

УДК 629.064.3

05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки)

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОВОРОТНЫХ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ ШАРНИРНО-СОЧЛЕНЕННОГО УЗЛА ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ МАШИН

Рогачев Дмитрий Игоревич
магистр

РИНЦ SPIN-код: 9854-9138
rogachevdi@student.bmstu.ru

Мытищинский филиал МГТУ им. Н. Э. Баумана, Россия, 141005, Московская обл., г. Мытищи, ул. 1-я Институтская, д. 1

Акинин Дмитрий Вячеславович
к.т.н., доцент

РИНЦ SPIN-код: 2521-5330
akinin@mgul.ac.ru

Мытищинский филиал МГТУ им. Н. Э. Баумана, Россия, 141005, Московская обл., г. Мытищи, ул. 1-я Институтская, д. 1

Зайцев Александр Петрович
ведущий конструктор НОЦ «КАМАЗ-БАУМАН»
zaycev.a.p@bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Россия 105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1

Косолапов Александр Сергеевич
ведущий конструктор НОЦ «КАМАЗ-БАУМАН»
kosolapov_as@bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Россия 105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1

В рамках данной статьи представлен расчет момента поворота шарнирно-сочленённого узла при входе в поворот и при выходе, развиваемого двумя двухсторонними гидроцилиндрами. В статье приведены формулы: для определения максимального и минимального хода гидроцилиндров. Изложенный в статье расчет не учитывает момент сопротивления поворота, который является основным критерием выбора гидроцилиндров так как он зависит от особенностей применения шарнирно-сочленённого узла, а именно геометрических характеристик машины таких как количество осей, радиус шин, коэффициента сцепления и многих других

Ключевые слова: МОМЕНТ ПОВОРОТА, ШАРНИРНО-СОЧЛЕНЁННЫЙ УЗЕЛ, ДВУХСТОРОННИЙ ГИДРОЦИЛИНДР, МАТРИЦА ПОВОРОТА

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-174-002>

UDC 629.064.3

05.20.01 - Technologies and means of agricultural mechanization (technical sciences)

METHODOLOGY FOR DETERMINING THE GEOMETRIC CHARACTERISTICS OF THE ROTARY EXECUTIVE MECHANISMS OF THE PIVOT-JOINT UNIT OF FORESTRY MACHINES

Rogachev Dmitry Igorevich
Master

RSCI SPIN-code: 9854-9138
rogachevdi@student.bmstu.ru

Mytishchi branch Bauman Moscow State Technical University, Russia, 141005, Moscow region, Mytishchi, 1-ya Institutskaya, 1

Akinin Dmitry Vyacheslavovich
Cand.Tech.Sci., assistant professor

RSCI SPIN-code: 2521-5330
akinin@mgul.ac.ru

Mytishchi branch Bauman Moscow State Technical University, Russia, 141005, Moscow region, Mytishchi, ul.1-ya Institutskaya, 1

Zaitsev Alexander Petrovich
leading designer of the REC "KAMAZ-BAUMAN"
zaycev.a.p@bmstu.ru
Bauman Moscow State Technical University, Russia, 105005, Moscow, 2-ya Baumananskaya, 5, str. 1

Kosolapov Alexander Sergeevich
leading designer of the REC "KAMAZ-BAUMAN"
kosolapov_as@bmstu.ru
Bauman Moscow State Technical University, Russia, 105005, Moscow, 2-ya Baumananskaya, 5, str. 1

Within the framework of this article, we present the calculation of the moment of rotation of the articulated joint at the entrance to the turn and at the exit, developed by two double-sided hydraulic cylinders. The article contains the formulas: to determine the maximum and minimum stroke of the hydraulic cylinders. The calculation presented in the article does not take into account the moment of turning resistance, which is the main criterion for choosing hydraulic cylinders, since it depends on the features of the use of the articulated joint, namely the geometric characteristics of the machine such as the number of axles, the radius of the tires, the coefficient clutch and many others

Keywords: SWING TORQUE, ARTICULATED JOINT, DOUBLE-SIDED HYDRAULIC CYLINDER, SWING MATRIX

Введение. Работа колесных лесозаготовительных машин с шарнирно-сочленённым узлом связана с обеспечением максимальной маневренности, поэтому выбор геометрических параметров поворотных исполнительных механизмов является неотъемлемой частью при разработке таких машин. [1-4]. В машинах такого типа нагрузка, действующая на одну секцию, частично воспринимается другой секцией.

Основная часть. Для обеспечения управляемости и поворачиваемости лесных машин с шарнирно-сочлененным узлом (рис. 1) авторами предлагается эквивалентная модель машины, позволяющая составить расчетную схему функционирования исполнительных механизмов поворота.

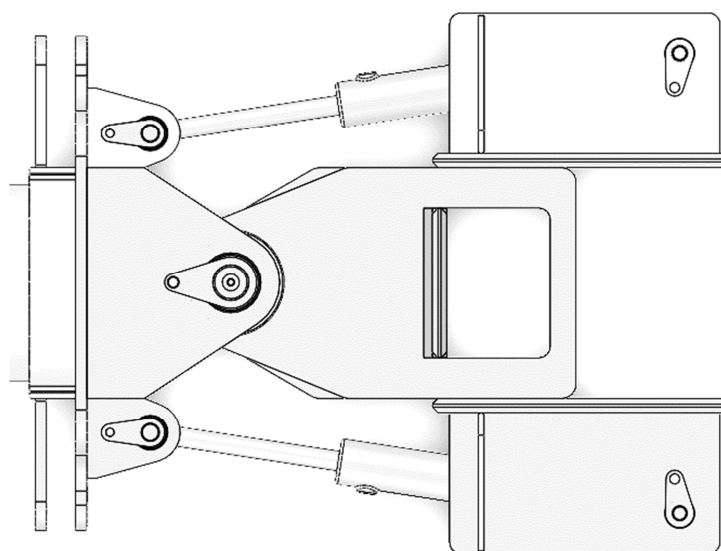
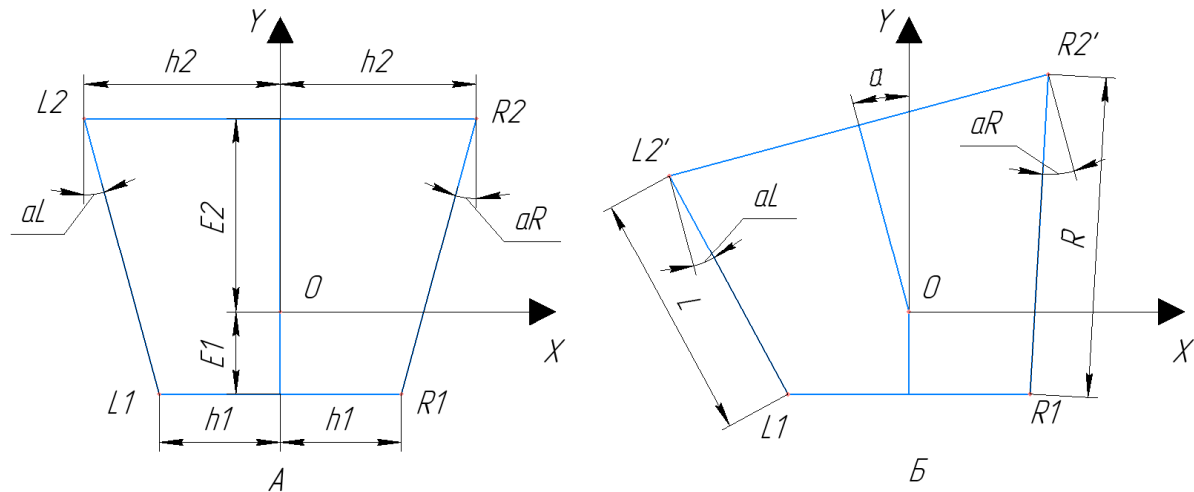


Рисунок 1 – Трехмерная модель

На рисунке 2 представлена расчетная схема для шарнирно-сочлененного узла, позволяющая определить совокупность геометрических характеристики поворотных исполнительных механизмов шарнирно-сочленённого узла [5-6].



A – исходно положение; Б – При повороте на угла.

Рисунок 2 – Расчетная схема поворота шарнирно-сочленённого узла

На рисунке 1 приняты следующие обозначения: – центр системы координат; α – угол поворота; $L1, R1$ – точки крепления левого и правого исполнительного механизма на энергетическом модуле; $L2, R2$ – точки крепления левого и правого исполнительного механизма на технологическом модуле; h_1, h_2 – плечо исполнительного механизма на энергетическом модуле и технологическом соответственно, мм; E_1, E_2 – расстояние до плеча исполнительного механизма на энергетическом модуле и технологическом соответственно, мм; aL, aR – угол относительно плеча усилия исполнительного механизма левого и правого соответственно; L, R – длина хода исполнительного механизма левого и правого соответственно, мм.

Для составления математической модели кинематического функционирования шарнирно-сочлененного узла воспользуемся матричным способом.

Точки крепления исполнительных механизмов относительно центра системы координат можно охарактеризовать следующим образом:

$$L1 = \begin{pmatrix} -h_1 \\ -E_1 \end{pmatrix}; R1 = \begin{pmatrix} h_1 \\ -E_1 \end{pmatrix}; L2 = \begin{pmatrix} -h_2 \\ E_2 \end{pmatrix}; R2 = \begin{pmatrix} h_2 \\ E_2 \end{pmatrix}.$$

Матрица поворота в случае поворота против часовой стрелки:

$$M(a) = \begin{pmatrix} \cos(a) & -\sin(a) \\ \sin(a) & \cos(a) \end{pmatrix}.$$

В случае поворота на угол a координаты точек примут вид:

$$L2' = M(a) \cdot L2; R2' = M(a) \cdot R2.$$

Тогда угол усилия от правого исполнительного механизма можно определить как:

$$aR = a + \operatorname{atan} \left(\frac{R2'_1 - R1_1}{R2'_2 - R1_2} \right).$$

Тогда угол усилия от левого исполнительного механизма можно определить как:

$$aL = a + \operatorname{atan} \left(\frac{L2'_1 - L1_1}{L2'_2 - L1_2} \right).$$

Длину хода исполнительного механизма в зависимости от угла поворота можно представить как:

$$R = \sqrt{(R2'_1 - R1_1)^2 + (R2'_2 - R1_2)^2}, \text{ мм},$$

$$L = \sqrt{(L2'_1 - L1_1)^2 + (L2'_2 - L1_2)^2}, \text{ мм}.$$

Максимальный ход исполнительного механизма необходима рассчитывать при максимально допустимом конструктивно угле поворота.

$$H = R - L, \text{ мм}.$$

Если для обеспечения поворота машины с шарнирно-сочленённым узлом используются двухсторонние гидроцилиндры, то они обеспечивают тянущее и толкающее усилия.

Тянущие усилие гидроцилиндра можно определить как [7]:

$$P_{\text{тян}} = p \cdot \frac{\pi \cdot (D_{\text{пол}}^2 - D_{\text{шток}}^2)}{4}, \text{ Н},$$

где p – давление в гидроцилиндре, МПа; $D_{\text{пол}}$ – диаметр полости гидроцилиндра, мм; $D_{\text{шток}}$ – диаметр штока гидроцилиндра, мм.

Толкающие усилие гидроцилиндра можно определить как:

$$P_{\text{толк}} = p \cdot \frac{\pi \cdot D_{\text{пол}}^2}{4}, \text{ Н.}$$

Тогда момент реализуемый гидроцилиндрами при начале поворота можно представить как:

$$M_{\text{общ}} = (P_{\text{тян}} \cdot \cos(aR) + P_{\text{толк}} \cdot \cos(aL)) \cdot h_2, \text{ кН} \cdot \text{ м.}$$

А момент реализуемый гидроцилиндрами при выходе из поворота можно представить как:

$$M_{\text{общ}} = (P_{\text{тян}} \cdot \cos(aL) + P_{\text{толк}} \cdot \cos(aR)) \cdot h_2, \text{ кН} \cdot \text{ м.}$$

В случае использования в качестве исполнительных механизмов устройств, реализующих равное усилие вне зависимости от направления рабочего хода, в качестве таких устройств могут применяться актуаторы или линейные электродвигатели, тогда для расчета момента можно воспользоваться формулой:

$$M_{\text{общ}} = P \cdot h_2 \cdot (\cos(aR) + \cos(aL)), \text{ кН} \cdot \text{ м,}$$

где P – усилие, реализуемое исполнительным механизмом, кН.

Заключение. Для расчета минимального развиваемого момента поворота при условии симметрии конструкции узла как показано на рисунке 1 достаточно рассчитать усилие при максимально допустимом угле поворота. Изложенный в статье расчет не учитывает момент сопротивления поворота, который является основным критерием выбора гидроцилиндров так как он зависит от особенностей применения шарнирно-сочленённого узла, а именно геометрических характеристик элементов проектируемой машины и иных факторов.

Благодарности: Работа выполнена в МГТУ им. Н.Э. Баумана при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках соглашения №075-11-2019-030 от 22 ноября 2019 г.

Литература

1. Клубничкин, В.Е. Краткий анализ тенденций развития лесозаготовительных машин/ В.Е. Клубничкин, Е.Е. Клубничкин, А.Б. Карташов // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2020. – № 3 (130). – С. 93–102.
2. Котиков, В.М. Лесозаготовительные и трелевочные машины / В.М. Котиков, Н.С. Еремеев, А.В. Ерхов. - М.: Лесная промышленность, 2004. - 336 с.
3. Клубничкин, В.Е. Разработка узла сочленения лесной погрузочно-транспортной машины / В.Е. Клубничкин, Е.Е. Клубничкин, А.Ю. Горбунов, Д.Ю. Дручинин // Лесотехнический журнал. – 2020. Т. 10. – № 4(40). – С. 217–226.
4. Klubnichkin, V. Analysis of the developed hinged joint assembly of the wheeled harvester / V. Klubnichkin, E Klubnichkin, A. Kartashov, K. Vasilyeva // IOP Conference Series Materials Science and Engineering 1086(1):012007, 2021.
5. Афанасьев, Б.А. Проектирование полноприводных колесных машин. Том 3 / Б.А. Афанасьев, Б.Н. Белоусов, Л.Ф. Жеглов [и др.]. – Москва : Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, 2008. – 432 с. – ISBN 9785703830437.
6. Длоугий, В.В. Приводы машин: Справочник/ В.В. Длоугий, Т.И. Муха, А.П. Цупиков, Б.В. Януш; Под общ. ред. В.В. Длоугого. — 2-е изд., перераб. и доп. — Л.:Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1982. — 383 с, ил.
7. Лойцянский, Л.Г. Курс теоретической механики : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 010500 "Механика" : [в 2 т.] / Л.Г. Лойцянский, А.И. Лурье ; Л.Г. Лойцянский, А.И. Лурье. – Изд. 7-е, испр. и доп.. – Москва : Дрофа, 2006. – 22 с. – (Высшее образование). – ISBN 5358012753.

References

1. Klubnichkin, V.E. Kratkij analiz tendencij razvitija lesozagotovitel'nyh mashin/ V.E. Klubnichkin, E.E. Klubnichkin, A.B. Kartashov // Trudy NGTU im. R.E. Alekseeva. – 2020. – № 3 (130). – S. 93–102.
2. Kotikov, V.M. Lesozagotovitel'nye i trelevochnye mashiny / V.M. Kotikov, N.S. Eremeev, A.V. Erhov. - M.: Lesnaja promyshlennost', 2004. - 336 s.
3. Klubnichkin, V.E. Razrabotka uzla sochlenenija lesnoj pogruzochno-transportnoj mashiny / V.E. Klubnichkin, E.E. Klubnichkin, A.Ju. Gorbunov, D.Ju. Druchinin // Lesotekhnicheskij zhurnal. – 2020. T. 10. – № 4(40). – S. 217–226.
4. Klubnichkin, V. Analysis of the developed hinged joint assembly of the wheeled harvester / V. Klubnichkin, E Klubnichkin, A. Kartashov, K. Vasilyeva // IOP Conference Series Materials Science and Engineering 1086(1):012007, 2021.
5. Afanas'ev, B.A. Proektirovanie polnoprivodnyh kolesnyh mashin. Tom 3 / B.A. Afanas'ev, B.N. Belousov, L.F. Zheglov [i dr.]. – Moskva : Moskovskij gosudarstvennyj tehničeskij universitet im. N.Ė. Baumana, 2008. – 432 s. – ISBN 9785703830437.
6. Dlougij, V.V. Privody mashin: Spravochnik/ V.V. Dlougij, T.I. Muha, A.P. Cupikov, B.V. Janush; Pod obshh. red. V.V. Dlougogo. — 2-e izd., pererab. i dop. — L.:Mashinostroenie, Leningr. otd-nie, 1982. — 383 s, il.
7. Lojczanskij, L.G. Kurs teoreticheskoj mehaniki : uchebnoe posobie dlja studentov vuzov, obuchajushhihsja po special'nosti 010500 "Mehanika" : [v 2 t.] / L.G. Lojczanskij, A.I. Lur'e ; L.G. Lojczanskij, A.I. Lur'e. – Izd. 7-e, ispr. i dop.. – Moskva : Drofa, 2006. – 22 s. – (Vysshee obrazovanie). – ISBN 5358012753.