

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).

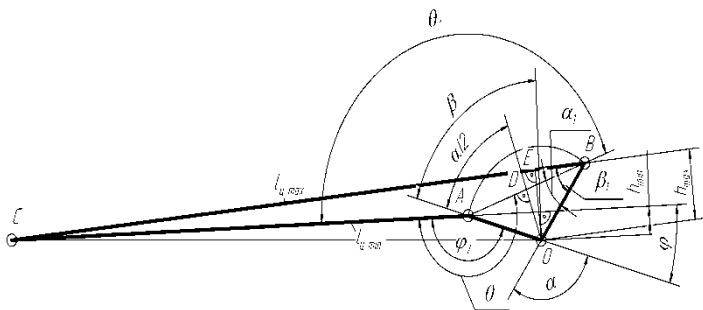


Рисунок 36 – Схема для расчета гидромеханизма подъема стрелы погрузчика

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 $l_{y \text{ min}}$ и максимальной $l_{y \text{ max}}$ 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 $\beta = \arccos(h_1/R)$;

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

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

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

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-