

УДК 631.312.44”313”

**М.А. Маковский, А.В. Королькевич, В.С. Шевченко**  
*Объединенный Институт Машиностроения, г. Минск, Беларусь*

## Математическое моделирование гидропривода оборотного плуга

Обоснован выбор гидравлической схемы управления тракторным плугом. Разработана математическая модель гидропривода, которая позволит на стадии проектирования выбирать рациональные конструктивные параметры гидроприводов управления плугами, сократить сроки их разработки, улучшить качество проектных работ. Использование усовершенствованных плугов позволит повысить производительность, эффективность и качество обработки почв.

**плуг тракторный, гидравлическая схема управления, математическая модель гидропривода**

Плуг ППО.9.30/45 предназначен для пахоты старопахотных каменистых почв с удельным сопротивлением до 0,09 МПа (0,9 кг/см<sup>2</sup>) засоренных камнями диаметром до 100 мм и другими препятствиями. Плуги могут эксплуатироваться на всех типах минеральных почв с влажностью обрабатываемого слоя до 30% с высотой стерни и травостоя до 25 см. Агрегируется с тракторами БЕЛАРУС 3022ДВ, БЕЛАРУС 3022. Рама выполнена из нескольких балок, соединенных при помощи кронштейнов в единую несущую конструкцию. Конструкция основной балки - это труба с наружным квадратным сечением 200x200, подверженная специальной термической обработке для обеспечения высокой прочности и долговечности конструкции. Простая система рессорной защиты позволяет корпусам плавно обходить камни и другие препятствия и автоматически возвращаться в исходное положение, что обеспечивает устойчивость работы корпусов при пахоте почв различного механического состава, плотности и влажности. Рессорные предохранители корпусов исключают использование масла и азота, применяемых в гидропневматической системе защиты корпусов. Сложная полувинтовая форма корпуса обеспечивает необходимое крошение пласта и хорошую заделку растительных остатков высотой до 25 см. Носок лемеха усилен обратным долотом. Все быстроизнашивающиеся детали корпусов изготавливаются из высококачественной стали и термически обрабатываются. Транспортная тележка обеспечивает устойчивость плуга при транспортировании и в работе. Регулировка ширины захвата корпусов осуществляется с помощью перестановки корпусов по отверстиям.

Разработка и обоснование параметров гидропривода управления тракторными плугами представляется весьма актуальной задачей. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

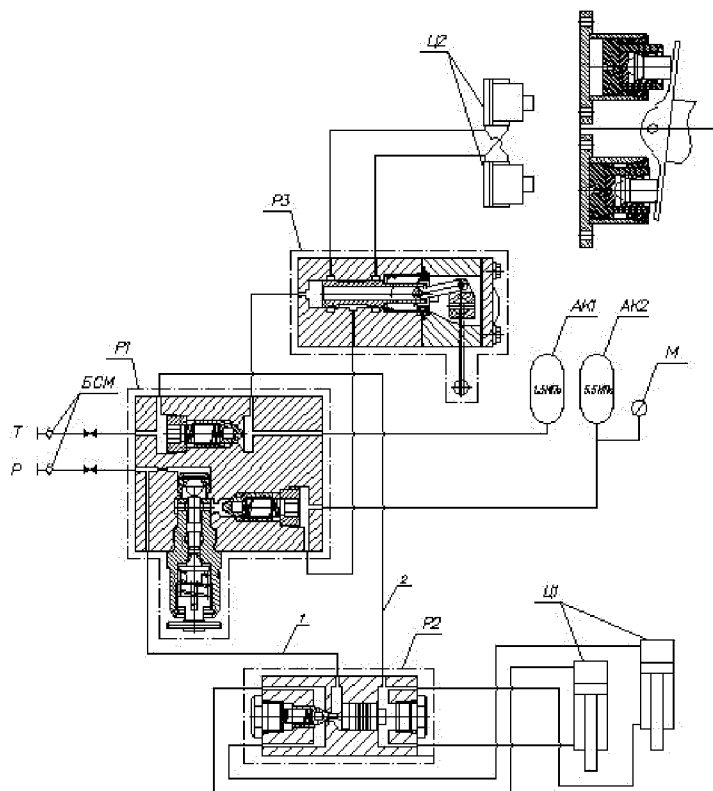
1. Обосновать выбор гидравлической схемы управления тракторными плугами.
2. Разработать математическую модель работы привода в реальных условиях эксплуатации.
3. Произвести расчет и разработать конструкцию основных гидравлических узлов привода.
4. Провести теоретические и экспериментальные исследования привода.

Обосновать параметры гидропривода управления тракторными плугами.

Разработанная математическая модель гидропривода, расчет основных

гидравлических узлов позволит на стадии проектирования выбирать рациональные конструктивные параметры гидроприводов управления плугами, сократить сроки их разработки, улучшить качество проектных работ. Использование усовершенствованных с/х машин позволит повысить производительность, эффективность и качество обработки почв.

Принципиальная гидравлическая схема оборотного плуга ППО.9.30/45 изображена на Рис.1:



БСМ 0 быстросъемная муфта, P1 – блок клапанов, P2,P3 – распределители, Ц1,Ц2 – цилиндры, АК1 – гидропневмоакумулятор 0,5 МПа, АК2 – гидропневмоакумулятор 5,5 МПа, М - манометр. P – магистраль напорная, Т – магистраль сливная

Рисунок 1 - Принципиальная гидравлическая схема оборотного плуга

Схема состоит из поворотных гидроцилиндров (на схеме не показаны), обеспечивающих установку агрегата в рабочее или транспортное положение, раздвижного цилиндра (на схеме не показан), обеспечивающего установку 1-го корпуса, подъемных гидроцилиндров ПГЦ обеспечивающих подъем и опускание тележки гидрозамка запирающего ПГЦ, распределителя P3, который регулирует давление в гидроцилиндрах ГЦ, обратных клапанов КО, аккумулятора А1, обеспечивающего подпитку ГЦ, распределителя P2, управляющего прижимными гидроцилиндрами ГЦ. Демпфирующий аккумулятор А2 служит для предохранения гидроцилиндров ГЦ от жестких ударов при переключении распределителя P2 или наезде на твердое препятствие.

Представленная схема обеспечивает свободное присоединение агрегата к трактору, поворот агрегата в рабочее левое и правое положение, установку плуга в транспортное положение, регулировку глубины пахоты, а также предохраняет рабочие органы от ударов.

Для упрощеного аналізу і складання математичної моделі можна воспользоваться лінійною схемою гідропривода. Запишемо рівняння руху гідропривода в перетвореннях Лапласа.

$$\left. \begin{aligned} (m_n S^2 + bS + Cn)y(S) &= AnP(S) \\ K_{qx}X(S) - K_{qp}P(S) &= An \cdot S \cdot y(S) + K \cdot P(S) + \frac{V}{2E}S \cdot P(S) \end{aligned} \right\}$$

2-е рівняння системи перетворюємо к виду:

$$\left( K_{qp} + K + \frac{V}{2E}S \right) \cdot P(S) = K_{qx}X(S) - An \cdot S \cdot y(S)$$

$$y(S) = \frac{An}{m_n S^2 + bS + Cn} \cdot p(s).$$

Складемо структурну схему гідропривода по отриманим рівнянням (Рис.2):

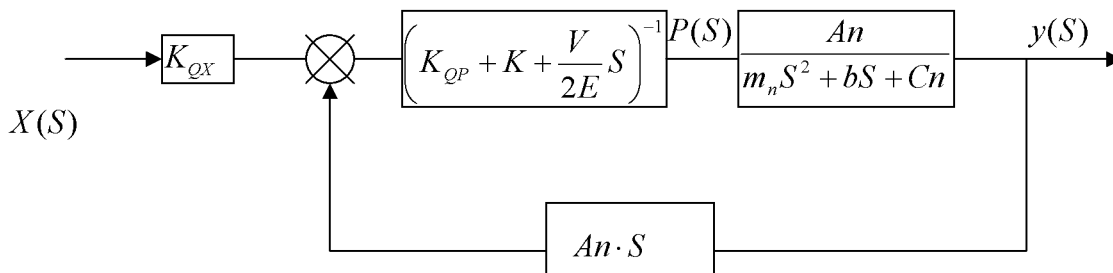


Рисунок 2 - Структурная схема гидропривода оборотного плуга

Рассмотрим частные случаи линейной математической модели ГП

1.  $b=0$ ;  $c=0$ ;  $k=0$ :

$$\left. \begin{aligned} \left( K_{qp} + K + \frac{V}{2E}S \right) \cdot P(S) &= K_{qx}X(S) - An \cdot S \cdot y(S) \\ y(S) &= \frac{An}{m_n \cdot S^2} P(S) \end{aligned} \right\}$$

Исключаем  $P(S)$  и преобразуем

$$\left( 1 + \frac{K_{qp}m_n}{An^2}S + \frac{V \cdot m_n}{2 \cdot E \cdot An^2}S^2 \right) \cdot S \cdot y(S) = \frac{K_{qx}}{An}X(S),$$

$\left( \frac{K_{qp}m_n}{An^2} \right) = T_m$  - механічна постійна часу, що враховує інерційність навантаження

$\left( \frac{V}{2 \cdot E \cdot An^2} \right)^{-1} = C_r$  - коефіцієнт жорсткості гідродинамічної пружини.

$T_r = \frac{m_n}{C_2 T_m}$  - гідравлічна постійна часу, що враховує стисливість рідини.

$K_{gx} = \frac{K_{qx}}{An}$  - коефіцієнт ГП по швидкості. Тоді передаточна функція буде:

$$W(S) = \frac{y(s)}{x(s)} = \frac{K_{\text{оx}}}{S \cdot (T_m \cdot T_r \cdot S^2 + T_m \cdot S + 1)}$$

Если  $T_m < 4T_r$  то колебательное звено.  $T_K = \sqrt{T_r \cdot T_m}$ ;  $\zeta_K = \frac{T_m}{2T_K}$ ;

$$W(S) = \frac{y(s)}{x(s)} = \frac{K_{\text{оx}}}{S \cdot (T_K^2 \cdot S^2 + 2\zeta_K T_K \cdot S + 1)}$$

При увеличении  $\zeta_K$   $T_K$  уменьшается и динамика привода улучшается.

$\zeta_K = \frac{T_m}{2T_K}$  - характеризует степень колебательности и качество переходного процесса.

2. Учет вязкое трение и перетечки при СП=0.

$$\left. \begin{aligned} (m_n S^2 + bS)y(S) &= AnP(S) \\ \left( K_{\text{оп}} + K + \frac{V}{2E} S \right) \cdot P(S) &= K_{\text{оx}} X(S) - An \cdot S \cdot y(S) \end{aligned} \right\}$$

Выразим P(S) и подставим в последнее выражение, после преобразований получим:

$$S \left[ \left( \frac{m_n}{C_r} \right) S^2 + \left( \frac{b}{C_r} + B \frac{m_n}{b} \right) S + (B+1) \right] \cdot y(S) = \frac{K_{\text{оx}}}{A_n} X(S),$$

где

$$T_K^2 = \frac{m_n}{C_r(B+1)};$$

$$\frac{b}{C_r(B+1)} + \frac{B}{B+1} \cdot \frac{m_n}{b} = 2\zeta_K \cdot T_K;$$

$$K_{\text{оx}} = \frac{K_{\text{оx}}}{An(B+1)}$$

$$W(S) = \frac{y(s)}{x(s)} = \frac{K_{\text{оx}}}{S \cdot (T_K^2 \cdot S^2 + 2\zeta_K T_K \cdot S + 1)}$$

Обычно в ГП величина  $B \ll 1$  ТК практически не изменяется с учетом вязкого трения, коэффициент демпфирования при этом увеличивается, т.е. увеличение вязкого трения и перетечек уменьшают колебательность в гидроприводе.

Разработанная математическая модель гидропривода, расчет основных гидравлических узлов позволит на стадии проектирования выбирать рациональные конструктивные параметры гидроприводов управления плугами, сократить сроки их разработки, улучшить качество проектных работ. Использование усовершенствованных с/х машин позволит повысить производительность, эффективность и качество обработки почв.

## Список литературы

1. Системы следящих приводов/ Под ред. В.Ф.Казмиренко. - М.: Энергоатомиздат, 1993.
2. Башта Т.М. Машиностроительная гидравлика. - М.: Машиностроение, 1971. - 672 с.
3. Метлюк Н. Ф., Автушко В. П. Динамика пневматических и гидравлических приводов автомобилей. - М.: Машиностроение, 1980. - 231с.
4. Динамика гидропривода/ Садовский Б.Д., Прокофьев В.Н., Кутузов В.К.и др.; Под ред. В.Н.Прокофьева. -М.: Машиностроение, 1972.

*М. Маковський, А. Королькевіч, В. Шевченко*

**Математичне моделювання гідроприводу оборотного плуга**

Обґрунтований вибір гідравлічної схеми управління тракторним плугом. Розроблена математична модель гідроприводу, яка дозволить на стадії проектування вибирати раціональні конструктивні параметри гідроприводів управління плугами, скоротити терміни їх розробки, поліпшити якість проектних робіт. Використовування вдосконалених плугів дозволить підвищити продуктивність, ефективність і якість обробки ґрунтів.

*M. Makovskiy, A. Korol'kevich, V. Shevchenko*

**Mathematical design of hydraulic occasion circulating plough**

The choice of hydraulic chart of management by a tractor plough is grounded. The mathematical model of hydraulic occasion, which will allow on the stage of planning to choose the rational structural parameters of hydraulic occasion of management by ploughs, is developed, to shorten the terms of their development, to improve quality of project works. The use of the improved ploughs will allow to promote productivity, efficiency and quality of treatment of soils.

Одержано 13.09.09