

### НЕКОТОРЫЕ ПАРАМЕТРЫ ДВИЖЕНИЯ СОЧЛЕНЁННОЙ МАШИНЫ ЧЕРЕЗ ВЫСТУПАЮЩУЮ НЕРОВНОСТЬ

*В статье рассмотрено влияние сцепного устройства сочлененной машины с поперечным стержнем на отклонение угла поворота продольной оси машины при переезде через выступающую неровность.*

**Ключевые слова:** сочленённая машина, сцепное устройство, движение, параметр, препятствие, угол, поворот, продольная ось.

*V.F. Poletaykin, V.N. Kholopov, V.A. Labzin*

### SOME PARAMETERS OF THE JOINT MACHINE MOVEMENT THROUGH THE JUTTING OUT IRREGULARITY

*The hitch mechanism influence of the joint machine with the transversal bar on the deviation of the machine-longitudinal axis turn angle in the crossing through the jutting out irregularity is considered in the article.*

**Key words:** joint machine, hitch mechanism, movement, parameter, hindrance, angle, turn, longitudinal axis.

**Введение.** Способность преодолевать крупные неровности (валёжины, пни и т.д.) является важным эксплуатационным свойством лесной машины. Наличие двух связанных между собой сцепным устройством тележек позволяет сочленённой машине преодолевать неровности с меньшими дифференциалами и с меньшими скоростями изменения дифференциала, чем двухгусеничная машина.

**Цель исследований.** Определить влияние параметров сцепного устройства сочлененной машины с поперечным стержнем на отклонение продольной оси машины при влиянии основных внешних факторов.

**Методика и результаты исследований.** На процесс преодоления неровности сочленённой машины оказывают влияние тип подвески опорных катков и тип сцепного устройства. Для исключения влияния подвески опорных катков будем считать, что тележки сочленённой машины снабжены жёсткими катками, жёстко закреплёнными на их рамах.

Пусть сочленённая машина включает в себя моторную и технологическую тележки, соединённые сцепным устройством в виде поперечного стержня с двумя продольными горизонтальными шарнирами [1]. Будем считать, что при преодолении неровности катками одного борта тележки катки другого борта не проскальзывают по опорной поверхности в поперечном направлении, а сама опорная поверхность не деформируется под катками. Будем также считать, что размеры моторной и технологической тележек одинаковы, как и их веса; колея моторной тележки равна колее технологической.

При наезде на неровность катком одного борта продольная ось машины отклоняется от первоначального положения. Угол отклонения определится как сумма углов поворота тележек и поворота машины [2].

$$\alpha_2 = \alpha_{2m} + \alpha_{2M}, \quad (1)$$

где  $\alpha_2$  — угол отклонения продольной оси машины;

$\alpha_{2m}$  — угол отклонения тележки, каток которой находится на неровности;

$\alpha_{2M}$  — угол поворота машины.

Эти углы определяются следующим образом [2]:

$$\alpha_{2m} = \arctg \frac{\bar{l}_{cm} - \sqrt{\bar{l}_{cm}^2 - \bar{h}_{cm}^2}}{\bar{l}_m + \bar{l}_T + \bar{\chi}_m + \bar{\chi}_T}; \quad (2)$$

$$\alpha_{эм} = \arcsin \frac{[0.5(1 + \bar{b} - \bar{l}_{см}) (1 - \sqrt{1 - \bar{h}_{np}^2}) + \bar{h}_{цу} \bar{h}_{np}] \cos \alpha_{эм}}{\bar{l}_m + \bar{l}_T + \bar{\chi}_m + \bar{\chi}_T}. \quad (3)$$

В этих уравнениях

$$\begin{aligned} \bar{h}_{смверт} &= 0.5 \bar{h}_{np} (1 + \bar{b} - \bar{l}_{см}) + \bar{h}_{цу} (\sqrt{1 - \bar{h}_{np}^2} - 1) \\ \bar{l}_m &= \frac{l_m}{B}; \quad \bar{l}_T = \frac{l_T}{B}; \quad \bar{\chi}_m = \frac{\chi_m}{B}; \quad \bar{\chi}_T = \frac{\chi_T}{B}; \quad \bar{h}_{смверт} = \frac{h_{смверт}}{B}, \\ \bar{b} &= \frac{b}{B}; \quad \bar{l}_{см} = \frac{l_{см}}{B}; \end{aligned} \quad (4)$$

где  $B$  — колея машины;

$b$  — ширина гусеницы;

$h_{смверт}$  — вертикальное смещение горизонтального продольного шарнира тележки;

$l_{см}$  — длина поперечного стержня сцепного устройства;

$l_m$  — расстояние от оси симметрии моторной тележки до шарнира сцепного устройства;

$l_T$  — расстояние от оси симметрии технологической тележки до шарнира сцепного устройства;

$h_{цу}$  — высота расположения горизонтального продольного шарнира сцепного устройства;

$h_{np}$  — высота преодолеваемой неровности;

$\chi_m$  — продольное смещение полюса поворота моторной тележки;

$\chi_T$  — продольное смещение полюса поворота технологической тележки.

Для нахождения продольного смещения полюса поворота, вызванного поворотом тележки, воспользуемся уравнением, приведённым в [3].

$$a\chi_{0T}^2 + b\chi_{0T} + c = 0. \quad (5)$$

В уравнении (5)

$a, b, c$  — коэффициенты;

$$\chi_{0T} = \frac{2\chi_T}{L_T}.$$

С учётом принятых допущений коэффициенты, приведённые в [3], принимают следующие значения:

$$a = 2; \quad b = 4l_{0A}; \quad c = -2. \quad (6)$$

Здесь  $l_{0M} = \frac{2l_m}{L_m},$

$L_{\lambda}$  — длина опорной части гусеницы моторной тележки.

Принятые допущения предполагают, что  $L_m = L_T = L; \quad l_{0M} = l_{0T} = l_0;$

$$l_m = l_T = l; \chi_{0m} = \chi_{0T} = \chi_0; \chi_m = \chi_T = \chi; l_{0T} = \frac{2l_T}{L_T}.$$

Здесь  $L_T$  — длина опорной части гусеницы технологической тележки.

Тогда уравнение принимает следующий вид:

$$2\chi_0^2 + 4l_0\chi_0 - 2 = 0. \quad (7)$$

Решение уравнения:

$$\chi_0 = \frac{-4l_0 + \sqrt{16l_0^2 + 16}}{4} = -l_0 + \sqrt{l_0^2 + 1}. \quad (8)$$

Подставим значение  $l_0$  и  $\chi_0$  в уравнение (8).

$$\frac{2\chi}{L} = -\frac{2l}{L} + \sqrt{\frac{4l^2}{L^2} + 1},$$

или

$$\chi = -l + \sqrt{l^2 + 0,25L^2}. \quad (9)$$

Разделив левую и правую части уравнения (9) на колею машины, получим:

$$\bar{\chi} = -\bar{l} + \sqrt{\bar{l}^2 + 0,25\bar{L}^2}, \quad (10)$$

$$\text{где } \bar{\chi} = \frac{\chi}{B}; \quad \bar{L} = \frac{L}{B}; \quad \bar{l} = \frac{l}{B}.$$

Определим вынос шарнира сцепного устройства, минимальная величина которого зависит от предельного угла складывания моторной и технологической тележек. Этот предельный угол определяется касанием гусениц моторной и технологической тележек. Из треугольника «abш» (рис. 1) имеем:

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{l_{\text{шп}}}{0,5(B + b - l_{\text{см}})}, \quad (11)$$

где  $\alpha$  — угол складывания моторной и технологической тележек.  
Разделим числитель и знаменатель уравнения на колею машины.

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{\bar{l}_{\text{шп}}}{0,5(1 + \bar{b} - \bar{l}_{\text{см}})}, \quad (12)$$

$$\text{где } \bar{l}_{\text{шп}} = \frac{l_{\text{шп}}}{B}.$$

Отсюда получаем:

$$\bar{l}_{\text{гш}} = 0,5(1 + \bar{b} - \bar{l}_{\text{см}}) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}. \quad (13)$$

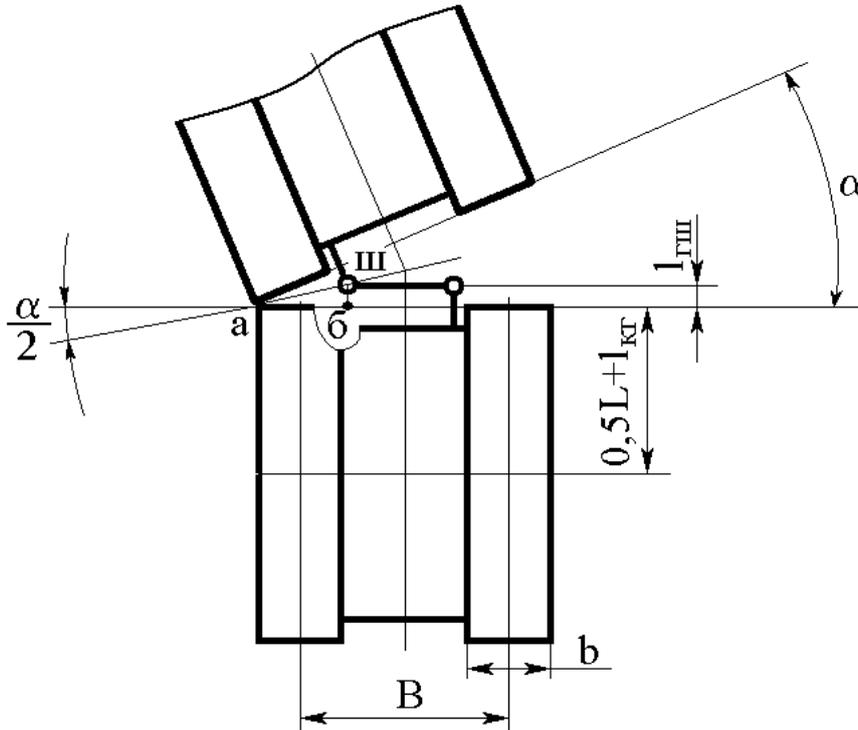


Рис. 1. Схема поворота сочленённой машины

Расстояние от центра симметрии тележки до центра шарнира сцепного устройства (вынос шарнира) определится (рис. 1) как

$$l = 0,5L + l_{\text{кг}} + l_{\text{гш}}, \quad (14)$$

где  $l_{\text{кг}}$  — расстояние от опорной части гусеницы до проекции на опорную поверхность края гусеницы (рис. 2);

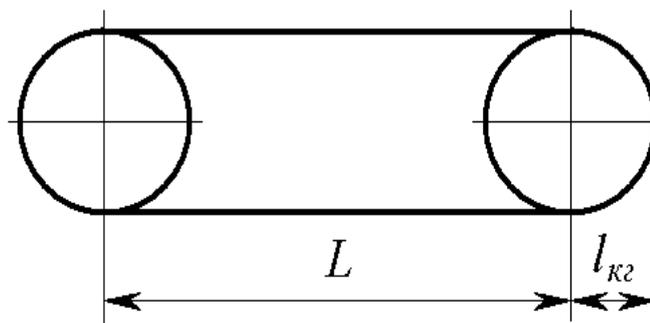


Рис. 2. Схема гусеницы тележки

В относительных единицах уравнение принимает вид:

$$\bar{l} = 0,5\bar{L} + \bar{l}_{к2} + \bar{l}_{2ш}, \quad (15)$$

где  $\bar{l}_{к2} = \frac{l_{к2}}{B}$ .

Подставив в уравнение (15) значение  $\bar{l}_{2ш}$  из (13), получим:

$$\bar{l} = 0,5\bar{L} + \bar{l}_{к2} + 0,5(1 + \bar{b} - \bar{l}_{cm}) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}. \quad (16)$$

Расстояние от полюса поворота тележки до шарнира сцепного устройства найдём на основании уравнений (10) и (16):

$$\bar{l}_{нши} = \bar{\chi} + \bar{l} = \sqrt{(0,5\bar{L} + \bar{l}_{к2} + 0,5(1 + \bar{b} - \bar{l}_{cm}) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2})^2 + 0,25\bar{L}^2}, \quad (17)$$

где  $\bar{l}_{нши} = \frac{l_{нши}}{B}$ .

С учётом уравнения (17) уравнения (2) и (3) принимают вид:

$$\alpha_{2м} = \operatorname{arctg} \frac{\bar{l}_{cm} - \sqrt{\bar{l}_{cm}^2 - \bar{h}_{смверт}^2}}{2\sqrt{(0,5\bar{L} + \bar{l}_{к2} + 0,5(1 + \bar{b} - \bar{l}_{cm}) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2})^2 + 0,25\bar{L}^2}}; \quad (18)$$

$$\alpha_{2м} = \operatorname{arcsin} \frac{[0,5(1 + \bar{b} - \bar{l}_{cm})(1 - \sqrt{1 - \bar{h}_{np}^2}) + \bar{h}_{cy}\bar{h}_{np}] \cos \alpha_{2м}}{2\sqrt{(0,5\bar{L} + \bar{l}_{к2} + 0,5(1 + \bar{b} - \bar{l}_{cm}) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2})^2 + 0,25\bar{L}^2}}. \quad (19)$$

Используем уравнения (1), (18), (19), (4) для построения графиков зависимости угла отклонения продольной оси машины от длины поперечного стержня и высоты преодолеваемой неровности.

Примем следующие значения параметров тележек сочленённой машины:

$$\bar{h}_{cy} = 0,2; \quad \bar{b} = 0,2; \quad \bar{l}_{к2} = 0,4; \quad \alpha = 57,3^\circ.$$

Графики показывают, что отклонение продольной оси машины невелико при преодолении небольших препятствий и практически не зависит от длины поперечного стержня (рис. 3). С увеличением высоты препятствия отклонение продольной оси машины увеличивается, при этом при увеличении длины поперечного стержня отклонение продольной оси машины уменьшается (рис. 4).

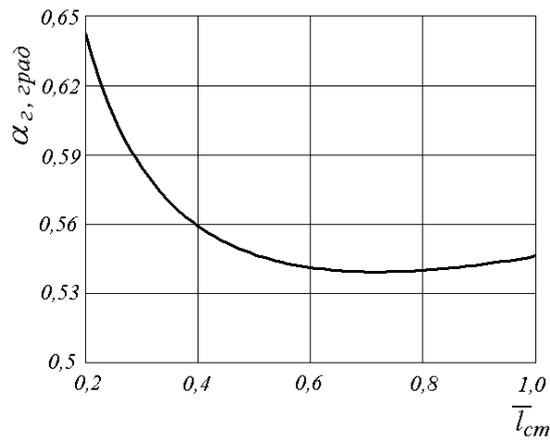


Рис. 3. Зависимость угла поворота продольной оси машины при относительной высоте неровности, равной 0,1

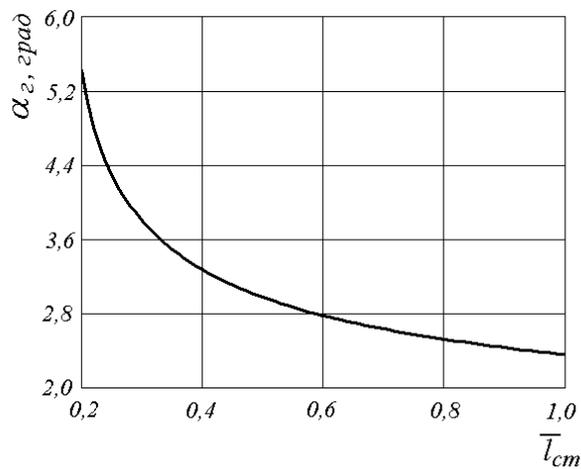


Рис. 4. Зависимость угла поворота продольной оси машины при относительной высоте неровности, равной 0,4

Увеличение предельного угла складывания тележек, которое соответствует увеличению расстояния от продольной оси машины до шарнира сцепного устройства, способствует уменьшению угла поворота продольной оси машины при уменьшении длины поперечного стержня (рис. 5).

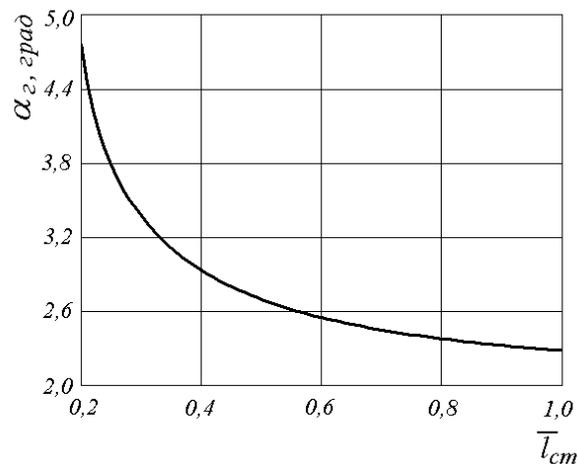


Рис. 5. Зависимость угла поворота продольной оси машины при относительной высоте неровности, равной 0,4, и угле складывания тележек, равном  $86^\circ$

**Заключение.** Полученные аналитические зависимости позволяют оценить величину угла поворота продольной оси сочлененной гусеничной машины с поперечным стержнем при переезде через неровности.

### Литература

1. А.с. №1532415 СССР, МКИ<sup>4</sup> В 62 D 53/02. Сцепное устройство сочленённого транспортного средства / В.А. Лабзин, В.Н. Холопов. – № 4407397/31-11; заявл. 11.04.88; опубл. 30.12.89, Бюл. № 48.
2. Лабзин В.А., Холопов В.Н. Лесные сочленённые гусеничные машины: монография. – Красноярск: Изд-во СибГТУ, 2006. – 248 с.
3. Забавников Н.А. Основы теории транспортных гусеничных машин. – М.: Машиностроение, 1975. – 448 с.



УДК 631.363.636

В.А. Широков, С.М. Доценко,  
П.Н. Школьников, В.А. Макаров

### ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ПРИГОТОВЛЕНИЯ БЕЛКОВО-МИНЕРАЛЬНОЙ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ И ПТИЦЫ

*В статье представлены результаты исследований по обоснованию технологии и параметров процесса получения кормовой добавки в виде гранулята с использованием сои и сапропеля.*

**Ключевые слова:** семена сои, сапропель, технология, сырье, экструдат, параметр.

V.A. Shirokov, S.M. Dotsenko  
P.N. Shkolnikov, V.A. Makarov

### THE SUBSTANTIATION OF THE PREPARATION PROCESSTECHNOLOGY AND PARAMETERS OF THE PROTEIN-MINERAL FEED ADDITIVEFOR AGRICULTURAL ANIMALS AND POULTRY

*The research results on the substantiation of the process technology and parameters of preparingthe feed additive in the granulate form with the soybean and sapropel use are presented in the article.*

**Key words:** soybean seeds, sapropel, technology, raw materials, extrudate, parameter.

**Введение.** На сегодняшний день известно, что содержание протеина в заготавливаемых кормах не обеспечивает потребностей в нем животноводства. Его недостаток, по различным оценкам, составляет 19–30 % от потребности, в связи с чем в рационах в среднем на одну кормовую единицу приходится не более 50–86 г перевариваемого протеина вместо 105–110 г по нормам [1]. Многочисленные данные отечественной и зарубежной науки, а также практика, подтверждают, что в рационах животных недостаток кормового протеина можно частично восполнить карбамидом. Однако такая замена возможна при условии, когда рационы дефицитны только по протеину и содержат достаточное количество легкоперевариваемых углеводов, витаминов и минеральных веществ. К тому же при скармливании карбамида необходимо соблюдать следующие условия: карбамид должен быть хорошо перемешан с кормом и приучать к нему необходимо животных постепенно. Недопустим и перерыв в скармливании карбамида, а превышение рекомендуемых норм в рационах вызывает тяжелые заболевания и гибель животных [1].

В то же время соевое зерно и продукты его переработки являются высокобелковыми продуктами, содержащими эссенциальные жирные кислоты минеральных веществ. Такой набор веществ при скармливании соевого зерна и продуктов его переработки животным и птице существенно повышает биологическую цен-