

О ВОЗМОЖНОСТИ УСТОЙЧИВОГО УПРАВЛЯЕМОГО ДВИЖЕНИЯ ЗАДНИМ ХОДОМ СЕДЕЛЬНОГО АВТОПОЕЗДА С НЕПОВОРОТНЫМИ КОЛЕСАМИ ПОЛУПРИЦЕПА

к.т.н. А.И. Пискачев, С.И. Нестеренко
(представил д.т.н. О.Н. Фоменко)

В статье предложен закон управления передними колесами тягача седельного автопоезда с неповоротными колесами полуприцепа для обеспечения устойчивого движения задним ходом. Обосновано соотношение между параметрами автопоезда, обеспечивающее реализацию закона.

Одним из важнейших свойств автопоездов является их маневренность. С ней связаны потери времени на погрузочно - разгрузочные работы. По данным исследований [1], время разворота автопоезда с применением заднего хода в 5 - 6 раз больше, чем при прямом развороте, т.е. без маневрирования. Однако, движение задним ходом имеет свои особенности для различных конструктивных схем автопоездов. Испытание, проводившееся с седельным автопоездом с неповоротными колесами полуприцепа показало, что при подаче его назад, предварительно вытянутого в линию, параллельно опорной линии с минимально возможной скоростью, без рывков, при неподвижном (закрепленном) рулевом колесе, происходит смещение траектории колес полуприцепа относительно траекторий задних колес тягача. При достижении величины смещения 0,3 м. происходит складывание полуприцепа с тягачом [2]. Водитель, осуществляющий коррекцию перемещения автопоезда с помощью рулевого колеса, способен обеспечить его устойчивое движение назад. Определим условия такого движения. Для этого рассмотрим транспортный агрегат седельного типа, перемещающийся на плоскости и примем следующие допущения:

- управляемые колеса тягача движутся с постоянной по времени скоростью;
- действие боковых инерционных сил отсутствует;
- движение происходит на горизонтальной поверхности, а значит нет сопротивления качению;

© к.т.н. А.И. Пискачев, С.И. Нестеренко, 1998

- автопоезд рассматривается в виде “велосипедной схемы” без деформации его звеньев.

Найдем значения скоростей $V_1 - V_6$ (рис. 1), согласно [3].

$$\begin{aligned} V_1 = V \sin \varphi, \quad V_2 = V \cos \varphi, \quad V_3 = V \cos \varphi \sin \beta, \quad V_4 = V \cos \varphi \cos \beta, \\ V_5 = V \cos \varphi \cos \beta \sin \alpha, \quad V_6 = V \cos \varphi \cos \beta \cos \alpha. \end{aligned} \quad (1)$$

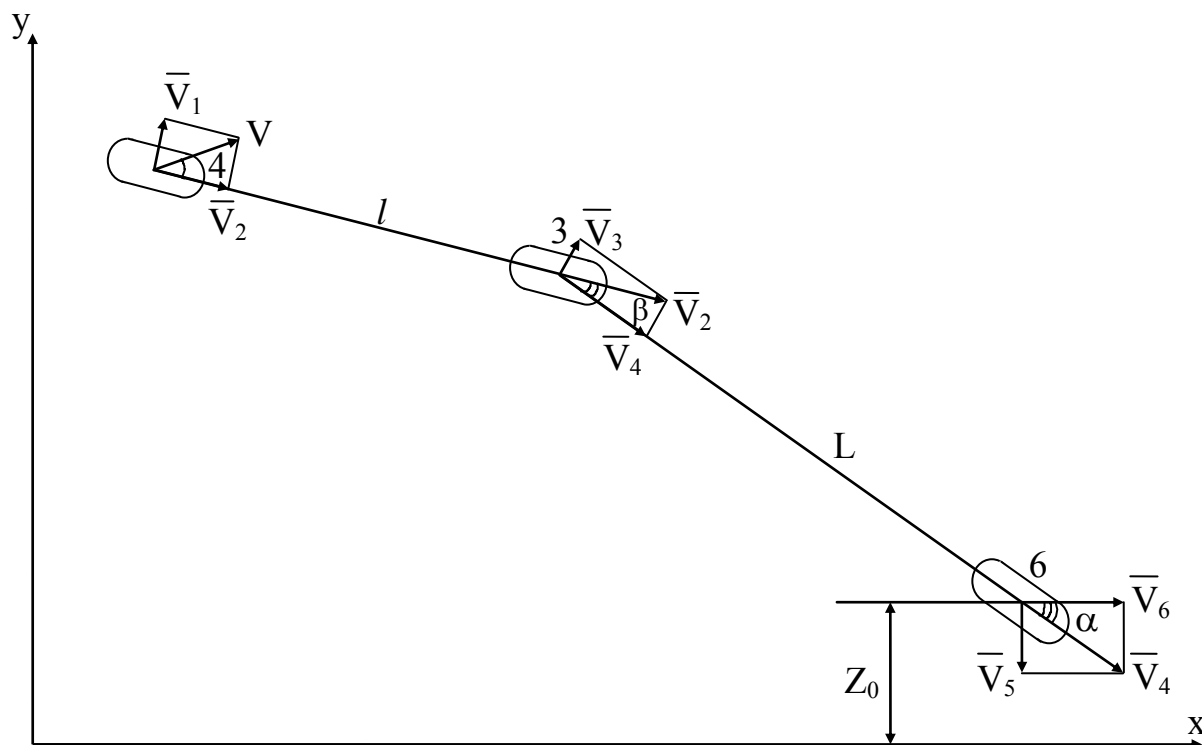


Рисунок 1 - Велосипедная схема седельного автопоезда

Запишем систему уравнений, описывающих движение звеньев автопоезда:

$$\begin{aligned} \dot{\beta} = -\frac{V_1}{l} + \frac{V_3}{L}; \quad \dot{\alpha} = -\frac{V_3}{L}; \\ \dot{Z} = V_5; \quad \dot{X} = V_6, \end{aligned} \quad (2)$$

где l - длина базы тягача,

L - длина базы полуприцепа.

С учетом значений скоростей уравнения движения звеньев можно переписать в следующем виде:

$$\begin{aligned}\dot{\beta} &= -\frac{V \sin \varphi}{l} + \frac{V \cos \varphi \sin \beta}{L}; & \dot{\alpha} &= \frac{V \cos \varphi \sin \beta}{L}; \\ \dot{Z} &= V \cos \varphi \cos \beta \sin \alpha; & \dot{X} &= V \cos \varphi \cos \beta \sin \alpha.\end{aligned}\quad (3)$$

Предположим, что уравнение поворота колес тягача должно зависеть от величины β , измеряемого в исходном положении и в процессе движения

$$\varphi = k_1 \beta, \quad (4)$$

где k_1 - коэффициент усиления по β ;

φ - угол поворота управляемых колес тягача.

Полная система уравнений, описывающая управляемое движение автопоезда задним ходом, примет вид:

$$\begin{aligned}\beta &= -\frac{V}{l} \sin \varphi + \frac{V}{L} \cos \varphi \sin \beta; & \alpha &= \frac{V}{L} \cos \varphi \sin \beta; \\ Z &= V \cos \varphi \cos \beta \sin \alpha; & X &= V \cos \varphi \cos \beta \cos \alpha; & \alpha &= k_1 \beta.\end{aligned}\quad (5)$$

Определим значение коэффициента k_1 . Для этого линеаризуем систему, считая, что $\cos \varphi = 1$, $\sin \varphi = \varphi$, $\cos \beta = 1$, $\sin \beta = \beta$, $\cos \alpha = 1$, $\sin \alpha = \alpha$.

Тогда система уравнений движения автопоезда может быть представлена в следующем виде:

$$\begin{aligned}\dot{\beta} &= -\frac{V}{l} \cdot \varphi + \frac{V}{L} \cdot \beta; & \dot{\alpha} &= \frac{V}{L} \cdot \beta; \\ \dot{Z} &= V \cdot \alpha; & \varphi &= k_1 \cdot \beta.\end{aligned}\quad (6)$$

Преобразуем первое уравнение системы (6) по методу Лапласа с нулевыми начальными условиями. Тогда

$$s\beta = -\frac{V}{l} \varphi + \frac{V}{L} \beta + \beta_0. \quad (7)$$

Исключим из уравнения (7) значение Φ , подставив выбранный закон управления [4]. Отсюда:

$$S\beta = -\frac{V}{l}k_1\beta + \frac{V}{L}\beta + \beta_0. \quad (8)$$

Сгруппировав подобные и проведя преобразование получим, что:

$$\beta = \frac{\beta_0}{S + \frac{V}{l}k_1 - \frac{V}{L}}. \quad (9)$$

Воспользовавшись критерием устойчивости Рауса - Гурвица, получим условие устойчивого движения автопоезда задним ходом в заданном направлении

$$k_1 > \frac{l}{L}. \quad (10)$$

Это условие приемлемо для автопоездов седельного типа с различным соотношением длин баз тягача и полуприцепа с неповоротными колесами. Полученное условие устойчивости движения автопоезда назад позволяет разработать схему системы управления таким движением в каждом конкретном случае соотношения длин баз тягача и полуприцепа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Закин Я.Х. Маневренность автомобиля и автопоезда. - М.: Транспорт, 1991. - 123 с.
2. Клычков П.Д. Особенности эксплуатационных свойств лесовозных автопоездов. - Хабаровск, 1979. - 96 с.
3. А.с. 1524360 СССР. Способ управления курсовым движением седельного автопоезда /А.А. Пьянков, А.И. Пискачев. - 1982. - Бюл. №19. - 2 с.