

$$R_i = \frac{(\dot{x}_i^2 + \dot{y}_i^2) \cdot \sqrt{\dot{x}_i^2 + \dot{y}_i^2}}{\ddot{y}_i \cdot \dot{x}_i + \ddot{x}_i \cdot \dot{y}_i}.$$

Таким образом, полученные системы уравнений позволяют исследовать траекторные параметры криволинейного движения электробуса с учетом характеристик электродвигателей, схемы трансмиссии, шин, геометрических параметров общей компоновки двухзвенного состава, а также процессы разгона, торможения электробуса и нагруженность трансмиссии электробуса как при прямолинейном, так и при криволинейном движении.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Литвинов, А. С., Фаробин, Я. Е. Автомобиль: Теория эксплуатационных свойств. – М. : Машиностроение, 1989. – 240 с.

Представлено 15.04.2021

УДК 629.114. 2

### **К ВЫБОРУ ПОДВЕСКИ ГУСЕНИЧНОЙ МАШИНЫ**

TO THE CHOICE OF A TRACKED MACHINE SUSPENSION

**Г. А. Таяновский**, канд. техн. наук, доц.,  
Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Беларусь

G. Tayanousky, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,  
Belarusian national technical University, Minsk, Belarus

*Рассмотрены аспекты выбора варианта и параметров резино-жгутовых торсионных элементов подвески гусеничного хода машины, предназначенной для работы на заснеженных опорных поверхностях.*

*The aspects of choosing the option and parameters of rubber-harness torsion elements of the suspension of the caterpillar track of the machine designed to work on snowy supporting surfaces are considered.*

Ключевые слова: подвеска, торсион, гусеничная машина, ратрак.

Key words: suspension, torsion bar, tracked vehicle, snow truck.

## ВВЕДЕНИЕ

При создании снегоуплотнительных машин – ратраков (рисунок 1) важная часть работ состоит в выборе параметров ходовой системы и подвески гусеничного резино-тросового обвода.

В работе рассмотрены отдельные методические положения выбора рациональных параметров резино-жгутовой подвески, обладающей рядом преимуществ, благодаря своей простоте и приемлемым характеристикам при работе в подвеске ратрака.

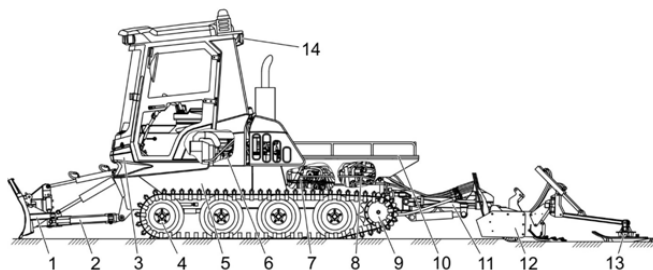


Рисунок 1 – Машина снегоуплотнительная – ратрак

- 1 – отвал; 2 – подъемный механизм; 3 – кабина; 4 – ходовая система; 5 – рама;  
6 – двигатель; 7 – раздаточный редуктор; 8 – гидросистема; 9 – бортовой редуктор;  
10 – грузовая платформа; 11 – ЗНУ; 12 – снегоуплотнительное оборудование;  
13 – прокладчик лыжни; 14 – электрооборудование

## ПАРАМЕТРЫ И ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕЗИНОВО-ЖГУТОВОГО ТОРСИОННОГО МОДУЛЯ

Устройство упругого модуля, его установка, деформации жгута при закручивании торсиона показаны на рисунках 2а и 2б.

Расчетная схема торсионного модуля с указанными конструктивными параметрами и видами упругих характеристик при закручивании внутренней трубы относительно неподвижной, приведенные к оси торсиона показаны на рисунке 3.

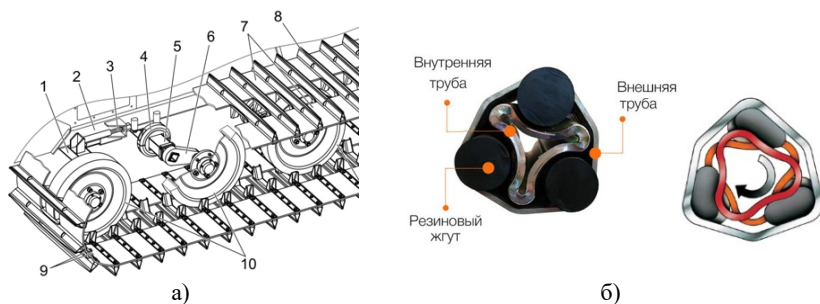


Рисунок 2

- 1 – натяжная ось; 2 – рама; 3 – винт; 4 – полуорлик; 5 – корпус оси;  
6 – кривошип; 7 – лента; 8 – грунтозацеп; 9 – планка; 10 – каток

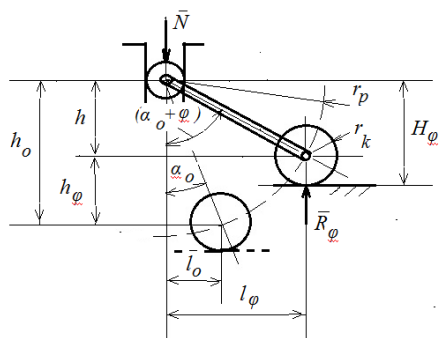


Рисунок 3

Резино-жгутовая подвеска при равной энергоемкости, обладает меньшим весом: и лучшими компоновочными возможностями, в сравнении с торсионной подвеской. Есть и особенность: перегрузки ее недопустимы из-за опасности разрушения жгутов и посадки жестко при преодолении уступов на пересеченной обледенелой поверхности. Проектирование рационального резино-жгутового модуля подвески включает этапы:

- 1) выбор конструктивно-размерной схемы и параметров жесткости, статической и динамической деформаций модуля;
- 2) проектный расчет модуля с определением числа, диаметра и длины его упругих элементов – жгутов;
- 3) проверочные испытания с определением упругой характеристики модуля;
- 4) расчет напряжений в упругом элементе и других деталях модуля подвески при статическом нагружении и максимальной динамической просадке;
- 5) расчет на долговечность жгута модуля подвески.

Типовые кривые упругого нагружения – закручивания модуля резино-жгутовой (МРЖ) подвески нелинейны и прогрессивно нарастают при увеличении угла закручивания  $\varphi$ , они, с малой погрешностью, аппроксимируются участком параболической кривой.

Рассмотрим основные статические характеристики МРЖ (рисунок 3). При известной экспериментальной кривой нагружения МРЖ –  $M_\varphi = a\varphi^2 + b\varphi$ , найдем зависимости:  $h_\varphi = f(\varphi)$  и  $R_\varphi = f(\varphi)$ . При угле установки МРЖ перед натяжением гусеницы –  $\alpha_0$  получим:

$$l_0 = r_p \cdot \sin\alpha_0, \quad h_0 = r_p \cdot \cos\alpha_0.$$

После установки машины на опорную поверхность рычаг МРЖ окажется повернутым относительно ненагруженного состояния на угол  $\varphi$ . Сверху на корпус торсиона будет действовать сила  $N$  от корпуса машины, а на каток – реакция под катком  $R_\varphi$ , создавая момент  $M_{l_\varphi}$ , который уравнивается упругим моментом от деформированных жгутов  $M_\varphi$ . При этом  $M_{l_\varphi} = R_\varphi \cdot l_\varphi$ ,  $l_\varphi = r_p \cdot \sin(\alpha_0 + \varphi)$ , а так как  $M_{l_\varphi} = M_\varphi$ , то, подставив их выражения и выразив из последнего уравнения  $R_\varphi$ , получим

$$R_\varphi = (a \cdot \varphi^2 + b \cdot \varphi) / (r_p \cdot \sin(\alpha_0 + \varphi)).$$

Выразим также величины (см. рисунок 2):  $h$ ,  $h_\varphi$ ,  $H_\varphi$ , а также угловую жесткость МРЖ  $C_\varphi$ :

$$\begin{aligned} h &= r_p \cdot \cos(\alpha_0 + \varphi), \\ h_\varphi &= h_0 - h = r_p \cdot [\cos\alpha_0 - \cos(\alpha_0 + \varphi)]; \\ H_\varphi &= r_p \cdot \cos(\alpha_0 + \varphi) + r_k; \quad C_\varphi = M_\varphi / \varphi. \end{aligned}$$

Результаты расчетов по приведенным выражениям для одного из вариантов МРЖ показаны на рисунках 4, 5. Как следует из рисунков, все зависимости существенно нелинейны, что необходимо учитывать при использовании в подвеске гусеничных машин резино-жгутовых торсионных элементов.

Полученные результаты необходимы при разработке общей компоновки подвески и гусеничной машины в целом, например, ратрака,

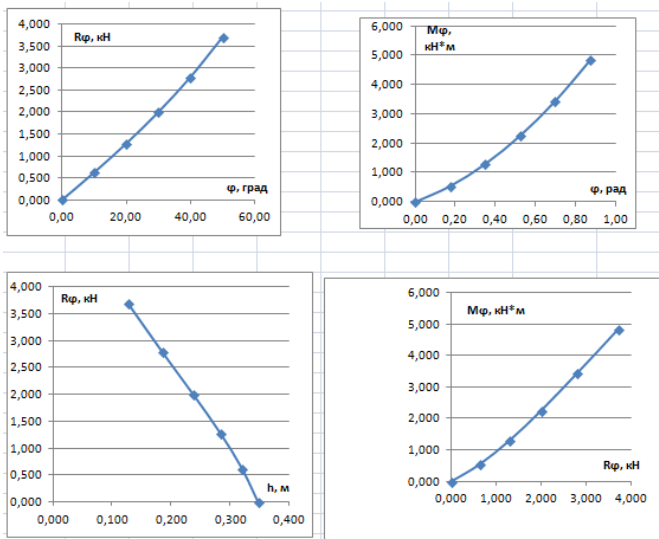


Рисунок 4

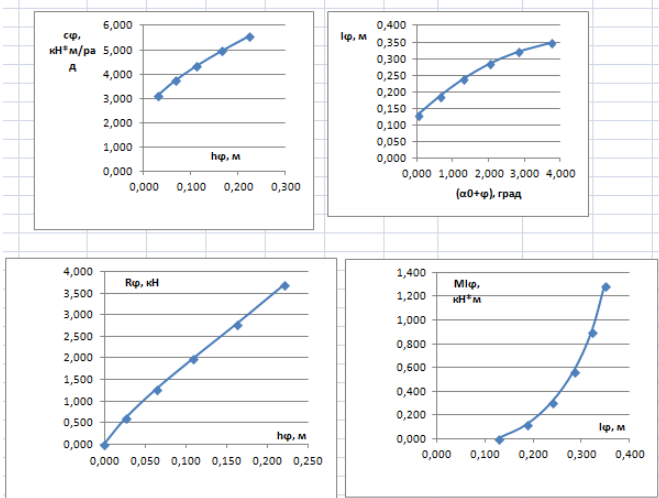


Рисунок 5

## ВЫВОДЫ

Рассмотренный широкий спектр задач динамики движения гусеничного ратрака с подвеской с МРЖ показал существенное влияние характеристик последних на важнейшие эксплуатационные свойства таких машин в составе агрегатов с различным оборудованием.

УДК 004.946

### **СРЕДСТВА И МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА КОНСТРУКТОРА ПРИ РАБОТЕ С БОЛЬШИМИ СБОРКАМИ**

#### **TOOLS AND METHODS TO IMPROVE DESIGNER PRODUCTIVITY FOR LARGE ASSEMBLIES**

**С. В. Карabanькова**, вед. инж.-прогр.,  
Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш»,  
г. Гомель, Беларусь  
S. Karabankova, Leading Software Engineer,  
Scientific and Technical Center for Combine Engineering,  
Gomselmash OJSC, Gomel, Belarus

*Статья посвящена исследованию вопроса цифровизации проектирования. Автор раскрывает преимущества, которые предоставляет интеллектуальное программное обеспечение 3D CAD фирмы PTC – Creo Parametric при работе с большими сборками. В статье отмечено, что использование инструментальных средств по управлению большими сборками, в т. ч. работа с упрощенными представлениями, позволяет увеличить производительность работы конструктора за счет оптимизации работы компьютера.*

*The article is devoted to the study of the issue of design digitalization. The author reveals the advantages that PTC - Creo Parametric's intelligent 3D CAD software provides when working with large assemblies. The article notes that the use of tools for managing large assemblies, including working with simplified views, allows you to increase the productivity of the designer by optimizing the computer.*