

УДК 621.878.44

РАСЧЕТ КИНЕМАТИЧЕСКИХ И СИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ГИДРОМЕХАНИЗМА ПОВОРОТА ФРОНТАЛЬНОГО ПОГРУЗЧИКА С ШАРНИРНО-СОЧЛЕНЕННОЙ РАМОЙ

А.Н. Смирнов, канд. техн. наук, доцент,

П.В. Авраменко, канд. техн. наук, доцент, К.А. Омелящик, студент

«УО Белорусский государственный аграрный технический университет»,

г. Минск, Республика Беларусь

Smirnov@bsatu.by

Аннотация: В статье приведен расчет кинематических и силовых параметров гидромеханизма поворота фронтального погрузчика с шарнирно-сочлененной рамой.

Abstract: The article give design kinematical and force parameter hydromechanism turn front loader with articulated vehicle.

Ключевые слова: погрузчик, параметры, гидроцилиндр, шарнирно-сочлененная рама.

Key words: loader, parameter, hydrocylinder, articulated vehicle.

Введение. Транспортные средства с шарнирно-сочлененной рамой получили широкое распространение, так как они имеют меньший минимальный радиус поворота по сравнению с машинами с управляемыми колесами, что улучшает их маневренность и сокращает время цикла (например, многие погрузчики и трактора).

Средние и тяжелые погрузчики выпускают с шарнирно-сочлененными рамами. Поворачивается погрузчик путем взаимного перемещения полурам относительно вертикального шарнира, располагаемого в середине или со смещением вперед относительно середины шасси. Угол поворота одной полурамы относительно другой берут в пределах $35\div 45^\circ$ [1]. С увеличением угла поворота ухудшается устойчивость погрузчика. Такая конструкция получила в последнее время наибольшее распространение в результате высоких маневровых качеств погрузчика (значительно сокращается радиус поворота), обеспечения точности подхода к транспортным средствам, упрощения и унификации конструкции ведущих мостов, возможности создания конструктивно подобных погрузчиков независимо от их типоразмера.

Кинематика поворота погрузчика с шарнирно-сочлененной рамой рассмотрена в работе [2]. Однако здесь не рассмотрена кинематика гидромеханизма поворота полурам, в который входят два гидроцилиндра. Не рассматривались также силовые параметры гидромеханизма поворота (развиваемый гидроцилиндрами момент).

Правильный, рациональный выбор этих параметров обеспечивает необходимые кинематические и силовые показатели гидромеханизма поворота.

Целью работы является расчет кинематических и силовых параметров гидромеханизма поворота фронтального погрузчика с шарнирно-сочлененной рамой.

Основная часть. Безрычажные схемы гидромеханизмов подъема стрелы и поворота шарнирно-сочлененных полурам погрузчика с точки зрения кинематики по сути являются идентичными. Разница состоит в том, что поворот полурам на определенный угол осуществляется двумя гидроцилиндрами, один из которых работает поршневой полостью, а другой штоковой (рис. 1).

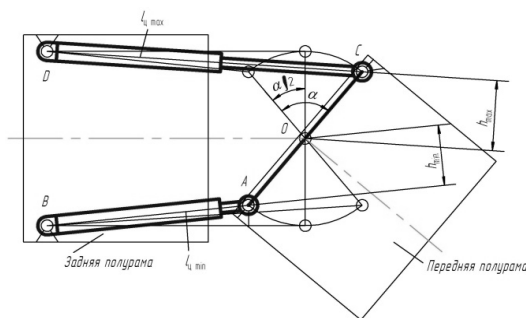


Рисунок 1 – Схема для расчета гидромеханизма поворота шарнирно-сочлененных полурам

Необходимо определить ход S гидроцилиндров поворота полурам и радиус R вращения передней полурамы относительно задней. Данная задача всегда имеет место при расчете кинематики и ее решение путем подбора особенно при необходимости варьирования исходными данными без системного подхода является весьма трудоемким процессом и занимает немало времени при проектировании.

В статье [3] приведен расчет выходных характеристик механизма подъема стрелы фронтального погрузчика. Однако, такие параметры, как ход S стреловых гидроцилиндров и радиус R вращения стрелы здесь входят в исходные данные для расчета, хотя при проектировании гидромеханизма подъема стрелы они являются неизвестными и методика их расчета отсутствует.

В работе [4] была разработана методика расчета S и R для гидромеханизма подъема стрелы путем решения на ПЭВМ в среде

Mathcad системы нелинейных уравнений с двумя неизвестными, однако это справедливо и для гидромеханизма шарнирно-сочлененной рамы:

$$\begin{cases} (l_0 + S)^2 + 2R(l_0 + S) \sin \arccos(h_1 / R) = (l_0 + 2S)^2 - 2R(l_0 + 2S) \cos \arcsin(h_2 / R); \\ (l_0 + 2S)^2 = (l_0 + S)^2 + 4R^2 \sin^2 \alpha / 2 + 4(l_0 + S)R \sin(\alpha / 2) \cos[\arccos(h_1 / R) - \alpha / 2], \end{cases} \quad (1)$$

где l_0 – условная длина гидроцилиндра поворота без учета полного хода S поршня (при $S = 0$), м; α – полный угол поворота передней полурамы относительно задней, рад; h_1, h_2 – плечи гидроцилиндра поворота соответственно при его минимальной $l_{\text{уmin}}$ и максимальной $l_{\text{уmax}}$ длине, м.

Принимаем $AB = l_{\text{уmin}} = l_0 + S$; $CD = l_{\text{уmax}} = l_0 + 2S$; $OA = OC = R$.

Система уравнений (1) связывает шесть параметров, и задавая любые четыре в нее входящие, можно определить два остальные.

Для решения системы уравнений (1) на ПЭВМ необходимо задать начальные приближения, для определения которых необходимо построить графики функций. Так как переменные S и R заданы неявно, то графики построить невозможно. Поэтому, в системе нелинейных уравнений с двумя неизвестными (1) вычитая из второго уравнения первое, после преобразований получаем нелинейное уравнение $S = f(R)$:

$$\begin{aligned} S = \{ & l_0 \cos \arcsin(h_2 / R) + l_0 \sin \arccos(h_1 / R) - 2R \sin^2(\alpha / 2) - \\ & - 2l_0 \sin(\alpha / 2) \cos[\arccos(h_1 / R) - \alpha / 2] \} / \{ 2 \sin(\alpha / 2) \cos[\arccos(h_1 / R) - \alpha / 2] - \\ & - 2 \cos \arcsin(h_2 / R) - \sin \arccos(h_1 / R) \}, \text{ м.} \end{aligned} \quad (2)$$

Задавшись исходными параметрами l_0, h_1, h_2 и α по зависимости (2) в среде Mathcad строим график $S = f(R)$, по кривой которого определяем начальные приближения, и используя их, решаем на ПЭВМ систему уравнений (1) и выбираем положительные значения S и R .

По исходным данным и найденным S и R определяем текущее силовое плечо h_{T} гидроцилиндра поворота в зависимости от его текущего хода S_{T} [4].

Как следует из работы [4], зависимости $h_{\text{T}} = f(S_{\text{T}})$ и $S_{\text{T}} = f(\alpha_{\text{T}})$, где α_{T} – текущий угол поворота полурам, имеют вид:

$$h_{\text{T}} = R \sin \arccos \{ [(l_{\text{уmin}} + S_{\text{T}})^2 - l_{\text{уmin}}^2 - 2R l_{\text{уmin}} \sin \arccos(h_1 / R)] / [2R(l_{\text{уmin}} + S_{\text{T}})] \}, \text{ м;} \quad (3)$$

$$S_{\text{T}} = -l_{\text{уmin}} + \sqrt{l_{\text{уmin}}^2 + 4R \sin(\alpha_{\text{T}} / 2) \{ R \sin(\alpha_{\text{T}} / 2) + l_{\text{уmin}} \cos[\arccos(h_1 / R) - (\alpha_{\text{T}} / 2)] \}}, \text{ м.} \quad (4)$$

Зависимость $h_T = f(\alpha_T)$ можно определить, подставляя выражение (4) в уравнение (3).

Определяем суммарный текущий момент M_T , развиваемый гидроцилиндрами поворота полурам:

$M_T = F_{II} h_{T1} + F_{III} h_{T2} = p(f_{II} h_{T1} + f_{III} h_{T2}) = \pi p [D^2 h_{T1} + (D^2 - d^2) h_{T2}] / 4$, Н·м,
где F_{II} , F_{III} – соответственно усилие в поршневой и штоковой полости гидроцилиндров поворота, Н; h_{T1} , h_{T2} – текущие плечи гидроцилиндров, м; f_{II} , f_{III} – соответственно площади поршневой и штоковой полости гидроцилиндров, м²; p – давление в гидроцилиндрах, Па; D , d – соответственно диаметр поршневой и штоковой полости, м.

Работа, совершаемая гидроцилиндрами при повороте полурам

на угол α равна: $A_{II} = \int_0^{\alpha} M_T d\alpha_T$, Дж, и при этом будет максимальной

при $h_1 = h_2$, что следует учитывать при проектировании гидро-механизма поворота фронтального погрузчика с шарнирно-сочлененной рамой.

Заключение. 1. Данная методика расчета может быть реализована на ПЭВМ в среде Mathcad при проектировании погрузчиков “Амкодор” для уменьшения трудоемкости при выборе кинематических и силовых параметров гидромеханизма поворота фронтального погрузчика с шарнирно-сочлененной рамой и сокращения времени на разработку. 2. Предложенная методика расчета является универсальной и может быть распространена на любые машины (в том числе сельскохозяйственные), имеющие безрычажные схемы гидромеханизмов поворота звеньев.

Список использованной литературы

1. Базанов, А.Ф. Самоходные погрузчики / А.Ф. Базанов, Г.В. Забегалов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1979. – 406 с.
2. Бояркина, И.В. Технологическая механика одноковшовых фронтальных погрузчиков: монография / И.В. Бояркина. – Омск: СибАДИ, 2011. – 336 с.
3. Тарасов В.Н. Аналитическое исследование механизма подъема стрелы фронтального погрузчика / В.Н. Тарасов, А.Н. Подсвилов. // межвуз. сб.: Гидропривод и системы управления строительных, тяговых и дорожных машин. – Новосибирск, 1978.
4. Смирнов, А.Н. Расчет некоторых кинематических и динамических параметров погрузочного оборудования одноковшового фронтального погрузчика / А.Н. Смирнов, Н.Д. Лепешкин // Механизация и электрификация сельского хозяйства: Межведомственный тематический сборник РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Мн., 2012. – Вып. 46. – С. 64–68.