

А. Ф. Антипин, А. И. Каяшев, Е. А. Муравьева

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТАМИ ДИСТИЛЛЯЦИИ НА БАЗЕ МНОГОМЕРНОГО ЛОГИЧЕСКОГО РЕГУЛЯТОРА

Предложено с помощью многомерного логического регулятора с четкими термами и компенсацией взаимного влияния контуров регулирования реализовать логическое управление дистилляционной колонны. Показано, что использование многомерного логического регулятора позволяет снизить перерегулирование в среднем на 53% и повысить точность регулирования на (40 ÷ 45)%. *Многомерный логический регулятор; элемент дистилляции; компенсация взаимного влияния контуров*

ВВЕДЕНИЕ

Необходимость логического управления элементами дистилляции обусловлена высокой сложностью технологического процесса регенерации аммиака [1] (пульсации показаний расходов при измерении расхода многофазной среды, запаздывание исполнения управляющих воздействий, инерционность исполнительных механизмов, налипание и образование наростов продукта на стенках трубопроводов и др.), что затрудняет использование типовых методик настройки ПИД-регуляторов и не позволяет настроить регуляторы на устойчивую работу с требуемой точностью.

В данной статье с помощью многомерного логического регулятора с переменными в виде совокупности аргументов двухзначной логики и компенсацией взаимного влияния контуров регулирования (МЛР) [2, 3] реализовано логическое управление дистилляционной колонны, которая состоит из следующих основных элементов: дистиллера (ДС), теплообменника дистилляции (ТДС) и конденсатора дистилляции (КДС).

1. СТРУКТУРНАЯ СХЕМА СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТА ДИСТИЛЛЯЦИИ НА БАЗЕ МЛР

Регенерация аммиака (NH_3) из маточного раствора производится ступенчатой отгонкой паром по мере прохождения фильтровой жидкости (ФЖ) через тарелки по дистиллерной колонне (ДК). Смешивание ФЖ и известкового молока (ИМ) производится в смесителе (СМ).

Основными показателями оптимального режима работы элемента дистилляции являются: содержание СаО в жидкости из ДС (зависит от

значения рН жидкости на выходе из СМ) и концентрация NH_3 в жидкости из ДС.

Система автоматического управления (САУ) элемента дистилляции выполняет следующие функции:

- 1) автоматическое поддержание температурного режима колонны путем изменения расхода пара в ДС с учетом концентрации NH_3 ;
- 2) автоматическое регулирование подачи ИМ (по основному и дополнительному потокам) с учетом значения рН и концентрации NH_3 .

Система автоматического регулирования элемента дистилляции содержит в своем составе следующие виды ПИД-регуляторов:

1) ПИД-регулятор расхода пара на дистиллер. Задание формируется в зависимости от следующих параметров: температура ФЖ из ТДС в СМ ($T_{\text{ФЖ}}$), температура газа из ДС в СМ ($T_{\text{ГДС}}$), температура газа на выходе из КДС ($T_{\text{КДС}}$), концентрация NH_3 из ИС ДС (Q_{NH}), расход ФЖ ($F_{\text{ФЖ}}$).

2) ПИД-регулятор расхода ИМ (по основному потоку). Задание формируется в зависимости от следующих параметров: $T_{\text{ФЖ}}$, рН жидкости из СМ в ДС ($pH_{\text{Ж}}$), температура ИМ в гребенке ($T_{\text{ИМГ}}$), Q_{NH} , $F_{\text{ФЖ}}$.

3) ПИД-регулятор расхода ИМ (по дополнительному потоку). Задание формируется в зависимости от следующих параметров: $pH_{\text{Ж}}$, Q_{NH} , температура жидкости из СМ ($T_{\text{ЖСМ}}$), расход ИМ по основному потоку ($F_{\text{ИМО}}$).

На рис. 1 представлена упрощенная структурная схема системы регулирования элемента дистилляции на базе МЛР, где:

ПИД_{ПДС} – ПИД-регулятор расхода пара на ДС;

ПИД_{ИМО} – ПИД-регулятор расхода ИМ (по основному потоку);

ПИД_{ИМД} – ПИД-регулятор расхода ИМ (по дополнительному потоку);

SP, PV – задание и текущее значение регулируемого параметра соответственно;

$X_1 \div X_n$ – технологические параметры, предназначенные для формирования заданий ПИД-регуляторов.

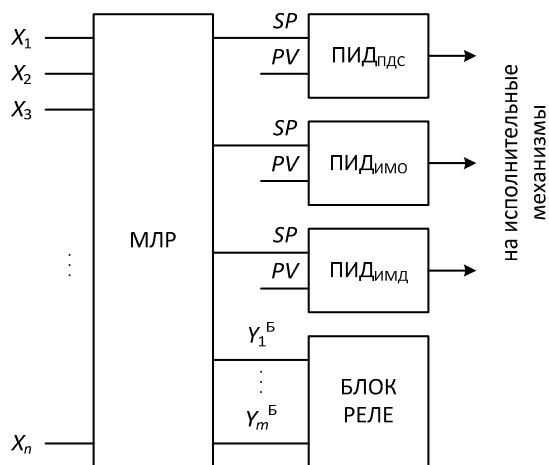


Рис. 1. Структурная схема системы регулирования элемента дистилляции на базе МЛР

Многомерный логический регулятор предназначен для формирования заданий ПИД-регуляторов с учетом взаимного влияния технологических параметров и контуров регулирования, а также для блокировки и сигнализации аварийных ситуаций.

Автоматическое регулирование основных параметров элемента дистилляции можно реализовать по алгоритму, блок-схема которого представлена на рис. 2.

Значения основных параметров элемента дистилляции (температуры газа на выходе из КДС, pH жидкости из СМ в ДС и концентрации NH_3 из ИС ДС) необходимо постоянно поддерживать в пределах, установленных технологическим регламентом ($T_{КДС}^{min}$, $T_{КДС}^{max}$; pH_{min} , pH_{max} ; NH_3^{min} , NH_3^{max} соответственно).

На рис. 3 представлены четкие термы основных параметров элемента дистилляции, интерпретированные согласно блок-схеме алгоритма регулирования, изображенной на рис. 2. Каждому из термов на универсальной числовой оси (pH , NH_3 , $T_{КДС}$) соответствует определенное множество значений, лежащих в соответствующих интервалах. Значения интервалов четких термов можно получить из знаний экспертов. При этом поведение регулятора будет аналогично поведению человека-оператора, что позволит при достаточной простоте алгоритма регулирования с наибольшей скоростью и без перерегулирования приблизиться к заданным значениям технологических параметров.

На рис. 4 представлен фрагмент системы фаззификаторов и дефаззификаторов МЛР элемента дистилляции в инструментальной среде разработки системы автоматизированного проектирования многомерных логических регуляторов «САП МЛР» [4]. Параметры, отмеченные как "ВХОД" и "ВЫХОД", обозначают собой входные и выходные дискретные сигналы многомерного объекта управления (X^B , Y^B).

На рис. 5 представлен фрагмент системы продукционных правил и управляющих воздействий МЛР элемента дистилляции в среде разработки САП МЛР. Данная система правил является регулирующей. Для построения компенсационной системы правил необходимо провести ряд экспериментов (от 2 и более) при работе регулятора с реальным многомерным объектом управления.

2. КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА МЛР ЭЛЕМЕНТА ДИСТИЛЛЯЦИИ

В качестве примера построения системы компенсационных правил МЛР элемента дистилляции проведем следующий эксперимент: значение pH жидкости на выходе из СМ в определенный период времени будет поддерживаться в заданном диапазоне значений в многосвязном режиме работы регуляторов, затем – в сепаратном режиме (активен только контур подачи известкового молока по дополнительному потоку).

На рис. 6 представлены временные зависимости значений pH жидкости из СМ и расхода ИМ по дополнительному потоку F (в $m^3/час$) в многосвязном и сепаратном (штриховая линия) режиме работы МЛР, где n – момент снятия показаний приборов.

На рис. 7 представлены графики разностной функции U_p и функции компенсации U_k влияния контуров на контур подачи ИМ по дополнительному потоку, где

$$U_p = U_m - U_a. \quad (1)$$

Функция U_k является зеркальным отображением экспериментально полученной разностной функции U_p относительно оси абсцисс n . Очевидно, что при точном отображении компенсирующая функция U_k полностью компенсирует влияние остальных контуров на рассматриваемый контур регулирования МЛР.

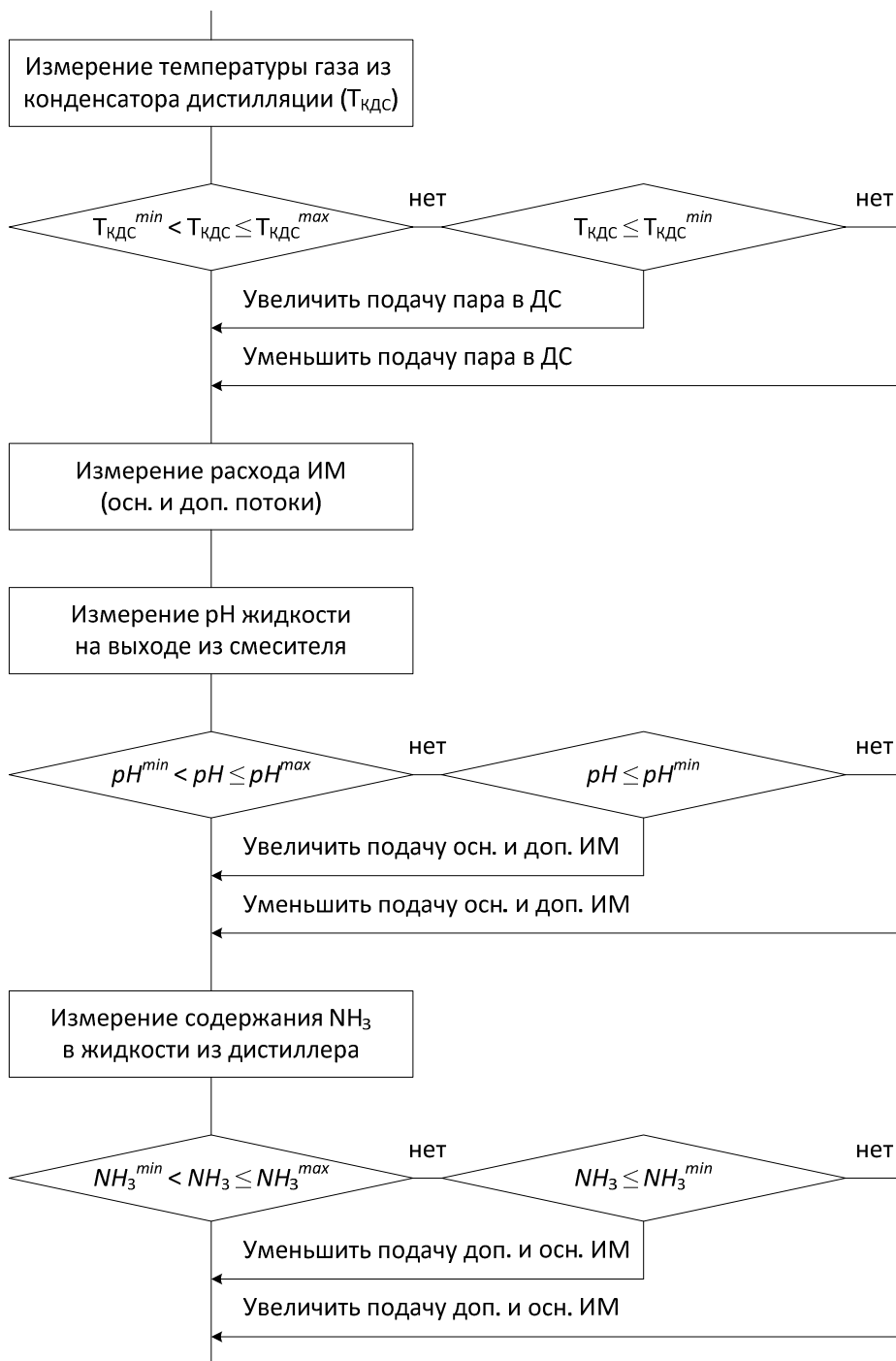


Рис. 2. Блок-схема алгоритма регулирования основных параметров элемента дистилляции

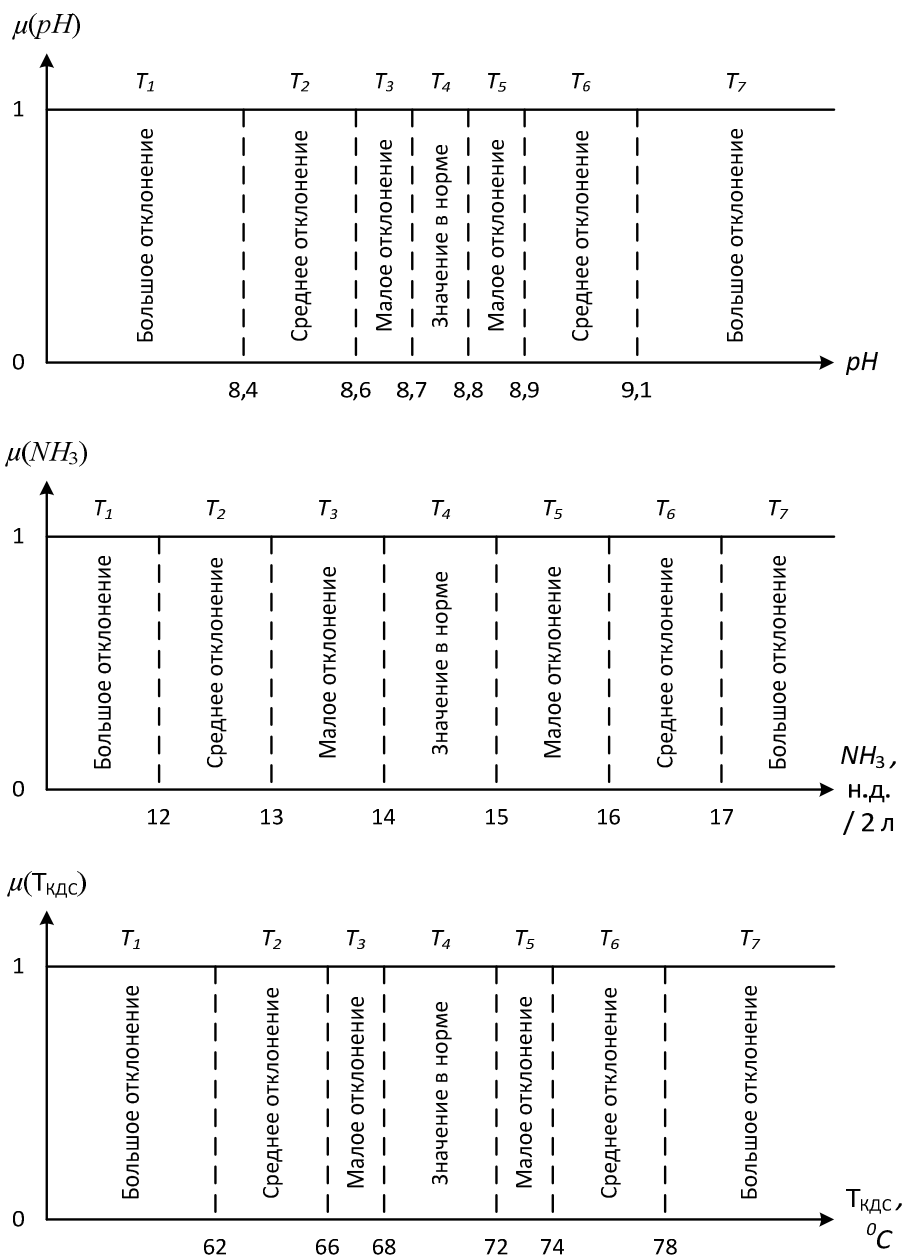


Рис. 3. Пример интерпретации основных параметров элемента дистилляции совокупностью четких термов

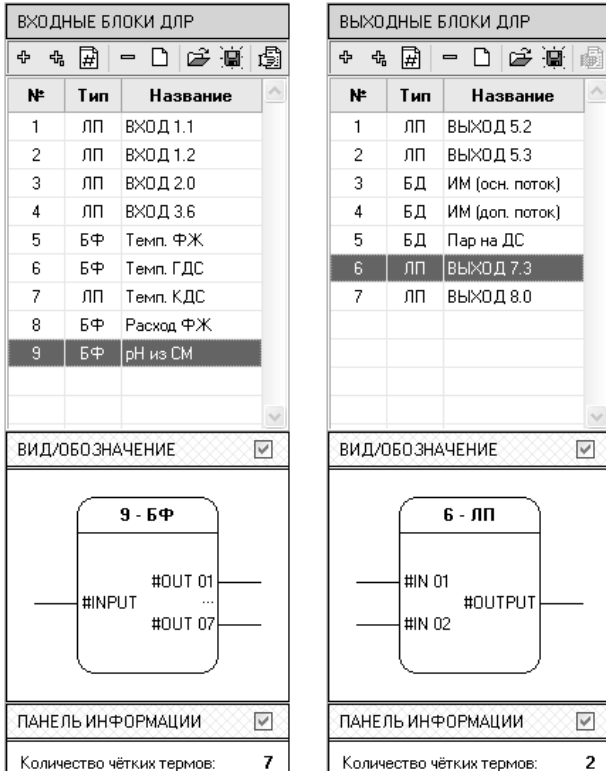


Рис. 4. Система фаззификаторов и дефаззификаторов МЛР элемента дистилляции в среде САП МЛР

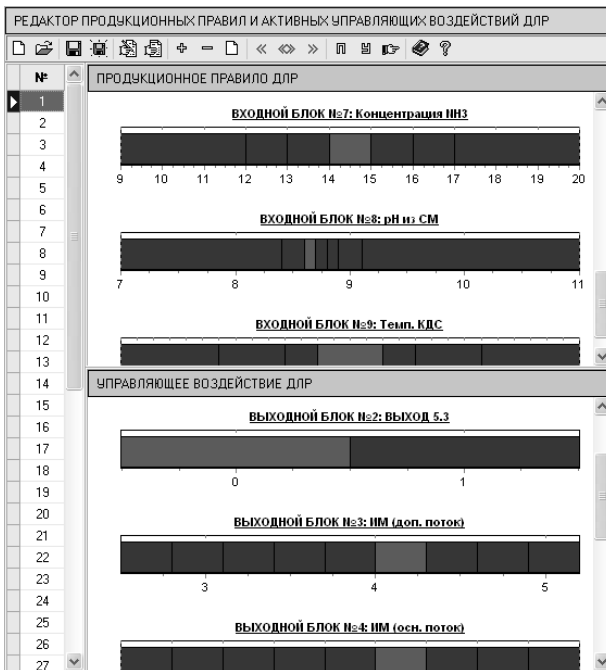


Рис. 5. Фрагмент системы продукционных правил МЛР элемента дистилляции в среде САП МЛР

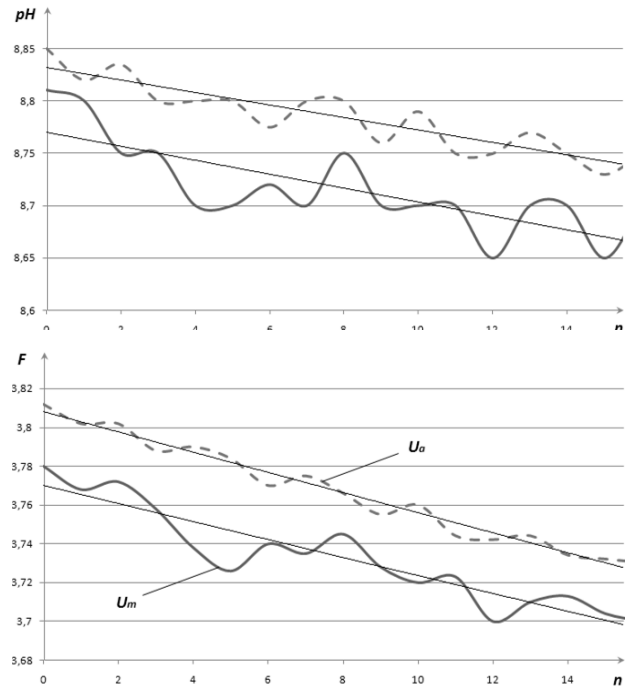


Рис. 6. Значения рН жидкости на выходе из СМ и расхода ИМ по дополнительному потоку F в течение заданного периода времени

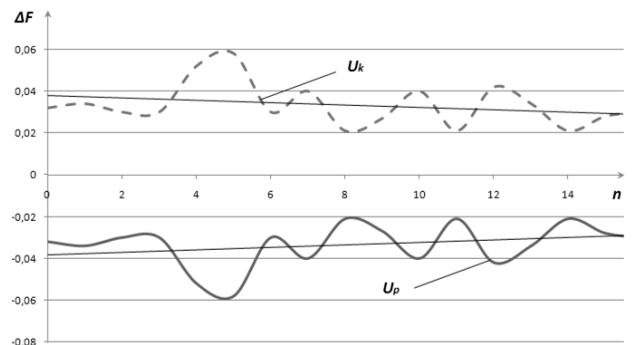


Рис. 7. Графики разностной функции U_p и функции компенсации U_k влияния контуров на контур подачи ИМ по дополнительному потоку

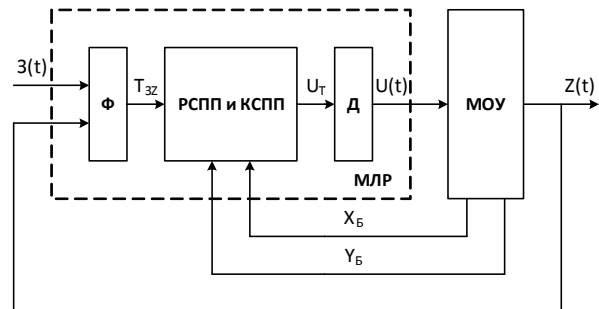


Рис. 8. Структурная схема МЛР с компенсацией влияния на отдельный контур регулирования

На рис. 8 представлена структурная схема МЛР с компенсацией влияния на отдельно взятый контур всех остальных контуров регулирования, где:

РСПП – регулирующая система производственных правил МЛР;

КСПП – компенсирующая система производственных правил МЛР;

Ф, Д – фаззификатор и дефаззификатор МЛР соответственно;

МОУ – многомерный объект управления;

X_B, Y_B – дискретные входные и выходные сигналы МОУ.

Среднее значение управляющего воздействия МЛР в рассматриваемом интервале значений pH

$$U = U_a + U_k = U_a + 0,035. \quad (2)$$

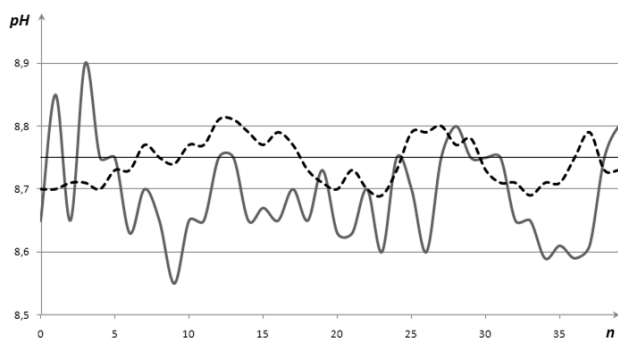


Рис. 9. Изменение значения pH жидкости на выходе из СМ в течение заданного периода времени

На рис. 9 представлены временные зависимости значений pH жидкости на выходе из СМ, составленные на основе n ежечасных показаний приборов, в САУ элементом дистилляции без МЛР и с использованием МЛР с компенсацией взаимного влияния контуров регулирования (штриховая линия).

Из рис. 9 следует, что использование МЛР с компенсацией взаимного влияния контуров регулирования в системе управления элементом дистилляции позволяет снизить перерегулирование в среднем на 53% и повысить точность регулирования на (40 ÷ 45)%.

ВЫВОДЫ

1. Предложена структурная схема системы регулирования элемента дистилляции (дистилляционной колонны) на базе МЛР.

2. Компенсирующая система производственных правил позволяет решить основную проблему синтеза многомерных регуляторов и предназначена для исключения в установив-

шемся режиме взаимного влияния контуров регулирования МЛР друг на друга.

3. Показано, что использование МЛР с компенсацией взаимного влияния контуров регулирования в системе управления элементом дистилляции позволяет снизить перерегулирование в среднем на 53% и повысить точность регулирования на (40 ÷ 45)%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крашенинников С. А. Технология кальцинированной соды и очищенного бикарбоната натрия. М.: Высшая школа, 1985. 287 с.

2. Муравьева Е. А., Антипин А. Ф. Многомерный дискретно-логический регулятор расхода воздуха парового котла с минимизацией времени отклика // Вестник УГАТУ. Серия «Управление, вычислительная техника и информатика». 2009. Т. 13, № 2 (35). С. 83–87.

3. Муравьева Е. А., Байманов И. Ф. Дискретно-логическая система регулирования величины pH электролита в производстве хлора методом электролиза // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности: науч.-техн. журн. 2008. № 1. С. 10–13.

4. Каяшев А. И., Муравьева Е. А., Антипин А. Ф. Система автоматизированного проектирования многомерных логических регуляторов: Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2009614305. 2009.

ОБ АВТОРАХ



Антипин Андрей Федорович, асп. каф. автоматиз. хим.-технолог. проц. УГНТУ. Дипл. инж. по автоматиз. (УГНТУ, 2006). Готовит дис. в обл. интел. упр. сл. техн. сист. с использованием дискр.-лог. моделей.



Каяшев Александр Игнатьевич, проф., зав. каф. автоматиз. технолог. и инф. систем фил. УГНТУ в г. Стерлитамак. Д-р техн. наук по автоматиз. и упр. технолог. проц. и произв. Иссл. в обл. интел. упр-я.



Муравьева Елена Александровна, доц. каф. автоматиз. технолог. и инф. систем фил. УГНТУ в г. Стерлитамак. Дипл. инж. (УГНТУ, 1998). Канд. техн. наук по автоматиз. и упр. технолог. проц. и произв. (УГАТУ, 2001). Иссл. в обл. интел. упр-я.