

Литература

1. Махутов, Н. А. Обоснование безопасности эксплуатации объектов техносферы с использованием критериев риска / Н. А. Махутов, М. М. Гаденин, Л. А. Сосновский // Вестн. Белорус. гос. ун-та трансп. Наука и транспорт. – 2016. – № 1 (32). – С. 67–73.
2. Сосновский, Л. А. L-риск / Л. А. Сосновский. – Гомель : БелГУТ, 2004. – 317 с.
3. Махутов, Н. А. Динамическое напряженно-деформируемое состояние и повреждаемость режущего инструмента комбайна / Н. А. Махутов // Живучесть и конструкционное материаловедение : науч. тр. VI Междунар. конф. SSMS–2022, Москва, 9–11 нояб. 2022 г. – М. : ИМАШ РАН им. А. А. Благодирова, 2022. – С. 227–232.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ПОДЪЕМА КОСИЛКИ-ПЛЮЩИЛКИ КС-200

Н. С. Селиверстов, Д. Г. Кудренко

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель В. Б. Попов

Проведено математическое моделирование механизма подъема косилки-плющилки КС-200. Полученная функциональная математическая модель позволяет как провести анализ механизма подъема, так и обеспечить одно из условий его синтеза.

Ключевые слова: косилка-плющилка, механизм подъема, математическое моделирование.

Косилка-плющилка КС-200 предназначена для кошения и плющения трав. Одним из основных агрегатов косилки КС-200 является ее подъемно-навесное устройство, объединенное с механизмом вывешивания, закрепленное на раме КС-200 и связывающее энергоноситель с адаптером (жаткой).

Подъемно-навесное устройство состоит из гидропривода и механизма подъема (МП) адаптера, причем звенья МП одновременно являются компонентами механизма вывешивания адаптера. Автоматизированное проектирование КС-200 предполагает рациональный выбор параметров МП [1–4].

Задачей данной статьи является математическое моделирование МП, которое позволит обоснованно назначить размеры его звеньев (рис. 1).

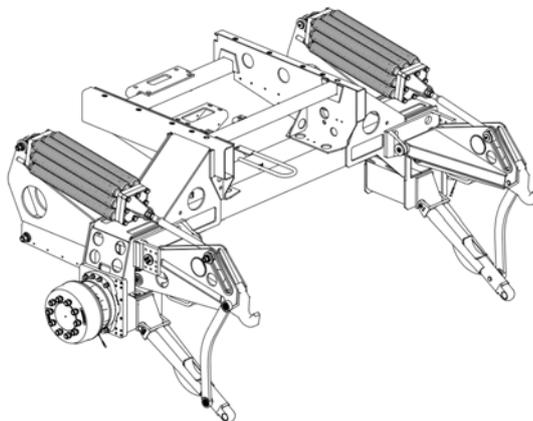


Рис. 1. Общий вид подъемно-навесного устройства косилки КС-200

Подъемно-навесное устройство представляет собой комбинацию 4- и 6-звенных шарнирно-рычажных механизмов связанных гидроприводом. Плоская модель механизма навески получена из пространственного МП (рис. 2) проецирования на продольную плоскость симметрии его правой и левой частей.

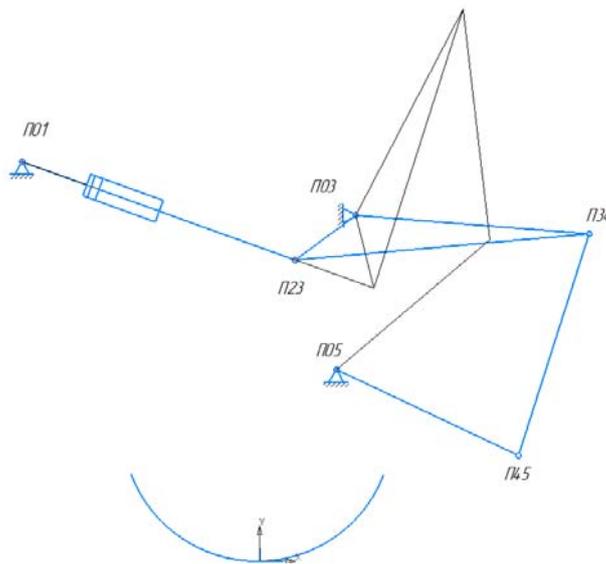


Рис. 2. Схема механизма подъема адаптера

В 6-звенном одноподвижном шарнирно-рычажном механизме имеем:

$$W = 3n - 2p_5;$$

$$W = 3 \cdot 5 - 2 \cdot 7 = 1,$$

где W – число степеней свободы; n – число подвижных звеньев; p_5 – число кинематических пар 5-го класса.

Так как в механизме одна степень свободы мы можем построить математическую модель методом замкнутых векторных контуров (метод Зинovieва). В результате определим все углы, образованные звеньями МП. Далее определим координаты всех подвижных звеньев, например, координаты шарнира штока гидроцилиндра (1)–(4):

$$x_{23} = x_{01} + S \cos \varphi_{12}; \quad (1)$$

$$y_{23} = y_{01} + S \sin \varphi_{12}. \quad (2)$$

Проверить расчеты возможно с помощью следующих формул:

$$x_{23} = x_{03} + l_3 \cos \varphi_3; \quad (3)$$

$$y_{23} = y_{03} + l_3 \sin \varphi_3, \quad (4)$$

где x_{23} и y_{23} – координаты точки П₂₃; l_3 – длина 3-го звена; φ_3 – угол.

Следующим этапом моделирования является кинематический анализ для определения передаточных отношений и аналогов угловых скоростей звеньев:

$$\varphi'_3 = \frac{2 \cdot S}{\sqrt{4L_{13}^2 \cdot L_3^2 - [S^2 \cdot L_{13}^2 \cdot L_3^2]^2}},$$

где S – обобщенная координата; L_i – длины звеньев.

$$U_{43} = \frac{l_{34} \sin(\varphi_5 - \varphi_{34})}{l_4 \sin(\varphi_4 - \varphi_5)},$$

где U_{43} – передаточное отношение угловых скоростей; l_i – длина звена; φ_i – угол образуемый звеньями в правой декартовой системе координат.

Далее определяем передаточные числа:

$$I_{56} = \varphi'_3 U_{53} L_{56} \cos \varphi_5,$$

где φ'_3 – аналог угловой скорости.

Последовательность проведения силового анализа МП соответствует обратному порядку его структурной формулы, начинается с последней группы 2-го класса, 2-го порядка 1-го вида:

$$R_{56}^x = P_6 \frac{G(x_{56} - x_{S6})}{2A};$$

$$R_{56}^y = P_6 \frac{(x_{S6} - x_{67})F - G \cdot D}{2A},$$

где x_{S6} – координата центра тяжести навесной машины; x_{ij} , y_{ij} – координаты центров шарниров звеньев группы L_7-L_6 ; D , F , G – переменная разность координат; R_{ij}^x , R_{ij}^y – составляющие сил, действующих в шарнирах L_7-L_6 .

Полученная функциональная математическая модель позволяет как провести анализ МП, так и обеспечить одно из условий его синтеза.

Л и т е р а т у р а

1. Попов, В. Б. Математическое моделирование подъемно-навесных устройств мобильных энергетических средств / В. Б. Попов. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2016. – 251 с.
2. Артоболевский, И. И. Теория механизмов и машин / И. И. Артоболевский. – М. : Машиностроение, 1988. – 687 с.
3. Попов, В. Б. Математическое обеспечение для проектирования подъемно-навесных устройств мобильных энергетических средств / В. Б. Попов // Вести АПК Верхневолжья. – № 3. – 2014. – С. 67–71.
4. Попов, В. Б. Функциональная математическая модель анализа подъемно-навесных устройств мобильных энергетических средств / В. Б. Попов // Механика – 2011 : сб. науч. тр. V Белорус. конгр. по теорет. и прикладной механике, Минск, 26–28 окт. 2011 г. : в 2 т. / Объед. ин-т машиностроения НАН Беларуси ; редкол.: М. С. Высоцкий [и др.]. – Минск, 2011. – Т. 1. – С. 169–176.