

А.Н. Шумский, канд. техн. наук;  
Е.В. Каптюг (БГТУ, г. Минск);  
С.Г. Тихомиров, проф., д-р техн. наук  
(ВГУИТ, г. Воронеж, Россия)

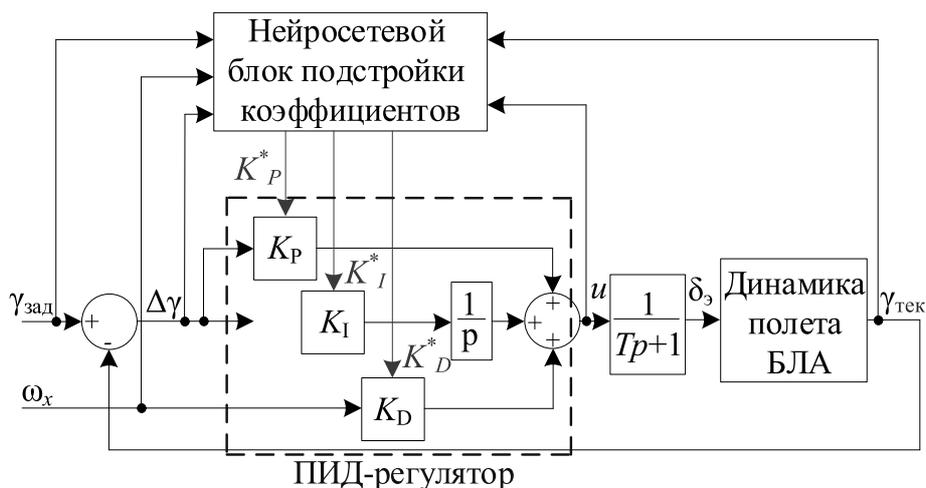
## **УВЕЛИЧЕНИЕ АВТОНОМНОСТИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ**

Системы управления беспилотными летательными аппаратами (БЛА) представляют собой ключевой элемент современных технологий, оказывающих значительное влияние на различные сферы человеческой деятельности. Вводная часть обзора посвящена рассмотрению важности и актуальности данной темы в контексте современного мира. Системы управления БЛА играют важную роль в построении системы управления полетом, которые в свою очередь применяются в множестве областей, начиная от обеспечения безопасности и эффективности военных операций и заканчивая исследованиями в области науки и коммерческим использованием. Развитие технологий управления БЛА становится неотъемлемым аспектом современного прогресса, отражающимся как на мировой арене, так и на повседневной жизни общества.

Рассмотрим основной принцип работы автономного БЛА. Такого рода БЛА обычно оснащены различными сенсорами, такими как камеры, радары, лидары и GPS, которые предоставляют информацию о окружающей среде. Эти данные используются для принятия решений в реальном времени. Полученные сенсорные данные обрабатываются с помощью вычислительных алгоритмов и методов машинного обучения для анализа ситуации и принятия решений. Этот процесс может включать методы машинного обучения, такие как нейронные сети, глубокое обучение и алгоритмы обучения с подкреплением, используются для анализа данных, выявления закономерностей и прогнозирования будущих событий на основе накопленного опыта. Кроме того, могут быть применены технологии искусственного интеллекта, такие как алгоритмы поиска, планирования и принятия решений, которые позволяют БЛА принимать адаптивные и оптимальные решения в реальном времени на основе текущего контекста и целей миссии.

Нейронные сети находят применение в настройке параметров ПИД-регулятора. Нейронная сеть способна к обучению, что позволяет использовать опыт экспертов для настройки коэффициентов. Одна из возможных структур системы автоматического регулирования крена БЛА с ПИД-регулятором и нейронной сетью в качестве блока под-

стройки представлена на рисунке 1.



**Рисунок 1 – Структура ПИД-регулятора с блоком подстройки на основе нейронной сети**

На рисунке 1 нейронная сеть выполняет роль блока подстройки коэффициентов  $K_P$ ,  $K_I$ ,  $K_D$  для каждого набора сигналов  $\gamma_{зад}$ ,  $\omega_x$ ,  $u$ ,  $\gamma_{тек}$ ,  $\Delta\gamma$ . Для разработки такого рода регулятора с блоком подстройки предстоит выполнение процедуры «обучения», которая в свою очередь заключается в определении неизвестных параметров нейронов для блока подстройки.

Для выполнения процедуры обучения необходимо чтобы эксперт подстроил коэффициенты системы управления для различного заданного значения угла крена  $\gamma_{зад}$ . В итоге будут получены временные диаграммы по параметрам  $\gamma_{зад}$ ,  $\omega_x$ ,  $u^*$ ,  $\gamma_{тек}^*$ ,  $\Delta\gamma^*$  полученные в систему управления. Данные временные диаграммы записываются в некую базы данных и предоставляются блоку подстройки. Блок подстройки, основанный на нейронной сети, настраивается таким образом, чтобы минимизировать ошибку между сигналом  $u^*$  полученным с временных диаграмм при экспериментах эксперта, и сигналом  $u$  полученным в процессе обучения блока подстройки. Таким образом, готовый блок подстройки позволит получать коэффициенты для ПИД-регулятора, который в свою очередь осуществляет процесс управления углом крена БЛА при различных входных воздействиях.