

Таблица 2.1.

## К выбору типа регулятора

№ п/п	Последняя цифра шифра	Тип регулятора
1.	0, 1	Статический прямого действия
2.	2, 3	Астатический непрямого действия без обратной связи
3.	4, 5, 6	Непрямого действия с жесткой обратной связью
4.	7, 8, 9	Изодромный регулятор

Таблица 2.2.

## Уравнения типовых звеньев

№	Название звеньев	Уравнения динамики
1.	Чувствительный элемент (ЧЭ)	$T_v \ddot{x}_2 + T_v \dot{x}_2 + x_2 = k_v x_1$
2.	Преобразующий элемент (ПЭ)	$x_2 = k_n x_1$
3.	Гидравлический усилитель без обратной связи (УЭ)	$T_y \dot{x}_2 = k_y x_1$
4.	Корректирующее звено (КЗ): - жесткая обратная связь (ЖОС) - гибкая обратная связь (ГОС)	$x_2 = k_{жс} x_1$ $T_u \dot{x}_2 + x_2 = T_u x$
5.	Регулирующий орган (РО)	$x_2 = k_p x_1$
6.	Объект регулирования (ОР)	$T_z \dot{x}_2 + x_2 = k_z x_1$

Таблица 2.3.

Численные значения коэффициентов уравнений

Предпоследняя цифра шифра	$T_c^2$	$T_c$	$k_c$	$k_n$	$k_y$
0	0,2	0,7	1,5	1,5	12
1	0,6	1,2	0,9	1,5	7
2	0,7	1,0	0,4	1,5	11
3	0,8	1,3	0,8	1,5	9
4	0,8	1,6	1,3	1,5	14
5	0,3	1,1	0,7	1,5	10
6	0,5	0,9	0,5	1,5	13
7	0,8	1,5	1,2	1,5	6
8	0,4	1,4	1,1	1,5	15
9	0,1	0,8	0,6	1,5	9

Таблица 2.4.

Численные значения коэффициентов уравнений

Последняя цифра шифра	$T_y$	$T_u$	$T_z$	$k_p$	$k_{ж}$	$k_z$
0	1,2	0,3	7,5	0,9	0,3	1,0
1	1,3	0,8	5,2	0,6	0,8	1,2
2	0,5	0,5	2,5	0,8	0,5	1,3
3	0,8	0,7	4,5	1,1	0,7	1,5
4	1,4	0,5	4,1	0,9	0,5	1,4
5	0,8	0,8	7,0	0,7	0,8	1,1
6	0,7	0,2	6,0	1,0	0,2	1,4
7	1,1	0,6	3,8	0,8	0,6	1,2
8	1,2	0,4	6,3	0,7	0,4	1,3
9	0,9	0,9	3,3	1,0	0,9	1,1

Это объясняется тем, что любые конструктивные схемы регуляторов классифицируются как несодержащие в своём составе усилителя (*регуляторы прямого действия*), так и содержащие усилитель (*регуляторы непрямого действия*). В свою очередь, регуляторы, содержащие усилитель, классифицируют по типу применяемого усилителя, динамические свойства которого являются определяющими свойствами регулятора и системы регулирования в целом. Из рассмотренных ниже усилительных элементов отличительными типовыми свойствами в динамике обладают следующие усилители : *интегрирующие, инерционные* и *изодромные* усилители. На рис.2.1 приведены САР оборотов одного и того же объекта регулирования (газогенератора) с четырьмя типовыми регуляторами: прямого действия, с интегрирующим, инерционным и изодромным усилителями.

*Регулятором прямого действия* называется регулятор, у которого чувствительный элемент непосредственно связан с регулирующим органом. Перемещение регулирующего органа происходит за счет энергии самого чувствительного элемента. На Рис. 1,а дана одна из возможных схем регулятора частоты вращения прямого действия. Из схемы видно, что чувствительный элемент регулятора состоит из шарнирно закрепленных грузиков 1, муфты и пружины 2. При вращении грузиков развивается центробежная сила, осевая составляющая которой перемещает муфту 2 и связанную с ней через рычаг дозирующую топливную иглу 3 (регулирующий орган). Для настройки регулятора на другую частоту вращения перемещается упор пружины . Такие регуляторы просты и в этом их преимущество. Однако они обладают недостатком с точки зрения требований, предъявляемым к регуляторам ГТД. Этот недостаток связан с тем, что для перемещения регулирующего органа, изменяющего подачу топлива в ГТД, требуются большие усилия. Чтобы их преодолеть потребовалось бы выполнить грузики большой массы, что привело бы к недопустимому увеличению массы и ухудшению динамических свойств системы. Нетрудно убедиться, что регулятор, выполненный по этой схеме, дает статическую ошибку регулирования. Поэтому регулятор, показанный на рис.2.1,а, будучи регулятором прямого действия , вместе с тем относится к так называемым статическим регуляторам.

*Астатический регулятор непрямого действия* изображен на Рис.2.1,б. Регулятором непрямого действия называется регулятор, у которого связь между чувствительным элементом и исполнительным органом осуществляется через промежуточный элемент. Чувствительный элемент регулятора связан с золотником поршневого серводвигателя. Поршень сервомотора с чувствительным элементом жестко не связан, и при данном положении муфты чувствительного элемента может занимать любое положение. Это означает, что регулятор, выполненный по этой схеме, способен поддерживать заданную частоту вращения при различных нагрузках на двигатель. Поэтому он называется астатическим. Однако отсутствие непосредственной связи между чувствительным

элементом и дозирующей иглой затрудняет регулирование. Процесс регулирования носит медленно затухающий колебательный характер.

*Схема статического регулятора непрямого действия* (регуляторы с жесткой обратной связью) показана на Рис.2.1,в. Он (регулятор) является развитием схемы астатического регулятора непрямого действия. В этой схеме движение поршня серводвигателя не остается бесконтрольным. Шток поршня перемещает рычаг АС и золотник, связанный с рычагом АС, уменьшает сечение подвода рабочей жидкости к серводвигателю, приближаясь к нейтральному положению, процесс регулирования быстро заканчивается. В то же время улучшение динамических характеристик рассматриваемого регулятора достигается ценой наличия статической ошибки регулирования.

*Изодромный регулятор* (Рис.2.1,г) включает в себя достоинства статического регулятора и регулятора с жесткой обратной связью, а именно отсутствие статической ошибки регулирования, хороших динамических характеристик при удачно выбранных параметрах регулятора. Из схемы следует, что в изодромных регуляторах жесткой обратной связи между поршнем серводвигателя и золотником нет. Поршень серводвигателя соединен с рычагом АС не непосредственно, а через специальное устройство, носящее название *катаракт*. В данной схеме катаракт состоит из поршня 1, связанного с рычагом АС цилиндра 2, пружины 4, которая работает как на сжатие, так и на растяжение. Цилиндр катаракта заполняется вязкой жидкостью. Полости по обе стороны поршня 1 соединены между собой каналом, в который помещен жиклер 3.

Шток поршня катаракта, связанный в точке С с соединительным рычагом АВС, подвешен к неподвижной опоре на пружине 4, которая может работать на растяжение и на сжатие.

Такой сервомотор называется *сервомотором с гибкой обратной связью*.

### 2.2.2. Общие принципы и пример решения задачи.

В укрупненном виде система автоматического регулирования оборотами ГТД можно представить в виде функциональной схемы, которая приведена на рис.2.2.

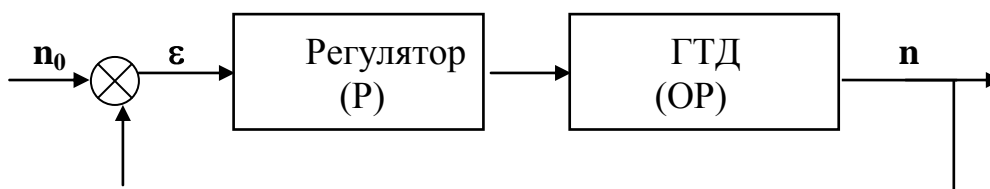


Рис.2.2. Укрупненная функциональная схема САР.

Схема приведена в предположении, что внешние возмущающие воздействия равны нулю, что соответствует условиям рассматриваемой задачи. На рис.2.2.:  $n$  - текущие обороты двигателя (регулируемая величина);  $n_0$ - потребное значение оборотов двигателя или задающее воздействие ;  $\varepsilon = n_0 - n$  - отклонение текущих оборотов двигателя от потребных.

В процессе работы автоматической системы величины  $n$  и  $\varepsilon$  изменяются во времени. Динамику процесса функционирования САР в целом можно математически описать некоторым уравнением, связывающим величины  $n$ ,  $\varepsilon$  и  $n_0$  ). Уравнения динамики записываются так же как и в предыдущей задаче . Дополнительные сведения можно найти в [1,2].Здесь же ограничимся соображениями общего характера.

Во-первых, принципиальные схемы приведенные на (Рис.2.1) дают лишь представление о принципе работы САР. Поэтому первым шагом в анализе и моделировании систем управления является детализация функциональной схемы : разбивка САР на отдельные элементы (звенья) и установление связей между ними. Чтобы унифицировать разбивку систем регулирования на отдельные звенья в теории автоматического регулирования вводится понятие типового звена. Под типовым звеном понимается такое звено, которое описывается дифференциальным уравнением не выше второго порядка.

Для конкретизации сделаем эту процедуру для системы регулирования оборотами двигателя (Рис.2.1.,а).

Вообще говоря, декомпозиция рассматриваемой САР может быть произвольной, однако имеет смысл провести разбиения на типовые звенья: центробежный измеритель оборотов (чувствительный элемент (ЧЭ)), рычаг АВ ( преобразующий элемент (ПЭ)), дозирующую топливную иглу (РО) и собственно сам объект регулирования -двигатель (ОР). Изобразим теперь САУ в виде последовательности из четырех элементов. Соответствующая функциональная схема изображена на рис.3.1.

Вторым шагом при анализе автоматизированных систем является построение математической модели каждого звена, входящего в структурную схему. Математическое моделирование звена сводится к составлению уравнения, связывающего входную величину с выходной. Входные и выходные величины могут иметь любую физическую природу (напряжение, перемещение, температура, расход топлива, давление и т.д.). Совокупность уравнений и характеристик всех звеньев, описывает динамику процессов управления или регулирования во всей системе.

На третьем шаге по уравнениям динамики каждого звена находятся передаточные функции и составляется структурная схема (рис.3.2.).

На заключительном этапе , в полном соответствии с принципами решения задачи №1, записываются уравнения динамики для САР в целом.