

УДК 62.50

М.О.Насурова (6 курс, каф. САиУ), В.Н.Козлов, д.т.н., проф.

### МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РУЛЕВЫХ УСТРОЙСТВ И ДВИГАТЕЛЬНО-ДВИЖИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ПОДВОДНОГО АППАРАТА И ИХ РЕАЛИЗАЦИЯ В ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСАХ «ИНТЕГРАЛ» И «МВТУ»

При создании математической модели пространственного маневрирования подводного аппарата (ПА) для целей синтеза функциональной и алгоритмической структур системы оптимального управления объектом в экстремальных ситуациях с организацией скоординированных воздействий на силовую установку аппарата (двигательно-двигательный комплекс – ДДК) и рулевые устройства (рулевые машины) вертикальных (ВР) и горизонтальных (ГР) рулей возникла необходимость получения адекватных моделей управляющих устройств и исполнительных механизмов как существенно нелинейных динамических звеньев, в особенности, звеньев типа «гистерезис» и «упор». Естественным путем решения этой задачи является использование, уточнение и дальнейшее развитие предложенного В.Н. Козловым метода кусочно-линейных операторов. В работе получены строгие математические описания отмеченных типов нелинейных звеньев.

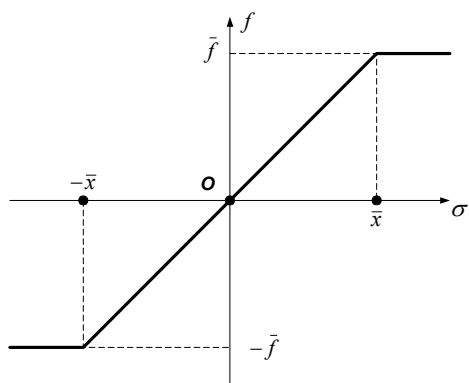


рис. 1а

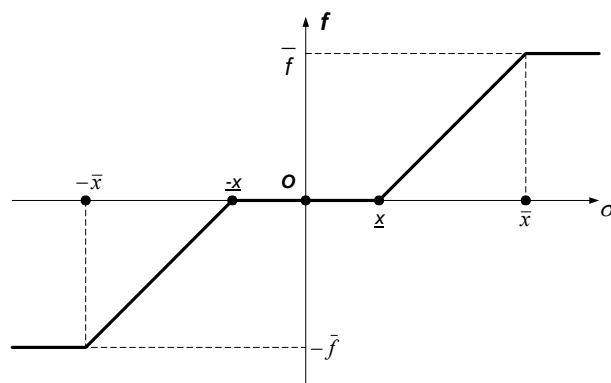


рис. 1б

Нелинейности типа «ограничение скоростной характеристики» и типа «ограничение скоростной характеристики с зоной нечувствительности» в первом приближении можно представить в виде графиков на рис. 1а и 1 б.

Используя для моделирования нелинейностей теорию кусочно-линейных операторов, нелинейность, изображённую на рис. 1а, можно описать следующим аналитическим выражением:

$$f(\sigma) = -\bar{x} + K \cdot (|\sigma + \bar{x}| - |\sigma - \bar{x}| + 2 \cdot \bar{x}) \cdot \frac{1}{2}.$$

Нелинейность типа «ограничение с зоной нечувствительности» (рис. 1б) может быть описана аналитической зависимостью вида:

$$f(\sigma) = -\bar{f} + \frac{K}{2} \cdot (|\sigma + \bar{x}| - |\sigma + \underline{x}| + |\sigma - \underline{x}| - |\sigma - \bar{x}| - \underline{x} + \bar{x}), \quad K = \frac{\bar{f}}{\bar{x} - \underline{x}}.$$

Рассматривая формализованную модель движения рулевой машины при учёте динамической нелинейности типа «упор», будем считать, что движение руля (штока сервомотора) ограничено «упорами», которые обеспечивают перемещение руля в диапазоне:

$-\overline{D} \leq D \leq \overline{D}$ . Такую нелинейность можно условно отобразить графически в виде, показанном на рис. 1в, на котором по оси ординат отложена величина, характеризующая скорость движения рулевой машины (или скорость перемещения руля), т.е. величина  $dD/dt$ .

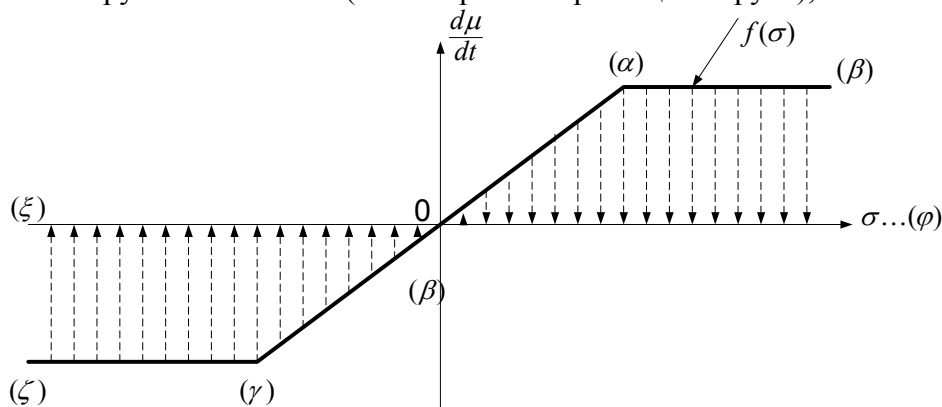


рис. 1в

Уравнение следящей системы в аналитическом виде представляется выражением:

$$\frac{d\mu}{dt} = [(1 - \varphi_n) + v \cdot (\varphi_n - \varphi_s)] \cdot f(\sigma),$$

где  $\varphi_n$ ,  $\varphi_s$  и  $v$  вычисляются по формулам:

$$\varphi_n(\mu) = \frac{1}{2} \cdot (1 - \text{Sign } \mu) \quad ;$$

$$\varphi_s(\mu) = \frac{1}{2} \cdot (1 + \text{Sign}(\mu - \mu_0));$$

$$v(\sigma) = \frac{1}{2} \cdot (1 + \text{Sign } \sigma).$$

В программных комплексах «МВТУ» и «Интеграл» представлено аналитическое задание характеристик нелинейных звеньев:

- линейное с зоной нечувствительности;
- линейное с насыщением;
- линейное с насыщением и зоной нечувствительности;
- релейное неоднозначное;
- упор и некоторые другие;
- осуществлена их реализация.