

УДК 681.527

Д. А. Гринюк, доц., канд. техн. наук; Н. М. Олиферович, ассист.;
А. В. Фоменко, инж.; Р. С. Жук, студ. (БГТУ, г. Минск)

ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ПИВА

Производство пива, в общем случае, состоит из нескольких этапов, таких как сололожение; приготовление сусла; брожение; фильтрация и пастеризация и т.д. Как объект автоматизации они представляют собой непрерывно-дискретный процесс. По этой причине часто динамика основных каналов управления является величиной непостоянной.

Такими особенностями характеризуется этап процесса смешения пива со специально подготовленной водой (ДАВ). Смешение ДАВ и высокоплотного пива происходит непосредственно в трубопроводе. Высокоплотное пиво подаётся из буферного танка при помощи центробежного насоса, а подача ДАВ регулируется пневматическим клапаном. По мере освобождения танка уровень уменьшается, что влияет на давление в линии всасывания центробежного насоса. Обратный эффект происходит и на линии нагнетания. По мере выполнения процесса смешения происходит заполнения принимающего танка, как следствие, происходит увеличение уровня и возникает противодействие в линии нагнетания.

Следствием этих процессов является непостоянство расхода высокоплотного пива, который изменяется по мере заполнения буферного танка. При этом ДАВ подаётся в зависимости от расхода высокоплотного пива, в жестком соотношении. Непостоянство расхода пива и возникающее противодействие способствуют также изменению авторитета клапана, регулирующего подачу ДАВ на смешение.

Регулирование происходит на основе данных с расходомера высокоплотного пива, расходомера ДАВ и датчика плотности готового пива. Сигналом задания является соотношение расходов между высокоплотным пивом и ДАВ.

Для качественного поддержания требуемого соотношения расхода, а, следовательно, и плотности пива, необходима качественная настройка контура регулирования. Ввиду непостоянства динамики контура регулирования и высоких требований по конечной плотности невозможно построить систему управления с постоянными настройками регулятора для поддержания соотношения расходов. В случае поиска настроек регулятора, ориентированных на большие расходы, наблюдается неустойчивая работа контура в некоторых диапазонах

расхода. При поиске настроек по параметрам динамики малых расходов, наблюдается сильно затянутый переходной процесс.

В общем случае, возможен вариант построения адаптивной системы подстройки коэффициентов регулятора. Однако в таком случае, с одной стороны, имеет место практически детерминированный характер изменения динамики в контуре стабилизации, с другой стороны, для непрерывных адаптивных систем регулирования всегда характерна временная задержка по актуальной динамике. С учетом вышесказанного, оптимальным решением данной проблемы будет использование адаптивного табличного управления [1]. Для этого потребуется весь диапазон изменения динамических характеристик объекта управления разбить на отдельные участки, найти для каждого участка актуальные настройки регулятора и выбрать параметр перехода с одних настроек на другие. В качестве такого параметра могут выступать показания датчика уровня в танке и датчиков давления и расхода в трубопроводе. Один из возможных вариантов структурной схемы управления приведен на рис. 1, где W_A – передаточная функция исполнительного механизма, который формирует расход F_A ; W_{O1} – передаточная функция контура стабилизации расхода F_D ДАВ; W_{O2} – передаточная функция связывающая расход F_D и плотность пива ρ ; γ – коэффициент результата линеаризации отношения расходов ДАВ F_D и пива F_B .

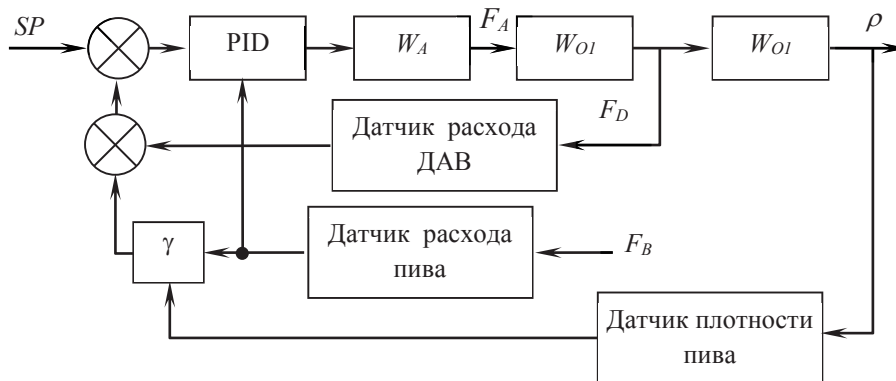


Рисунок 1 – Структурная схема системы стабилизации расхода ДАВ

Динамика исполнительного механизма W_A достаточно хорошо описывается аperiodическим звеном первого порядка с постоянным значением постоянной времени, однако из-за изменения авторитета клапана коэффициент k_A у него переменный. Передаточная функция W_{O1} – представляет собой аperiodическое звено (T_{O1}) с запаздыванием τ_{O1} , которое зависит от значений расхода. Расход пива в процессе смешивания изменяется от 10 до 50 м³/ч. Первоначально данный диапазон был разбит на три диапазона. Для каждого из них были найдены

настройке регулятора, однако в точках перехода между диапазонами наблюдалось достаточно низкое качество переходных процессов. Количество диапазонов было увеличено до 4. Результат моделирования можно видеть на рисунке 2. Настройки регулятора находились путем минимизации интегральных критериев [1-2].

Таблица 1 – Динамические параметры модели

Расход, м ³ /ч	10-20	20-30	30-40	40-50
k_A	1,52	1,07	0,73	0,56
T_{OI}	5,25	3,21	2,32	1,82
τ_{OI}	8,43	5,06	3,61	2,81

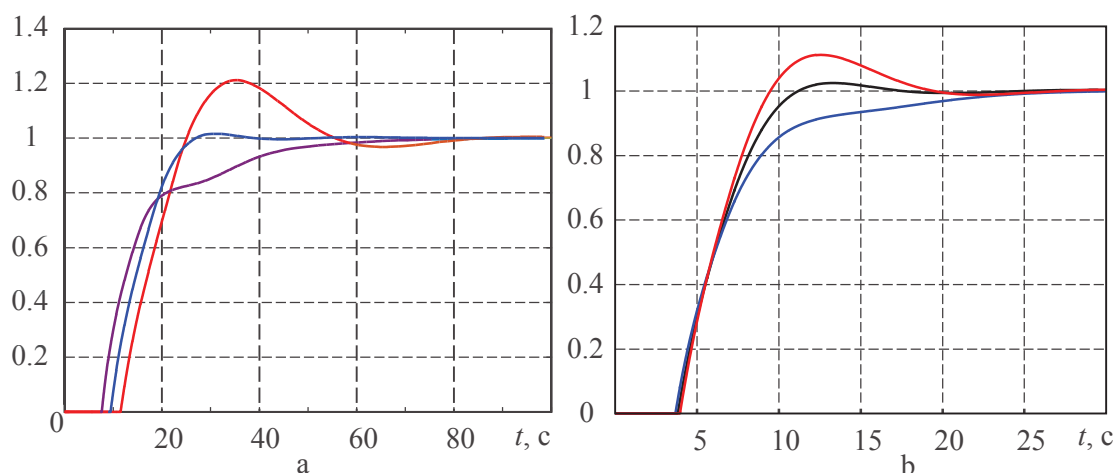


Рисунок 2 – Результат моделирование при параметрах настройки ПИД регулятора, найденных для среднего значения k_A , T_{OI} , τ_{OI} диапазонов 10-20 (а) и 40-50 (б) м³/ч и при значениях на границе диапазонов адаптации

Выбранный метод решения прикладной задачи показывает хорошие результаты и может быть рекомендован для внедрения.

ЛИТЕРАТУРА

1. D. Hryniuk, I. Suhorukova, N. Oliferovich and I. Orobei, Complex tuning of the PID controller according to integral criteria, *2018 Open Conference of Electrical, Electronic and Information Sciences (eStream)*, Vilnius, 2018, pp. 1–4. doi: 10.1109/eStream.2018.8394117.

2. Анализ эффективности ПИД-регуляторов с двумя степенями свободы с помощью интегральных критериев / Д. А. Гринюк [и др.] // Труды БГТУ. Сер. 3, Физико-математические науки и информатика. - Минск : БГТУ, 2018. – № 2 (212). – С. 82–88.