**Принцип регулирования**

Наводящие соображения. Как ни странно, вы сегодня утром решали задачу регулирования утром перед раковиной, подбирая температуру воды, чтобы было комфортно чистить зубы. Как это происходит – открыть кран, пощупать температуру. Допустим слишком горячо – тогда надо повернуть вправо. Теперь холодно, значит влево. Нет, все равно холодновато, еще левее и т.д. Я думаю, все понятно с этой процедурой.



Эта процедура представляет собой процесс управления или процесс *регулирования* положения крана. Имеется *цель управления* – *желаемая* комфортная температура воды. В этом примере она выбирается по ощущениям, однако этим ощущениям можно сопоставить численное значение температуры. Таким образом, цель управления выражается численно.

Имеется *отклонение* или *рассогласование* между текущей температурой и желаемой: горячее, чем надо, холоднее, чем надо. Сигнал рассогласования тоже можно 1выразить численно. Если текущая температура и желаемая совпали, то рассогласование отсутствует. Регулирование продолжается до тех пор, пока отклонение не пропадет.

Поэтому изложенный принцип регулирования так и называется – *принцип регулирования по отклонению*. Подумайте, в каких еще бытовых ситуациях используется этот принцип? Какие там цели управления, где там сигнал рассогласования. Приятная новость состоит в том, что вы этим принципом уже владеете много лет. Осталось только это осознать на уровне мышления. Упомянутый принцип не единственный, есть еще принцип регулирования *по возмущению*, возможно о нем поговорим позже.

**Автоматизация технологических процессов**

Практически в каждом технологическом процессе нефтегазовой промышленности применяется такое оборудование как запорно-регулирующая арматура. Запорной арматуры, например, задвижка или кран, полностью перекрывает или наоборот, полностью пропускает поток, промежуточные положения возникают лишь временно. Запорная арматура принимает команды «полностью открыть» или «полностью закрыть». Регулирующая арматура принимает команды вида «сменить положение на заданный процент».

В нашем примере с бытовым смесителем сочетаются качества запорной и регулирующей арматуры, однако, в промышленности это скорее исключение. Как правило с каждой единицей регулирующей арматуры связана задача регулирования того или иного технологического параметра, обычно это давление или расход, реже температура.

Причем в отличие от смесителя, требуется круглосуточное поддержание параметра. Разумеется, в 21 веке нецелесообразно использовать для этого ручной труд. Работа по автоматическому регулированию поручается системам промышленной автоматики и является одной из важнейших функций данных систем.

В промышленной автоматизации принято использовать следующую терминологию:

**Уставка SP** – числовое выражение цели управления (желаемого значения температуры). В английской литературе называется set point (SP).

**Регулируемая величина PV** – текущее значение параметра, по отношению к которому сформулирована цель управления. По англ. process variable (PV).

**Сигнал рассогласования** тогда рассчитывается по формуле:

**Управляющее воздействие OP** – величина, за счет физического изменения которой достигается цель управления. В нашем примере это угол поворота смесителя. По англ. output parameter (OP).

**Статическая характеристика объекта**

Статическая характеристика объекта управления представляет собой функциональную связь между регулируемой величиной и управляющим воздействием в установившемся (статическом) режиме:



**Возмущающие воздействия на объект управления**

Вернемся к крану с температурой. Представьте себе, что пока вы чистите зубы, сосед решил принять ванну. Причем он любит, чтобы было потеплее, поэтому через его кран будет уходить много горячей воды. Из-за того, что труба с горячей водой одна на всех, окажется, что при неизменном угле поворота вашего крана температура станет холоднее. Снова понадобится решать задачу регулирования.



Изменение количества горячей воды, обусловленное соседом, представляет собой возмущающее воздействие на объект управления. Интерпретируем это в терминах статической характеристики. После начального выбора температуры мы оказались в точке A с температурой и некоторым значением . После подачи возмущения статическая характеристика объекта меняется и при неизменном величина отклонится от уставки (точка B).

Именно вследствие наличия возмущений нельзя просто один раз подобрать OP на все случаи жизни. Нужное нам значение OP будет плавать по неизвестном для нас закону и автоматический регулятор должен его все время искать (подбирать).



**Задача регулирования расхода на приемо-сдаточном пункте**

Рассмотрим задачу регулирования, которая встречается на магистральных нефтепроводах. В большинстве случаев технологический участок нефтепровода состоит из собственно трубопровода (линейная часть), который соединяет два резервуарных парка с головной и промежуточными нефтеперекачивающими станциями. Иногда встречаются трубопроводы с путевой подкачкой, которая осуществляется через приемо-сдаточный пункт (ПСП).



При магистральном транспорте нефти задается валовый месячный объем на перекачку в тоннах. Хочется из этого вывести, что для выполнения плана достаточно обеспечить постоянную производительность перекачки:

Однако, по ряду объективных причинам производительность перекачки меняется, причем имеется **почасовой план перекачки**, в котором указано, как именно меняется производительность. Разумеется, речь идет о плановых расходах как на основной нитке , так и на подкачке . Смена производительности перекачки на основной нитке сопровождается также и сменой давления во всех точках трубопровода, в частности, меняется и давление .

**Анализ технологического объекта управления**

Рассмотрим чуть более детальную схему ПСП.



Поскольку гидростатическое давление нефти РВС меньше давления в МТ, то нужен насос. Ошибочно предполагать, что поддержание производительности ПСП решается лишь подбором насоса под эту производительность, поскольку производительность будет меняться при изменении . Компенсация колебаний осуществляется за счет изменения положения регулирующей заслонки. Очевидно, при прикрытии заслонки расход уменьшается, при открытии заслонки – увеличивается.

Построим статическую характеристику объекта управления. В данном случае это будет связь фактического расхода на ПСП (PV) c положением регулирующей заслонки (OP). Расход на заслонке зависит от ее положения и перепада давления:

Формула для расчета расхода приведена в стандартах МЭК 60534-2-1 и ГОСТ Р 55508-2013:

Функция называется расходной характеристикой регулирующей арматуры и зависит от ее конкретной модели. Вид расходной характеристики задается производителем и может быть либо типовым (**равнопроцентная**, линейная или параболическая), либо специально задающимся полиномом. Графики типовых расходных характеристик приведены на рисунке.



Построим статическую характеристику для равнопроцентной заслонки при фиксированном . В этом случае форма графика статической характеристики совпадет с Kv-характеристикой:

В действительности из-за изменения . Покажем, что при этом, Это будет означать, что перепад давления на заслонке зависит в основном от давления .

Давление на выходе насоса зависит от давления РВС и перепаде давления на насосе :

Давление изменяется медленно по сравнению с , можно принять . Кроме того, допустимо принять, что изменение расхода через НА мало влияет на его перепад давления, т.е. .

С учетом изложенных соображений схема объекта управления становится очень простой:



На рисунке показано влияние на статическую характеристику расхода ПСП от положения заслонки.

