ТОЧНАЯ НАУКА

естественнонаучный журнал

Публикации для студентов, молодых ученых и научно-преподавательского состава на www.t-nauka.ru

ISSN 2500-1132 Издательский дом "Плутон" www.idpluton.ru

Выпуск №64

КЕМЕРОВО 2019

02 декабря 2019 г.
ББК Ч 214(2Рос-4Ке)73я431
ISSN 2500-1132
УДК 378.001
Кемерово
Журнал выпускается ежемесячно, публикует статьи по естественным наукам. Подробнее на www.t-nauka.ru
За точность приведенных сведений и содержание данных, не подлежащих открытой публикации, несут ответственность авторы.
Редкол.:
Никитин Павел Игоревич - главный редактор, ответственный за выпуск журнала
Баянов Игорь Вадимович - математик, специалист по построению информационно-аналитических систем, ответственный за первичную модерацию, редактирование и рецензирование статей
Артемасов Валерий Валерьевич - кандидат технических наук, ответственный за финальную модерацию и рецензирование статей
Зимина Мария Игоревна - кандидат технических наук, ответственный за финальную модерацию и рецензирование статей
Нормирзаев Абдукаюм Рахимбердиеви - кандидат технических наук, Наманганский инжинерно-строительный институт (НамМПИ)
Безуглов Александр Михайлович - доктор технических наук, профессор кафедры математики и математического моделирования, Южно-российский государственный политехнический университет (Новочеркасский политехнический институт) им. М.И .Платова,
Наджарян Микаел Товмасович - кандидат технических наук, доцент, Национальный политехнический университет Армении
Шушлебин Игорь Михайлович - кандидат физико-математических наук, кафедра физики твёрдого тела Воронежского государственного технического университета
Равшанов Дилшод Чоршанбиевич - кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Технология, машины и оборудования полиграфического производства», Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими
Крутякова Маргарита Викторовна – доцент, кандидат технических наук, Московский политехнический университет
Гладков Роман Викторович - кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации вооружения и военной техники Рязанского гвардейского высшего воздушно-десантного командного училища
Моногаров Сергей Иванович - кандидат технических наук доцент Армавирского механико-технологического института (филиал) ФГОУ ВО КубГТУ
Шевченко Сергей Николаевич - кандидат технических наук, доцент кафедры СЭУ, Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота РФ
Отакулов Салим - Доктор физико-математических наук, профессор кафедры высшей математики Джизакского политехнического института
А.О. Сергеева (ответственный администратор)[и др.];

Естественнонаучный журнал «Точная наука», входящий в состав «Издательского дома «Плутон», был создан с целью популяризации естественных наук. Мы рады приветствовать студентов, аспирантов, преподавателей и научных сотрудников. Надеемся подарить Вам множество полезной информации, вдохновить на новые научные исследования.

Издательский дом «Плутон» www.idpluton.ru e-mail: admin@idpluton.ru
Подписано в печать 02.12.2019 г. Формат 14,8×21 1/4. | Усл. печ. л. 2.2. | Тираж 500.
Все статьи проходят рецензирование (экспертную оценку).
Точка зрения редакции не всегда совпадает с точкой зрения авторов публикуемых статей.
Авторы статей несут полную ответственность за содержание статей и за сам факт их публикации.
Редакция не несет ответственности перед авторами и/или третьими лицами и организациями за возможный ущерб, вызванный публикацией статьи.
При использовании и заимствовании материалов ссылка обязательна.

Содержание

1. ПИД-РЕГУЛЯТОРЫ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ……...2
Мирославский Д.Е.
2. ПОЛУЧЕНИЕ УГЛЕРОДНЫЕ АДСОРБЕНТОВ ДЛЯ ПРОТИВОГАЗОВ РАДИАЦИОННО-ХИМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ……...14
Ахундов Р.Г.
3. ПОЛУЧЕНИЕ ТАМПОНАЖНЫХ ЦЕМЕНТОВ НА ОСНОВЕ МЕСТНЫХ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ РАЗЛИЧНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КЫРГЫЗСТАНА……..……..19
Абдималик А., Ташполотов Ы.
4. РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ……...…….……....22
Хакимов Д.В., Махмудова С.Х.

Мирославский Дмитрий Евгеньевич
Miroslavskiy Dmitriy Evgenievich
Ведущий инженер-конструктор
АО «Равенство», Санкт-Петербург

УДК 681.515.8

ПИД-РЕГУЛЯТОРЫ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ

PID REGULATORS IN AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS. PARAMETER CALCULATION PROCEDURE

Аннотация: в статье описана методика расчета коэффициентов пид-регулятора для статических и астатических объектов, в том числе для объектов, имеющих задержку реакции на управляющее воздействие. Расчет параметров регулятора выполнен на основе анализа характеристических коэффициентов системы, посредством которых устанавливается связь между параметрами этой системы и ее качественными характеристиками. Приводятся результаты математического моделирования систем с синтезированными регуляторами, даются рекомендации по устранению эффекта интегрального насыщения.

Annotation: the article describes the methodology for calculating the pid controller coefficients for static and astatic objects, including for objects that have a delayed response to the control action. The calculation of the parameters of the controller is based on the analysis of the characteristic coefficients of the system, through which a relationship is established between the parameters of this system and its qualitative characteristics. The results of mathematical modeling of systems with synthesized regulators are given, recommendations are given for eliminating the effect of integral saturation.

Ключевые слова: замкнутая автоматическая система, пид-регулятор, характеристические коэффициенты, качественные характеристики, передаточная функция, переходная функция, переходный процесс, запаздывание по управлению, астатическая система, интегральное насыщение.

Keywords: closed automatic system, pid controller, characteristic coefficients, quality characteristics, transfer function, transition function, transient, control delay, astatic system, integral saturation.

Наибольшее применение в замкнутых системах автоматического управления (САУ) получили регуляторы, в которых используется принцип управления по пропорциональной, интегральной и дифференциальной составляющим сигнала ошибки (ПИД-регуляторы). Популярность ПИД-регуляторов объясняется простотой построения, ясностью принципа функционирования и возможностью обеспечить высокие качественные характеристики САУ различными промышленными объектами.

ПИД-регулятор относится к классу последовательных регулирующих устройств так как включатся последовательно в цепь обработки сигнала рассогласования (ошибки) системы. Выходной сигнал ПИД-регулятора, состоящий из суммы трех компонентов, после необходимого усиления подается на вход объекта управления. Расчет коэффициентов передачи сигналов пропорциональной, интегральной и дифференциальной компонентами ПИД-регулятора представляет определенные трудности. Существует большое количество методик определения величин этих коэффициентов, основанных на различных критериях. В предлагаемой статье приводится способ определения коэффициентов ПИД-регулятора отличный от традиционных. Он основан на методе характеристических коэффициентов [1]. Значения этих коэффициентов с одной стороны определяются параметрами системы, а с дугой стороны имеют непосредственную связь с ее прямыми показателями качества.

Поведение линейных (линеаризованных) САУ полностью определяется их передаточной функцией (ПФ). В случае применения ПИД-регулятора ПФ замкнутой системы определяется выражением

$$\Phi(p) = \frac{W_{obj}(p) W_{PID}(p)}{W_{obj}(p) W_{PID}(p) + 1}, \quad (1)$$

где $W_{obj}(p)$ – ПФ объекта управления, $W_{PID}(p)$ – ПФ ПИД-регулятора. ПФ объекта управления в

большинстве случаев имеет вид

$$W_{obj}(p) = \sum_{j=0}^{m} b_j p^j \Big/ \sum_{i=0}^{n} a_i p^i ,$$

а ПФ ПИД-регулятора

$$W_{PID}(p) = \frac{T_d p}{T_f p + 1} + K + \frac{1}{T_I p} = \frac{1}{T_f p + 1}\left(T_d^* p + K^* + \frac{1}{T_I p} \right), \quad (2)$$

где T_d – постоянная времени дифференциатора, T_f – постоянная времени фильтра дифференциатора, K – коэффициент усиления пропорциональной составляющей, T_I – постоянная времени интегратора. Выражение в скобках в (2) определяет ПФ идеального ПИД-регулятора. Связь между коэффициентами идеального и реального ПИД-регуляторов определяется следующими соотношениями

$$T_d^* = T_d + KT_f ; K^* = K + T_f / T_I . \quad (3)$$

Предварительно рассмотрим методику расчета коэффициентов ПИД-регулятора для случая, когда ПФ объекта управления не содержит нулей, т.е. когда ПФ объекта управления определяется выражением

$$W_{obj}(p) = b_0 \Big/ \sum_{i=0}^{n} a_i p^i .$$

По управляющему воздействию выражение для ПФ замкнутой системы в рассматриваемом случае будет иметь вид

$$\Phi(p) = \frac{b_0 T_d^* T_I p^2 + b_0 K^* T_I p + b_0}{\sum_{i=0}^{n}\left(a_i T_f T_I p^{i+2} + a_i T_I p^{i+1} \right) + b_0 T_d^* T_I p^2 + b_0 K^* T_I p + b_0}, \quad (4)$$

а ПФ по возмущающему воздействию, приложенному непосредственно ко входу объекта управления

$$\Phi_F(p) = \frac{b_0 T_I p (T_f p + 1)}{\sum_{i=0}^{n}\left(a_i T_f T_I p^{i+2} + a_i T_I p^{i+1} \right) + b_0 T_d^* T_I p^2 + b_0 K^* T_I p + b_0}. \quad (5)$$

Из анализа соотношения (5) следует, что для уменьшения ошибок от действия возмущающего воздействия следует уменьшать величины коэффициентов T_I и T_f.

Методика расчета параметров ПИД-регулятора, основанная на анализе характеристических коэффициентов системы, заключается в следующем. Для замкнутой САУ с ПФ

$$\Phi(p) = \sum_{j=0}^{m} y_j p^j \Big/ \sum_{i=0}^{n} x_i p^i \quad (6)$$

определяются характеристические коэффициенты исходной системы [1]

$$C_i = x_i / x_{i+1} ; B_j = y_j / x_j ; i = 0 \ldots n-1; j = 0 \ldots m , \quad (7)$$

характеристические коэффициенты нормализованной системы

$$C_i^* = C_i / C_0 ; B_j^* = B_j / B_0 ; i = 0 \ldots n-1; j = 0 \ldots m \quad (8)$$

и коэффициенты демпфирования

$$D_{i+1} = C_{i+1} / C_i = C_{i+1}^* / C_i^* ; i = 0 \ldots n-2 . \quad (9)$$

Оценка прямых качественных характеристик САУ осуществляется по ее переходной функции, являющейся реакцией системы на ступенчатое входное воздействие. Форма и временные параметры переходной функции системы (6) однозначно определяется коэффициентами (7). Нормализованная система с коэффициентами (8), (9) является своего рода шаблоном для построения целого класса систем, в который входит и система (6). В нормализованной системе коэффициенты $C_0 = 1$ и $B_0 = 1$. Коэффициент C_0 определяет только масштаб времени, в котором функционирует система (6), и никак не влияет на форму переходной функции нормализованной системы. Коэффициент B_0 влияет только амплитуду переходной функции и не оказывает влияния на ее форму. При $B_j = 0$, где $j>0$, между формой переходной функции и значениями коэффициентов (7) существует взаимно однозначное соответствие. Если это условие не выполняется, то можно найти множество наборов коэффициентов (7), при которых параметры получаемых переходных функций будут практически идентичными [1].

Назовем базовой переходную функцию исходной системы, у которой все коэффициенты B_j кроме B_0 приняты равными нулю. Как отмечено выше, между параметрами базовой переходной функции и характеристическими коэффициентами существует взаимно однозначное соответствие.

В соответствии с (7) характеристические коэффициенты системы (4) определяются следующими соотношениями

$$C_0 = \frac{b_0}{\left(a_0 + b_0 K^*\right) T_I}; C_1 = \frac{a_0 + b_0 K^*}{a_1 + a_0 T_f + b_0 T_d^*}; C_2 = \frac{a_1 + a_0 T_f + b_0 T_d^*}{a_2 + a_1 T_f}; C_3 = \frac{a_2 + a_1 T_f}{a_3 + a_2 T_f};$$
$$C_i = \frac{a_{i-1} + a_{i-2} T_f}{a_i + a_{i-1} T_f}; i = 3 \ldots n; C_{n+1} = \frac{a_n + a_{n-1} T_f}{a_n T_f}; B_0 = 1; B_1 = \frac{b_0 K^*}{a_0 + b_0 K^*}; B_2 = \frac{b_0 T_d^*}{a_1 + a_0 T_f + b_0 T_d^*} \quad (10)$$

В подавляющем большинстве случаев поведение объектов управления описывается дифференциальными уравнениями как минимум второго порядка. Для объектов второго порядка выражения (10) преобразуются к виду

$$C_0 = \frac{b_0}{\left(a_0 + b_0 K^*\right) T_I}; C_1 = \frac{a_0 + b_0 K^*}{a_1 + a_0 T_f + b_0 T_d^*}; C_2 = \frac{a_1 + a_0 T_f + b_0 T_d^*}{a_2 + a_1 T_f}; C_3 = \frac{a_2 + a_1 T_f}{a_2 T_f};$$
$$B_0 = 1; B_1 = \frac{b_0 K^*}{a_0 + b_0 K^*}; B_2 = \frac{b_0 T_d^*}{a_1 + a_0 T_f + b_0 T_d^*}. \quad (11)$$

Нетрудно установить, что справедливы следующие соотношения

$$C_2 = \frac{C_3}{D_3} = \frac{a_2 + a_1 T_f}{a_2 T_f D_3}; C_1 = \frac{C_2}{D_2}; C_0 = \frac{C_1}{D_1}; C_0 C_1 C_2 C_3 = \frac{b_0}{a_2 T_f T_I}, \quad (12)$$

Используя выражения (11) и (12), определим параметры идеального ПИД-регулятора

$$T_I = \frac{b_0}{a_2 T_f C_0 C_1 C_2 C_3}; K^* = \frac{1}{b_0}\left(\frac{b_0}{T_I C_0} - a_0\right); T_d^* = \frac{1}{b_0}\left(\frac{a_0 + b_0 K^*}{C_1} - a_1 - a_0 T_f\right).$$

Параметры реального ПИД-регулятора можно найти из решения уравнений (3).

Чтобы воспользоваться предложенной методикой расчета параметров ПИД-регулятора, необходимо определиться с выбором значений T_f, D_1, D_2 и D_3. Коэффициенты демпфирования D_1, D_2, D_3 определяют форму базовой переходной функции системы. Для обеспечения практически монотонных переходных процессов целесообразно выбрать коэффициенты демпфирования, соответствующие характеристическим полиномам Бесселя. В этом случае перерегулирование в системах не превышает 0,5%. Такой выбор способствует также получению систем с высокой робастностью. В приведенной ниже таблице даны значения коэффициентов демпфирования для некоторых систем с характеристическими полиномами Бесселя.

Таблица 1. Коэффициенты демпфирования для систем с характеристическими полиномами Бесселя.

n	D_6	D_5	D_4	D_3	D_2	D_1	$T_{0,95}$
4				2,3	2,0	2,37	1,737
5			2,15	1,79	1,811	2,27	1,625
6		2,12	1,72	1,65	1,745	2,226	1,576
7	2,1	1,78	1,61	1,6	1,714	2,206	1,55

Для демонстрации эффективности предложенной методики расчета параметров ПИД-регулятора рассмотрим следующий пример. Пусть ПФ гипотетического объекта управления определяется выражением следующего вида

$$W_{obj}(p) = 10 \Big/ \left(0{,}16p^2 + 0{,}7p + 1\right). \quad (13)$$

Все расчеты параметров ПИД-регулятора целесообразно выполнять в Excel. Результаты произведенного расчета регулятора для объекта (13) сведены в таблицу 2.

Таблица 2. Расчетные значений параметров регулятора для объекта с ПФ (13).

T_f	C_3	C_2	C_1	C_0	$1/T_I$	K*	T_d*	K	T_d	T_d/T_f	$t_{0,95}$

0,015	71,042	30,888	15,44	6,52	53,0	8,03	0,46	7,24	0,35	23,10	0,267
0,0175	61,518	26,747	13,37	5,64	34,8	6,06	0,39	5,45	0,29	16,77	0,308
0,02	54,375	23,641	11,82	4,99	24,3	4,76	0,34	4,28	0,25	12,69	0,348
0,0225	48,819	21,226	10,61	4,48	17,729	3,859	0,301	3,460	0,223	9,91	0,388
0,025	44,375	19,293	9,65	4,07	13,4	3,20	0,27	2,87	0,20	7,93	0,427

Расчет выполнен для значений коэффициентов демпфирования из табл. 1 при n=4. Из анализа приведенных в табл. 2 данных можно установить, что уменьшение постоянной времени T_f способствует повышению динамических характеристик системы. Однако, с другой стороны это приводит к ухудшению ее помехоустойчивость (увеличивается отношение T_d/T_f). Таким образом – выбор величины T_f обусловлен компромиссом между достижимыми динамическими характеристиками системы и ее помехоустойчивостью. Для завершения расчета примем фактор эффективности дифференциатора $T_d/T_f \approx 10$. В этом случае по табл. 2 определим

$$T_f = 0{,}0225;\ T_d = 0{,}223;\ K = 3{,}46;\ 1/T_I = 17{,}73;\ t_{0,95} = 0{,}388. \qquad (14)$$

На рис. 1 приведены временные диаграммы переходных процессов в системе с объектом управления (13) и параметрами ПИД-регулятора (14) при ступенчатом воздействии единичной амплитуды. График 1 соответствует переходной функции системы (4) с параметрами, соответствующими параметрам из рассмотренного примера. Наличие в ПФ (4) нулей приводит к тому, что к базовой переходной функции добавляются реакции системы на импульсные функции, являющиеся производными от ступенчатой функции. Но если подавать на систему задающее воздействие не непосредственно, а через формирующий фильтр, имеющий ПФ

$$W_{вх}(p) = 1\Big/\left(T_d^* T_I p^2 + K^* T_I p + 1\right),$$

то реакции на все импульсные составляющие сигнала задания будут подавлены, а переходная функция системы будет соответствовать ее базовой переходной функции (график 2). На рис. 1 представлена также, определяемая ПФ (5), временная диаграмма реакции системы на ступенчатое возмущающее воздействие (график 3). Приведенный пример демонстрирует хорошее совпадение полученных результатов моделирования с расчетными значениями.

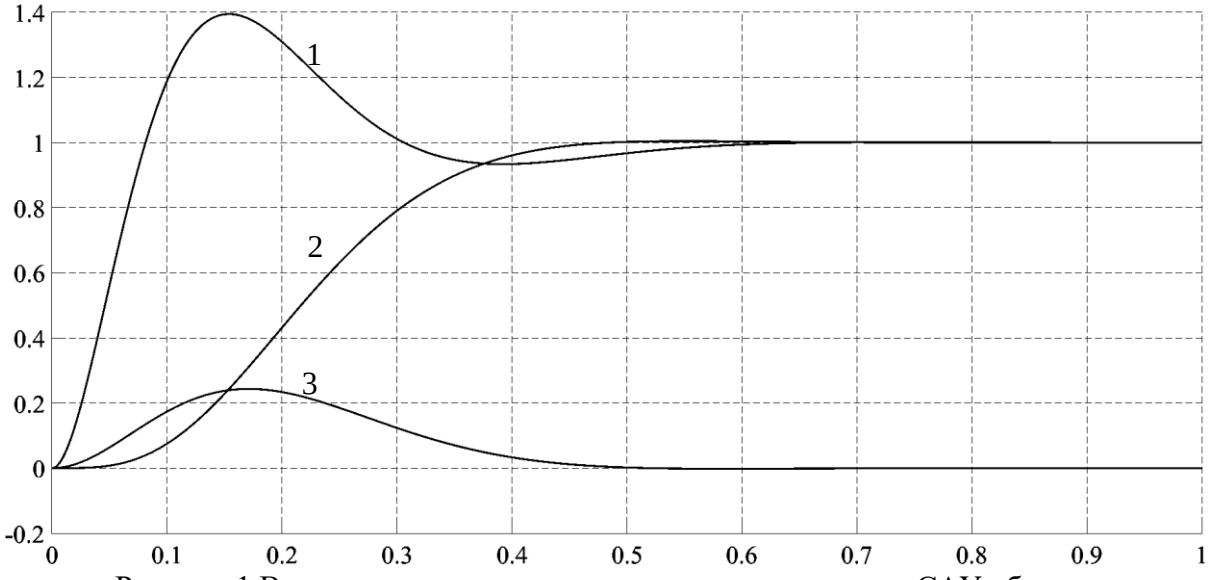

Рисунок 1 Временные диаграммы переходных процессов в САУ объектом с ПФ (16) и параметрами ПИД-регулятора (17).

С увеличением порядка объекта увеличивается и порядок системы с ПИД-регулятором. Так в САУ с объектом третьего порядка появляется коэффициент демпфирования D_4, который можно изменять только изменением величины T_f, что вряд ли целесообразно, так как это может привести к значительному ухудшению динамических характеристик системы (см. табл. 2). На рис. 2 приведены графики оптимальных значений коэффициентов $D_1 \ldots D_3$ в зависимости от значения коэффициента демпфирования D_4. На этом же рисунке приведен график изменения длительности переходного процесса в нормализованной системе.

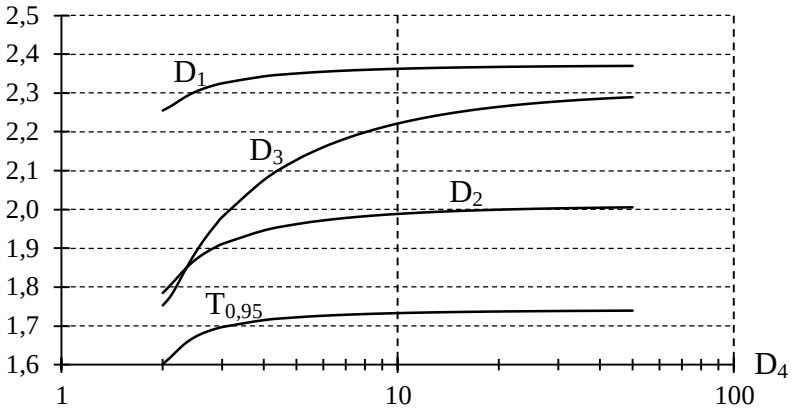

Рисунок 2 Графики оптимальных значений коэффициентов демпфирования $D_1 \ldots D_3$ и длительности переходных процессов $T_{0,95}$ в нормализованных системах 5-ого порядка.

В системах более высокого порядка значения коэффициентов демпфирования D_i при $i > 4$ в большинстве случаев не оказывают существенного влияния на параметры переходной функции. Поэтому расчет параметров ПИД-регулятора может быть выполнен по аналогии с расчетом регулятора для системы с объектом третьего порядка. Однако в отдельных случаях может потребоваться коррекция значений коэффициентов демпфирования таким образом, чтобы обеспечить системе нужные динамические параметры.

В качестве примера приведем результаты расчета параметров ПИД-регулятора для объекта с ПФ

$$W_{obj}(p) = 10 \Big/ (0,1p+1)(0,8p+1)\left(0,16p^2+0,7p+1\right). \qquad (15)$$

Имеем следующие значения коэффициентов объекта

$$a_0 = 1;\ a_1 = 1,6;\ a_2 = 0,87;\ a_3 = 0,2;\ a_4 = 0,0128;\ b_0 = 10.$$

Примем значение отношения $T_d/T_f = 10$. В результате расчета получим D_5=27,34; D4=3,52; тогда в соответствии с рис. 2 определим: $D_3 = 2,04;\ D_2 = 1,93;\ D_1 = 2,34;\ T_{0,95} = 1,708$ и

$$C_0 = 0,47;\ T_I = 10,4;\ K = 0,104;\ T_d = 0,025;\ T_f = 0,0025;\quad t_{0,95} = 3,63. \qquad (16)$$

ПФ входного фильтра

$$W_{вх}(p) = 1 \Big/ \left(0,27p^2+1,08p+1\right). \qquad (17)$$

На рис. 3 приведены временные диаграммы переходных процессов в САУ объектом с ПФ (15) и параметрами ПИД-регулятора (16) при ступенчатом входном воздействии единичной амплитуды. График 1 соответствует чистому ступенчатому воздействию, график 2 – ступенчатому воздействию при наличии фильтра с ПФ (17), график 3 – реакция системы на ступенчатое воздействие на вход объекта с амплитудой 0,1.

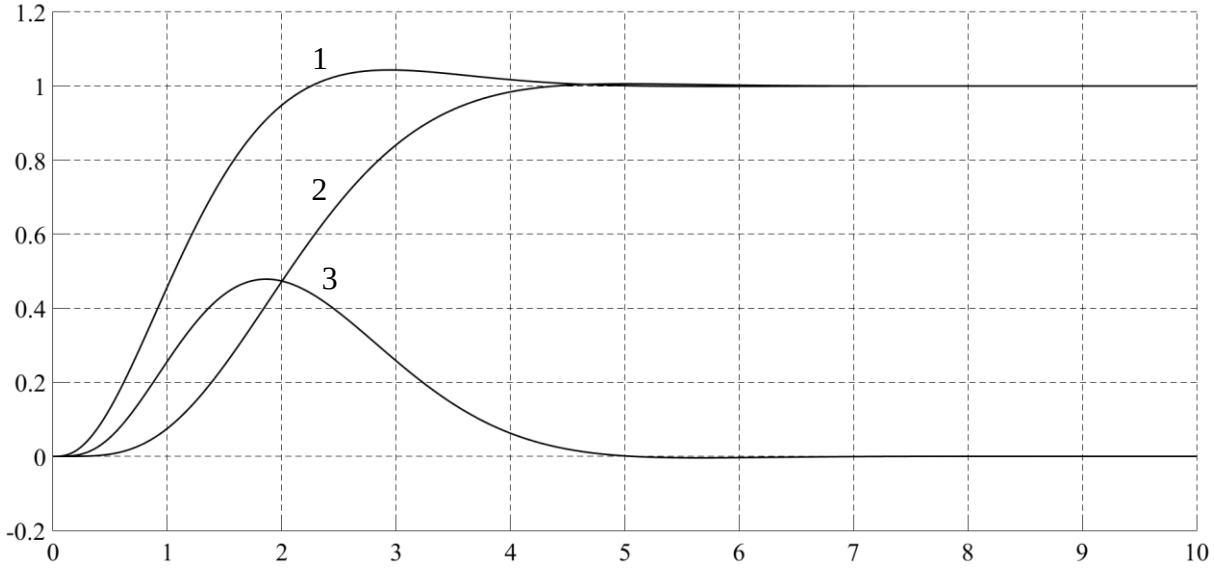

Рисунок 3 Временные диаграммы переходных процессов в САУ объектом с ПФ (15) и параметрами ПИД-регулятора (16).

Анализ диаграмм на рис. 3 показывает, что результаты моделирования хорошо согласуются с расчетными значениями. Также можно заключить, что увеличение прядка объекта управления в системе с ПИД-регулятором с одной стороны приводит к увеличению чувствительности системы к паразитным воздействиям, приложенным ко входу объекта, а с другой стороны способствует уменьшению выброса перерегулирования.

В реальных системах выходной сигнал регулятора всегда ограничен по амплитуде. Наличие такого ограничения вызывает эффект так называемого «интегрального насыщения», заключающегося в том, что интегратор ПИД-регулятора продолжает интегрировать сигнал рассогласования системы даже тогда, когда выходной сигнал регулятора уже ограничен и не способен эффективно управлять объектом. Эффект «интегрального насыщения» приводит к возникновению в системе большого перерегулирования, что может стать причиной серьезной аварии. В [2, 3] рассмотрен метод предотвращения эффекта «интегрального насыщения», основанный на уменьшении входного сигнала интегратора при превышении выходным сигналом ПИД-регулятора заданного порогового значения. На рис.4 приведена Simulink модель такой системы. При выходе сигнала регулятора за пороговые уровни -1,+1 сумматор Add4 формирует сигнал, который вызывает уменьшение выходного сигнала интегратора, подавляя таким образом эффект «интегрального насыщения».

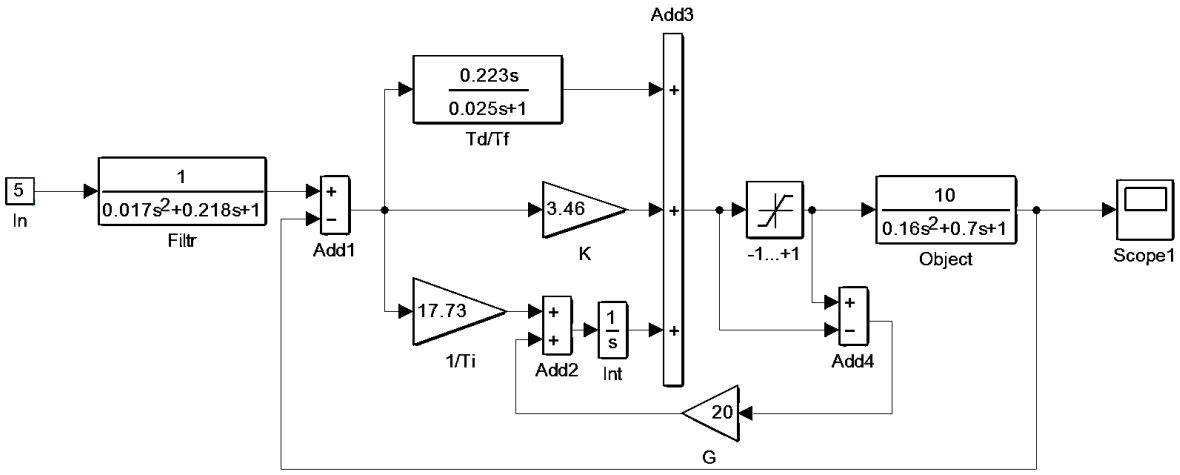

Рисунок 4 Simulink модель системы с ПИД-регулятором, имеющим ограничение

На рис. 5 приведены временные диаграммы переходного процесса в рассмотренной системе при отсутствии (график 1) и наличии (график 2) контура подавления интегрального насыщения. Коэффициент передачи усилителя G на рис. 4 определяется экспериментально. Его значение зависит как от структуры и параметров системы, так и от наличия или отсутствия входного фильтра (Filtr на рис. 4).

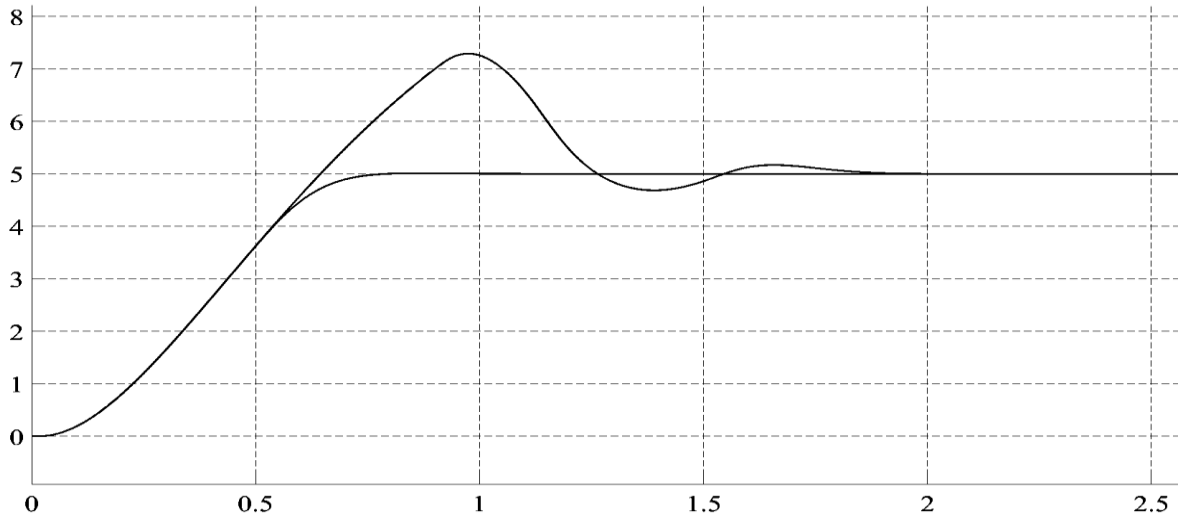

Рисунок 5 Переходный процессы в САУ с ПИД-регулятором, имеющим ограничение выходного сигнала.

При наличии в ПФ объекта управления нулей определение коэффициентов ПИД-регулятора усложняется. Сложность выражений, связывающих искомые коэффициенты регулятора с коэффициентами демпфирования, вероятнее всего не позволит выполнить расчет в аналитической форме. Определение коэффициентов регулятора в этом случае придется выполнять для каждой системы индивидуально. Рассмотрим методику такого расчета с использованием математического пакета Matlab/Simulink фирмы MathWorks.

Выше было отмечено, что ПФ линейной замкнутой САУ может быть представлена выражением (6). Используя соотношения (7) и (9), получим следующую систему уравнений

$$\begin{cases} x_1^2/(x_2 x_0) - D_{1.zad} = 0 \\ x_2^2/(x_3 x_1) - D_{2.zad} = 0 \\ x_3^2/(x_4 x_2) - D_{3.zad} = 0 \end{cases}, \qquad (18)$$

Искомые значения коэффициентов ПИД-регулятора должны удовлетворять системе уравнений (18). Значения коэффициентов $D_{i.zad}$ (i=1, 2, 3) выбираются исходя из требований к форме базовой переходной функции САУ. Для решения системы уравнений (18) используются Simulink-блоки Algebraic Constraint.

Продемонстрируем предложенный способ расчета коэффициентов ПИД-регулятора для объектов, содержащих звено запаздывания. Для специалистов по автоматическому управлению объекты с запаздыванием всегда представляли особый интерес. Это связано с тем, что большинство производственных процессов в той или иной степени содержат элементы, вносящие временное запаздывание в процесс управления. ПФ объектов с запаздыванием чаще всего определяется выражением

$$W_{obj}(p) = b_0 e^{-\tau p} \Big/ \sum_{i=0}^{n} a_i p^i . \qquad (19)$$

Проблема проектирования систем с запаздыванием заключается в том, что ПФ объекта не может быть представлена точным дробно-рациональным выражением вида (6). Чтобы преодолеть это препятствие, прибегают к различным способам аппроксимации звена запаздывания. Так трансцендентную ПФ звена запаздывания можно заменить дробно-рациональным выражением, известным как аппроксимация Паде второго порядка для экспоненты

$$e^{-p\tau} \approx \left(\tau^2 p^2 - 6\tau p + 12\right) \Big/ \left(\tau^2 p^2 + 6\tau p + 12\right).$$

При такой замене выражение (19) для $W_{obj}(p)$ преобразуется к виду

$$W_{obj}(p) \approx b_0 \left(\tau^2 p^2 - 6\tau p + 12\right) \Big/ \left[\left(\tau^2 p^2 + 6\tau p + 12\right) \sum_{i=0}^{n} a_i p^i \right],$$

а ПФ замкнутой системы с ПИД-регулятором в соответствии с (1) и (2) определится как

$$\Phi(p) \approx Y(p) / X(p), \text{ где} \qquad (20)$$

$$Y(p) = b_0 \left(\tau^2 p^2 - 6\tau p + 12\right)\left[T_d^* T_I p^2 + T_I K^* p + 1\right], \qquad (21)$$

$$X(p) = \left[\left(\tau^2 p^2 + 6\tau p + 12\right) \sum_{i=0}^{n} a_i p^i \right](T_f p + 1) T_I p + b_0 \left(\tau^2 p^2 - 6\tau p + 12\right)\left[T_d^* T_I p^2 + T_I K^* p + 1\right] \qquad (22)$$

Для удобства дальнейшего расчета целесообразно выполнить масштабирование выражений (20) - (22) путем замены переменной ‘p’ на переменную $s = p\tau$, тогда (21) и (22) запишутся в виде

$$Y(s) = b_0 \left(s^2 - 6s + 12\right)\left[m_d^* m_I s^2 + m_I K^* s + 1\right],$$

$$X(s) = \left[\left(s^2 + 6s + 12\right) \sum_{i=0}^{n} m_{a.i} s^i \right](m_f s + 1) m_I s + b_0 \left(s^2 - 6s + 12\right)\left[m_d^* m_I s^2 + m_I K^* s + 1\right],$$

где $m_d^* = T_d^* / \tau;\ m_I = T_I / \tau;\ m_{a.i} = a_i / \tau^i;\ m_f = T_f / \tau,$ (23)

Введем в рассмотрение матрицы и векторы для определения коэффициентов полинома числителя Y(s)

$$Y_1^T = \begin{bmatrix} 1 & -6 & 12 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -6 & 12 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -6 & 12 \end{bmatrix}; \vec{Y}_2^T = \begin{bmatrix} m_d^* m_I & m_I K^* & 1 \end{bmatrix},$$

тогда вектор коэффициентов числителя определится выражением

$$\vec{Y} = b_0 Y_1 \vec{Y}_2,$$

Для знаменателя X(s)

$$\vec{X}_1^T = \begin{bmatrix} m_{a.n} & m_{a.n-1} \dots m_{a.0} \end{bmatrix}; X_2 = \begin{bmatrix} \vec{X}_1 & 0 & 0 \\ 0 & \vec{X}_1 & 0 \\ 0 & 0 & \vec{X}_1 \end{bmatrix}; \vec{X}_3 = \begin{bmatrix} 1 \\ 6 \\ 12 \end{bmatrix}; \vec{X}_4 = X_2 \vec{X}_3$$

$$X_5 = \begin{bmatrix} \vec{X}_4 & 0 & 0 \\ 0 & \vec{X}_4 & 0 \\ 0 & 0 & \vec{X}_4 \end{bmatrix}; \vec{X}_6 = \begin{bmatrix} m_f m_I \\ m_I \\ 0 \end{bmatrix}; \vec{X}_7 = X_5 \vec{X}_6$$

Вектор коэффициентов знаменателя определится выражением

$$X^T = \vec{X}_7^T + \left[0 \quad 0 \quad ... \quad \vec{Y}^T\right] \tag{24}$$

Размерность вектора второго слагаемого в (24) должна совпадать с размерностью вектора первого слагаемого. После подстановки полученных из (24) значений коэффициентов в (18) и решения системы уравнений, определятся значения масштабных коэффициентов (23), по ним – значения коэффициентов идеального, а из (3) – коэффициенты реального ПИД-регуляторов.

Рассмотрим расчет параметров регулятора для наиболее часто встречающиеся вариантов объектов управления. Результаты всех расчетов получены при $T_d/T_f = 10$.

Вариант 1

$$W_{obj.1}(p) = b_0 e^{-\tau p} / (T_o p + 1) \text{ или } W_{obj.1}(s) = b_0 e^{-s} / (m_o s + 1);\ m_o = T_o/\tau, \tag{25}$$

Для расчета была использована схема, аналогичная рассмотренной в [3] Simulink-модели для определения параметров ПИД-регулятора. Результаты расчета сведены в табл. 3. Предварительный усилитель ошибки системы должен иметь коэффициент передачи $1/b_0$.

Таблица 3. Расчетные значения параметров ПИД-регулятора для объекта с ПФ (25).

m_o	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	2	3	5	10
m_d	0,075	0,083	0,095	0,109	0,125	0,142	0,160	0,177	0,196	0,374	0,534	0,808	1,316
K	0,434	0,459	0,503	0,557	0,619	0,685	0,754	0,825	0,898	1,651	2,398	3,837	7,203
$1/m_I$	0,756	0,716	0,699	0,694	0,697	0,705	0,717	0,731	0,747	0,939	1,142	1,532	2,417

Вариант 2.

$$W_{obj.2}(p) = b_0 e^{-\tau p} / \left[p(T_o p + 1)\right] \text{ или } W_{obj.2}(s) = b_0 \tau e^{-s} / \left[s(m_o s + 1)\right];\ m_o = T_o/\tau \tag{26}$$

Результаты расчета сведены в табл. 4. Предварительный усилитель ошибки системы должен иметь коэффициент передачи $1/(\tau b_0)$.

Вариант 3.

$$W_{obj.3}(p) = b_0 e^{-\tau p} / \left[a_2 p^2 + a_1 p + 1\right] \text{ или } W_{obj.3}(s) = b_0 e^{-s} / \left[m_a^2 s^2 + \beta m_a s + 1\right], \tag{27}$$

где $m_a = \sqrt{a_2}/\tau;\ \beta = a_1/\sqrt{a_2}$. Результаты расчета параметров регулятора представлены в табл. 5. Предварительный усилитель ошибки системы должен иметь коэффициент передачи $1/b_0$.

Таблица 4. Расчетные значения параметров ПИД-регулятора для объекта с ПФ (26).

m_o	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,5	2	3	5	10
m_d	0,28	0,29	0,31	0,33	0,36	0,40	0,44	0,47	0,51	0,56	0,77	0,98	1,38	2,12	3,67
K	0,84	0,77	0,73	0,70	0,68	0,67	0,66	0,66	0,65	0,65	0,67	0,70	0,77	0,90	1,13
m_I	4,11	4,94	5,67	6,29	6,81	7,25	7,62	7,93	8,19	8,41	9,07	9,33	9,39	9,13	8,65

Таблица 5. Расчетные значения параметров ПИД-регулятора для объекта с ПФ (27).

m_a	m_d						K					
	$\beta = 1,5$	$\beta = 2$	$\beta = 4$	$\beta = 6$	$\beta = 8$	$\beta = 10$	$\beta = 1,5$	$\beta = 2$	$\beta = 4$	$\beta = 6$	$\beta = 8$	$\beta = 10$
0,10	0,072	0,079	0,113	0,155	0,200	0,245	0,421	0,437	0,547	0,691	0,849	1,013
0,20	0,057	0,081	0,178	0,273	0,364	0,450	0,341	0,420	0,757	1,104	1,448	1,788
0,30	0,054	0,095	0,250	0,389	0,516	0,633	0,306	0,445	0,994	1,523	2,036	2,534
0,40	0,064	0,120	0,322	0,498	0,655	0,797	0,300	0,493	1,229	1,927	2,596	3,243
0,50	0,086	0,154	0,395	0,601	0,783	0,945	0,316	0,552	1,458	2,312	3,128	3,917
0,60	0,120	0,196	0,468	0,700	0,902	1,082	0,345	0,620	1,678	2,679	3,637	4,563
0,70	0,164	0,246	0,542	0,795	1,015	1,210	0,385	0,692	1,890	3,031	4,125	5,183
0,80	0,218	0,303	0,617	0,887	1,122	1,329	0,433	0,769	2,095	3,368	4,594	5,781
0,90	0,281	0,367	0,694	0,977	1,224	1,443	0,486	0,847	2,293	3,693	5,046	6,358
1,00	0,352	0,438	0,772	1,066	1,323	1,551	0,543	0,928	2,484	4,006	5,482	6,918

1/0,9	0,441	0,525	0,861	1,164	1,430	1,666	0,609	1,019	2,691	4,342	5,951	7,520
1/0,8	0,562	0,642	0,976	1,285	1,559	1,804	0,696	1,133	2,940	4,745	6,515	8,246
1/0,7	0,736	0,808	1,129	1,440	1,721	1,974	0,811	1,280	3,247	5,240	7,208	9,143
1/0,6	0,993	1,051	1,345	1,650	1,933	2,191	0,966	1,473	3,636	5,863	8,084	10,279
1/0,5	1,392	1,428	1,667	1,949	2,225	2,483	1,181	1,737	4,146	6,676	9,229	11,773
1/0,4	2,054	2,053	2,189	2,417	2,665	2,910	1,488	2,110	4,846	7,786	10,800	13,837
1/0,3	3,269	3,205	3,147	3,252	3,425	3,622	1,947	2,663	5,870	9,409	13,113	16,900
1/0,2	5,915	5,732	5,282	5,105	5,073	5,123	2,671	3,540	7,512	12,037	16,905	21,993
1/0,1	14,399	13,908	12,438	11,468	10,799	10,329	3,902	5,062	10,547	17,106	24,465	32,436

Таблица 5 (продолжение).

m_a	m_i												
	$\beta=1,5$	$\beta=2$	$\beta=4$	$\beta=6$	$\beta=8$	$\beta=10$	m_a	$\beta=1,5$	$\beta=2$	$\beta=4$	$\beta=6$	$\beta=8$	$\beta=10$
0,1	1,276	1,311	1,355	1,324	1,268	1,204	1/0,9	2,702	2,068	1,040	0,695	0,527	0,427
0,2	1,622	1,584	1,392	1,220	1,083	0,974	1/0,8	2,699	2,054	1,012	0,667	0,501	0,404
0,3	1,920	1,768	1,350	1,101	0,936	0,819	1/0,7	2,680	2,031	0,982	0,638	0,474	0,379
0,4	2,159	1,892	1,295	1,005	0,831	0,714	1/0,6	2,643	1,999	0,950	0,608	0,446	0,354
0,5	2,341	1,973	1,243	0,930	0,753	0,639	1/0,5	2,589	1,957	0,916	0,577	0,417	0,327
0,6	2,475	2,025	1,197	0,870	0,694	0,582	1/0,4	2,523	1,909	0,882	0,545	0,388	0,300
0,7	2,569	2,056	1,157	0,822	0,647	0,538	1/0,3	2,467	1,871	0,852	0,514	0,358	0,272
0,8	2,632	2,072	1,123	0,783	0,609	0,503	1/0,2	2,497	1,893	0,843	0,493	0,333	0,245
0,9	2,671	2,077	1,092	0,750	0,578	0,474	1/0,1	2,993	2,246	0,945	0,520	0,332	0,233
1	2,693	2,076	1,066	0,722	0,551	0,450							

Вариант 4.

$$W_{obj.4}(p)=b_0e^{-\tau p}\Big/\Big[p\left(a_2p^2+a_1p+1\right)\Big] \text{ или } W_{obj.4}(s)=b_0\tau e^{-s}\Big/\Big[s\left(m_a^2s^2+\beta m_a s+1\right)\Big]$$
$$m_o=T_o/\tau;\ m_a=\sqrt{a_2}/\tau;\ \beta=a_1/\sqrt{a_2} \qquad (28)$$

Результаты расчета сведены в табл. 6. Предварительный усилитель ошибки системы должен иметь коэффициент передачи $1/(\tau b_0)$.

Таблица 6. Расчетные значения параметров ПИД-регулятора для объекта с ПФ (28).

m_a	m_d						K					
	$\beta=1,5$	$\beta=2$	$\beta=4$	$\beta=6$	$\beta=8$	$\beta=10$	$\beta=1,5$	$\beta=2$	$\beta=4$	$\beta=6$	$\beta=8$	$\beta=10$
0,10	0,248	0,254	0,299	0,364	0,439	0,518	0,783	0,754	0,686	0,658	0,648	0,648
0,20	0,225	0,256	0,407	0,574	0,742	0,909	0,657	0,638	0,618	0,631	0,655	0,683
0,30	0,208	0,270	0,532	0,792	1,044	1,285	0,566	0,565	0,596	0,642	0,691	0,738
0,40	0,195	0,289	0,658	1,004	1,329	1,635	0,498	0,514	0,589	0,662	0,729	0,790
0,50	0,186	0,311	0,780	1,206	1,598	1,962	0,444	0,475	0,587	0,683	0,766	0,838
0,60	0,178	0,332	0,897	1,397	1,851	2,269	0,402	0,444	0,588	0,703	0,799	0,880
0,70	0,172	0,354	1,009	1,579	2,090	2,558	0,367	0,419	0,590	0,722	0,828	0,917
0,80	0,167	0,375	1,115	1,752	2,317	2,832	0,337	0,397	0,592	0,739	0,855	0,950
0,90	0,163	0,395	1,217	1,916	2,534	3,093	0,312	0,378	0,594	0,754	0,879	0,980
1,00	0,159	0,414	1,314	2,074	2,741	3,342	0,291	0,362	0,595	0,767	0,900	1,007
1/0,9	0,156	0,434	1,416	2,241	2,961	3,606	0,270	0,346	0,596	0,780	0,921	1,034
1/0,8	0,152	0,457	1,538	2,440	3,222	3,920	0,249	0,328	0,597	0,795	0,944	1,063
1/0,7	0,149	0,485	1,684	2,680	3,538	4,301	0,225	0,308	0,597	0,810	0,970	1,096
1/0,6	0,145	0,518	1,863	2,978	3,932	4,776	0,200	0,286	0,595	0,826	0,998	1,132
1/0,5	0,142	0,557	2,089	3,358	4,438	5,386	0,173	0,260	0,590	0,841	1,028	1,172

1/0,4	0,138	0,606	2,384	3,866	5,118	6,210	0,144	0,229	0,579	0,855	1,060	1,216
1/0,3	0,134	0,668	2,789	4,587	6,096	7,405	0,113	0,192	0,556	0,861	1,089	1,261
1/0,2	0,131	0,747	3,392	5,721	7,676	9,356	0,079	0,146	0,508	0,844	1,103	1,299
1/0,1	0,128	0,852	4,428	7,915	10,905	13,469	0,041	0,085	0,392	0,748	1,048	1,283

Таблица 6 (продолжение).

m_a	m_i												
	$\beta=1,5$	$\beta=2$	$\beta=4$	$\beta=6$	$\beta=8$	$\beta=10$	m_a	$\beta=1,5$	$\beta=2$	$\beta=4$	$\beta=6$	$\beta=8$	$\beta=10$
0,1	4,536	4,922	6,201	7,113	7,754	8,2	1/0,9	36,34	27,58	15,67	12,32	10,83	10,02
0,2	6,377	6,936	8,350	8,987	9,257	9,35	1/0,8	42,95	31,21	16,44	12,62	10,99	10,13
0,3	8,514	8,996	9,824	9,920	9,804	9,63	1/0,7	52,23	36,09	17,43	13,01	11,21	10,28
0,4	10,940	11,094	10,922	10,470	10,052	9,71	1/0,6	65,98	42,99	18,73	13,55	11,52	10,51
0,5	13,653	13,235	11,807	10,848	10,197	9,74	1/0,5	87,86	53,43	20,59	14,32	11,98	10,86
0,6	16,649	15,425	12,564	11,144	10,305	9,76	1/0,4	126,4	70,83	23,46	15,51	12,72	11,41
0,7	19,928	17,670	13,243	11,399	10,402	9,79	1/0,3	206,1	104,57	28,52	17,60	14,01	12,39
0,8	23,486	19,976	13,873	11,633	10,499	9,83	1/0,2	422,7	190,01	39,75	22,06	16,72	14,42
0,9	27,325	22,348	14,471	11,857	10,599	9,88	1/0,1	1532	591,19	82,62	37,41	25,51	20,73
1	31,442	24,788	15,048	12,076	10,704	9,94							

В заключении рассмотрим пример применения предложенной методики расчета параметров ПИД-регулятора для объекта, ПФ которого определяется выражением.

$$W_{obj}(p)=1/\left[(0,2p+1)(0,5p+1)(p+1)(p+1)\right] \qquad (29)$$

В результате анализа кривой разгона (реакций на ступенчатое входное воздействие) можно установить, что ПФ (29) объекта может быть аппроксимирована выражением

$$W_{obj}(p)\approx e^{-0,554p}/\left(1,248p^2+2,165p+1\right), \qquad (30)$$

или после масштабирования

$$W_{obj}(s)\approx e^{-s}/\left(2,017^2s^2+1,938s+1\right)$$

Коэффициенты ПИД-регулятора

$$m_d=1,442;\ K=1,679;\ m_I=2,018;\quad \text{откуда } T_d=0,799;\ T_I=1,118$$

ПФ входного фильтра

$$W_F(p)=1/\left(0,893p^2+1,877p+1\right) \qquad (31)$$

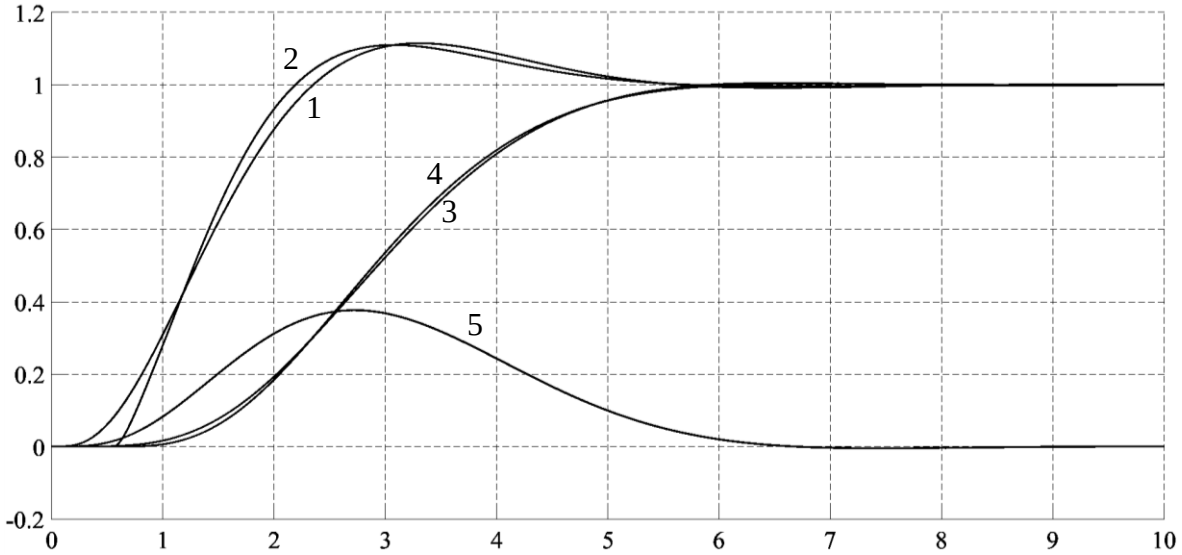

Рисунок 6 Переходный процессы в САУ с ПИД-регулятором и ПФ объекта (29) – график 1, (30) – график 2, тоже с входным фильтром (31) – графики 3 и 4, реакция САУ с ПФ объекта (29) на входное возмущение – график 5.

Приведенные примеры показывают эффективность метода коэффициентов для определения

параметров ПИД-регуляторов для рассмотренных типов САУ. В отличии от известных методов расчета, предложенный метод дает практически оптимальные значения параметров регулятора, которые, скорее всего, при хорошей идентификации параметров объекта потребуют минимум ручной подстройки.

Библиографический список:

1. Мирославский Д.Е. Метод коэффициентов и его применение для оценки качества автоматических систем и проектирования регуляторов. Техниконаучный журнал «Точная наука». Выпуск № 45, с. 83 - 94, Кемерово, 2019.

2. Денисенко В.В. ПИД-регуляторы: вопросы реализации. Журнал «Современные технологии автоматизации». 2007, № 4 С. 86–97.

3. Мирославский Д.Е. ПИД-регуляторы и регуляторы подчиненного управления. Расчет и проблемы цифровой реализации. Итоги науки. Выпуск 30. – Избранные труды Всероссийской конференции по проблемам науки и технологий. Москва, РАН, 2017. – 130 с.

4. Мирославский Д.Е. Проектирование регулятора для не минимально-фазового астатического объекта с запаздыванием в контуре управления. Техниконаучный журнал «Точная наука». Выпуск № 60, с. 17 - 23, Кемерово, 2019.

Ахундов Рамиль Гурбанали оглу
Akhundov Ramil Gurbanali oglu
адъюнкт, Военная Академия Азербайджанской Республики, г. Баку, Азербайджан
E-mail: mr.axundov@mail.ru

УДК 661.183.2

ПОЛУЧЕНИЕ УГЛЕРОДНЫЕ АДСОРБЕНТОВ ДЛЯ ПРОТИВОГАЗОВ РАДИАЦИОННО-ХИМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

PRODUCTION OF CARBON ADSORBENTS FOR GAS MASKS RADIATION-CHEMICAL METHOD

Аннотация: В работе были проведены исследования свойств фильтровального сорбирующего материала, полученного с использованием различных активированных углей - катализаторов.

Ключевые слова: адсорбенты, катализатор, фракционный состав, загрузка

Summary: In work researches of properties of the filtering occluding material received with use of various absorbent carbon - catalysts have been conducted.

Keywords: adsorbents, catalyst, fractional structure, loading

ВВЕДЕНИЕ

Существующие средства защиты органов дыхания фильтрующего типа имеют как достоинства, так и недостатки.

Противогазы с резиновыми масками и соответствующими фильтрующими коробками надежно защищают человека от аэрозолей, паров и газов высокотоксичных и многих АХОВ. Существенными недостатками этих СИЗОД являются: большое сопротивление дыханию, которое увеличивается с увеличением нагрузки на человека, ограничение поля зрения, большая масса, приводящая к значительной статической нагрузке и быстрому утомлению мышц шеи и головы, намины мягких тканей лица, закрытость лица, которое в большей степени обеспечивает терморегуляцию головы. Облегченные респираторы типа фильтрующих полумасок, в которых фильтрующий элемент одновременно служит лицевой частью, оставляют открытыми и незащищенными значительную часть лица и голову.

Сложность задачи создания облегченного средства защиты органов дыхания для широкого применения населением заключается в противоречии предъявляемых требований: снизить скорость диффузии паров токсичных веществ через сорбирующий материал для обеспечения высоких защитных свойств, что достигается уплотнением сорбирующего материала, и одновременно обеспечить низкое сопротивление дыханию за счет уменьшения плотности фильтрующего материала.

В поисках решения поставленной задачи нами были проведены исследования зависимости свойств сорбирующего материала от состава целлюлозно-угольной композиции и способа формования сорбирующего материала.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Известно, что на адсорбционные свойства активированного угля заметно влияет природа поверхности угольного адсорбента. Активированный уголь содержит химически связанный кислород, который в зависимости от способа и условий получения угля образует на поверхности химические соединения кислого или основного характера. Импрегнирование поверхности активированного угля солями некоторых металлов (хрома, меди, цинка, серебра, ванадия) повышает адсорбционные свойства угля.

Для некоторых малоадсорбирующихся веществ недостаточную адсорбционную способность активированного угля можно восполнить за счет хемосорбции и каталитической сорбции.

Путем обработки активных углей соответствующими солями с последующей термообработкой при температуре 110-150°С углям придают свойства катализаторов, способствующих поглощению таких веществ, как аммиак, цианистый водород, хлорциан, мышьяковистый и фосфористый водород, сероводород и других токсичных веществ.

При добавлении к пористым сорбентам катализаторов и других химически активных веществ поглощение токсичных паров и газов происходит за счет хемосорбции. Этот вид адсорбции более

эффективный, чем физическая адсорбция, и, как' правило, является необратимым процессом.

Модификация активированных углей специальными составами на основе солей или комплексных соединений металлов с целью придания избирательной сорбции паров определенных токсичных веществ и увеличения эффективной емкости угля представляет большой практический интерес. Были проведены исследования свойств фильтровального сорбирующего материала, полученного с использованием различных активированных углей - катализаторов. Для этой цели использовали несколько марок углей с каталитическими добавками: К-5У-14, К-5М-114, Купрамит, УП-4, КТ-1. Предварительно был определен их фракционный состав. Результаты определения представлены в таблице.

Таблица - Дисперсность различных марок активного угля с каталитическими добавками

Марка угля	Фракционный состав угля, мкм / %					
	60-40	40-30	30-20	20-10	10-5	Менее 5
АГ-3Д (без катализатора)	-	-	-	16,5	49,9	33,6
КТ-1	-	-	-	16,9	24,4	58,7
К-5У-14	-	7,4	13,1	25,0	23,0	30,3
К-5М-114	-	3,5	11,4	24,8	менее 10 мкм - 60,3	
УП-4	7,8	15,6	40,3	25,9	2,0	8,3

На приборе АФС-2 исследуется фракционный состав в интервале от 2 до 100 мкм.

Для сравнения были изготовлены и испытаны образцы материала на основе угля марки АГ-3Д, не обладающего каталитическими свойствами. Группа активных углей марки АГ используется обычно в качестве основы при изготовлении катализаторов. Получают угли этих марок из каменноугольного сырья и связующего методом парогазовой активации.

Активные угли марок АГ-3, АГ-3А, АГ-3В, АГ-3Д, АГ-3И и другие различаются фракционным составом, насыпной плотностью, динамической активностью. Уголь марки АГ-3Д наиболее близок по фракционному составу активированному углю с каталитическими добавками КТ-1.

Образцы фильтровального сорбирующего материала оценивали по основным показателям - прочности и времени удерживания паров уксусной кислоты. Результаты испытаний представлены в таблице 3.

Введение активированных углей с каталитическими добавками в состав целлюлозной массы повышает защитные свойства сорбирующего материала. Время удерживания паров уксусной кислоты образцом на основе угля Купрамит, осталось на уровне защитных свойств образца материала, содержащего активный уголь без каталитической добавки, что объясняется более высоким содержанием крупной фракции в составе угля Купрамит.

Таблица 2 - Основные характеристики активированных углей с каталитическими добавками

Наименование показателей	Марка активированного угля					
	АГ-3Д (без катализатора)	Угли с каталитическими добавками				
		КТ-1	К-5У	К-5М	УП-4	Купрамин
Назначение угля	Сорбент газообразных и жидких сред	Сорбент фосфор-, хлорорганических веществ	Сорбент фосфор-, мышьяк содержащих веществ	Сорбент фосфор-, мышьяк содержащих веществ	Универсальный поглотитель кислых сред	Сорбент аммиака, сероводорода
Насыпная плотность, г/дм	400 550	410-480	410-480	410-480	-	-
Прочность гранул на истирание,%	75	78	72	80	70	72-75
Фракционный состав, определяется по массовой доле остатка, %, на сите с полотном №:						
№34	0,5	-	0,5	-	0,5	0,5
№28	3,0	0,5	3,5	4,5	6,0	68,0
№20	-	1,0	-	15,0	-	-
№ 17	84,0	70,0	86,0	70,0	86,0	78,
№ 10	13,0	23,0	10,0	20,0	15,7	12,0
№0,5	-	1,0	-	10,0	-	-
Остаток на поддоне	0,6	0,5	0,6	0,5	1,0	1,0

Таблица 3 - Свойства сорбирующего материала на основе углей с каталитическими добавками

Наименование показателя	Модифицированный	К-5У- 14	К-5М- 114	Купрамит	УП-4	КТ-1
Масса 1 м , г	102	102	108	108	105	105
Плотность, г/см	0,40	0,34	0,38	0,39	0,41	0,44
Относительное удлинение, %	4,0	2,6	2,6	4,8	4,7	4,3
Влагопрочность, %	32,2	29,6	32,7	39,2	34,6	35,2
Сопротивление продавливанию, кПа	23,0	22,0	24,0	27,5	30,5	28,0
Время удерживания паров уксусной кислоты, мин	75	86	88	74	100	115

Наиболее высокие защитные свойства сорбирующего материала при наименьшем фактическом содержании сорбента обеспечивает введение в состав композиции угля-катализатора марки КТ-1, который отличается высоким содержанием мелкодисперсной фракции (менее 5 мкм). Несколько меньше время удерживания паров уксусной кислоты у образцов, полученных с использованием активных углей-катализаторов УП-4, К-5У-14 и К-5М-114. Высокие показатели прочности и хорошие защитные свойства образца материала, содержащего уголь КТ-1, явились основанием для использования угля этой марки при изготовлении- опытной партии фильтрующе-сорбирующего материала.

Высокая плотность полученного сорбирующего материала является причиной значительного сопротивления воздушному потоку, которое составляет в зависимости от показателя плотности от 20 до 42 Па.

Таким образом, для улучшения аэродинамических свойств прежде всего необходимо было уменьшить плотность сорбирующего материала, для чего внести коррективы в технологию его получения.

С целью выбора оптимального состава композиции для получения сорбирующего материала в лабораторных условиях были подготовлены образцы с разным содержанием активированного угля смесового состава. Свойства полученных образцов представлены в таблице.

Таблица 4 - Свойства сорбирующего материала с различным содержанием активированного угля

Содержание в композиции,% Угля / рубленных углеродных нановолокон	Масса, г/м^2	Плотность г/см^3	Предел прочности при растяжении, Н/мм~	Влаго- прочность, %	Сопротивление по-току воздуха, Па	Время удержания паров уксусной кислоты, мин
35/ 65	125	0,25	13,3	26	4,0	75-83
45/55	122	0,25	13,5	26	4,0	85-100
50/50	123	0,24	14,2	27	4,0	90-105
60/ 40	122	0,25	13,0	28	3,9	100-105

При проведении исследований были рассмотрены свойства сорбирующего материала с различным содержанием активированного угля, и рубленных углеродных нановолокон и составлено их пропорция. Изменение исследуемых параметров было отмечено в пределах ошибки опыта, так же можно отметить что было выбрано наиболее оптимальное соотношение 60/40, в связи с наиболее долгим временем удержания паров уксусной кислоты и наиболее высокого показателя параметра влагопрочности который составил 28%.

ВЫВОДЫ

При формовании исследуемые нами образцы подвергали минимальному прессованию, что позволило нам значительно снизить плотность угленаполненного субстрата и сопротивление потоку воздуха. Повышение содержания сорбента в композиции увеличивает время удерживания паров уксусной кислоты материалом, заметно ухудшает прочностные показатели и не влияет на сопротивление потоку воздуха.

Библиографический список:

1. Ladeiria, A.C.Q., Figueira, M.E.M., Ciminrlli, V.S.T., 1993. Characterization of activated carbon utilized in the gold industry: physical and chemical properties. Miner. Eng. 16 (6), 585–596.

2. Madadi Yeganeh, M., Kaghazchi, T., Soleimani, M., 2006. Effect of raw materials on the properties of activated carbons. J. Chem. Eng. Technol. 29, 1247– 1251.

3. Petersen, F.W., Van Deventer, J.S.J., 1995. Competitive adsorption of gold cyanide and organic compounds onto porous adsorbents. Sep. Sci. Technol. 32 (13), 2087–2103.

4. Soleimani, M., 2007, Gold Adsorption from Dilute Solutions with Carbon Adsorbents and Modeling of the Adsorption System, PhD Thesis, Amirkabir University of Technology.

5. Syna, N., Valix, M., 2003. Modeling of gold(I) cyanide adsorption based on the properties of activated bagasse. Miner. Eng. 16, 421–427.

Абдималик кызы Айжамал, Ташполотов Ы.
Abdimalik kizi Ayzhamal, Tashpolotov Y.
Ошский государтсвенный университет.

УДК 621.31:69.14

ПОЛУЧЕНИЕ ТАМПОНАЖНЫХ ЦЕМЕНТОВ НА ОСНОВЕ МЕСТНЫХ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ РАЗЛИЧНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КЫРГЫЗСТАНА

OBTAINING CEMENT CEMENT BASED ON LOCAL MINERAL RESOURCES OF VARIOUS FIELDS OF KYRGYZSTAN

Аннотация. Рассмотрены методы получения наноразмерных ситсем для получения наноструктурнных тампонажных цементов. Получен нанокомпозитный цемент на основе природного кремнезема Таш-Кумырского и Озгурского месторождений. Установлено, что рассмотренные кварцевые месторождения разнообразны по химическому составу, так и по уровням содержания примесей. По составу примесей наиболее целесообразным месторождением для организации производства тампонажного цемента является Таш-Кумырское и Озгурское месторождений. Используемые смеси на основе тампонажных портландцементов и порошкообразного кварца позволяет: приготавливать седиментационно-устойчивые тампонажные растворы различной плотности с оптимальными реологическими характеристиками; создавать высокопрочные и непроницаемые цементные композиции с высокими забойными температурами; значительно повысить коррозионную стойкость цементной композиции.

Annotation. Methods of obtaining nanosized systems for obtaining nanostructured standard cementes are considered. Received nanocomposite cement based on natural silica Tash-Kumyrsky and Ozgur deposits. It was established that the considered quartz deposits are diverse in chemical composition, as well as in the levels of impurities. By the composition of impurities, the most suitable field for organizing the production of cement is Tash-Kumyrskoe and Ozgurskoye deposits. The mixtures used on the basis of grouting portland cement and powder quartz allow you to: prepare sedimentation-resistant grouting solutions of various densities with optimal rheological characteristics; to create high-strength and impermeable cement compositions with high downhole temperatures; significantly increase the corrosion resistance of the cement composition.

Ключевые слова: портланцемент, добавки, активность, кварцевый песок, кремнеземы, химический состав, тампонажный цемент.

Key words: portlancement, additives, activity, quartz sand, silicas, chemical composition, grouting cement.

В работе с целью получения композитного тампонажного цемента(ТЦ) применены кремнеземы месторождений Таш-Кумыра и Озгура.

На практиве для повышения термостойкости ТЦ в качестве добавки используют тонкодисперсный кремнезем (SiO_2) (кислотная компонента)[1,2]. В таблице 1 представлены химсостав имеющихся кварцевых месторождений юга Кыргызстана, полученные на основе спектроскопического и химического анализов.

Таблица 1.

Химсостав кремнезема различных месторождений КР

Месторождение	Химический состав компонентов,%					Размер поршков, в мм
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO+MgO	K_2O	
Таш-Кумыр	94.3	1.8	-	-	3.0	0.1-2.5
Сулюкта	85.0	10.5	0.83	1.67	-	0.5-2.5
Озгур(г.Ош)	88.3	6.3	-	-	5.5	0.5-2.7

Таблица 2

Характеристики тампонажных смесей с добавками частиц кварца

Состав сраствора, масс.%		T^0,С	Водное и смесовое отношение, В/С	Плотность, кг/м^3	Прочность цементного камня, МПа
Цемент	Кварцевый порошок				
100	-	95	0.5	1860	75
70	30	95	0.5	1800	70
100	-	120	0.5	1860	80
70	30	120	0.5	1810	68

На основе полученных данных, представленные в таблицах 1 и 2., можно сделать вывод, что для получения термостойкого тампонажного раствора с плотностью 1800 – 1850 кг/м^3 в качестве наполнителя можно использовать кварцевый высокодисперсный порошок месторождений Таш-Кумыра и Озгура, соответствующими свойствами:

- SiO_2=94.3 и 88,3% с примесями Al_2O_3=1.8 и 6.3% и K_2O=3.0 и 5.5%; промывка песка дополнительно обогащает его до 97-98%;
- дисперсность SiO_2 составляет 25-45 мкм;
- удельная поверхность - 4710 см^2/г;
- влажность – менее 0.15 %.

Отметим, что такие характеристики как время загустевания и схватывания, реологические и фильтрационные свойства, расширение регулируется введением реагентов.

Подитоживая можно сделать вывод, что смеси на основе тампонажных портландцементов и высодисперсного кварца позволяет:

- получить тампонажные растворы с необходимыми реологическими параметрами;
- создавать цемент (высокопрочный и непроницаемый) с высокими забойными температурами в скважинах;
- повышается коррозионная стойкость цемента.

На основании полученных результатов разработаны режимы получения термостойких тампонажных растворов для цементирования скважин.

Для получения цемента концентрации наполнителя(кварца) менялись от 30 до 80% [3]. Портланд цемент и кварцевый порошок смешивались в сухом виде и затворялись в воде при водосмесовом отношении В/С=0.5. При увеличении концентрации высокодисперсного кварца до 50% увеличивается прочность тампонажного цементного камня, а дальнейшее увеличение концентрации SiO_2 приводит к снижению прочности цемента.

Таблица 3.

Прочность тампонажного цементного камня в зависимости от концентрации цемента и кварцевого песка Озгурского месторождения

Состав смеси	Массовая концентрация компонентов в смеси, в %								
Цемент	69	63	56	50	44	37	31	25	19
SiO_2	31	37	44	50	56	63	69	75	81
Прочность, МПа	70	75	68	80	60	55	48	18	14

Из таблицы 1 видно, что исследованные месторождения кварца отличаются как по компонентному составу, так и по уровням концентрации примесей. Установлено, что по содержанию примесей, а также по данным табл.2 и 3 целесообразно использовать кварциты Таш-Кумырского и Озгурского месторождений для производства тампонажного цемента.

Выводы

1.Получено, что изученные кварцевые месторождения разнообразны как по химическому

составу, так и поконцентрации примесей.При этом наиболее целесообразным для производства тампонажного цемента является кварцитовые месторождения Таш-Кумыра и Озгура.

2.Полученные смеси (тампонажный портландцемент и порошкообразный кварц) позволяет приготавливать устойчивые тампонажные растворы различной плотности с необходимыми реологическими характеристиками; создавать высокопрочные и непроницаемые цементные композиции с высокими забойными температурами; значительно повысить коррозионную стойкость цементной композиции.

3. Выявлено, что кварцитовые порошки сухого помола (как кристаллические, так и аморфные) является более активной и реакционноспособной, по сравнению порошков мокрого помола при одинаковой их дисперсности. Активность порошков сухого и мокрого помола сохраняются даже при достаточно высокой температуре спекания.

Библиографический список:

1.Бабков ВВ., Мохов В.К, Капитонов СМ., Комохов П.Г. Структурообразование и разрушение цементных бетонов. -Уфа, 2002. - 376 с.

2.Евтушенко Е И. Активационные процессы в технологии строительных материалов. Белгород, 2003 -208 с.

3. Белей И., Щербич Н., Коновалов Е., Ноздря В., Саморуков Д., Соколович А. Кремнеземистые активные добавки для тампонажных цементов // Бурение. Нефть, 2004, №3.

Хакимов Дилмурод Валижон угли
Khakimov Dilmurod Valizhon coals
докторант, кафедра «Метрология, стандартизации и менеджмент качества продукции»,
Андижанский Машиностроительный институт, г. Андижан, Узбекистан.
E-mail: dilmurod0305@mail.ru

Махмудова Саодатхон Хабибулло кизи
Mahmudova Saodathon Habibullo Kizi
ассистент, кафедра «Метрология, стандартизации и менеджмент качества продукции»,
Ферганский политехнический институт, г. Фергана, Узбекистан. E-mail: saodatxon.ferpi@gmail.com

УДК 658.56

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ

DEVELOPMENT OF A QUALITY MANAGEMENT SYSTEM AT AN INDUSTRIAL ENTERPRISE

Аннотация. В данной статье разрабатываются принципы управления качеством, соответствующие рыночной экономике, а также обосновываются методические и практические рекомендации по совершенствованию системы управления качеством на промышленных предприятиях, высокий уровень научно-технических достижений и эффективные формы организации и управления производством в отдельных развитых странах. Новый источник заключается в предоставлении высококачественных продуктов и услуг, а также в предоставлении населению новых инструментов для повышения национального благосостояния и средств к существованию сообщества.

Abstract. This article develops the principles of quality management that are relevant to a market economy, as well as substantiates methodological and practical recommendations for improving the quality management system in industrial enterprises, a high level of scientific and technological achievements and effective forms of organization and production management in individual developed countries. A new source is to provide high-quality products and services, as well as to provide people with new tools to enhance national welfare and livelihoods of the community.

Ключевые слова: Анализ, качества, Концепция, качество продукции, процесса, системы, деятельности предприятия, бизнеса, труда, жизни.

Keywords: Analysis, quality, concept, product quality, process, system, enterprise, business, labor, life.

Проведение узбекскими предприятиями новой политики в области качества требует изучения и использования опыта ведущих предприятий передовых стран мира, что облегчается за счет роста в последние годы объема информации по различным вопросам управления качеством. Однако слепое копирование отечественными предприятиями методов и механизмов управления качеством может привести к серьезному осложнению экономического положения предприятий.

Специфика условий определяет специфику выбора механизмов управления. Необходимо создать свой, отвечающий нашим условиям механизм управления качеством, максимально используя и собственный, отечественный опыт, учитывая многочисленные наработки в Узбекистан в период 1991-2010 гг. Комплексный подход к разработке и формированию условий для развития системы управления качеством позволит не только сократить сроки их внедрения, но и значительно облегчить этот процесс. Совершенствованию системы качества на любом предприятии должен предшествовать объективный и тщательный анализ действующих производственных процессов и структуры системы по их управлению.

В целях дальнейшего повышения конкурентоспособности отечественной продукции и услуг на внешнем и внутреннем рынках, увлечения экспортного потенциала республики Кабинетом Министров Республики Узбекистан издано постановление №349 от 22 июля 2004 года "О мерах по внедрению на

предприятиях систем управления качеством, соответствующих международным стандартам".

В развитие данного постановления в августе 2006 года Правительством республики было принято постановление № 183 «О дополнительных мерах по внедрению на предприятиях систем управления качеством, соответствующих международным стандартам».

Для обеспечения дальнейшего расширения внедрения на предприятиях республики систем управления качеством, соответствующих международным стандартам, повышения конкурентоспособности производимых отечественными предприятиями продукции и услуг, увеличения экспортного потенциала и внедрения на предприятиях республики систем управления качеством, соответствующих международным стандартам, 19 июня 2009 года Кабинетом Министров Республики Узбекистан принято Постановление №173 "О дополнительных мерах по расширению внедрения на предприятиях республики систем управления качеством, соответствующих международным стандартам".

Постановлением предусмотрено внедрение до 1 января 2011 года на 277 предприятиях и организациях республики систем управления качеством, соответствующих международным стандартам и изучение возможности внедрения систем управления качеством еще на 952 предприятиях, а также ряд льгот для предприятий, внедривших системы управления качеством, соответствующих международным стандартам. Комментарии к ПКМ РУз №173 от 19.06.2009г.

Рис.1. Сравнение различных подходов к качеству

Оказанием услуг по внедрению систем управления качеством, соответствующих международным стандартам, занимаются консалтинговые компании.

На сегодняшний день общепризнанная классификация систем управления качеством актуальна

для решения проблем стратегического развития предприятия. Каждый новый этап эволюции форм и методов работ по качеству хотя и имеет свою специфичность, но всегда наблюдается преемственность ранее действовавших методов по улучшению качества.

Углубленная научно-экономическая проработка новых подходов к качеству требует создания эффективного способа управления организационным развитием в системе качества, в том числе за счёт руководства качеством на уровне организационного поведения, исходя из особенностей предприятия с учетом уровня развитости корпоративной культуры предприятия и взаимодействия с внешней средой.

Концепция управления качеством сегодня представлена разными подходами, направлениями и школами. Как отечественные, так и зарубежные учёные отмечают влияние процессов организационного поведения на управление качеством и его конкурентоспособность, но целый ряд вопросов по оптимизации механизма данного взаимодействия остаётся недостаточно исследованным.

Анализ действующих на большинстве узбекских предприятий принципов управления в области качества показывает, что они не отвечают современным рыночным условиям. В этой связи, в управлении качеством необходимо учитывать всё разнообразие аспектов качества и динамику изменения различных характеристик в собственном развитии, формируя для этого необходимые условия. Главной задачей системы управления качеством является создание средств поддержки в виде организационно-управленческих технологий для формирования самореализующегося поведения работников в организации и организации на рынке.

В последнее время появился ряд важных факторов, которые при их учёте окажут существенное влияние на развитие системы управления качеством:

- повышение роли международных стандартов и методов самооценки системы качества в обеспечении конкурентоспособности;
- многогранность подхода к решению проблем качества, что приводит к нарушению пропорциональности развития предприятия, если не определены условия развития системы управления качеством.
- влияние структурной перестройки на темпы развития предприятия и улучшения качества продукции, а также новые концепции сокращения производственного цикла изделия за счёт внедрения информационных технологий и т. д.;
- важность организационного и социально-психологического фактора при развитии системы управления качества;
- направленность вектора развития системы управления качеством перемещается на достижение качества жизни человека и качества среды обитания предприятия;
- увеличение внимания к нефинансовым измерителям эффективности работы предприятия, таким как управление интеллектуальным капиталом, удовлетворённость потребителей и удовлетворённость персонала.

Данные обстоятельства направят промышленные предприятия на активное использование в своей практике современных методов управления качеством и определят важность значения системы управления качеством для пропорционального и эффективного развития в условиях неопределенности внешней среды.

Процесс развития систем управления качеством раскрывается в его динамике, развёртывании совершенных тенденций, включая появление новых принципов и методов управления качеством. Значение процесса развития узбекских концепций управления качества заключается в том, что он не позволяет пребывать в количественной плоскости уже достигнутого уровня качества систем, а требует перехода к более развитым его формам. Поэтому генезис систем управления качеством позволит сформулировать понятие системы качества, соответствующее современным условиям рыночной экономики, и вычленить качественно новые пути их дальнейшего развития.

Что в процессе непрерывного совершенствования создаётся специфичная философия качества, которая отражает особенности культуры и экономики каждой страны. Поэтому в ходе развития системы управления качеством разделились направления восточной, западной и российской философии качества. Сопоставление различных подходов к качеству приведено в рисунке 1.

Для современного рынка, как показывают исследования отечественных и зарубежных учёных, характерна устойчивая тенденция к повышению роли неценовых форм конкуренции, особенно

конкуренции качества. Поэтому при организации взаимодействия с рыночной средой эффективным стало использование различных видов менеджмента: отраслевого, финансового, персонального, инновационного и т.д. А для развития способности согласовываться со средой на предприятии применяются маркетинговые исследования, методы Бенчмаркинга, логистические методы оценки и т.д.

Таким образом, анализ систем управления качеством в зарубежной практике на предмет понимания влияния различных факторов на процесс развития показал, что он не позволяет пребывать в количественной плоскости уже достигнутого уровня качества систем, а требует перехода к более развитым его формам. Динамика развития системы управления качеством представлена в таблице 1.

Таблица 1 Динамика развития системы управления качеством

Критерии выделения факторов развития	**Концепции систем управления качеством**		
Определяющая функция системы	контроль	управление	планирование
Носитель процесса развития систем	элемент	система	процесс
Направленность процесса развития	механизм	типология	направление
Объект управления	качество продукции	качество системы	качество процесса
Степень управляемости процессов системы	стихийность	Целенаправлен-ность	сознательная регулируемость

На будущее развитие организации, теоретических и практических работ по управлению качеством оказывает влияние процесс расширения и углубления понятия качества: качество продукции, процесса, системы, деятельности предприятия, бизнеса, труда, жизни.

Генезис систем управления качеством позволил определить собственное понимание системы управления качеством. Под системой управления качеством следует понимать адекватный внешним условиям комплекс действий, методов и средств эффективного преобразования организационных структур, процессов деятельности, поведения персонала и т. д. Иными словами, развитие выражается как саморазвитие, а системность является его важнейшей характеристикой. В этой связи, авторский подход заключается в необходимости выделения основных характеристик развития современных систем управления качеством:

- системы управления качеством рассматриваются как самореализующиеся, преобразующиеся и организующиеся системы в соответствии с внешними условиями деятельность предприятия;
- функционирование систем управления качеством обуславливается самостоятельными факторами в процессе соразвития с системой управления предприятием;
- системы управления качеством предусматривают улучшение качества как

организованность процесса обмена информацией с внешней средой.

Об эффективности системы управления качеством, по нашему мнению, можно судить по степени самоорганизованности, способности учитывать всё разнообразие аспектов качества и динамику изменения вышеперечисленных характеристик в собственном развитии, формируя для этого необходимые условия.

В свою очередь, процесс развития управления качеством имеет спиралевидную форму, в связи с чем происходит ускорение темпов взаимодействия субъекта и объекта управления, его факторов, управляющей и управляемой системы, связей между ними. Важная сторона процесса развития или вектор направленности саморазвития системы качества в деятельности предприятия выражается в комплексном и многоаспектном понимании качества. Результативность развития системы качества выражается в способности самостоятельно формировать и постоянно менять структуру средств по исправлению возникающих несоответствий во внешней среде. Оценка результативности функционирования системы управления качеством зависит от скорости реагирования предприятия на внешние и внутренние воздействия мгновенной перестройкой своей структуры.

Библиографический список:

1. Никифоров, А. Д. Управление качеством [Текст] / А. Д. Никифорова - Моква : Дрофа, 2015. – 720 с.
2. Радионов, В. В. Управление качеством [Текст] / В. В. Радионов // Новосиб. Гос. Акад. Экономики и управления. – Новосибирск. 2015. – 44 с
3. Гличев, А. В. Современное представление о механизме управления качеством продукции [Текст] / А. В. Гличев // Стандарты и качество. - 2014. - №3. – С45-46.
4. Галлеев, В. И., Варгина, М. К. Управление качеством: проблемы, перспективы [Текст] / В. И. Галева, М. К. Варгина // Сертификация. - 2013. - №4. – С. 11-13.
5. Гличев, А. В. Очерки по экономике и организации управления качеством продукции [Текст] / А. В. Гличев // Стандарты и качество. - 2015.-№4.- С. 50-53.
6. Квалиметрический подход к оценке показателей качества продукции [Текст] // Труды Международного симпозиума «Надежность и качество». – 2015. – Т.1- С. 5-8.
7. Воскобойников, В. Новые подходы к управлению качеством продукции [Текст] / В. Воскобойников // Экономика и жизнь. - 2015. - №50. – С.23-28.
8. Довбня, А. А. , Поединщиков И.И. Оценка эффективности менеджмента в реализации цели политики в области качества [Текст] / А. А. Довбня, И.И. Подинщиков // Стандарты и качество. - 2014.- №3.- С.12-13.
9. Понятие и показатели качества продукции. [Электронный ресурс] // Grandars.ru – Электрон. дан. - Режим доступа: http://www.grandars.ru/college/tovarovedenie/kachestvo-tovarov.html. – Загл. с экрана.
10. Факторы, формирующие качество товара. [Электронный ресурс] // Знайтовар.Ру. – Электрон. дан. - Режим доступа: http://www.znaytovar.ru/new2573.html. – Загл. с экрана.

Научное издание

Коллектив авторов

ISSN 2500-1140

Техниконаучный журнал «Техноконгресс»

Кемерово 2019