

## ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ФУНКЦИЙ ЦИФРОАНАЛОГОВОГО РЕГУЛЯТОРА В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ КОМБАЙНОВ В ПРОФИЛЕ ПЛАСТА

Каганюк А.К., канд. техн. наук, доц.; Путилин И.А., студент,  
Донецкий национальный технический университет

*Описаны функции регулятора при расположении ДПУ на режущем органе комбайна.*

*Are Described regulator functions attached to disposition ДПУ on cutting combine organ*

Используя в системах автоматического управления угледобывающими комбайнами в профиле пласта радиоизотопный датчик "порода - уголь" (ДПУ) выходной сигнал которого, это величина регистрирующей скорости счета, зависит от толщины контролируемой угольной пачки и описывается уравнением вида [1]:

$$I = A_0 + A_1 \cdot h + A_2 \cdot h^2 \quad (1)$$

где  $A_0, A_1, A_2$  - постоянные коэффициенты статической характеристики ДПУ. Оценим, каким функциям должен быть наделяен цифроаналоговый регулятор при расположении ДПУ на режущем органе комбайна.

При построении системы автоматического управления в профиле пласта (САУ ПП) без транспортного запаздывания, когда ДПУ расположен на режущем органе (РО) комбайна информация о контролируемой толщине угольной пачки, поступающая от ДПУ, должна регулятором интегрироваться и оцениваться ее математическое ожидание за заданный промежуток времени.

Накопление информации происходит на длине шага квантования, которая определяется скоростью перемещения комбайна.

Величина "зоны измерения" (дуга  $AC$ ) определяется диаметром шнека, центральным углом  $\alpha$ , скоростью подачи комбайна (рис. 1) и выражается в виде зависимости:

$$t_{\text{изм}} = 2 \frac{R_{\text{ш}} \cdot \sin \alpha}{V_{\text{вр}}} \quad (2)$$

Входное воздействие  $h_0(t)$  обусловлено исключительно изменением микрорельефа.

Выборочные статистические исследования [ 2 ] микрорельефа показывают, что профили пластов на участках ограниченной длины можно считать стационарными нормально распределенными случайными функциями с корреляционными зависимостями вида:

$$K_h(l_k) = D_h(l_k) \cdot e^{-\alpha(t)} \cdot \cos\beta \cdot l_k \quad (3)$$

$$K_h(l_k) = D_h(l_k) \cdot e^{-\alpha(l_k)} \quad (4)$$

где  $\beta, \alpha$  - коэффициенты, определяющие затухание корреляционных функций.

Учитывая такую изменчивость гипсометрии пласта, а также постоянно изменяющуюся скорость подачи комбайна, величина выходного параметра цифрового регулятора будет записана в общем виде:

$$\bar{h}_{\text{вых.р}} = \frac{1}{n \cdot t_{\text{изм}}} \cdot \sum_{i=0}^n \int_{t_i}^{t_i + t_{\text{изм}}} h_{\text{вх.р.}}(t) dt \quad (4)$$

где  $t_i$  - начало интегрирования;

$t_n$  - время паузы между окончанием и началом зон измерения;

$n$  - число циклов интегрирования (анализа).

$$n = \frac{t_a}{t_{\text{изм}} + t_{\text{п}}} \quad (5)$$

где:  $t_a$  - время анализа сигнала;

$h_{\text{вх.р.}}$  - входной сигнал регулятора, определяемый сигналом с ДПУ;

$h_{\text{вых.р.}}$  - математическое ожидание сигнала датчика, оцененное время  $t_a$ .

Учитывая, также, то обстоятельство, что входной сигнал регулятора определяется сигналом с ДПУ, а выражение для определения сигнала с ДПУ записывается в следующем виде:

$$\bar{h}_{\text{ДПУ}} = \frac{1}{n \cdot t_{\text{изм}}} \cdot \sum_{i=1+(k-1) \cdot n}^{k=n} \int_{t_{\text{ц}}(i-1)}^{(i-1)t_{\text{ц}} + t_{\text{изм}}} [f(t) + \varphi(t)] dt \quad (6)$$

где:  $f(t)$  - функция, описывающая рельеф пласта;

$\varphi(t)$  - функция, описывающая формируемый режущим органом рельеф пласта;



$n$  - число циклов измерения;

$k$  - число зон интегрирования сигнала датчика, где ( $k=1,2,\dots,m$ ).

Выдача управляющего воздействия производится на основе сравнения  $h_{\text{вых.р}}$  с уставками регулирования  $h_{\text{п}}^{\text{в}}$  и  $h_{\text{п}}^{\text{н}}$ :

$$\Delta h_{\text{п}} = \begin{cases} \Delta h_{\text{п}} & , \text{ при } h_{\text{вых.р}} < h_{\text{п}}^{\text{н}} \\ 0 & , \text{ при } h_{\text{п}}^{\text{н}} \leq h_{\text{вых.р}} \leq h_{\text{п}}^{\text{в}} \\ -\Delta h_{\text{п}} & , \text{ при } h_{\text{вых.р}} > h_{\text{п}}^{\text{в}} \end{cases} \quad (7)$$

Величина управляющего воздействия может быть фиксирована либо пропорциональная величина ( $h_{\text{вых.р.}} - h_{\text{п}}^{\text{в}}$ ) или ( $h_{\text{п}}^{\text{н}} - h_{\text{вых.р.}}$ ). В первом случае гидродомкрат включается в нужном направлении на время  $t_{\text{в}} = \text{const}$ , во втором случае  $t_{\text{в}} \sim \Delta h_{\text{п}} (h_{\text{вых.р.}} - h_{\text{п}}^{\text{н}})$  или  $t_{\text{в}} \sim \Delta h_{\text{п}} (h_{\text{п}}^{\text{н}} - h_{\text{вых.р.}})$ .

Следует отметить сложность задания пределов интегрирования при наличии под датчиком участков присекаемой породы. Выходная характеристика ДПУ предполагает, что при наличии породы под датчиком его сигнал равен "0" (const в ординатах "сигнал – пачка").

С учетом этого, уравнение (1) необходимо представить в виде полинома высокой степени, способного описать зависимость сигнала датчика как в положительной, так и в отрицательной области изменения угольной пачки.

Такой путь вычислений нерационален. Поэтому, в расчетах целесообразно использовать переменные пределы интегрирования на участках, где траектория режущего органа (РО) пересекает границу "порода – уголь". Абсцисса точки пересечения, называемая точкой встречи  $t_{\text{вс}}$  вычисляется по формуле:

$$t_{\text{вс}} = \frac{\arcsin \frac{h_{\text{п}}}{h_0}}{w} \quad (9)$$

В зависимости от знака  $h_{\text{п}}$  и значения текущей абсциссы, значение  $t_{\text{вс}}$  берется непосредственно в качестве одного из циклов интегрирования, либо складывается (со знаком) с полупериодом огибающей:

$$T = \frac{2 \cdot \pi}{w} \quad (10)$$

Отметим, что сам ДПУ расположен на корпусе комбайна или погрузочном щитке, измерение толщины угольной пачки происходит непрерывно, а уравнение ( 5 ) упрощается и примет вид:

$$\bar{h}_{\text{ВЫХ}} = \frac{1}{t_a} \int_0^{t_a} h_{\text{ВХ.Р.}}(t) dt \quad (11)$$

Следующая функция регулятора состоит в установлении заданного времени анализа сигнала  $t_a$ . Здесь источником информации является датчик скорости подачи комбайна (шага квантования) (ДСП).

Требование формирования в процессе регулирования на почве пласта площадок равной длины (соответствующей шагу квантования  $l_k$ ) означает, что необходимо интегрировать сигнал  $l_v(t)$  в течение времени  $t_a$ , определяемой из соотношения:

$$t_a = \frac{l_k}{\int_0^{t_a} \dot{j}_V(t) dt} \quad (12)$$

где знаменатель соотношения представляет собой среднее значение скорости подачи  $V$ .

Регулятор производит также фиксацию момента  $t_0$  окончания отработки управляющего воздействия.

Здесь возможны два варианта решения: - при фиксированной и переменной по величине отработке.

В первом варианте фиксируется постоянным временем  $t_b$  включения гидродомкрата. В этом случае рассчитывается, исходя из характеристики гидродомкрата.

Во втором варианте используется петля обратной связи с датчиком выдвижки штока. Осуществляется непрерывное сравнение величины рассогласования значений  $h_{\text{ВЫХ.Р.}}$  и соответствующей уставки  $h_{\text{п}}^B$  или  $h_{\text{п}}^H$ . В процессе перемещения гидродомкрата (ГД) сигнал датчика выдвижки штока (ДВШ) сравнивается с рассогласованием, что и даст момент отключения сигнала на отработку

Эта функция регулятора реализуется операцией сравнения:



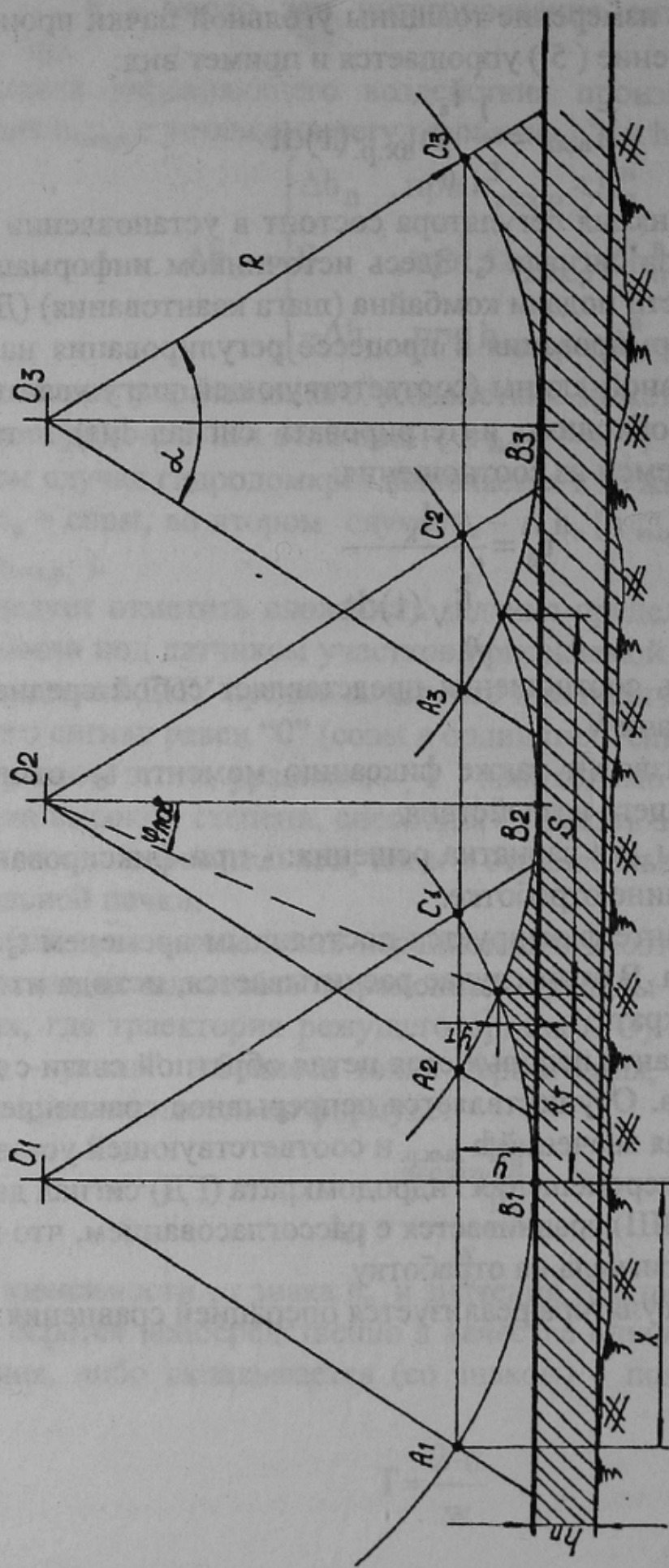


Рисунок 1 - К определению функций регулятора.

$$\text{КО} = \begin{cases} 0 & \text{если } h_{\text{ДВШ}}(t) < \bar{h}_{\text{ВЫХ.Р}} - h_{\text{П}}^{\text{В}} \\ 0 & \text{если } h_{\text{ДВШ}}(t) < h_{\text{П}}^{\text{Н}} - \bar{h}_{\text{ВЫХ.Р}} \\ 1 & \text{если } h_{\text{ДВШ}}(t) = \bar{h}_{\text{ВЫХ.Р}} - h_{\text{П}}^{\text{В}} \\ 1 & \text{если } h_{\text{ДВШ}}(t) = h_{\text{П}}^{\text{Н}} - \bar{h}_{\text{ВЫХ.Р}} \end{cases} \quad (13)$$

где КО – логический сигнал конца отработки.

Последняя функция – передача приоритета управления ветви управления углом наклона комбайна.

Управление комбайном может осуществляться в трех отдельных зонах:

$z_{i1}$  - зона плоско-параллельного перемещения РО,

$z_{i2}$  и  $z_{i3}$  - зоны управления углом наклона комбайна.

Переход от одной зоны управления к другой фиксируется регулятором на основе информации ДВШ.

Передача приоритета управления описывается следующей логической функцией:

$$\text{ПУ} = \begin{cases} \text{ПРО} \\ \text{УНК} \end{cases} \text{ если } h_{\text{ДВШ}} \begin{cases} < z_{i1}; > z_{i3} \\ \geq z_{i1}; \leq z_{i3} \end{cases} \quad (14)$$

где ПРО – перемещение РО,

УНК – управление наклоном комбайна;

$h_{\text{ДВШ}}$  - текущее значение сигнала ДВШ;

$z_i$  - ордината зоны, выраженная в эквивалентных значениях показаний ДВШ.

На основании вышеизложенного для нормального функционирования системы регулирования цифроаналоговый регулятор оценивает поступающую информацию от ДПУ. В зависимости от скорости перемещения комбайна и изменчивости микрорельефа почвы пласта выдаются управляющие команды, определяемые приоритетом управления.

Список источников.

1. Нунупаров Г.М. Исследование и разработка бесконтактных изотопных датчиков "порода – уголь" для автоматизации шнековых очистных комбайнов: Дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук/ МГИ. М. 1976. – 152 с.
2. Рудановский А.А., Смиттен М.К. Исследование статистических характеристик микрорельефа угольных пластов. – М: ИГД. им. А.А. Скочинского, 1968. – 28 с.