

## 2.4 Пример вычисления коэффициентов регулятора

Существуют разные методы определения коэффициентов пропорционального, интегрального и дифференциального слагаемых ПИД-регулятора. Эти методы могут дать разные значения коэффициентов. Приведённый пример является одним из возможных методов расчёта коэффициентов регулятора по разгонной характеристике объекта управления.

Следует понимать, что полученные значения являются приблизительными и требуют обязательной проверки при различных условиях работы установки: загрузке ёмкости, «холодном» и «горячем» стартах, температуре окружающего установку воздуха. Только убедившись в устойчивой работе регулятора с рассчитанными коэффициентами при различных условиях и обеспечении им требуемого качества регулирования, можно переходить к следующим этапам настройки параметров обогрева.

Ниже приводится пример расчёта коэффициентов ПИД-регулятора температуры воздуха УРП-5 по методу Астрома-Хаггунда. Расчёт коэффициентов регулятора по этому методу требует наличия разгонной характеристики объекта управления. Эта характеристика показывает изменение во времени значения переменной, по которой настраивается регулирование, при подаче на объект управления стопроцентного управляющего воздействия. В случае УРП и УОЕ необходимо перевести управление установками в ручной режим и включить нагрев.

*Внимание! Снятие разгонной характеристики выполнять при непрерывном наблюдении за значениями температур и избыточного давления!*

По окончании нагрева собранный массив данных рекомендуется привести к удобному для дальнейшего использования виду. Разгонная характеристика, по которой выполнены расчёты, изображена на рис. 2.9 на с. 32 и представляет собой разгонную характеристику для воздуха на УРП-5. Рекомендуется для расчётов выбирать на разгонной характеристике участки, перекрывающие значения целевой температуры.

Закон управления, реализованный в регуляторе, записывается в следующем виде:

$$u(t) = P(t) + I(t) + D(t),$$

где  $u(t)$  – управляющее воздействие регулятора;

$P(t) = k_p \varepsilon(t)$  – пропорциональная составляющая;

$I(t) = I(t - 1) + k_I \varepsilon(t)$  – интегральная составляющая;

$D(t) = k_d(\varepsilon(t) - \varepsilon(t - 1))$  – дифференциальная составляющая;

$\varepsilon(t)$  – ошибка регулирования.

Параметры объекта управления:

– коэффициент передачи

$$k = \frac{\Delta h}{\Delta t} = \frac{105 - 27 \text{ }^\circ\text{C}}{530 - 42 \text{ c}} = \frac{78 \text{ }^\circ\text{C}}{488 \text{ c}} = 0,1598 \frac{^\circ\text{C}}{\text{c}};$$

– транспортная задержка

$$\tau_0 = 42 - 12 \text{ c} = 30 \text{ c}.$$

Коэффициенты составляющих закона управления:

$$k_p = \frac{0,45}{k} = \frac{0,45}{0,1598} = 2,8160;$$

$$k_I = \frac{k_p}{8\tau_0} = \frac{2,8160}{8 \cdot 30} = 0,0117;$$

$$k_d = 0,5\tau_0 k_p = 0,5 \cdot 30 \cdot 2,8160 = 42,4224.$$

Термобоксы, установленные на участке УРПОЕ, являются объектами с большими инерционностью и транспортной задержкой. Опытная проверка полученных коэффициентов показала наличие колебаний в установившемся режиме. Переход от ПИД-закона регулирования к ПИ-закону устранил колебания и позволил получить требуемое качество регулирования.

Описанный способ получения коэффициентов ПИД-регулятора ориентирован на получение без учёта времени достижения регулируемым параметром установившегося значения. Если полученное время выхода установки на рабочий режим окажется малым, что неудобно может оказаться неудобным для выполнения технологических операций по фасовке, то рекомендуется попробовать уменьшить пропорциональный и/или интегральный коэффициенты или применить методы расчёта коэффициентов по заданной форме кривой выхода на установившейся режим.

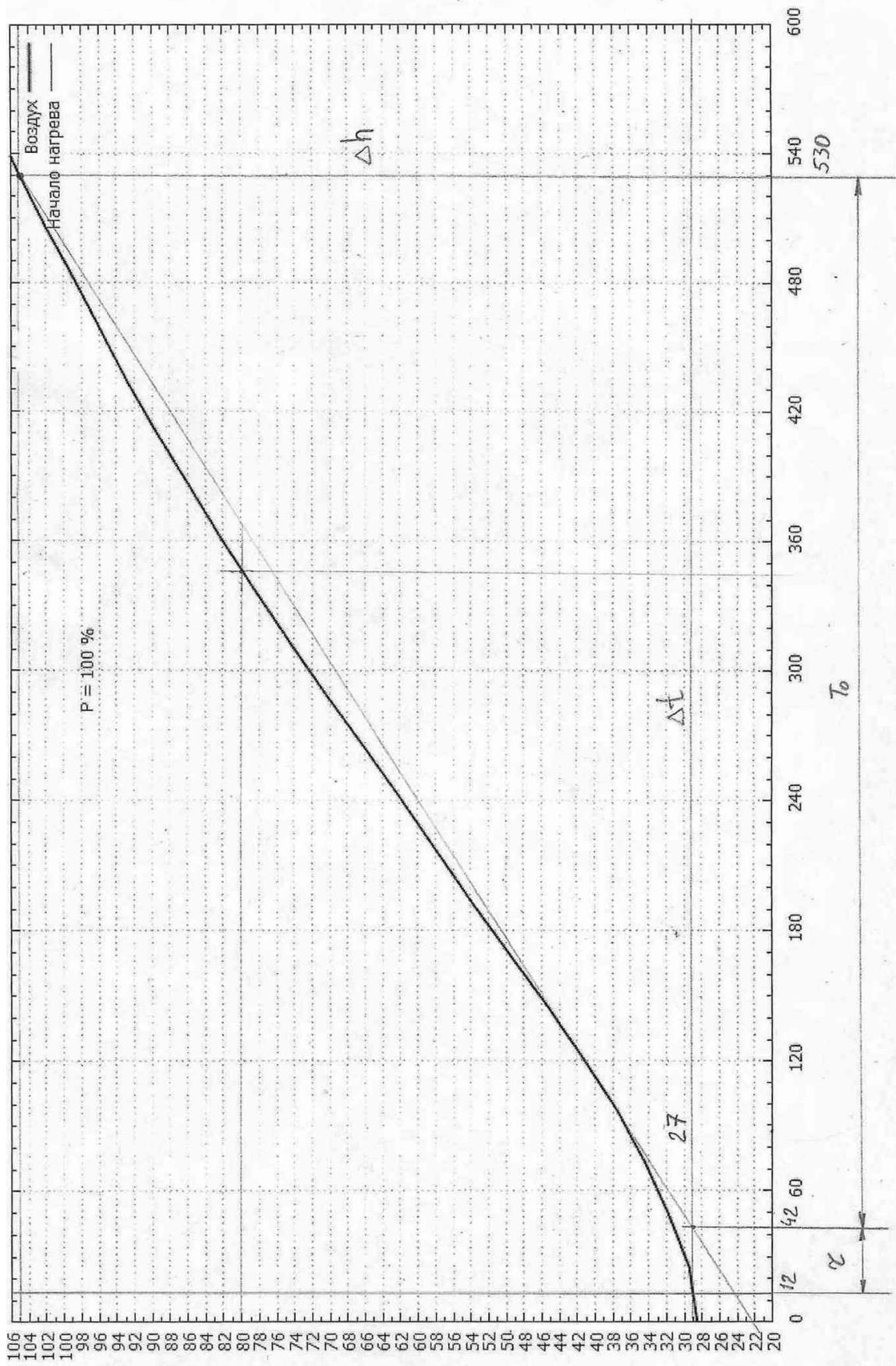


Рисунок 2.9 – Разгонная характеристика

## 2.5 Определение частоты выборки

Величина такта квантования (и расчёта выходного воздействия) выбирается как можно меньше, это улучшает качество регулирования. Для обеспечения хорошего качества регулирования этот такт не должен быть больше чем  $1/15$ — $1/6$  от времени установления переходной характеристики объекта по уровню 0,95 или  $1/4$ — $1/6$  от величины транспортной задержки. Однако, при увеличении частоты квантования более чем в 2 раза по сравнению с верхней частотой спектра возмущающих сигналов (по теореме Котельникова), дальнейшего улучшения качества регулирования не происходит.

Такт квантования не может быть меньше, чем допустимая задержка срабатывания сигнала аварии. При малом такте квантования увеличивается погрешность вычисления производной.

Реализованный в программе контроллера I-7188XA алгоритм ПИД-регулирования может использовать два разных периода взятия отсчётов: первый для пропорциональной и интегральной составляющих регулирования, второй для дифференциальной.

Исходя из величины транспортной задержки  $\tau_0$ , можно определить, что период выборки должен быть не более 5 с. Принимаем период выборки равным 1 с. Поскольку используем ПИ-закон регулирования, то период расчёта дифференциальной составляющей закона регулирования значения не имеет, так как коэффициент при дифференциальной составляющей  $k_d$  принят равным нулю.