

7. Автоматическое вождение агрегатов при возделывании и уборке картофеля: Отчет о НИР / БИМСХ; рук. темы В.П. Буяшов. – Минск, 1990. – 18 с. – № ГР 01900040019.
8. Разработка и исследование средств автоматического направления подкапывающих органов КПК-3: отчет о НИР / БИМСХ, рук. темы В.П. Буяшов. – Минск, 1989. – 24 с. – № ГР 01900045108, инв. № 02900036679.

УДК 631.374

А.Н. Смирнов,

Н.Д. Лепешкин

(РУП «НПЦ НАН Беларуси

по механизации сельского хозяйства»,

г. Минск, Республика Беларусь)

**РАСЧЕТ НЕКОТОРЫХ
КИНЕМАТИЧЕСКИХ
И ДИНАМИЧЕСКИХ
ПАРАМЕТРОВ
ПОГРУЗОЧНОГО
ОБОРУДОВАНИЯ
ОДНОКОВШОВОГО
ФРОНТАЛЬНОГО
ПОГРУЗЧИКА**

Введение

Гидравлические фронтальные погрузчики широко применяются в строительстве, на железнодорожном транспорте, в лесной промышленности, сельском хозяйстве и других отраслях для погрузки и транспортирования сыпучих и кусковых материалов, а также выполнения других работ. Для расширения области применения погрузчиков используют сменное рабочее оборудование.

В современных конструкциях фронтального погрузочного оборудования исключительное применение имеет гидравлическое управление, обеспечивающее простоту привода, высокие силовые параметры и долговечность.

Гидропривод подъема и опускания рабочего органа обычно выполняется непосредственным действием гидроцилиндров на стрелу, данный гидромеханизм является безрычажным. Технологические движения рабочего органа осуществляются гидравлически с помощью поворотных механизмов. По характеру действия гидроцилиндров на рабочий орган механизмы бывают рычажные (перекрестные, параллелограммные) и безрычажные [1, 2].

Кинематические и динамические параметры гидромеханизмов подъема стрелы и поворота рабочего органа (например, ковша) гидравлического фронтального погрузчика имеют большое значение при синтезе кинематики погрузочного оборудования, так как определяют его скоростные и силовые характеристики. Правильный, рациональный выбор этих параметров обеспечивает необходимые кинематические и силовые показатели погрузочного оборудования.

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

Предложенный метод аналитического расчета некоторых кинематических и динамических параметров гидромеханизмов подъема стрелы и поворота ковша погрузчика одноковшового фронтального погрузчика позволяет решить эту проблему и является предпосылкой к исследованию скоростных и силовых характеристик погрузочного оборудования.

Основная часть

Безрычажные схемы гидромеханизмов подъема стрелы и поворота ковша погрузчика являются идентичными, поэтому рассмотрим первую из них (рисунок 36).

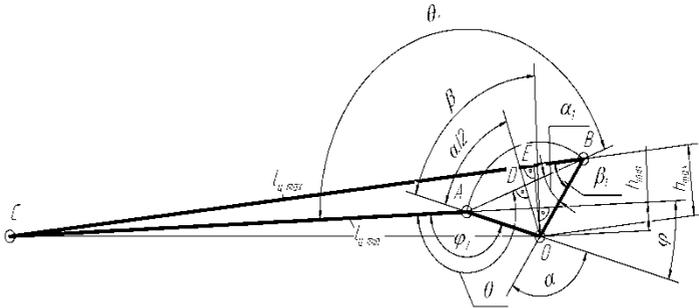


Рисунок 36 – Схема для расчета гидромеханизма подъема стрелы погрузчика

Исходными данными в этом случае являются:

l_0 – условная длина стрелового гидроцилиндра стрелы без учета полного хода поршня S (при $S = 0$);

α – полный угол поворота стрелы;

h_1, h_2 – плечи стрелового гидроцилиндра соответственно при его минимальной $l_{y \min}$ и максимальной $l_{y \max}$ длине.

Необходимо определить ход гидроцилиндра S и радиус вращения стрелы R . 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.

Из рисунка 36 следует, что $\beta = \arccos(h_1/R)$;

$$\varphi = 90^\circ - \beta = 90^\circ - \arccos(h_1/R);$$

$$\varphi_1 = 180^\circ - \varphi = 90^\circ + \arccos(h_1/R); \quad (1)$$

$$\beta_1 = \arcsin(h_2/R). \quad (2)$$

Принимаем

$$AC = l_{y \min} = l_0 + S; \quad (3)$$

$$BC = l_{y \max} = l_0 + 2S; \quad (4)$$

$$AO = BO = R.$$

Из треугольников АОС и ВОС после преобразований имеем:

$$\begin{aligned} OC^2 &= AO^2 + AC^2 - 2AO \cdot AC \cdot \cos \varphi_1 = \\ &= R^2 + (l_0 + S)^2 + 2R(l_0 + S) \sin \arccos(h_1/R); \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} OC^2 &= BO^2 + BC^2 - 2BO \cdot BC \cdot \cos \beta_1 = \\ &= R^2 + (l_0 + 2S)^2 - 2R(l_0 + 2S) \cos \arcsin(h_2/R). \end{aligned} \quad (6)$$

Приравнявая (5) и (6), получим:

$$(l_0 + S)^2 + 2R(l_0 + S) \sin \arccos \frac{h_1}{R} = (l_0 + 2S)^2 - 2R(l_0 + 2S) \cdot \cos \arcsin \frac{h_2}{R}. \quad (7)$$

Уравнение (7) содержит два неизвестных S и R , а также не учитывает полный угол α поворота стрелы.

Учитывая, что $\theta = \varphi_1 + 90^\circ - \alpha/2$;

$$\theta_1 = 360^\circ - \theta = 270^\circ - \varphi_1 + \alpha/2, \quad (8)$$

составляем второе уравнение.

Из треугольника АВС, с учетом (8) и (1), после преобразований имеем:

$$\begin{aligned} BC^2 &= AC^2 + AB^2 - 2AC \cdot AB \cdot \cos \theta_1 \text{ или } (l_0 + 2S)^2 = \\ &= (l_0 + S)^2 + 4R^2 \sin^2 \frac{\alpha}{2} + 4(l_0 + S)R \sin \frac{\alpha}{2} \cos \left(\arccos(h_1/R) - \frac{\alpha}{2} \right). \end{aligned} \quad (9)$$

Из выражений (7) и (9) получаем систему нелинейных уравнений с двумя неизвестными:

$$\left\{ \begin{aligned} (l_0 + S)^2 + 2R(l_0 + S) \sin \arccos \frac{h_1}{R} &= (l_0 + 2S)^2 - 2R(l_0 + 2S) \cos \arcsin \frac{h_2}{R}; \end{aligned} \right. \quad (10)$$

$$\left\{ \begin{aligned} (l_0 + 2S)^2 &= (l_0 + S)^2 + 4R^2 \sin^2 \frac{\alpha}{2} + 4(l_0 + S)R \sin \frac{\alpha}{2} \times \cos \left(\arccos \frac{h_1}{R} - \frac{\alpha}{2} \right). \end{aligned} \right. \quad (11)$$

Для решения системы уравнений (10) и (11) на ЭВМ необходимо задать начальные приближения, определение которых требует построения графиков функций. Так как переменные S и R заданы неявно, то графики построить невозможно. Поэтому, вычитая из (11) выражение (10), после преобразований получаем нелинейное уравнение $S(R)$:

$$S = \frac{l_0 \cos \left(\arcsin \frac{h_2}{R} \right) + l_0 \sin \left(\arccos \frac{h_1}{R} \right) - 2R \sin^2 \frac{\alpha}{2} - 2l_0 \sin \frac{\alpha}{2} \cos \left(\arccos \frac{h_1}{R} - \frac{\alpha}{2} \right)}{2 \sin \frac{\alpha}{2} \cos \left(\arccos \frac{h_1}{R} - \frac{\alpha}{2} \right) - 2 \cos \left(\arcsin \frac{h_2}{R} \right) - \sin \left(\arccos \frac{h_1}{R} \right)}. \quad (12)$$

Задавись исходными параметрами l_0 , h_1 , h_2 и α , по зависимости (12) в среде Mathcad строим график $S(R)$. По его кривой определяем начальные приближения, используя которые, решаем на ЭВМ уравнения (10) и (11) и выбираем положительные значения S и R .

По исходным данным и найденным S и R определяем текущее силовое плечо h_T стрелового гидроцилиндра в зависимости от его текущего хода S_T .

Из выражения (7), с учетом (2), (3) и (4), имеем:

$$\beta_1 = \arccos \frac{(l_{y \min} + S_T)^2 - l_{y \min}^2 - 2Rl_{y \min} \sin \arccos(h_1/R)}{2R(l_{y \min} + S_T)}.$$

Тогда

$$h_T = R \sin \beta_1 = R \sin \left(\arccos \frac{(l_{y \min} + S_T)^2 - l_{y \min}^2 - 2Rl_{y \min} \sin \arccos(h_1/R)}{2R(l_{y \min} + S_T)} \right). \quad (13)$$

Часто необходимо иметь плечо h_T как функцию текущего угла α_T .

Из треугольника АОВ (рисунок 36):

$$AD = BD = AB/2; AD = R \cdot \sin(\alpha_T/2); AB = 2 R \cdot \sin(\alpha_T/2).$$

Из треугольника АВС:

$$BC^2 = AC^2 + AB^2 - 2AC \cdot AB \cdot \cos \theta_1;$$

или после преобразований имеем:

$$S_T^2 + 2l_{y \min} S_T - 4R \sin(\alpha_T/2) \times \{R \sin(\alpha_T/2) + l_{y \min} \cos[\arccos(h_1/R) - \alpha_T/2]\} = 0,$$

откуда, принимая положительные значения S_T , получим:

$$S_T = -l_{y \min} + \sqrt{l_{y \min}^2 + 4R \sin(\alpha_T/2) \times \{R \sin(\alpha_T/2) + l_{y \min} \cos[\arccos(h_1/R) - \alpha_T/2]\}}. \quad (14)$$

Зависимость $h_T = f(\alpha_0)$ можно определить, подставляя (14) в уравнение (13).

Для динамических расчетов необходимо знать h_T как функцию времени t .

Так как

$$S_T = \int_0^{t_T} V_{III} dt, \quad (15)$$

где h_T – текущий момент времени;

$V_{III} = f(t)$ – мгновенная скорость штока гидроцилиндра,

то, подставляя (15) в (13), получим:

$$h_T = R \cdot \sin \arccos \frac{(l_{y \min} + \int_0^{t_T} V_{III} dt)^2 - l_{y \min}^2 - 2Rl_{y \min} \sin \arccos(h_1/R)}{2R(l_{y \min} + \int_0^{t_T} V_{III} dt)} = \frac{\omega_c}{V_{III}},$$

где ω_c – мгновенная угловая скорость вращения стрелы.

Переменная величина h_T является кинематической передаточной функцией скорости, отношением мгновенных скоростей звеньев: вы-

ходного (стрелы) и входного (штока гидроцилиндра), дифференцированием которой по времени можно определить кинематическую передаточную функцию ускорения для проведения динамических расчетов.

Выводы

1. Данная методика расчета была реализована на ЭВМ в среде Mathcad при проектировании погрузчиков «Амкодор» и показала свою эффективность благодаря уменьшению трудоемкости выбора кинематических и силовых показателей погрузочного оборудования и сокращению 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.

11.11.11

Литература

1. Базанов, А.Ф. Самоходные погрузчики / А.Ф. Базанов, Г.В. Забегалов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1979. – 406 с.
2. Справочник конструктора дорожных машин / И.П. Бородачев [и др.]; под ред. И.П. Бородачева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1973. – 503 с.
3. Тарасов, В.Н. Аналитическое исследование механизма подъема стрелы фронтального погрузчика / В.Н. Тарасов, А.Н. Подсвилов // Гидропривод и системы управления строительных, тяговых и дорожных машин: межвуз. сб. – Новосибирск, 1978.

УДК 631.374:621.86.072

А.Н. Смирнов, Н.Д. Лепешкин
(РУП «НПЦ НАН Беларуси
по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)

**ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНЫХ
КООРДИНАТ УСТАНОВКИ
ГИДРОЦИЛИНДРОВ
ПОДЪЕМА СТРЕЛЫ
ПОГРУЗЧИКА**

Введение

При проектировании гидромеханизма подъема стрелы одноковшового фронтального погрузчика, широко используемого в сельском хозяйстве, исходными параметрами обычно являются полный угол α поворота стрелы, условная длина l_0 стрелового гидроцилиндра без учета полного хода поршня S (при $S = 0$), а также плечи h_1 , h_2 стрелового гидроцилиндра соответственно при его минимальной $l_{ц\ min}$ и максимальной $l_{ц\ max}$ длине. Необходимо определить ход S гидроцилиндра и радиус R вращения стрелы. Методика решения этой задачи изложена в статье [1].

Следует отметить, что это решение не является единственным, и на его основе можно получить вариант установки гидроцилиндра с другим радиу-