БГТУ. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. – Мн., 2002. – Вып. X. – С. 6 – 13.

УДК 630*377.4

Д.А. Зенькевич, аспирант

АНАЛИЗ МАНЕВРЕННОСТИ ДВУХЗВЕННОЙ ЛЕСНОЙ КОЛЕСНОЙ ПОГРУЗОЧНО-ТРАНСПОРТНОЙ МАШИНЫ

The analysis of the model simulating kinematics of process of turn of transport systems «a tractor + a hook-on part with controlled beam» and «a tractor + a hook-on part with unguided beam» is resulted.

В связи с переходом лесозаготовительных предприятий Республики Беларусь на сортиментную заготовку древесины все большее распространение получают полноприводные форвардеры типа 4К4 и 6К6 с шарнирно-сочлененной рамой. Выпускаемые за рубежом форвардеры характеризуются высокими технико-эксплуатационными показателями: проходимость, маневренность, устойчивость, плавность хода и др. Однако они имеют высокую стоимость, что сдерживает их применение на предприятиях Республики Беларусь.

С учетом данного обстоятельства на Минском тракторном заводе была разработана имеющая значительно меньшую стоимость прицепная колесная погрузочно-транспортная машина МПТ-461 с активным приводом колес и гидроуправляемым дышлом, которые позволяют повысить тяговые и маневренные свойства всей транспортной системы при движении в сложных условиях лесосеки.

Для форвардера характерны два основных режима движения: транспортный и маневрирование. Транспортный режим соответствует движению транспортной системы по магистральному волоку или по дорогам общего пользования со скоростью более 7 км/ч на небольшие расстояния (до 10 км). В режиме маневрирования форвардер движется с меньшими скоростями (2–5 км/ч) по криволинейной траектории, и данный режим является основным. На режим маневрирования кинематические параметры оказывают существенное влияние вследствие малых скоростей движения.

Так как кинематика процесса поворота указанной транспортной системы характеризуется в основном закономерностями, описывающими перемещения ее звеньев в горизонтальной плоскости неподвижной системы координат, то будет рассматриваться плоская модель криволинейного движения транспортной системы, расчетная модель которой изображена на рис. 1.

Кинематика поворота любой транспортной системы зависит от габаритных размеров ее звеньев и определяется изменением углов поворота тягача (трактора) и прицепного звена [1].

Угол поворота продольной оси полуприцепа β можно выразить как функцию от угла δ (рис. 1) через передаточную функцию i [2]:

$$\beta = i\delta. \quad (1)$$

Каждое из звеньев транспортной системы имеет свой мгновенный абсолютный центр вращения в плоскости XOY : трактор – O_T , полуприцеп – O_{Π} .

Абсолютная угловая скорость вращения полуприцепа ω_{Π} включает угловую скорость переносного вращательного движения тягача ω_T и угловую скорость относительного вращательного движения δ :

$$\overline{\omega_{\Pi}} = \overline{\omega_T} + \overline{\delta}. \quad (2)$$

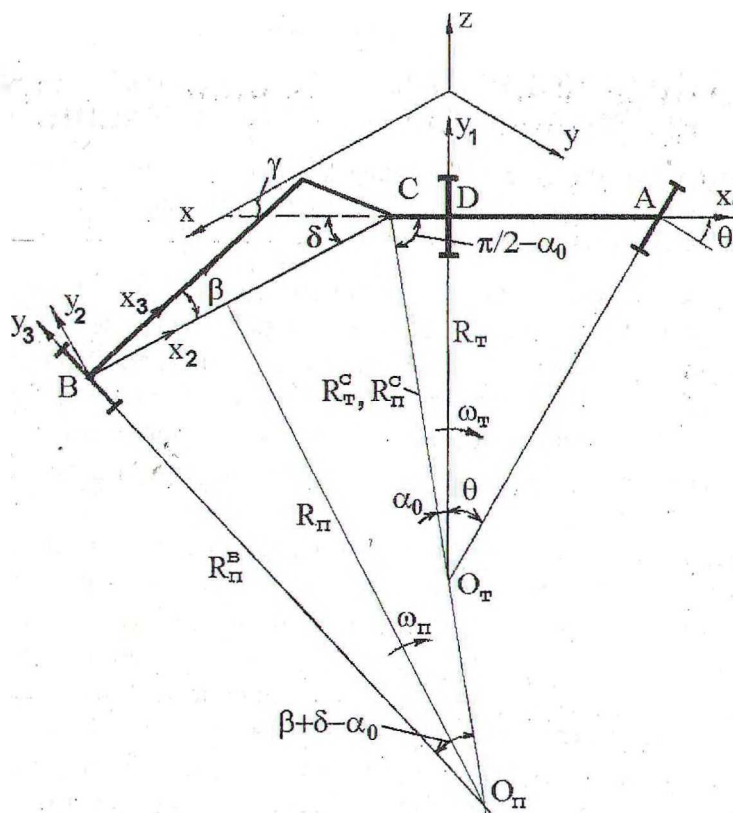


Рис. 1. Кинематическая схема поворота транспортной системы «трактор + прицепное звено с гидроуправляемым дышлом»: AC – продольная ось трактора; EC – гидроуправляемое дышло; EB – продольная ось прицепного звена; CB – мнимая ось прицепного звена

Кинематическая связь между абсолютными угловыми скоростями ω_T и ω_{Π} определяется с учетом значения скорости точки C (рис. 1), принадлежащей обоим звеньям:

$$v_C = \omega_T \cdot R_T^c = \omega_{\Pi} \cdot R_{\Pi}^c, \quad (3)$$

где R_T^c и R_{Π}^c – радиусы вращения точки C относительно мгновенных центров поворота соответственно O_T и O_{Π} .

Из формулы (3) можно получить соотношение, определяющее кинематическое взаимодействие звеньев транспортной системы на различных участках траектории поворота:

$$\frac{\omega_T}{\omega_{\Pi}} = \frac{R_{\Pi}^c}{R_T^c} = k_M, \quad (4)$$

где k_M – коэффициент маневрирования [2].

По данному коэффициенту можно определить кинематическое положение транспортной системы на траектории поворота.

Основными кинематическими положениями любой транспортной системы на траектории поворота являются: прямолинейное, на входной, круговой и выходной траекториях [3]. Для расчета и анализа движения транспортной системы «трактор + прицепное звено с управляемым дышлом» на различных стадиях поворота были составлены расчетные кинематические схемы, приведенные на рис. 2.

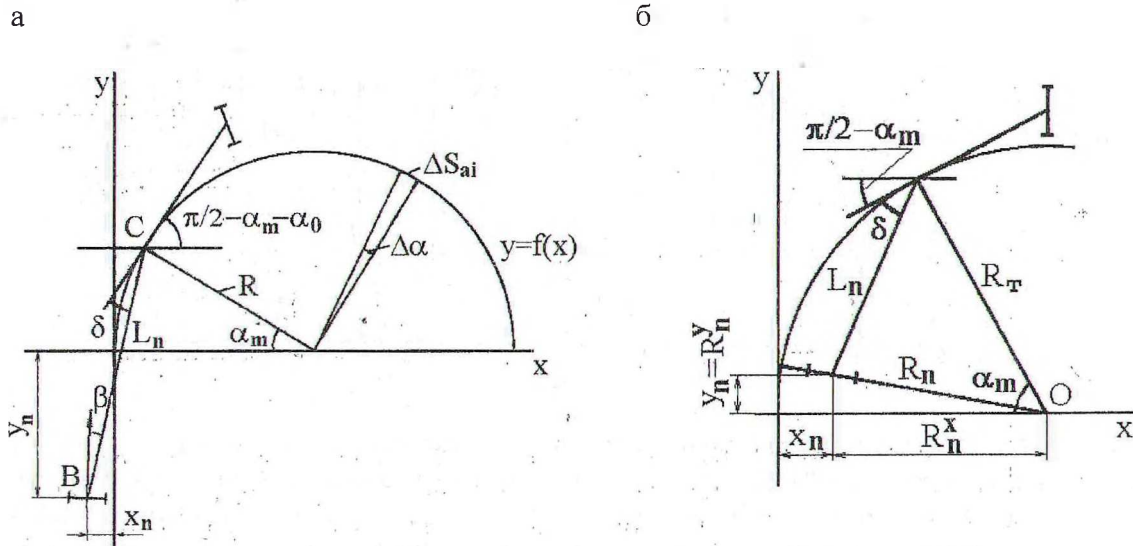


Рис. 2. Кинематическая схема поворота транспортной системы «трактор + прицепное звено с управляемым дышлом»: а – на стадии входа в поворот; б – на стадии кругового движения и выхода из поворота

При расчете за основную траекторию трактора принималась траектория середины его заднего моста, в качестве координат основной траектории рассматривалось элементарное перемещение ΔS_T трактора, соответствующее элементарному углу $\Delta\alpha$ поворота транспортной системы относительно ее центра мгновенных перемещений.

$$\Delta\alpha = \Delta\alpha_{i-1} + \Delta\alpha_i, \quad (5)$$

где $\Delta\alpha_{i-1}$ и $\Delta\alpha_i$ – элементарные углы поворота транспортной системы соответственно в начальный и конечный момент времени.

Координаты положения трактора на основной траектории при входе в поворот определяли из кинематической схемы (рис. 2, а) путем тригонометрических преобразо-

ваний. Соответственно для стадии кругового движения и стадии выхода из поворота использовалась схема, приведенная на рис. 2, б.

Расчет показателей маневренности транспортной системы «трактор + прицепное звено» производили с использованием рассмотренной модели процесса поворота на ЭВМ. На рис. 3, а изображена зависимость координат траектории движения $y=f(x)$ для транспортных систем «трактор + прицепное звено с управляемым дышлом» (кривая 1), «трактор + прицепное звено с неуправляемым дышлом» (кривая 2) и «трактор без прицепного звена» (кривая 3).

Изменение отклонения траектории прицепного звена с управляемым дышлом от основной траектории трактора изображено на рис. 3, б ($\alpha_m=f(\Delta)$). Данный график более наглядно (чем на рис. 3, а) отображает поведение прицепного звена при криволинейном движении.

Как видно из графика (рис. 3, а), траектория прицепного звена с управляемым дышлом (кривая 1) практически совпадает с траекторией движения тягового звена (кривой 3), составляет не более 0,17 м на стадии входа в поворот (рис. 3, б, кривая 4 и 6).

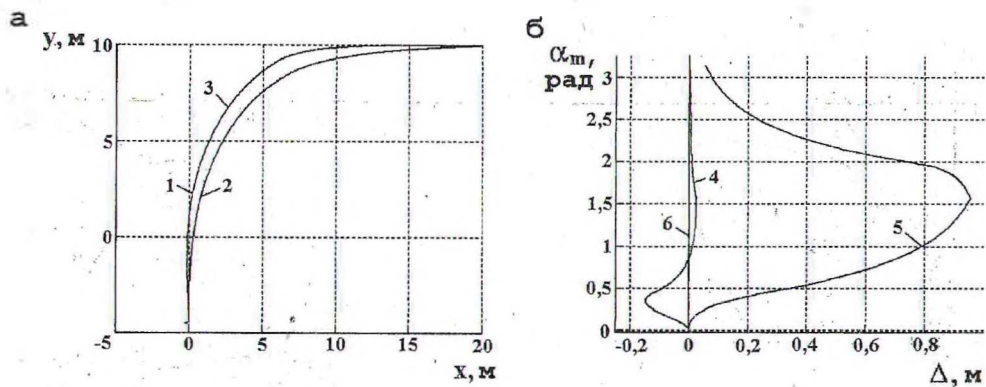


Рис. 3. Изменение траектории прицепного звена и трактора на повороте с радиусом $R=10$ м и углом поворота $\alpha_m=90^\circ$: а – траектория (1 – прицепного звена с управляемым дышлом; 2 – прицепного звена с неуправляемым дышлом; 3 – трактора); б – отклонение траектории прицепного звена Δ от траектории трактора (4 – с управляемым дышлом; 5 – с неуправляемым дышлом)

Отклонение траектории прицепного звена с управляемым дышлом от траектории трактора (кривой 6) примерно в 4 раза меньше отклонения траектории прицепного звена с неуправляемым дышлом (кривая 5), что, соответственно, характеризует положительный эффект применения гидроуправляемого дышла.

На рис. 4 показана зависимость передаточного числа механизма поворота от длины гидроуправляемого дышла при повороте на угол 90° с различными радиусами на стадии входа и выхода из поворота (рис. 4, а, б). С увеличением длины дышла передаточное число механизма поворота на стадии входа в поворот уменьшается по линейной зависимости, а с увеличением радиуса поворота – увеличивается. На стадии выхода из поворота зависимость передаточного числа механизма поворота от длины дышла уже не может быть выражена линейной зависимостью и имеет более сложный характер, хотя тенденция к уменьшению передаточного числа при увеличении длины дышла сохраняется.

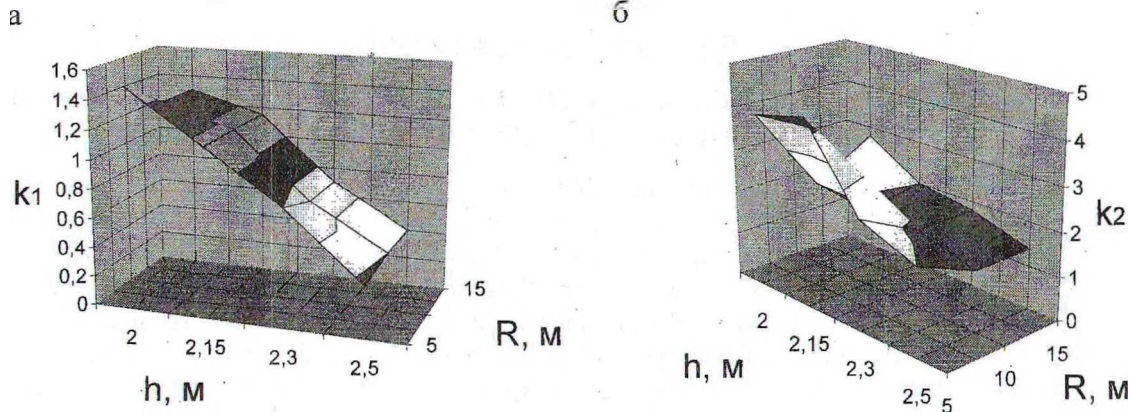


Рис. 4. Зависимости передаточного числа механизма поворота от длины гидроуправляемого дышла при повороте на угол 90° : а – стадия входа в поворот; б – стадия выхода из поворота; k_1 и k_2 – передаточные числа механизма поворота соответственно на стадии входа в поворот и выхода из поворота; h – длина дышла, м; R – радиус поворота, м

Проведенные исследования показали, что использование управляемого дышла влияет на изменение траектории криволинейного движения транспортной системы «трактор + прицепное звено». При этом отклонение траектории прицепного звена от траектории тягового трактора при отключенном гидрофицированном приводе при повороте на угол 90° и радиусе поворота 10 м составляет не более 0,9 м, а с использованием привода – не более 0,17 м, то есть примерно в 4 раза меньше. Причем чем меньше радиус поворота, тем больше величина отклонения траектории прицепного звена с неуправляемым дышлом от траектории прицепного звена с управляемым дышлом, что оказывает существенное влияние на маневренные свойства рассматриваемой системы и, соответственно, влияет на время прохождения сложных участков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Закин Я.Х. Маневренность автомобиля и автопоезда. – М.: Транспорт, 1986. – 136 с.
2. Петрович О.В. Обоснование параметров маневренности лесовозного автопоезда с регулируемым устройством управления прицепом-ропуском. Дис.... канд. техн. наук. – Мн.: БГТУ, 1995. – 200 с.
3. Фаробин Я.Е. Теория поворота транспортных машин. – М., 1970. – 176 с.