

**Теоретический и прикладной
научно-технический журнал**

ISSN 9967-45-57

ИЗВЕСТИЯ

**Кыргызского государственного технического
университета им. И. Раззакова
№ 19**

БИШКЕК – 2010

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

- Дуйшеналиев Т. Б.** – доктор физико-математических наук, профессор
(*главный редактор*);
- Батырканов Ж.И.** – доктор технических наук, профессор
(*заместитель главного редактора*);
- Бостонова П.З.** – кандидат педагогических наук, доцент;
(*ответственный секретарь*);
- Абдраимов С.А.** – доктор технических наук, профессор, чл.-корр. НАН КР;
- Абдрахманов С.А.** - доктор физико-математических наук, профессор;
- Абдымаликов К.А.** – доктор экономических наук, профессор;
- Баткибекова М.Б.** – доктор химических наук, профессор;
- Бабак В.Ф.** – доктор технических наук, профессор;
- Бочкарев И.В.** - доктор технических наук, профессор;
- Джаманбаев М.Дж.** - доктор физико-математических наук, профессор;
- Джуматаев М.С.** – доктор технических наук, профессор, академик НАН КР;
- Джунушалиева Т.Ш.** – доктор химических наук, профессор;
- Марипов А. М.** – доктор физико-математических наук, профессор;
- Обозов О. Дж.** – доктор технических наук, профессор;
- Осмонбетов К.О.** – доктор геолого-минералогических наук, профессор;
- Тургумбаев Ж.Ж.** - доктор технических наук, профессор;

Ответственный за выпуск	Курманалиев Б.К.
Редакторы языковой редакции	Лыткин Ю.М.
Корректор	Султангазиева А.К.
Технический редактор и компьютерная верстка	Султангазиева А.К.

Подписано к печати 25.08.2010. Формат бумаги 60x84¹/₈. Бумага офс.
Печать офс. Объем 9,75п.л. Тираж 150 экз. Заказ 160.

Издательский центр “Текник”
Кыргызского государственного технического университета им. И.Раззакова
720044, Бишкек, ул. Сухомлинова, 20.
Тел.: 54-29-43, e-mail: beknur@mail.ru

СОДЕРЖАНИЕ

АВТОМАТИЗАЦИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**Джолдошов Б.О.**

Синтез управляющих устройств для нелинейных систем с учётом заданных инженерных показателей качества 5

Джолдошов Б.О.

Синтез цифрового регулятора многомерной системы в условиях неполной информации..... 10

Джолдошов Б.О.

Синтез управляющего устройства для линейной САУ по ограничениям на значения критерия качества в условиях неопределённости..... 17

Кармышаков А.К., Дакинова З.К.

Лабораторный модуль для изучения принципов цифровой обработки сигналов..... 25

Батырканов Ж.И., Саитов Н.Ж.

Разработка автоматизированной системы управления учебным процессом вуза..... 31

Батырканов Ж.И., Кадыркулова К.К.

Адаптивное управление траекторным движением 35

Джолдошов Б.О.

К проектированию управляющей подсистемы САУ с учетом требований на заданные показатели качества..... 39

Батырканов Ж.И., Боскебеев К.Дж.

Модель нечеткого управления 43

Зимин И.В.

Биометрическая идентификация личности по радужной оболочке глаза с использованием нейронной сети..... 47

Батырканов Ж.И., Мамышов А.М.

Адаптивный подход управления нелинейным электромеханическим объектом..... 56

Батырканов Ж.И., Саитов Н.Ж.

Проблемы построения экспертных систем..... 60

ИННОВАЦИИ И УПРАВЛЕНИЕ УЧЕБНЫМ ПРОЦЕССОМ**Торобеков Б.Т., Саитов Н.Ж.**

Организация образовательной деятельности вуза на основе информационной системы..... 65

Абдыллаева Г.О.

Система адаптации как направление развития дистанционного обучения в техническом вузе..... 70

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ И НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**Маткеримов Т.Ы., Муктарбек у.К.**

Определение оптимальной длины полосы движения для поворота налево..... 74

Самсонов В.А., Тутлис В.П.

Оценка точности обработки изделий сверлением..... 79

Сапрыкин Ю.В., Дуйшеналиев Т.Б., Кулаков В.С., Жумалиев Ж.М.

О трещинах и пределах трещиностойкости в механике разрушения..... 81

Самсалиев А.А., Ларин С.С., Баткибекова М.Б.

Обжиг сульфидных материалов в плазматроне со свободно плавающим плазмойдом..... 92

Самсалиев А.А., Бадачиев Т.М., Ларин С.С., Шаяхметов Р.М.	
Плазменный обжиг известняковых материалов и клинкера.....	97
Сыдыков Ж.Д., Самбаева Д.А., Маймеков З.К.	
Кислотное разложение техногенного сырья и изучение свойств карбонатной системы.....	101
Сыдыков Ж.Д., Самбаева Д.А., Маймеков З.К.	
Кислотное разложение техногенного сырья и изучение свойств карбонатной системы.....	105
Рагрин Н.А.	
Критерий оптимального износа быстрорежущих спиральных сверл	109
Самсонов В.А., Даниленко Б.Д.	
Выбор режима резания при фрезеровании плоскостей торцевыми фрезами, оснащенным твердосплавными пластинками.....	113
Бузурманкулова Ч.М.	
Основные виды тарифов на электроэнергию.....	118
Акпаралиев Р.А.	
Экспериментальный стенд для микроГЭС.....	120
Курманалиев Б.К.	
Обработка металла у древних кыргызов.....	123
Самсонов В.А., Тутлис В.П.	
Стойкость сверл.....	126
Юнусов Ф.И., Неженко О.В.	
Исследование скорости подачи суппорта станка на гидростатических направляющих.....	128
Рагрин Н.А.	
Влияние износа отдельных рабочих элементов на характер формирования отказа быстрорежущих спиральных сверл.....	133
Рагрин Н.А.	
Критерий технологического износа быстрорежущих спиральных сверл.....	138
Тургумбаев Ж. Ж., Башиков И.Т.	
Управляемый отвал бульдозера для очистки снежных и грунтовых завалов на горных дорогах.....	143
ГУМАНИТАРНЫЕ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ	
Калчороев А.К., Степанов С.Б.	
Обеспечение безопасности развития Кыргызстана на современном этапе.....	149
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ	
Курманалиев К., Султангазиева А.К.	
Устойчивость упругих конструкций при интенсивном динамическом нагружении..	154

АВТОМАТИЗАЦИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 681.5

**СИНТЕЗ УПРАВЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ НЕЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ С
УЧЁТОМ ЗАДАНЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА**

Джолдошов Бекболот Оморович, к.т.н., доцент КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: bekbolot2009@yandex.ru

Цель статьи: разработан метод к синтезу систем управления нелинейными непрерывными многомерными объектами. Подход позволяет определить структуру и параметры динамического регулятора системы по исходным инженерным требованиям к точности и быстродействию проектируемой системы.

Ключевые слова: синтез систем управления, нелинейный многомерный объект, структура и параметры динамического регулятора, требования к точности и быстродействию проектируемой системы, качество процессов управления.

**SYNTHESIS OF CONTROL DEVICES FOR NONLINEAR SYSTEMS TAKING INTO
ACCOUNT THE SET OF ENGINEERING QUALITY INDICATORS**

Dzholdoshov Bekbolot Omorovich, PhD (Engineering), Associate Professor, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, KSTU named after I.Razzakov, 720044, Bishkek, Mira Avenue, 66, e-mail: bekbolot2009@yandex.ru

Article purpose: the method to synthesis of control systems of nonlinear continuous multidimensional objects is developed. Approach allows to determine structure and parameters of the dynamic regulator of system by initial engineering requirements to accuracy and speed of the designed system.

Keywords: synthesis of control systems, nonlinear multidimensional object, structure and parameters of the dynamic regulator, the requirement to accuracy and speed of the designed system, quality of management processes.

Одной из основных проблем при синтезе современных систем управления является проблема качества систем. Она заключается в разработке математических методов анализа и синтеза систем, удовлетворяющих некоторым, заранее заданным показателям качества процесса управления. Для решения этой проблемы в современной теории управления широко используются методы оптимального управления, модального управление, и другие. Далее, одним из вариантов использования методов управления для обеспечения системе заданного качества является решение задачи с критерием, построенным на разности между состояниями системы и некоторой эталонной, заранее заданной траектории [2,3,4,5].

Формулировка проблемы управления. Рассмотрим нелинейный многомерный объект управления, описываемый следующим векторным дифференциальным уравнением

$$\dot{x}(t) = f[x(t), u(t)], \quad x(t_0) = x^0, \quad t \in [t_0, t_k], \quad (1)$$

где $x(t) = [x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)]^T$ – вектор состояния; $u(t) = [u_1(t), u_2(t), \dots, u_m(t)]^T$ – вектор управляющих воздействий; $f(x, u) = [f_1(x, u), f_2(x, u), \dots, f_n(x, u)]^T$ – n -мерная вектор-функция,

удовлетворяющая условиям Коши [1,3]; t_0, t_k – начальный и конечный моменты процесса управления.

В дальнейшем предполагается, что объект (1) является полностью управляемым и необходимо стабилизировать его нулевое состояние. Основными показателями качества регулирования будем считать динамическую точность и быстродействие системы управления. Поэтому в качестве степени достижения цели управления целесообразно выбрать векторный критерий $\Pi_i = [T_i, \sigma_i, \Delta_i]$ допустимого качества управления [1,3,4,5], геометрические иллюстрации которого показаны на рис. 1 и рис.2., где $T_i^*, \upsilon_i^*, \delta_i^*$ – максимально допустимые значения соответственно времени регулирования, перерегулирования и статической ошибки регулирования процессов $x_i(t)$. По вектору качества Π_i выбираем положительные функции $\sigma_i(t)$, с помощью которых задаются границы допустимых областей. Требования, предъявляемые к качеству синтезируемой системы, определяются переходными процессами по ошибке управления $e(t)$. Успешность выполнения заданной цели управления $g(t)$ достаточно полно характеризует вектор ошибки управления (невязки)

$$e(t) = g(t) - x(t).$$

Математическое описание такого инженерного критерия можно задавать на основе следующих модульных неравенств:

$$|x_i(t)| = |e(t)| \leq \sigma_i(t), \quad t \in [t_0, t_k], \quad i = \overline{1, n}, \quad (2)$$

где $\sigma_i(t)$ – положительные, непрерывно-дифференцируемые функции, определяющие точность и быстродействие проектируемой автоматической системы (рис. 1. и рис.2).

Соотношения (2) описывают допустимые области (подмножества) $D_i(t)$ для переменных $x_i(t)$.

$$D_i(t) = \{x_i(t) \in R^1 : |x_i(t)| \leq \sigma_i(t)\}, \quad i = \overline{1, n}. \quad (3)$$

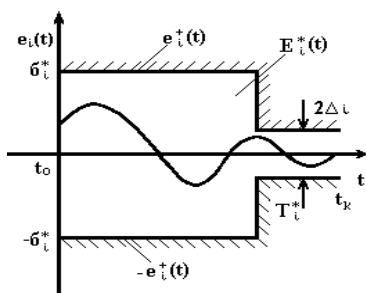


Рис. 1. Допустимая область для $x(t) = e(t)$.

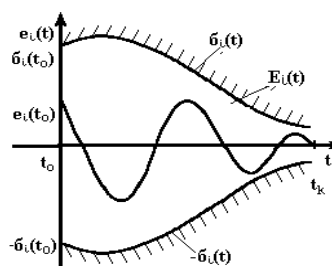


Рис. 2. Границы допустимых областей

Тогда допустимое подмножество $D(t)$ для вектора состояния $x(t)$ определяется соотношением

$$D(t) = \{x(t) \in R^n : x_i(t) \in D_i(t), \quad i = \overline{1, n}\}. \quad (4)$$

Проблема управления формулируется следующим образом. Для объекта управления, описываемого векторным уравнением (1), необходимо определить структуру и параметры регулятора, обеспечивающего выполнение требований (2) к точности и быстродействию проектируемой системы, т.е. к качеству процесса управления.

Описание условий достижения заданных инженерных показателей качества управления. Рассмотрим возможность решения сформулированной задачи синтеза управления нелинейным объектом на основе принципа гарантируемой динамики [1,2,3,4,5].

Предварительно запишем уравнения нелинейного объекта (1) в координатной форме

$$\dot{x}_i(t) = f_i[x(t), u(t)], \quad x_i(t_0) = x_i^0, \quad i = \overline{1, n}, \quad t \in [t_0, t_k], \quad (4)$$

Проведенный анализ показывает, что сформулированную выше проблему управления можно решить, если для синтеза регулятора использовать следующий известный результат принципа гарантируемой динамики [1,2,3,4].

Теорема 1. Пусть $x(t_0) \in D(t_0)$. Тогда для того чтобы вектор состояния $x(t) \in D(t)$ достаточно, чтобы для каждого момента времени $t \in [t_0, t_k]$ выполнялись соотношения

$$\int_{t_0}^t x_i(\tau) \dot{x}_i(\tau) d\tau \leq \int_{t_0}^t \sigma_i(\tau) \dot{\sigma}(\tau) d\tau, \quad i = \overline{1, n}. \quad (5)$$

Таким образом, для достижения желаемого качества переходных процессов закон управления $u(t)$ должен обеспечивать выполнения неравенств (5). Один из возможных путей достижения желаемого качества состоит в задании определенных условий для функций $f_i[x(t), u(t)]$. При этом такие условия должны обеспечивать решение следующих задач:

- 1) параметрическую разрешимость неравенств (5);
- 2) определить структуру и параметры закона управления.

Далее рассматривается концепция проектирования регулятора замкнутой САУ, обеспечивающая гарантированное выполнение заданных инженерных требований. Желаемую динамику такой замкнутой системы управления зададим в виде векторного уравнения

$$\dot{x}(t) = f^*(x, p), \quad (6)$$

где $f^* = [f_1^*(x, p_1), f_2^*(x, p_1), \dots, f_n^*(x, p_n)]^T$ – n -мерная, в общем случае нелинейная вектор-функция; $p = [p_1, p_2, \dots, p_n]$ – r -мерный вектор-параметр, подлежащий выбору так, чтобы решение $x(t)$ системы (6) удовлетворяло условиям заданного качества управления (5). Введем подмножество

$$P^* = \{p \in R^r : x(t) \in D(t)\}. \quad (7)$$

Для определенности далее рассматриваем случай, когда вектор-функция $f^*(x, p)$ задается в линейной форме:

$$f^*(x, p) = P \cdot x(t), \quad (8)$$

где $P = \{p_{ij}\}_{n \times n}$ – вещественная $n \times n$ матрица, а вектор-параметры

$$p_1 = [p_{11}, p_{12}, \dots, p_{1n}], \quad p_2 = [p_{21}, p_{22}, \dots, p_{2n}], \quad \dots, \quad p_n = [p_{n1}, p_{n2}, \dots, p_{nn}].$$

Составной вектор-параметр

$$p = [p_1, p_2, \dots, p_n]. \quad (9)$$

В результате введения понятия желаемой динамики для проектируемой замкнутой системы искомым закон управления $u(t)$ целесообразно определить из условия близости соответствующих компонент вектор - функций $f(x, u)$ и $f^*(x, p)$ с требуемой точностью. В частности эти условия целесообразно задавать в виде модульных неравенств:

$$f_i[x(t), u(t)] - f_i^*[x(t), p] \leq \delta_i(t), \quad i = 1, \dots, n, \quad t \in [t_0, t_k], \quad (10)$$

где $\delta_i(t)$ – положительные непрерывно дифференцируемые функции, задающие точность приближения.

Таким образом, процедура синтеза регулятора для многомерного нелинейного объекта (1) состоит из двух этапов [2,3,4,5]:

1. Описание подмножества P^* и определение вектор-параметра $p \in P^*$
2. Нахождение закона управления $u(t)$, обеспечивающего выполнение условий (10).

Вначале рассмотрим вопрос об описании подмножества P^* . Для этой цели соотношение (8) запишем в координатной форме

$$f_i^*(x, p_i) = \sum_{v=1}^n p_{iv} x_v(t), \quad i = \overline{1, n}, \quad (11)$$

где $p_i = [p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{in}]$ – вектор-параметр задачи синтеза. Описание подмножества P^* и определение вектора p_i осуществляется на основе неравенств (5). С учетом (11) условия (5) имеют вид:

$$p_{ii} \int_{t_0}^t x_i^2(\tau) d\tau + \sum_{\substack{v=1 \\ v \neq i}}^n p_{iv} \int_{t_0}^t x_i(\tau) x_v(\tau) d\tau \leq \Gamma_i(t), \quad i = \overline{1, n}, \quad (12)$$

где заданные функции

$$\Gamma_i(t) = \int_{t_0}^t \sigma_i(\tau) \dot{\sigma}_i(\tau) d\tau. \quad (13)$$

Искомые условия определяются на основе следующей теоремы.

Теорема 2. Пусть $x_i(t_0) \in D_i(t_0)$. Тогда условия допустимого качества управления (5) выполняются, если для каждого момента времени $t \in [t_0, t_k]$ справедливы соотношения

$$\sum_{\substack{v=1 \\ v \neq i}}^n |p_{iv}| \int_{t_0}^t \sigma_i(\tau) \sigma_v(\tau) d\tau \leq \Gamma_i(t) - p_{ii} \int_{t_0}^t \sigma_i^2(\tau) d\tau, \quad i = \overline{1, n}. \quad (14)$$

Доказательство теоремы 2 приведено в [1,3,5].

Введем функции

$$L_i(p_i, t) = \sum_{\substack{v=1 \\ v \neq i}}^n |p_{iv}| \int_{t_0}^{t_k} \sigma_i(\tau) \sigma_v(\tau) d\tau + p_{ii} \int_{t_0}^{t_k} \sigma_i^2(\tau) d\tau - \Gamma_i(t), \quad i = \overline{1, n}.$$

Тогда описание искомого подмножества P^* дается соотношением

$$P^* = \left\{ p \in R^r : L_i(p_i, t) \leq 0, \quad i = \overline{1, n}. \right\} \quad (15)$$

Синтез законов управления для общего случая. Для синтеза искомого закона управления $u(t)$ будем использовать соотношения (10).

Введем функцию

$$F_i(x, u) = f_i(x, u) - f_i^*(x, p), \quad i = \overline{1, n}, \quad (16)$$

Тогда неравенства (10) запишутся в виде

$$|F_i(x, u)| \leq \delta_i(t), \quad i = \overline{1, n}, \quad t \in [t_0, t_k]. \quad (17)$$

Воспользуемся теоремой 1. В результате условия, при выполнении которых гарантируется обеспечение соотношений (17), задаются в виде неравенств

$$\int_{t_0}^t F_i[x(\tau), u(\tau)] \cdot \dot{F}_i[x(\tau), u(\tau)] d\tau \leq \int_{t_0}^{t_k} \delta_i(\tau) \dot{\delta}_i(\tau) d\tau, \quad i = \overline{1, n}. \quad (18)$$

При этом производные

$$\dot{F}_i(x, u) = \sum_{j=1}^n \frac{\partial F_i}{\partial x_j} \dot{x}_j + \sum_{v=1}^b \frac{\partial F_i}{\partial u_v} \dot{u}_v$$

или

$$\dot{F}_i(x, u) = \sum_{j=1}^n \frac{\partial F_i}{\partial x_j} f_j(x, u) + \sum_{v=1}^m \frac{\partial F_i}{\partial u_v} \dot{u}_v, \quad i = \overline{1, n}. \quad (19)$$

Введем вектор

$$F(x, u) = [F_1(x, u), F_2(x, u), \dots, F_n(x, u)]^T.$$

Теперь потребуем, чтобы

$$\dot{F}_i(x, u) = Y \cdot F_i(x, u), \quad i = \overline{1, n}, \quad (20)$$

или в векторной форме

$$\dot{F}(x, u) = Y \cdot F(x, u), \quad (21)$$

где $Y = [\gamma_1 \ \gamma_2 \ \dots \ \gamma_n]^T = \{\gamma_{iv}\}_{n \times n}$ – вещественная матрица, составленная из n-мерных векторов

$$\gamma_1 = [\gamma_{11}, \gamma_{12}, \dots, \gamma_{1n}], \quad \gamma_2 = [\gamma_{21}, \gamma_{22}, \dots, \gamma_{2n}], \dots, \gamma_n = [\gamma_{n1}, \gamma_{n2}, \dots, \gamma_{nn}].$$

Введем r-мерный вектор $\gamma = [\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n]$ и подмножество

$$Y^* = \{\gamma \in R^r : |F_i(x, u)| \leq \delta_i(t), \quad i = \overline{1, n}\}.$$

Описание подмножества Y^* осуществляется аналогично описанию подмножества P^* . Далее с учетом соотношений (19) условия (20) можно записать в виде

$$\sum_{v=1}^m \frac{\partial F_i}{\partial u_v} \dot{u}_v(t) + \sum_{j=1}^n \frac{\partial F_i}{\partial x_j} f_j(x, u) = \sum_{j=1}^n \gamma_{ij} F_j(x, u), \quad i = \overline{1, n}. \quad (22)$$

В векторной форме

$$M \cdot \dot{u}(t) = Y \cdot F(x, u) - C \cdot f(x, u), \quad (23)$$

где функциональная матрица

$$C = \{c_{ij}\}_{n \times n} = \left\{ \frac{\partial F_i}{\partial x_j} \right\}_{n \times n},$$

в предположении, что существует обратная матрица

$$W^{-1} = [M^T M]^{-1}$$

с учетом соотношений (16) и (8) уравнение динамики искомого многомерного регулятора можно записать в виде

$$\dot{u}(t) = W^{-1} \cdot M^T \cdot [(Y - C) \cdot f(x, u) - Y \cdot P \cdot x]. \quad (24)$$

Обобщенная структура системы управления, включающей динамический нелинейный регулятор с законом управления (24), показана на рис.3. Здесь назначение нелинейного блока (НБ) состоит в формировании вектор-функции $f(x, u)$.

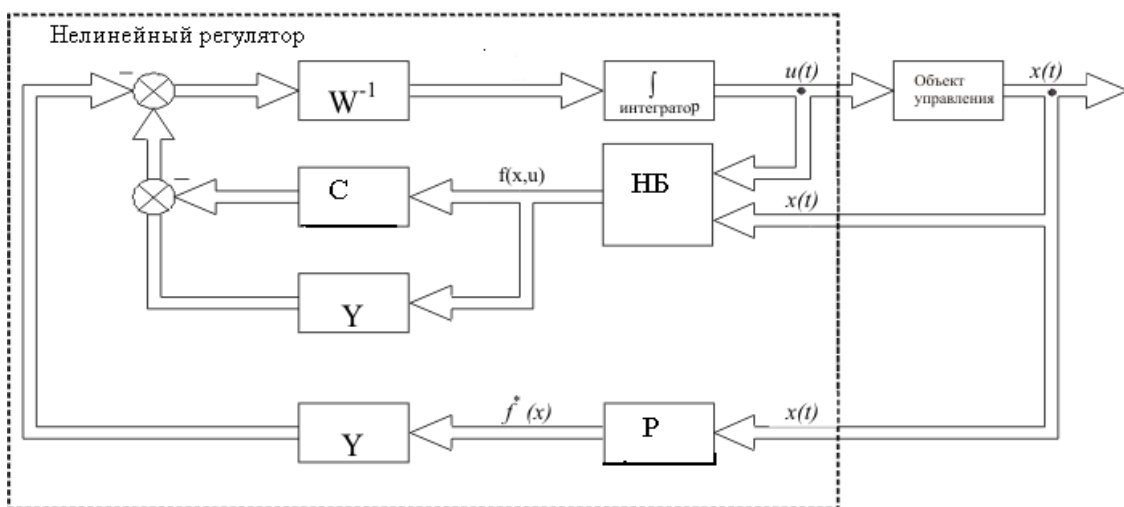


Рис. 3. Обобщенная структура системы управления нелинейным объектом

Выводы. Предложен новый подход на базе принципа гарантируемой динамики [1,2,3,4,5], позволяющий обеспечить основные требования к проектируемой системе. К ряду основных требований можно отнести: эффективность методов синтеза систем управления и получение на их основе гарантированных результатов по управлению; возможность конструктивного учета заданных инженерных требований основным характеристикам системы (точности, быстродействию и т.д.), а также технических ограничений на величины управляющих воздействий и управляемых переменных [2,3,5,6].

Литература

1. Оморов Т. Т. Принцип гарантируемой динамики в теории систем управления. Кн.1. / Т. Т. Оморов. Бишкек: Илим, 2001. – 150 с.
2. Оморов Т.Т.. Новые алгоритмы адаптивного управления и идентификации систем / Б.О. Джолдошов, Г.А. Кожекова // Тр. науч. конф. «Информационные технологии и управление». – Бишкек, 2008. – 46–52 с .
3. Джолдошов Б.О. К синтезу робастных систем управления линейными объектами при ограниченных возмущениях / Б.О. Джолдошов // Исследования по интегро-дифференциальным уравнениям. Илим, 2009.- Вып. 41 .–С. 130–135
4. Джолдошов Б.О. Синтез систем стабилизации по заданным критериальным ограничениям/ Б.О. Джолдошов // Вестник Евразийского национального университета . – Астана, 2005. –№2 (42). – С. 18–28.

УДК 681.5

СИНТЕЗ ЦИФРОВОГО РЕГУЛЯТОРА МНОГОМЕРНОЙ СИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ НЕПОЛНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Джолдошов Бекболот Оморович, к.т.н., доцент КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: bekbolot2009@yandex.ru

Цель статьи: Предложен алгоритм синтеза позволяющий проектировать цифровые автоматические системы с требуемыми инженерными показателями качества с учётом действий неконтролируемых внешних возмущений.

Ключевые слова: синтез цифрового регулятора, многомерный система управления, неполная информация объекта управления, структурный синтез, алгоритм управления, внешние возмущения, устойчивость системы

SYNTHESIS OF DIGITAL REGULATOR MULTIDIMENSIONAL SYSTEMS UNDER INCOMPLETE INFORMATION

Dzholdoshev Bekbolot Omorovich, PhD (Engineering), Associate Professor, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, KSTU named after I.Razzakov, 720044, Bishkek, Mira Avenue, 66, e-mail: bekbolot2009@yandex.ru

Article purpose: The synthesis algorithm allowing to design digital automatic systems with the required engineering indicators of quality taking into account actions of uncontrollable external indignations is offered.

Keywords: synthesis of the digital regulator, multidimensional control system, incomplete information of object of management, structural synthesis, control algorithm, external indignations, stability of system.

В современных условиях при автоматизации процессов управления все более широкое применение находит микропроцессорная техника, составляющая новый класс технических средств автоматики и включающая в себя микропроцессоры и микропроцессорные системы. Это связано, прежде всего, с тем, что повышенные характеристики этих средств позволяют создавать эффективные децентрализованные системы управления с гибкими алгоритмом обработки информации и устанавливать их непосредственно на управляемых объектах, что обеспечивает большое быстродействие и достаточно высокую живучесть системы. При этом одним из центральных вопросов является проблема синтеза эффективных алгоритмов цифрового управления с учетом требований к точности и быстродействию проектируемой системы. Ее решение значительно усложняется, если управляемые объекты функционируют в условиях неопределенности и объекты относятся к классу нелинейных систем.

В этих условиях в большинстве случаев система управления проектируется как адаптивная [2,3,4,5,7,8,9]. Однако включение в структуру системы контура адаптации приводит к возрастанию сложности системы, что нежелательно с позиции ее технической реализации, надежности и стоимости. Далее рассматривается проблема цифрового управления многомерными непрерывными объектами в условиях действия ограниченных не измеряемых внешних возмущений. Предлагается новый подход к синтезу алгоритма цифрового робастного управления, обеспечивающего заданные критериальные ограничения на переменные состояния системы. Синтез цифрового управления непрерывными объектами основан на концепцию допустимости предложенной в [1,2,3,5].

Постановка задачи. Рассмотрим многомерный стационарный объект управления, описываемый векторным уравнением

$$\begin{aligned}\dot{x}(t) &= f[x(t)] + Bu(t) + \xi(t), \\ x(t_0) &= x^0, \quad t \in [t_0, t_r],\end{aligned}\quad (1)$$

где $x = [x_1, x_2, \dots, x_n]^T$ – вектор состояния объекта; $u = [u_1, u_2, \dots, u_m]^T$ – вектор управляющих воздействий; $f(x) = [f_1(x), f_2(x), \dots, f_n(x)]^T$ – вектор-функция от состояния объекта $x(t)$, в общем случае, нелинейная; $x^0 = [x_1^0, x_2^0, \dots, x_n^0]^T$ – начальное состояние объекта в момент времени $t = t_0$; t_0, t_r – начальный и конечный моменты процесса управления; вещественная матрица $B = \{b_{ie}\}_{n \times m}$; $\xi(t) = [\xi_1(t), \xi_2(t), \dots, \xi_n(t)]^T$ – n -мерный вектор неопределенных внешних возмущений, компоненты которого удовлетворяют условиям

$$|\xi_i(t)| \leq \xi_i^+(t), \quad i = \overline{1, n}; \quad (2)$$

$\xi_i^+(t)$ – непрерывно-дифференцируемые положительные убывающие функции.

Пусть для управления рассматриваемым объектом используется цифровой микропроцессорный регулятор, функционирующий по принципу обратной связи.

Предполагается, что цифровой регулятор содержит импульсный элемент, преобразующий непрерывную ошибку управления

$$e(t) = g(t) - x(t)$$

в последовательность векторов $e(k) = e(t_k)$, $k = \overline{0, N}$, определенных в дискретные моменты времени $t_k = t_0 + k\Delta t$, $\Delta t = t_k - t_{k-1} = \text{const}$, $N = (t_r - t_0) / \Delta t$.

Далее предполагается, что уравнение объекта (1) задано в отклонениях. Дискретные точки t_k обозначим через k .

Задача синтеза состоит в определении цифрового закона управления

$$u(k) = \Phi[x(k)], \quad k = \overline{0, N}, \quad (3)$$

обеспечивающего в условиях действия неопределенных внешних возмущающих воздействий заданных ограничений на переходные процессы системы в дискретные моменты времени:

$$|x_i(k)| \leq \bar{b}_i(k), \quad i = \overline{1, n}, \quad k = \overline{0, N}. \quad (4)$$

где $\bar{b}_i(k)$ – положительные решетчатые функции времени, определяющие границы допустимых областей $X_i(k)$ для переменных состояния $x_i(k)$:

$$X_i(k) = \{x_i(k) \in \mathbb{R}^1 : |x_i(k)| \leq \bar{b}_i(k)\}, \quad i = \overline{1, n}, \quad k = \overline{0, N}.$$

Здесь следует отметить, что для синтеза цифрового регулятора, как правило, уравнение управляемого объекта (1) необходимо преобразовать в разностное уравнение состояния вида

$$x(k+1) = F[x(k), u(k), \xi(k)], \quad k = \overline{0, N},$$

где $F(*) = [F_1(*), F_2(*), \dots, F_n(*)]^T$ – n-мерная вектор-функция.

В случае, когда управляемая система имеет высокий порядок, получение такой дискретной модели представляет собой определенные трудности. Исследования показали, что они могут быть преодолены на основе принципа гарантируемой динамики [1,2,3,5].

Решение задачи синтеза. Решение сформулированной задачи управления будем осуществлять в два этапа:

1. Нахождение условий, при выполнении которых гарантируется соблюдение требований на качество процессов управления (4).
2. Определение искомого цифрового закона управления $u(k)$.

Предварительно векторное уравнение управляемого объекта (1) запишем в координатной форме:

$$\dot{x}_i(t) = f_i[x(t)] + \sum_{v=1}^m b_{iv} u_v(t) + \xi_i(t), \quad i = \overline{1, n}. \quad (5)$$

В дискретные моменты времени $t = t_k$ отсюда получаем, что

$$\dot{x}_i(k) = f_i[x(k)] + \sum_{v=1}^m b_{iv} u_v(k) + \xi_i(k), \quad i = \overline{1, n}. \quad (6)$$

Теперь для определения условий синтеза воспользуемся следующим результатом [1].

Теорема. Пусть в начальный момент времени справедливы условия

$$|x_i(t_0)| \leq \bar{b}_i(t_0), \quad i = \overline{1, n}.$$

Тогда для того, чтобы переменные состояния $x_i(k) \in X_i(k)$, достаточно выполнения неравенств

$$x_i(k) \dot{x}_i(k) \leq \bar{b}_i(k) \dot{\bar{b}}_i(k), \quad i = \overline{1, n}, \quad k = \overline{0, N}, \quad (7)$$

где $\dot{x}_i(k) = \dot{x}_i(t_k)$, $\dot{\bar{b}}_i(k) = \dot{\bar{b}}_i(t_k)$.

Пусть

$$f[x(t)] = A \cdot x(t),$$

а вектор неопределенных внешних возмущений

$$\xi_i(t) \leq \xi_i^+(t), \quad i = \overline{1, n}. \quad (8)$$

Тогда многомерный стационарный объект управления (1) имеет вид

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t) + \xi(t), \quad x(t_0) = x^0, \quad t \in [t_0, t_k], \quad (9)$$

где $x^0 = [x_1^0, x_2^0, \dots, x_n^0]^T$ – начальное состояние объекта в момент времени $t = t_0$; t_0, t_k – начальный и конечный моменты процесса управления; предполагается, что матрицы A и B объекта точно известны. В действительности они известны с определенной погрешностью:

$$A = A^* + \Delta A, \quad B = B^* + \Delta B, \quad \Delta A = \{\Delta a_{ij}\}_{n \times n}, \quad \Delta B = \{\Delta b_{iv}\}_{n \times m}, \quad (10)$$

где A^*, B^* – матрицы, составленные из номинальных (средних) значений параметров объекта; $\Delta A, \Delta B$ – матрицы, учитывающие неопределенности в идентификации параметров объекта. Предполагается, что известны пределы изменения параметрических возмущений Δa_{ij} и Δb_{iv}

$$|\Delta a_{ij}| \leq \Delta a_{ij}^+, \quad |\Delta b_{iv}| \leq \Delta b_{iv}^+, \quad i = \overline{1, n}, \quad v = \overline{1, m}, \quad (11)$$

В координатной форме многомерный стационарный объект управления (1) с учётом имеет вид

$$\dot{x}_i(k) = \sum_{j=1}^n (a_{ij}^* + \Delta a_{ij}) x_j(k) + \sum_{v=1}^m (b_{iv}^* + \Delta b_{iv}) u_v(k) + \xi_i(k), \quad i = \overline{1, n}, \quad k = \overline{0, N}. \quad (12)$$

Уравнение (12) подставим в (7) и получим

$$\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \Delta a_{ij} x_i(k) x_j(k) + \sum_{\substack{v=1 \\ v \neq i}}^m \Delta b_{iv} x_i(k) u_v(k) + \sum_{j=1}^n a_{ij}^* x_i(k) x_j(k) + \sum_{v=1}^m b_{iv}^* x_i(k) u_v(k) + \xi_i(k) \leq \sigma_i(k) \cdot \dot{\sigma}_i(k) - \Delta a_{ii} x_i^2(k) - \Delta b_{ii} x_i(k) u_i(k), \quad i = \overline{1, n}, \quad k = \overline{0, N}. \quad (14)$$

Рассмотрим предельные случаи попадания процессов $x_i(t)$ на нижнюю и верхнюю границы соответствующих допустимых областей $X_i(t)$. При попадании $x_i(t)$ на верхнюю границу, т.е. при $x_i(k) = \sigma_i(k)$, условие (14) запишется как

$$\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \Delta a_{ij} \sigma_i(k) x_j(k) + \sum_{v=1}^m \Delta b_{iv} \sigma_i(k) u_v(k) + \sum_{j=1}^n a_{ij}^* \sigma_j(k) x_j(k) + \sum_{v=1}^m b_{iv}^* \sigma_i(k) u_v(k) + \xi_i(k) \leq \leq \sigma_i(k) \dot{\sigma}_i(k) - \Delta a_{ii} \sigma_i^2(k) - \Delta b_{ii} \sigma_i(k) u_i(k), \quad i = \overline{1, n}, \quad k = \overline{0, N} \quad (15)$$

а при $x_i(k) = -\sigma_i(k)$:

$$-\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \Delta a_{ij} \sigma_i(k) x_j(k) - \sum_{v=1}^m \Delta b_{iv} \sigma_i(k) u_v(k) + \sum_{j=1}^n a_{ij}^* \sigma_j(k) x_j(k) - \sum_{v=1}^m b_{iv}^* \sigma_i(k) u_v(k) + \xi_i(k) \leq \leq \sigma_i(k) \dot{\sigma}_i(k) - \Delta a_{ii} \sigma_i^2(k) - \Delta b_{ii} \sigma_i(k) u_i(k), \quad i = \overline{1, n}, \quad k = \overline{0, N} \quad (16)$$

Условия (15) и (16) эквивалентны следующим модульным ограничениям :

$$\left| \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \Delta a_{ij} \sigma_i(k) x_j(k) + \sum_{\substack{v=1 \\ v \neq i}}^m \Delta b_{iv} \sigma_i(k) u_v(k) + \sum_{j=1}^n a_{ij}^* \sigma_i(k) x_j(k) + \sum_{v=1}^m b_{iv}^* \sigma_i(k) u_v(k) + \xi_i(k) \right| \leq \leq \sigma_i(k) \cdot \dot{\sigma}_i(k) - \Delta a_{ii} \sigma_i^2(k) - \Delta b_{ii} \sigma_i(k) u_i(k), \quad i = \overline{1, n}, \quad k = \overline{0, N}. \quad (17)$$

Для правой части неравенства (17) справедлива оценка

$$\left| \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \Delta a_{ij} \sigma_i(k) x_j(k) + \sum_{v=1}^m \Delta b_{iv} \sigma_i(k) u_v(k) + \sum_{j=1}^n a_{ij}^* \sigma_j(k) x_j(k) + \sum_{v=1}^m b_{iv}^* \sigma_i(k) u_v(k) + \xi_i(k) \right| \leq \leq \left| \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \Delta a_{ij}^+ \sigma_i(k) \sigma_j(k) + \sum_{\substack{v=1 \\ v \neq i}}^m \Delta b_{iv}^+ \sigma_i(k) u_v(k) + \sum_{j=1}^n a_{ij}^* \sigma_i(k) \sigma_j(k) + \sum_{v=1}^m b_{iv}^* \sigma_i(k) u_v(k) + \xi_i^+(k) \right|. \quad (18)$$

С учетом оценки (18), неравенство (17) можно записать следующим образом:

$$\left| \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \Delta a_{ij}^+ \sigma_i(k) \sigma_j(k) + \sum_{\substack{v=1 \\ v \neq i}}^m \Delta b_{iv}^+ \sigma_i(k) u_v(k) + \sum_{j=1}^n a_{ij}^* \sigma_i(k) \sigma_j(k) + \sum_{v=1}^m b_{iv}^* \sigma_i(k) u_v(k) + \xi_i^+(k) \right| \leq \leq \sigma_i(k) \cdot \dot{\sigma}_i(k) - \Delta a_{ii}^+ \sigma_i^2(k) - \Delta b_{ii}^+ \sigma_i(k) u_i(k), \quad i = \overline{1, n}, \quad k = \overline{0, N}. \quad (19)$$

Введем обозначения

$$L_{i1}(p, k) = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \Delta a_{ij}^+ \cdot \sigma_i(k) \cdot \sigma_j(k) + \sum_{v=1}^m \Delta b_{iv}^+ \cdot \sigma_i(k) \cdot u_v(k) + \sum_{j=1}^n \Delta a_{ij}^* \cdot \sigma_i(k) \cdot \sigma_j(k) + \sum_{v=1}^m b_{iv}^* \cdot \sigma_i(k) \cdot u_v(k) + \xi_i^+(k),$$

$$L_{i2}(p, k) = \sigma_i(k) \cdot \dot{\sigma}_i(k) - \Delta a_{ii}^+ \cdot \sigma_i^2(k) - \Delta b_{ii}^+ \cdot \sigma_i(k) \cdot u_i(k).$$

Полученный результат можно сформулировать в виде следующего утверждения.

Утверждение. Пусть $x_i(t_0) \in X_i(t_0)$. Тогда $x_i(t) \in X_i(t)$, если для каждого $t \in [t_0, t_k]$

будут выполняться соотношения:

$$L_{i1}(p, k) \leq L_{i2}(p, k), \quad i = \overline{1, n}, \quad (20)$$

Полученные условия корректны только тогда, когда их правые части соотношений (19) неотрицательны, т.е.

$$L_{i2}(p, k) \geq 0.$$

В результате подмножество P , определяющее допустимую область для вектора p , описывается соотношением:

$$P = \left\{ p \in \mathbb{R} : L_{i1}(p, k) - L_{i2}(p, k) \leq 0, \quad i = \overline{1, n}, \quad k = 0, 1, 2, \dots \right\} \quad (21)$$

Для обеспечения асимптотической устойчивости замкнутой САУ функции $\delta_i(k)$ должны выбираться так, чтобы

$$\lim_{k \rightarrow \infty} \delta_i(k) = 0. \quad (22)$$

Отсюда следует, что рассматриваемый класс параметрических возмущений начиная с некоторого $k = k^*$ являются убывающими функциями [1,2,3,4].

Структурный синтез алгоритма управления. Описание объекта управления (1) можно представить следующим образом

$$\dot{x}(k) = A^* x(k) + B^* u(k) + \Delta A x(k) + \Delta B u(k) + \xi(k) \quad (23)$$

или в координатной форме

$$\dot{x}_i(k) = \sum_{j=1}^n a_{ij}^* \cdot x_j(k) + \sum_{v=1}^m b_{iv}^* \cdot u_v(k) + \sum_{j=1}^n \Delta a_{ij} \cdot x_j(k) + \sum_{v=1}^m \Delta b_{iv} \cdot u_v(k) + \xi_i(k), \quad (24)$$

Если в уравнении объекта (23) подчиним условию следующее выражение

$$A^* x(k) + B^* u(k) = Y \cdot x(k) \quad (25)$$

или в координатной форме

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}^* x_j(k) + \sum_{v=1}^m b_{iv}^* u_v(k) = \gamma_i x_i(k), \quad (26)$$

то управляющее воздействие $u_v(k)$ определяется из (25) как

$$u(k) = G \cdot [Y - A^*] \cdot x(k), \quad (27)$$

где матрицы

$$G = [B^{T*} B^*]^{-1} B^*, \quad \det(B^{T*} B^*) \neq 0, \quad Y = \text{diag} \{ \gamma_i \}_{n \times n}, \quad k = \overline{0, N}. \quad (28)$$

Пример. Управляемый объект описывается векторным линейным уравнением в отклонениях [2,3,4,6]

$$\begin{cases} \dot{x}_1(t) = a_{11} x_1(t) + a_{13} x_3(t) + b_{11} u_1(t), \\ \dot{x}_2(t) = a_{21} x_1(t) + a_{23} x_3(t) + b_{22} u_2(t), \\ \dot{x}_3(t) = x_2(t) \end{cases} \quad (29)$$

при начальных условиях:

$$x_1(0) = 0.15, \quad x_2(0) = 0.05, \quad x_3(0) = 0.05, \quad (30)$$

где $x = [x_1 \quad x_2 \quad x_3]^T$, $u = [u_1 \quad u_2]^T$.

Матрицы коэффициентов объекта управления

$$\Delta A^+ = \begin{bmatrix} 0.0565 & 0 & 0.0756 \\ 0.0532 & 0 & 0.0401 \\ 0 & 0.1 & 0 \end{bmatrix}, \quad A^* = \begin{bmatrix} 0.5085 & 0 & 0.6804 \\ 0.4784 & 0 & 0.3609 \\ 0 & 0.9 & 0 \end{bmatrix},$$

$$\Delta B^+ = \begin{bmatrix} 0.034 & 0 \\ 0 & 0.0211 \end{bmatrix}, \quad B^* = \begin{bmatrix} 0.306 & 0 \\ 0 & 0.1899 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad |\Delta A| \leq \Delta A^+, \quad |\Delta B| \leq \Delta B^+.$$

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & 0 & a_{13} \\ a_{21} & 0 & a_{23} \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} b_{11} & 0 \\ 0 & b_{22} \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad C = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

$$a_{11} = -0.565, \quad a_{13} = 0.756, \quad a_{21} = -0.5316, \quad a_{23} = -0.401, \quad b_{11} = 0.34, \quad b_{22} = 0.211,$$

Вектор внешних возмущений $\xi(t) = 0$.

Объект обладает свойством управляемости и все компоненты вектора ошибки управления $e(t)$ доступны для измерения.

Требования к качеству управления заданы в виде следующих модульных ограничений:

$$|x_1(t)| \leq \sigma_1(t), \quad |x_2(t)| \leq \sigma_2(t), \quad (31)$$

где функции ограничения

$$\sigma_i(t) = \sigma_i^0 \cdot e^{\alpha t}, \quad i = \overline{1,3}.$$

$$\sigma_1^0 = 0.25, \quad \sigma_2^0 = 1, \quad \sigma_3^0 = 0.3, \quad \alpha = -2, \quad \sigma_i \leq \Delta_i, \quad i = 1, 2, \quad \Delta_1 = \Delta_2 = 0.01.$$

Управляющие воздействия на объект управления находим по выражению (27)

$$u_1(k) = 2.94 \cdot [(\gamma_1 - a_{11})x_1(k) - a_{13} \cdot x_3(k)],$$

$$u_2(k) = 4.74 \cdot [-a_{21}x_1(k) + \gamma_2 x_2(k) - a_{23}x_3(k)], \quad (32)$$

где

$$a_{11} = a_{11}^* + \Delta a_{11}, \quad b_{11} = b_{11}^* + \Delta b_{11},$$

С помощью компьютерного моделирования САУ при заданных начальных условиях построены графики управляемых процессов цифровой САУ при дискретном описании объекта управления (29) $x_i(k)$, $i = 1, 2, 3$. (рис. 1) и непрерывном случае $x_i(t)$, $i = 1, 2, 3$. (рис. 2), а также графики управляющих воздействий (компонент вектора управления) $u_i(k)$, $i = 1, 2$ (рис. 2).

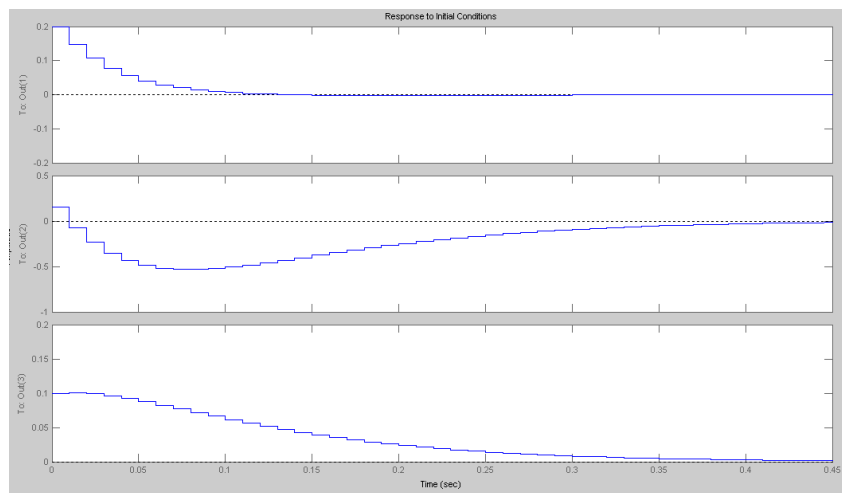


Рис. 1. Переходные процессы цифровой системы $x_i(k)$, $i = 1, 2, 3$.

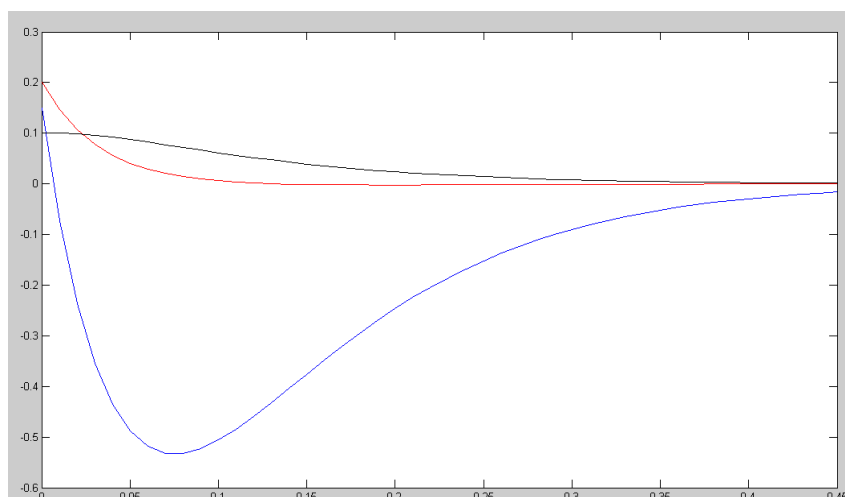


Рис. 2. Переходные процессы непрерывного объекта управления $x_i(t)$, $i = 1, 2, 3$.

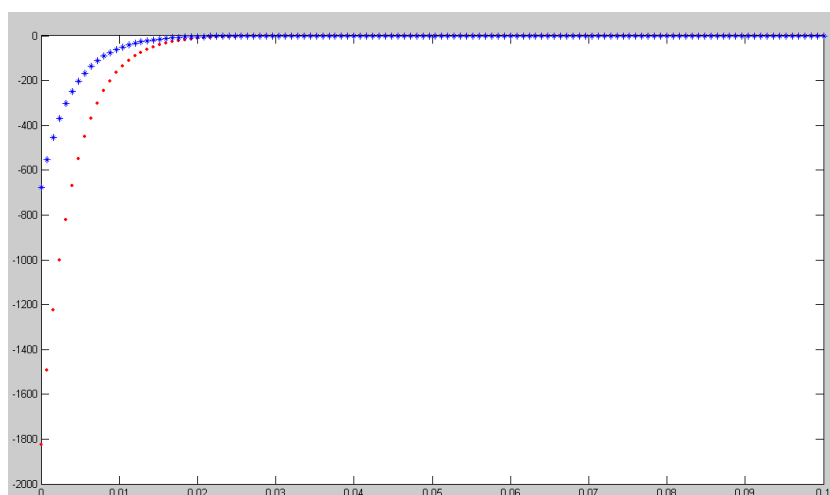


Рис. 3. Управляющие воздействия цифрового регулятора $u_i(k)$, $i = 1, 2$.

Анализ полученных результатов показывает, что синтезированная система управления обеспечивает устойчивость и соответствующие показатели качества системы управления.

Литература

1. Андерсон П. Управление энергосистемами и устойчивость / П. Андерсон, А. Фуад.- М.: Энергия, 1980. –568 с.
2. Оморов Т. Т. Принцип гарантируемой динамики в теории систем управления. Кн.1. /Т.Т. Оморов. Илим, 2001. – 150 с.
3. Джолдошов Б.О. Синтез систем стабилизации по заданным критериальным ограничениям / Б.О. Джолдошова, Т.Т. Оморов // Вестник Евразийского национального университета. – Астана, 2005. –№2 (42). – С. 18–28.
4. Джолдошов Б.О. К синтезу робастных систем управления линейными объектами при ограниченных возмущениях // Исследования по интегро-дифференциальным уравнениям / Джолдошов Б.О. – Илим, 2009, Вып. 41. . – С. 130–135.
5. Оморов Т.Т. Новые алгоритмы адаптивного управления и идентификации систем / Т.Т.Оморов, Б.О. Джолдошов, Г.А. Кожекова // Информационные технологии и управление. Тр. науч. конф. – Б.- 2008. –С. 46 – 52.
6. Фомин В.Н. Адаптивное управление динамическими объектами / В.Н. Фомин, А.Л. Фрадков, В.А. Якубович. – М.: Наука, 1981.

СИНТЕЗ УПРАВЛЯЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ЛИНЕЙНОЙ САУ ПО ОГРАНИЧЕНИЯМ НА ЗНАЧЕНИЯ КРИТЕРИЯ КАЧЕСТВА В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ

Джолдошов Бекболот Оморович, к.т.н., доцент КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: bekbolot2009@yandex.ru

Цель статьи: рассматривается задача управления линейными многомерными объектами, когда качество синтезируемой системы управления оценивается квадратичным критерием. Задача синтеза существенно отличается от традиционной, поскольку вместо интегрального показателя качества вводится критерий, ограничивающий значения квадратичной меры ошибки регулирования во всем интервале управления.

Ключевые слова: системы управления, регулятор, технологический процесс, математическая модель, квадратичный критерий, структурный синтез, параметрический синтез, принцип гарантируемой динамики, поток жидкости, расход жидкости, многомерный система управления, неполная информация объекта управления, алгоритм управления, внешние возмущения, устойчивость системы

SYNTHESIS OF THE MANAGEMENT UNIT FOR LINEAR ACS SOFTWARE RESTRICTIONS ON THE VALUES OF QUALITY CRITERIA UNDER UNCERTAINTY

Dzholdoshov Bekbolot Omorovich, PhD (Engineering), Associate Professor, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, KSTU named after I.Razzakov, 720044, Bishkek, Mira Avenue, 66, e-mail: bekbolot2009@yandex.ru

Article purpose: the problem of management of linear multidimensional objects when quality of a synthesizable control system is estimated by square criterion is considered. The problem of synthesis essentially differs from traditional as instead of an integrated indicator of quality the criterion limiting values of a square measure of an error of regulation in all interval of management is entered.

Keywords: a control system, the regulator, technological process, mathematical model, square criterion, structural synthesis, parametrical synthesis, the principle of the guaranteed dynamics, a liquid stream, a liquid consumption, multidimensional a control system, incomplete information of object of management, a control algorithm, external indignations, stability of system

1. Постановка проблемы. Пусть объект управления описывается линейным векторным уравнением в отклонениях

$$\dot{x}(t) = [A^* + \Delta A]x(t) + [B^* + \Delta B]u(t) + M\xi(t), \quad (1)$$

где $A = \{a_{ij}\}_{n \times n}$, $B = \{b_{iv}\}_{n \times m}$, $M = \{m_{iv}\}_{n \times r}$ – постоянные вещественные матрицы, $x(t)$ – n -мерный вектор состояния объекта; $u(t)$ – m -мерный вектор управления; $\xi(t)$ – r -мерный вектор внешних возмущений. ΔA , ΔB – матрицы, характеризующие неопределенности в задании объекта управления. Пусть интервалы неопределенностей для матриц $\Delta A = \{\Delta a_{ij}\}_{n \times n}$, $\Delta B = \{\Delta b_{iv}\}_{n \times m}$ известны:

$$|\Delta a_{ij}| = |a_{ij} - a_{ij}^*| \leq \Delta a_{ij}^+, \quad |\Delta b_{iv}| = |b_{iv} - b_{iv}^*| \leq \Delta b_{iv}^+, \quad (2)$$

$|\Delta A| \leq \Delta A^+$, $|\Delta B| \leq \Delta B^+$, $\Delta A^+ = \{\Delta a_{ij}^+\}$, $\Delta B^+ = \{\Delta b_{iv}^+\}$, Δa_{ij}^+ , Δb_{iv}^+ - положительные числа, определяющие границы изменения параметрических возмущений Δa_{ij} , Δb_{iv} .

Предполагается, что объект (1) обладает свойствами полной управляемости и наблюдаемости, а вектор возмущения $\xi(t)$ доступен для измерения. Пусть известно желаемое движение объекта, определяемое вектором задающих воздействий:

$$g(t) = [g_1(t), g_2(t), \dots, g_n(t)], \quad (3)$$

где $g_i(t)$ – требуемый закон изменения $x_i(t)$.

Точность отработки задания $g(t)$ определяется вектором ошибки управления:

$$e(t) = g(t) - x(t). \quad (4)$$

Для оценки степени близости желаемого $g(t)$ и фактического $x(t)$ движений системы управления будем использовать скалярную квадратичную функцию:

$$J_1(t) = e^T(t)Q(t)e(t), \quad (5)$$

где $Q = \{q_{ii}\}_{n \times n}$ - квадратная вещественная матрица, компоненты которой в общем случае зависят от времени. Относительно матрицы Q предполагается, что она не обязательно является положительно определенной. Считаем, что $\xi(t)$ неопределенные, но ограниченные по модулю возмущения. Предполагается, что компоненты $\xi(t)$ удовлетворяют условиям

$$|\xi_v(t)| \leq \xi_v^+, \quad v = \overline{1, r}, \quad (6)$$

где ξ_v^+ -- известные положительные числа.

Далее считается, что синтезируемая САУ обладает допустимым качеством, если выполнено условие:

$$J_1(t) = e^T(t)Q(t)e(t) \leq \sigma_1(t), \quad t \in [t_0, t_k], \quad (7)$$

где $\sigma(t)$ – положительная непрерывно дифференцируемая функция времени, определяющая границу допустимой области $D_1(t)$ для квадратического показателя качества $J_1(t)$

$$D_1(t) = \{J_1 \in \mathbb{R}^1 : J_1(t) \leq \sigma_1(t)\}.$$

Геометрическая иллюстрация смысла целевого условия (7) показана на рис. 1.

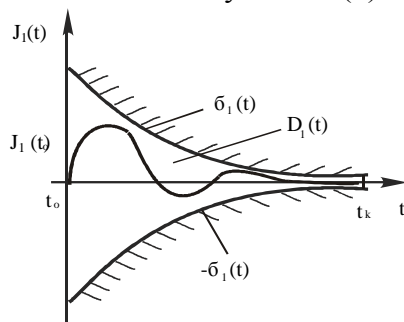


Рис. 1. Область допустимых ограничений.

Задача синтеза формулируется следующим образом: определить структуру и параметры регулятора для объекта управления (1), обеспечивающего выполнение целевого соотношения (7).

2. Структурный синтез. Рассмотрим задачу структурного синтеза регулятора для объекта управления, описываемого линейным векторным уравнением (1) по ограничениям (7) на квадратичную меру ошибки управления (5). Решение сформулированной задачи будем осуществлять на основе принципа гарантируемой динамики [1,2,3,4]. Для этой цели, в частности, можно использовать результаты, полученные там.

Теорема 1. Пусть $J_1(t_0) \in D_1(t_0)$. Тогда целевое соотношение (7) выполняется, если для всех $t \in [t_0, t_k]$ удовлетворяется условие

$$\int_{t_0}^t J_1(\tau) \dot{J}_1(\tau) d\tau \leq \int_{t_0}^t \bar{\sigma}_1(\tau) \dot{\bar{\sigma}}_1(\tau) d\tau, \quad t \in [t_0, t_k], \quad (8)$$

Определим производную квадратической меры качества управления

$$\dot{J}(t) = \left(\frac{\partial J}{\partial e} \right)^T \dot{e}(t) = e^T(t) \widehat{Q} \dot{e}(t), \quad (9)$$

где матрица $\widehat{Q} = Q + Q^T$.

В дальнейшем для простоты предположим, что уравнение объекта (1) записано в терминах отклонений, т.е. $x(t) = e(t)$:

$$\dot{e}(t) = [A^* + \Delta A]e(t) + [B^* + \Delta B]u(t) + M\xi(t). \quad (10)$$

Тогда функциональное соотношение (8) с учетом (1), (7) и (9) имеет вид

$$\int_{t_0}^t [e^T(\tau) Q e(\tau)] e^T(\tau) \widehat{Q} [(A^* + \Delta A)e(\tau) + (B^* + \Delta B)u(\tau) + M\xi(\tau)] d\tau \leq \Gamma_1(t), \quad (11)$$

где

$$\Gamma_1(t) = \int_{t_0}^t \bar{\sigma}_1(\tau) \dot{\bar{\sigma}}_1(\tau) d\tau. \quad (12)$$

Теперь потребуем, чтобы выполнялось условие

$$\widehat{Q} [(A^* + \Delta A)e(t) + (B^* + \Delta B)u(t) + M\xi(t)] = q_1 Q e(t), \quad (13)$$

где q_1 – вещественное число, определяемое далее. С учетом соотношения (13) условие (11) имеет вид

$$\int_{t_0}^t [e^T(\tau) Q e(\tau)] [e^T(\tau) q_1 Q e(\tau)] d\tau \leq \Gamma_1(t),$$

что эквивалентно следующему неравенству:

$$q_1 \int_{t_0}^t J_1^2(\tau) d\tau \leq \Gamma_1(t). \quad (14)$$

По условию теоремы 1 в начальный момент времени $t = t_0$ выполняется условие

$$|J_1(t_0)| \leq \bar{\sigma}_1(t_0).$$

Для того, чтобы при $t > t_0$ и попадании значения квадратического показателя $J_1(t)$ на верхнюю или нижнюю границы допустимой области $D_1(t)$, т.е. при $J_1(t) = \sigma_1(t)$ или $J_1(t) = -\sigma_1(t)$, гарантировать $J_1(t) \in D_1(t)$, должно выполняться условие

$$q_1 \int_{t_0}^t \bar{\sigma}_1^2(\tau) d\tau \leq \Gamma_1(t). \quad (15)$$

В частном случае, когда граничная функция $\sigma_1(t)$ задается уравнением

$$\dot{\bar{\sigma}}_1(t) = \alpha_1 \bar{\sigma}_1(t), \quad (16)$$

соотношение (15) с учетом (16) имеет вид

$$q_1 \int_{t_0}^t \bar{\sigma}_1^2(\tau) d\tau \leq \alpha_1 \int_{t_0}^t \bar{\sigma}_1^2(\tau) d\tau, \quad (17)$$

где вещественное число $\alpha_1 < 0$. Поскольку в интервале управления (t_0, t_k) функция

$$\int_{t_0}^t \bar{\sigma}_1^2(\tau) d\tau > 0,$$

из (17) получаем, что для того, чтобы обеспечивалось целевое соотношение (8), достаточно выполнения неравенства

$$q_1 - \alpha_1 \leq 0. \quad (18)$$

Соотношение (18) представляет собой уравнение синтеза регулятора, определяющее структуру и параметры искомого закона управления.

На основе полученных результатов можно сформулировать следующую теорему.

Теорема 2. Пусть $|J_1(t_0)| \leq \bar{b}_1(t_0)$. Тогда для объекта управления с математической моделью вида (1) закон управления $u(t)$, обеспечивающий гарантированное выполнение целевых соотношений (8), описывается соотношением

$$u(t) = G^{-1} [q_1 Q - \hat{Q} \cdot (A^* + \Delta A^+)] e(t) - G^{-1} \hat{Q} M \cdot \xi^+(t), \quad (19)$$

где обратная матрица

$$G^{-1} = [\hat{Q} \cdot (B^* + \Delta B^+)]^{-1}. \quad (20)$$

3. Параметрический синтез. Рассмотрим объект управления, описываемый векторным уравнением (1). Предположим, что объект является полностью управляемым и наблюдаемым, а вектор внешних возмущений отсутствует, т.е. $\xi(t) = 0$:

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t), \quad x(t_0) = x^0, \quad t \in [t_0, t_k], \quad (21)$$

где вектор отклонений $x(t) = e(t)$.

Пусть структура закона управления $u(t)$ задана и определяется линейной обратной связью:

$$u(t) = K \cdot x(t), \quad (22)$$

где матрица регулятора $K = \{k_{li}\}_{m \times n}$.

Уравнение замкнутой системы управления имеет вид

$$\dot{x}(t) = Px(t) + \Delta Px(t), \quad (23)$$

где вещественные матрицы

$$P = A^* + B^* K, \quad \Delta P = \Delta A + \Delta B \cdot K, \quad \Delta P^+ = \Delta A^+ + \Delta B^+ \cdot K,$$

а их элементы

$$p_{ij} = a_{ij}^* + \sum_{v=1}^m b_{iv}^* \cdot k_{vj}, \quad \Delta p_{ij} = \Delta a_{ij} + \sum_{v=1}^m \Delta b_{iv} \cdot k_{vj}, \quad \Delta p_{ij}^+ = \Delta a_{ij}^+ + \sum_{v=1}^m \Delta b_{iv}^+ \cdot k_{vj}, \quad i = \overline{1, n}.$$

Задача синтеза состоит в определении матрицы K , обеспечивающей выполнение целевых соотношений (8):

$$J_1(t) = x^T(t) Q x(t) \leq \sigma_1(t), \quad (24)$$

где все обозначения имеют прежний смысл.

Для решения сформулированной задачи структурного синтеза воспользуемся формализмом принципа гарантируемой динамики [1,2,3,4]. Согласно теореме 1, целевое соотношение (24) выполняется, если выполняется условие (8).

Условия, при выполнении которых удовлетворяется неравенство (8), дается следующей теоремой.

Теорема 3. Пусть $|J_1(t_0)| \leq \bar{b}_1(t_0)$. Тогда условие допустимого качества управления (8) обеспечивается, если для всех $t \in [t_0, t_k]$ выполняются соотношения

$$\dot{J}_1(t) = p_1 J_1(t), \quad (26)$$

$$p_1 \int_{t_0}^t \bar{b}_1^2(\tau) d\tau \leq \int_{t_0}^t \bar{b}_1(\tau) \dot{\bar{b}}_1(\tau) d\tau + \Delta, \quad (27)$$

где p_1 и Δ – вещественные числа; $\Delta = \frac{\bar{b}_1^2(t_0) - J_1^2(t_0)}{2}$.

Теперь на основе соотношения (26) получим уравнение синтеза регулятора.

Производная

$$\dot{J}_1(t) = x^T(t)\widehat{Q}\dot{x}(t), \quad (28)$$

где матрица $\widehat{Q} = Q + Q^T$.

С учетом динамики объекта (23), выражений для $J_1(t)$ и $\dot{J}_1(t)$, определяемых формулами (24) и (28), соотношение (26) можно записать в виде

$$x^T\widehat{Q}[(A^* + \Delta A) + (B^* + \Delta B) \cdot K]x = x^T Q_1 x$$

или

$$x^T[\widehat{Q}[(A^* + \Delta A) + (B^* + \Delta B) \cdot K] - Q_1]x = 0, \quad (29)$$

где матрица $Q_1 = p_1 Q$.

Из соотношения (29) получаем матричное уравнение для определения K .

$$\widehat{Q}(B^* + \Delta B)K = Q_1 - \widehat{Q}(A^* + \Delta A) \quad (30)$$

Предположим, что существует обратная матрица

$$G^{-1} = [\widehat{Q}(B^* + \Delta B)]^{-1},$$

тогда искомая матрица регулятора определяется по формуле

$$K = G^{-1}(Q_1 - \widehat{Q}(A^* + \Delta A)). \quad (31)$$

Определение параметра p_1 , входящего в соотношение (27), можно осуществить на основе неравенства, подобного (31). Для этой цели, как и в 2, граничную функцию $\sigma_1(t)$ необходимо задавать уравнением вида

$$\dot{\sigma}_1(t) = \alpha_1 \sigma_1(t),$$

где α_1 – параметр, имеющий отрицательное значение ($\alpha_1 < 0$). Тогда аналогично изложенному выше случаю получаем неравенство

$$p_1 - \alpha_1 \leq 0. \quad (32)$$

Замечание. Эффективное решение задачи параметрического синтеза регулятора достигается, если каждое уравнение динамики объекта в форме Коши (1) включает хотя бы одно управляющее воздействие $u_i(t)$. В случае, когда это условие не выполняется, синтез регулятора целесообразно осуществлять из условия приближенного обеспечения условия (26):

$$|\beta_1(t)| = |\dot{J}(t) - p_1 J(t)| \leq \beta_1^+(t), \quad (33)$$

где $\beta_1^+(t)$ – положительная непрерывно дифференцируемая функция, задающая точность воспроизведения соотношения (33). При этом производная квадратической меры качества управления $\dot{J}(t)$ описывается формулой

$$\dot{J}(t) = p_1 J(t) + \beta_1(t). \quad (34)$$

Определение параметра p_1 осуществляется на основе использования соотношения (8).

Путем аналогичных преобразований для определения p_1 получим следующее неравенство:

$$\int_{t_0}^t \sigma_1(\tau) \cdot \beta_1^+(\tau) d\tau \leq \int_{t_0}^t \sigma_1(\tau) [\dot{\sigma}_1(\tau) - p_1 \sigma_1(\tau)] d\tau. \quad (36)$$

В случае, когда

$$\dot{\sigma}_1(t) = \alpha_1 \sigma_1(t),$$

для выполнения соотношения (36) достаточно, чтобы

$$\beta_1^+(t) \leq (\alpha_1 - p_1) \sigma_1(t). \quad (37)$$

Для определения уравнения синтеза закона управления $u(t)$, т.е. матрицы K , будем использовать известное соотношение вида

$$\int_{t_0}^t \beta_1(\tau) \dot{\beta}_1(\tau) d\tau \leq \int_{t_0}^t \beta_1^+(\tau) \dot{\beta}_1^+(\tau) d\tau, \quad (38)$$

обеспечение которого гарантирует выполнение условия (33).

При этом функция

$$\begin{aligned} \beta_1(t) = \dot{J}(t) - p_1 J(t) = x^T \widehat{Q} \dot{x} - p_1 x^T Q x = x^T \widehat{Q} [(A^* + \Delta A) + (B^* + \Delta B) \cdot K] x - \\ - x^T Q_1 x = x^T [\widehat{Q} (A^* + B^* K) + (\Delta A + \Delta B \cdot K) - Q_1] x = x^T F x, \end{aligned} \quad (39)$$

а производная

$$\dot{\beta}_1(t) = x^T \widehat{F} \dot{x} = x^T \widehat{F} (A + BK) x, \quad (40)$$

где

$$\begin{aligned} F = (Q + Q^T) \cdot ((A^* + \Delta A) + (B^* + \Delta B) \cdot K) - p_1 Q, \\ \widehat{F} = F + F^T, \quad F = \widehat{Q} ((A^* + \Delta A) + (B^* + \Delta B) K) - Q_1. \end{aligned}$$

Потребуем выполнения соотношения

$$\dot{\beta}_1(t) = \gamma_1 \beta_1(t), \quad (41)$$

где γ_1 – скалярный параметр, определяемый как решение неравенства

$$\gamma_1 \int_{t_0}^t (\beta_1^+)^2(\tau) d\tau \leq \int_{t_0}^t \beta_1^+(\tau) \dot{\beta}_1^+(\tau) d\tau. \quad (42)$$

В случае, когда

$$\dot{\beta}_1^+(t) = \mu_1 \beta_1^+(t)$$

неравенство (42) упрощается и имеет вид

$$\gamma_1 - \mu_1 \leq 0, \quad (43)$$

где μ_1 – отрицательное число.

С учетом выражений для $\beta_1(t)$ и $\dot{\beta}_1(t)$, определяемых формулами (39) и (40), равенство (41) можно записать в виде

$$x^T \widehat{F} ((A^* + \Delta A) + (B^* + \Delta B) K) x^T = x^T F_1 x, \quad (44)$$

где $\widehat{F} = \gamma_1 F$.

Предположим, что матрица F является симметричной. Тогда с учетом выражения для матрицы F имеем

$$\begin{aligned} [2\widehat{Q} ((A^* + \Delta A^+) + (B^* + \Delta B^+) \cdot K - 2Q_1) \cdot (A^* + \Delta A^+) + (B^* + \Delta B^+) K] - \\ - \gamma \widehat{Q} ((A^* + \Delta A^+) + (B^* + \Delta B^+) K) - \gamma Q_1 = 0. \end{aligned} \quad (45)$$

Соотношение (45) представляет собой *нелинейное матричное уравнение*, решение которого и определяет искомую матрицу регулятора K .

4. Синтез регулятора с учетом ограничений на управление. Выше рассматривался случай, когда синтез системы автоматического управления (САУ) осуществлялся только по ограничениям на значения квадратичного критерия качества, т. е. из условия обеспечения соотношения (8) без учета возможных ограничений на управление $u(t)$. Традиционно в теории оптимального управления учет этих ограничений осуществляется путем введения в выражение для критерия качества дополнительной функции - квадратичной формы от вектора $u(t)$. Далее рассмотрим следующий вариант формализации цели управления и учета ограничений на величины управляющих воздействий:

$$J(t) = x^T(t) Q x(t) + u^T(t) R u(t) \leq \sigma(t), \quad (46)$$

где Q, R – матрицы соответствующих размерностей; $\sigma(t)$ – положительная, непрерывно дифференцируемая функция, определяющая в каждый момент времени t максимально допустимые значения функций $J(t)$.

Рассмотрим задачу синтеза САУ многомерными объектами по критерию (46). Пусть требуется определить закон управления $u(t) = K \cdot x(t)$ для объекта (1), обеспечивающий целевое соотношение (46).

На основе теоремы 3 имеем, что для обеспечения целевого условия (8) достаточно выполнения равенства :

$$\dot{J}(t) = p_1 J(t), \tag{47}$$

где вещественный параметр p_1 должен удовлетворять неравенству (33). Производная критерия (46)

$$\dot{J} = \left(\frac{\partial J}{\partial e} \right)^T \dot{e}(t) + \left(\frac{\partial J}{\partial u} \right)^T \dot{u}(t),$$

где вектор-градиенты

$$\frac{\partial J}{\partial e} = (Q + Q^T)e = \hat{Q}e, \quad \frac{\partial J}{\partial u} = (R + R^T)u = \hat{R}u. \tag{48}$$

С учетом (48) имеем

$$\dot{J}(t) = e^T \hat{Q} \dot{e} + u^T \hat{R} \dot{u}. \tag{49}$$

Соотношение (47) при этом примет вид

$$e^T \hat{Q} \dot{e} + u^T \hat{R} \dot{u} = p_1 (e^T Q e + u^T R u). \tag{50}$$

С учетом (21) и выражения для производной вектора управления, можно записать

$$\dot{u}(t) = -K\dot{x}(t) = -K[P + \Delta P] \cdot x(t),$$

где вещественные матрицы

$$P = A^* + B^*K, \quad \Delta P = \Delta A + \Delta B \cdot K, \quad \Delta P^+ = \Delta A^+ + \Delta B^+ \cdot K,$$

а их элементы

$$p_{ij} = a_{ij}^* + \sum_{v=1}^m b_{iv}^* \cdot k_{vj}, \quad \Delta p_{ij} = \Delta a_{ij} + \sum_{v=1}^m \Delta b_{iv} \cdot k_{vj}, \quad \Delta p_{ij}^+ = \Delta a_{ij}^+ + \sum_{v=1}^m \Delta b_{iv}^+ \cdot k_{vj}, \quad i = \overline{1, n}.$$

Соотношение (50) можно записать в виде

$$x^T \hat{Q} ((A^* + \Delta A) - (B^* + \Delta B)K)x + x^T K^T \hat{R} K ((A^* + \Delta A) - (B^* + \Delta B)K)x = x^T Q_1 x + x^T K^T R_1 K x,$$

где $Q_1 = p_1 Q$, $R_1 = p_1 R$.

Последнее уравнение можно преобразовать к виду

$$x^T [\hat{Q}(P + \Delta P^+) + K^T \hat{R} K (P + \Delta P^+) - Q_1 - K^T R_1 K] x = 0. \tag{51}$$

Отсюда получаем матричное уравнение для определения искомой K :

$$(\hat{Q} + K^T \hat{R} K)(P + \Delta P^+) - Q_1 - K^T R_1 K = 0. \tag{52}$$

Решение нелинейного матричного уравнения (52) можно осуществлять известными методами [5,6,7,9,10,11] или на основе процедур принципа гарантируемой динамики [1].

5. Пример. Рассмотрим задачу построения регулятора системы управления смесительным резервуаром, входящим в состав многих технологических процессов. Он имеет два входа, через которые поступают потоки жидкости с расходами $q_1(t)$ и $q_2(t)$. Последние могут регулироваться вентильными устройствами. Каждый поток содержит растворимое вещество с постоянной концентрацией. После перемешивания в резервуаре раствор жидкости отводится по единственному отверстию. Выходной поток характеризуется расходом $q(t)$ и концентрацией $C(t)$ [10,11].

Задача управления состоит в поддержании номинальных значений расхода q^* и концентрации C^* выходного потока жидкости путем изменения входных расходов $q_1(t)$ и $q_2(t)$.

Введем векторы состояния $x(t)=[x_1(t), x_2(t)]^T$ и управления $u(t)=[u_1(t), u_2(t)]^T$, компоненты которых представляют собой отклонения рассмотренных выше переменных от их номинальных значений:

$$x_1(t) = q^* - q(t), \quad x_2(t) = C^* - C(t), \quad u_1(t) = q_1^* - q_1(t), \quad u_2(t) = q_2^* - q_2(t).$$

Динамика объекта управления в терминах переменных состояния описывается векторным уравнением вида

$$\begin{aligned} \dot{x}(t) &= Ax(t) + Bu(t), \\ x_0 &= [0.1 \quad 0.2]^T, \end{aligned} \tag{53}$$

где матрицы

$$A^* = \begin{bmatrix} 0.009 & 0 \\ 0 & 0.018 \end{bmatrix}, \quad \Delta A = \begin{bmatrix} 0.001 & 0 \\ 0 & 0.002 \end{bmatrix}, \quad B^* = \begin{bmatrix} 0.009 & 0.009 \\ 0.225 & 0.675 \end{bmatrix}, \quad \Delta B = \begin{bmatrix} 0.001 & 0.001 \\ 0.025 & 0.075 \end{bmatrix},$$

Структуру закона управления зададим в виде линейной обратной связи

$$u(t) = Kx(t) = \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} \\ k_{21} & k_{22} \end{bmatrix} x(t). \tag{54}$$

Задача синтеза регулятора состоит в определении элементов матрицы K , обеспечивающих выполнение квадратичного целевого соотношения

$$J(t) = x^T(t)Qx(t) \leq \bar{b}_1(t), \tag{55}$$

где матрица

$$Q = \begin{bmatrix} q_{11} & 0 \\ 0 & q_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix},$$

а функция

$$\bar{b}_1(t) = \bar{b}_1^0 e^{\alpha_1 t}, \quad \alpha_1 < 0, \quad \bar{b}_1^0 > 0.$$

где $\sigma_1^0 = 1$, $\sigma_2^0 = 1$, $\alpha_1 = -2$.

Определим следующие матрицы

$$[\hat{Q}(B^* + \Delta B)]^{-1} = G^{-1} = \begin{bmatrix} 37.5000 & -0.5000 \\ 12.5000 & 0.5000 \end{bmatrix}, \quad \hat{Q}(A^* + \Delta A) = \begin{bmatrix} 0.02 & 0 \\ 0 & 0.04 \end{bmatrix},$$

пусть $p_1 = -500$; тогда искомая матрица регулятора определяется по формуле (31)

$$K = 10^4 \begin{bmatrix} 1.8749 & 0.025 \\ 0.625 & 0.025 \end{bmatrix}$$

Проведено компьютерное моделирование САУ при заданных начальных условиях: и построены графики управляемых процессов $x_i(t)$, $i=1,2$ (рис. 2.) с учётом обеспечения заданных инженерных требований (требуемого качества и точности.

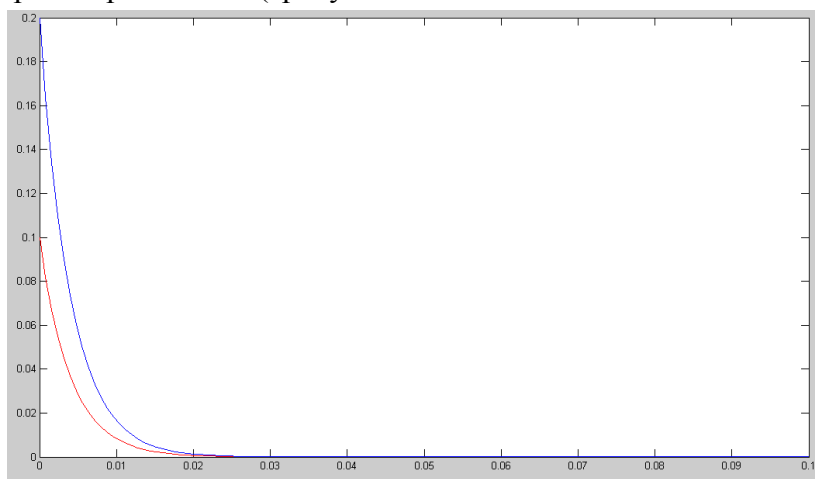


Рис. 2. Управляемые процессы $x_i(t)$, $i=1,2$.

Выводы. В данной статье рассматривается задача управления линейными многомерными объектами, когда качество синтезируемой системы автоматического управления (САУ) оценивается квадратичным критерием. Сама постановка задачи синтеза существенным образом отличается от традиционной, принятой в теории оптимального управления, поскольку вместо интегрального показателя качества вводится критерий, ограничивающий значения квадратичной меры ошибки регулирования во всем интервале управления. Это дает возможность синтезировать высококачественные САУ [2,3,4,7].

Для целей синтеза получены аналитические условия, выполнение которых гарантирует достижение заданных целевых соотношений. На их основе выведены уравнения синтеза искомых законов управления. Рассмотрены особенности учета ограничений на величины управляющих воздействий.

Процедуры синтеза регуляторов САУ основаны на методах принципа гарантируемой динамики. Эффективность разработанных методов иллюстрируется путем расчета законов управления конкретными техническими системами и их компьютерного моделирования.

Литература

1. Оморов Т.Т. Принцип гарантируемой динамики в теории систем управления / Т.Т. Оморов. Б.: Илим, 2001. – 130 с.
2. Джолдошов Б.О. Синтез систем стабилизации по заданным критериальным ограничениям / Б.О. Джолдошов, Т.Т. Оморов // Вестник Евразийского национального университета. – Астана, 2005. – №2 (42). – С. 18–28.
3. Джолдошов Б.О. К синтезу робастных систем управления линейными объектами при ограниченных возмущениях / Джолдошов Б.О. // Исследования по интегро-дифференциальным уравнениям. – Илим, 2009.- Вып. 41. – С. 130–135.
4. Оморов Т.Т. Новые алгоритмы адаптивного управления и идентификации систем / Т.Т. Оморов, Б.О.Джолдошов, Г.А. Кожекова // Тр. науч. конф. «Информационные технологии и управление». – Б.: 2008. –С. 46 – 52.
5. Баландин Д.В. Синтез регуляторов на основе решения линейных матричных неравенств и алгоритма поиска взаимобратных матриц / Д.В. Баландин, М.М. Коган // Автоматика и телемеханика.- 2005. – № 1. – С. 82–99.
6. Беллман Р. Введение в теорию матриц / Р.Беллман– М.: Наука, 1976.– 352 с.
7. Бобцов А.А. Алгоритм робастного управления в задаче слежения за командным сигналом с компенсацией паразитного эффекта внешнего неограниченного возмущения / А.А. Бобцов.-2005. – № 8. –С. 8-117.
8. Поляк Б.Т. Оценивание параметров в линейных многомерных системах с интервальной неопределённостью / Б.Т.Поляк, С.А, Назин // Проблемы управления и информатики. 2006. – №1-2.
9. Поляк Б.Т. Робастная устойчивость и управление. / Б.Т.Поляк, С.А Назин, –М.: Наука, 2002. –303 с.

ЛАБОРАТОРНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПРИНЦИПОВ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ

Кармышаков Аскарбек Камалдинович, к.т.н., доцент, КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: askar1969@mail.ru

Дакинова Замира Кенешбековна, ст. преп., КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Мира 66.

Цель статьи - на примере конкретного базового сигнального процессора, отражающего в себе основные свойства и тенденции, присущие применяемым на практике различным семействам сигнальных процессоров, рассмотреть лабораторный модуль для изучения студентами принципов цифровой обработки сигналов. В данной работе

использованы сигнальные процессоры с фиксированной точкой ADSP фирмы Analog Devices. Процессоры этого семейства отличаются функциональной полнотой и наилучшим соотношением стоимость/качество.

Ключевые слова: программа, платформа, обработка сигналов, алгоритм, процессор, прерывания, система команд, архитектура процессора.

LABORATORY MODULE FOR THE STUDY OF THE PRINCIPLES OF DIGITAL SIGNAL PROCESSING

Karmyshakov Askarbek Kamaldinovich, PhD (Engineering), Associate professor, KSTU named after I.Razzakova, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Kyrgyzstan, e-mail: askar1969@mail.ru

Dakinova Zamira Kuttubekovna, Senior Lecturer, KSTU named after I.Razzakova, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Kyrgyzstan

The purpose of the article - the example of specific basic signal processing, reflects the basic properties and tendencies inherent in the practice used different families of signal processors, review laboratory module for the study of the students the principles of digital signal processing. In this paper, we used signal processors with fixed ADSP Analog Devices' point. Processors of this family differ in the functional completeness and the best ratio price / quality.

Keywords: software, platform, signal processing, algorithm, processor, interrupt, instruction set, the processor architecture.

Сигнальные процессоры являются в настоящее время основным средством реализации цифровой обработки сигналов (ЦОС) и высокоскоростной обработки цифровых данных. В связи с этим большое значение имеет подготовка специалистов, владеющих данной элементной базой на уровне, достаточным как для технической эксплуатации современной радиоаппаратуры, использующей сигнальные процессоры, так и для разработки новых радиоэлектронных устройств и систем управления на их основе. Для практического решения этих задач существует техническая документация (руководства пользователя) и программные средства разработчика, которые представляются фирмами-производителями конкретных типов сигнальных процессоров. Однако их применение невозможно без предварительной базовой подготовки по общим принципам организации, основным компонентам архитектуры, системе команд и элементам программирования сигнальных процессоров. Рассмотрение этих вопросов наиболее целесообразно на примере конкретного базового сигнального процессора. В данной работе для этой цели выбрано семейство 16-разрядных сигнальных процессоров с фиксированной точкой ADSP- BF533 фирмы Analog Devices [1,2,3]. Процессоры этого семейства отличаются функциональной полнотой и наилучшим соотношением стоимость/качество.

Цель исследования. В настоящее время существует множество платного и свободно-распространяемого программного обеспечения (ПО), позволяющего моделировать процессы в цифровых устройствах при выполнении обработки сигналов. Пожалуй, самым известным и популярным среди всех программ является Matlab. Действительно, пакет Matlab вместе с расширениями tollboxes предоставляет широкие возможности по проектированию таких устройств цифровой обработки сигналов, как цифровые фильтры (ЦФ), системы дискретного спектрального анализа на основе ДПФ и БПФ. Кроме того, система Matlab позволяет смоделировать процессы, происходящие в цифровых системах, что заметно упрощает разработку последних.

Учитывая отмеченные преимущества систем компьютерного моделирования, а также тот факт, что они не требуют дополнительного аппаратного обеспечения, кроме персонального компьютера, такие программы получили широкое распространение как

средство для изучения ЦОС на лабораторных занятиях. Следует отметить, что подобный подход, хотя и дает знания по проектированию систем обработки сигналов, но не решает проблему получения опыта работы с реальными системами обработки сигналов. В большинстве случаев при изучении алгоритмов ЦОС используются математические пакеты. При этом обычно не учитывается быстродействие системы, объем используемой памяти, компактность кода и множество других факторов, влияющих на реальную работу. Для изучения особенностей, связанных с разработкой алгоритмов ЦОС реальной системы, предлагается использовать описываемый модуль.

Решение задачи. Цифровые сигнальные процессоры (ЦСП) представляют собой специализированные процессоры с RISC- архитектурой, аппаратно и программно оптимизированные на решение задач цифровой обработки сигналов (ЦОС). Они отличаются от обычных микропроцессоров своей высокой производительностью, обусловленной особенностями их архитектуры и системы команд. В основу построения ЦСП положены принципы [1, 2] использования гарвардской архитектуры.

Отладочные комплекты (платы) фирмы ADI, в частности ADSP-BF533 EZ-KIT Lite, на основе процессора BF533 семейства Blackfin являются удобной платформой для отработки различных алгоритмов обработки как звуковых, так и видеосигналов.

Структура лабораторного отладочного комплекса приведена на рис.1.

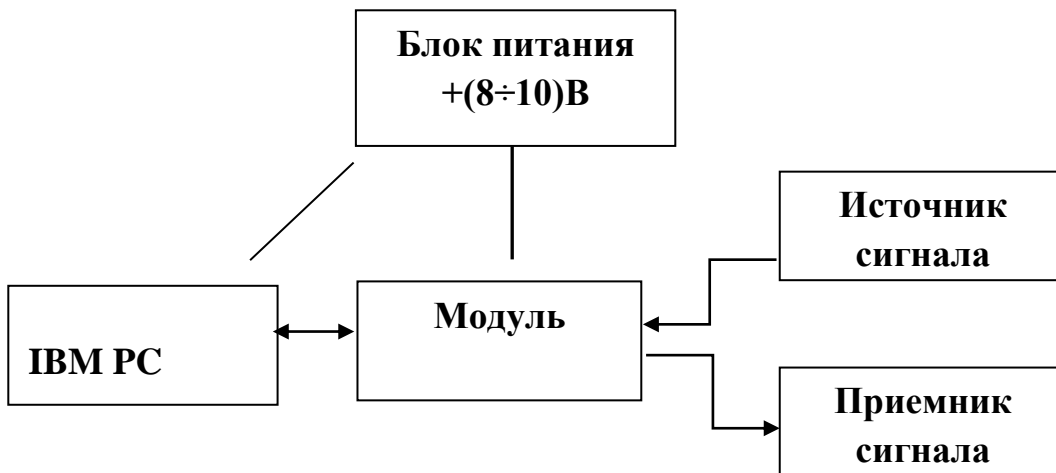


Рис.1. Структурная схема лабораторного отладочного комплекса

Комплекс предназначен для экспериментального изучения сигнальных процессоров и реализации алгоритмов ЦОС. Лабораторный стенд состоит из отладочного комплекта, PC-совместимого персонального компьютера и измерительного оборудования – специализированного измерительного генератора (СИГ) и осциллографа.

Отладочный комплект ADSP-BF533 EZ-KIT Lite

Основу отладочного комплекта ADSP-BF533 EZ-KIT Lite составляет процессор обработки сигналов ADSP-BF533 из семейства Blackfin. Плата является удобной платформой, созданной компанией ADI в помощь разработчикам систем ЦОС. Схемотехнически отладочный комплект представляет собой законченную систему обработки сигналов и совместно со студией Visual DSP позволяет создать, отладить и протестировать ПО обработки звуковых и видеосигналов практически любой сложности.

Структурная схема комплекта приведена на рисунке 2 [1]

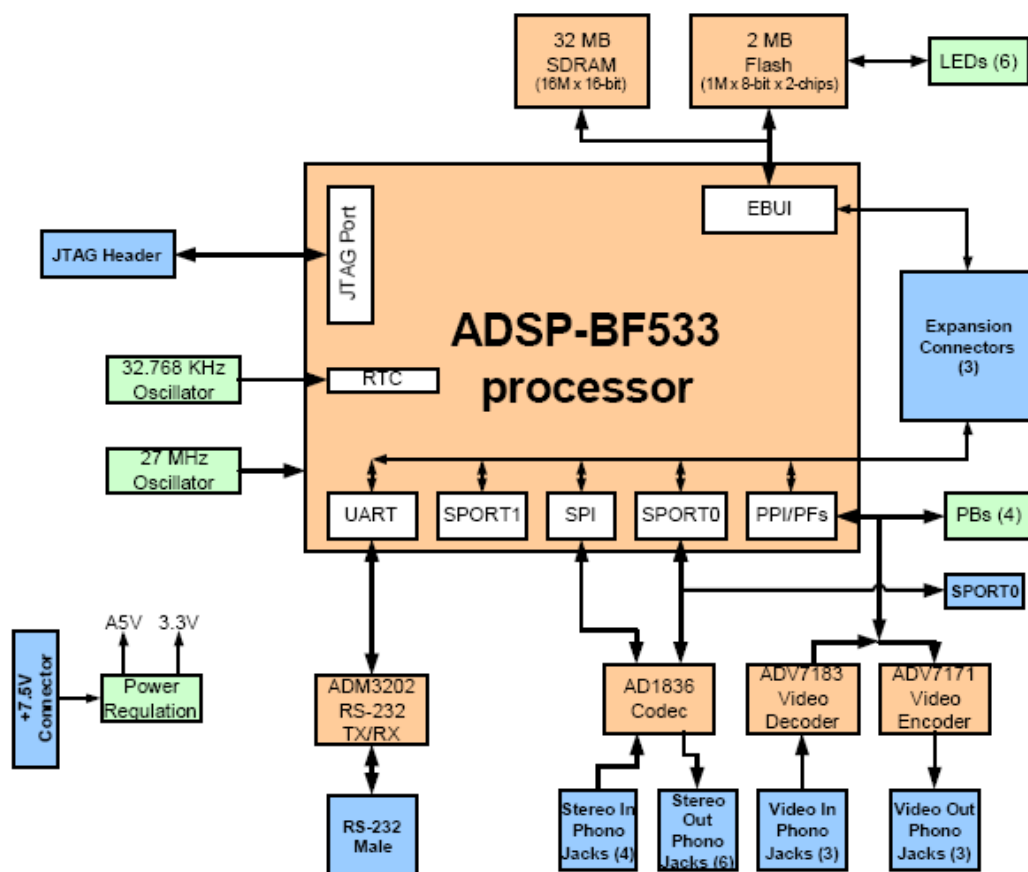


Рис. 2. Структурная схема отладочного комплекта ADSP-BF533 EZ-KIT Lite

Из схемы видно, что помимо процессора обработки сигналов комплект содержит модуль оперативной памяти стандарта SDRAM объемом 32 МБ (16Мx16), два модуля энергонезависимой FLASH памяти, общим объемом 2 МБ. Модули памяти подключаются к внешней шине процессора (EBUI) управляемой встроенным контроллером памяти. Для ввода/вывода аналоговых сигналов звукового диапазона используется кодек AD1836, являющийся высокопроизводительной системой ввода/вывода звуковых сигналов, содержит два стерео Σ - Δ АЦП и три стерео Σ - Δ ЦАП. Для настройки использует SPI-совместимый последовательный порт, для обмена данными – последовательный интерфейс, поддерживающий различные форматы обмена. Настраивается на кодограммы различной длины (16, 20, 24 бит), и различные частоты выборок (48, 96 кГц), имеет встроенные цифровые фильтры и интерполятор [2].

Обмен данными с кодеком организован через последовательный порт SPORT0 процессора. Для работы с видеосигналами отладочный комплект содержит видеокодер ADV7171 и видеodeкодер ADV7183, которые позволяют преобразовывать аналоговые видеосигналы стандартов PAL, NTSC в потоки данных стандарта CCIR601/ CCIR656 и обратно [3, 4]. Микросхемы обработки видеосигналов подключены к периферийному параллельному интерфейсу процессора (PPI).

Непосредственно плата содержит разъем (вилка типа DB9) подключенный к асинхронному приемопередатчику процессора (UART) через микросхему преобразователя интерфейса TTL/RS232 ADM3202, что позволяет реализовать обмен с устройствами, имеющими последовательный асинхронный интерфейс. Для функционирования подсистемы часов реального времени в отладочный комплект входит кварцевый резонатор частотой 32,768 кГц.

Для проверки работы внешних асинхронных прерываний имеется набор кнопок, подключенных к программируемым флагам, и светодиодов. Отметим также, что все выводы периферийных модулей процессора выведены на три дополнительных соединителя (Expansion connectors), что позволяет подключать внешние устройства к плате, расширяя возможности системы.

Измерительный генератор

Неотъемлемой частью лабораторного стенда является специализированный измерительный генератор. Он предназначен для выработки тестовых низкочастотных (10 Гц - 100 кГц) сигналов при выполнении лабораторных работ по изучению цифровой фильтрации. Генератор содержит источники идеализированного низкочастотного и помехового сигналов, временные и электрические параметры которых могут изменяться в большом диапазоне. Низкочастотный сигнал может меняться в диапазоне 10 Гц – 100 кГц. Источник помехи состоит из генератора аналоговых и дискретных шумовых сигналов.

Лабораторные работы

При освоении курса ЦОС студентам предлагается выполнить следующие лабораторные работы:

1. Изучение среды разработки программ для DSP процессоров фирмы ADI Visual DSP;
2. Изучение структуры процессора BF-533 (ядро процессора, система прерываний, таймеры, часы реального времени, программируемые флаги);
3. Изучение устройств ввода/вывода процессора BF-533 (последовательные порты – SPORT, последовательный порт – SPI, параллельная шина, асинхронный приемопередатчик – USART);
4. Расчет коэффициентов цифровых фильтров в программе Matlab;
5. Изучение нерекурсивных цифровых фильтров (КИХ-фильтров) на отладочном комплекте ADSP-BF533 EZ-KIT Lite фирмы ADI;
6. Изучение рекурсивных цифровых фильтров (БИХ-фильтров) на отладочном комплекте ADSP-BF533 EZ-KIT Lite фирмы ADI;

В процессе выполнения первой работы студенты знакомятся со средой разработки проектов для ЦПОС фирмы ADI Visual DSP, приобретают навыки написания программ на языке высокого уровня для процессоров BF533, знакомятся с отладочными возможностями студии, с принципами отладки и тестирования написанной программы на отладочном комплекте.

Вторая и третья работы предназначены для изучения самого процессора BF533, его архитектуры, систем ввода/вывода данных, принципов инициализации различных подсистем и обработки прерываний. При выполнении этих работ студенты знакомятся с принципами асинхронного обмена данными, с высокоскоростными синхронными портами обмена, параллельным портом, с работой асинхронных внешних прерываний. В результате выполнения данных работ студенты должны уметь самостоятельно наладить обмен данными с микросхемами ввода-вывода, установленными на плате, в частности, с аудио кодеком AD1836, подключенным к последовательному порту SPORT0 процессора.

Четвертая работа посвящена изучению принципов расчета цифровых фильтров в программе имитационного моделирования Matlab. При выполнении работы студенты овладевают методикой расчета коэффициентов ЦФ по заданным характеристикам при помощи встроенных команд системы Matlab, а также пользуясь дополнительным приложением (toolbox) Filter Design. Использование данного программного пакета незаменимо для первоначального ознакомления с расчетом коэффициентов ЦФ, а также при дальнейшей реализации алгоритмов дискретной фильтрации на отладочном комплекте. Приложение Filter Design, обладая "дружественным", интуитивно-понятным интерфейсом, позволяет получить коэффициенты как нерекурсивных, так и рекурсивных ЦФ, используя заранее определенные характеристики. Отметим, что использование указанного пакета

программ не ограничивается четвертой лабораторной работой. При выполнении пятой и шестой работ студентам также необходимо рассчитать коэффициенты ЦФ согласно индивидуальному заданию для дальнейшего использования их в программе, реализующей алгоритм дискретной фильтрации на отладочном комплекте.

В отличие от четвертой работы, где изучение ЦФ ограничивается моделированием в пакете Matlab, пятая и шестая работы предлагают реализовать алгоритм дискретной фильтрации на отладочном комплекте. Для этого используются заранее написанные программы, реализующие алгоритмы работы КИХ и БИХ-фильтров соответственно. В данных проектах для ввода исходных данных и вывода отфильтрованного результата используется аудиокодек AD1836, производится настройка всех используемых для обмена данными портов и прерываний. В качестве формирователя исходного сигнала, содержащего помеху и полезную составляющую, используется специальный измерительный генератор. Для контроля исходного и полученного в результате фильтрации сигнала используется осциллограф. Студенты по полученному индивидуальному заданию производят расчет коэффициентов фильтра в программе Matlab, затем подставляют полученные значения в программу фильтрации и экспериментально на измерительной установке, изображенной на рисунке 3, подтверждают заданные характеристики.

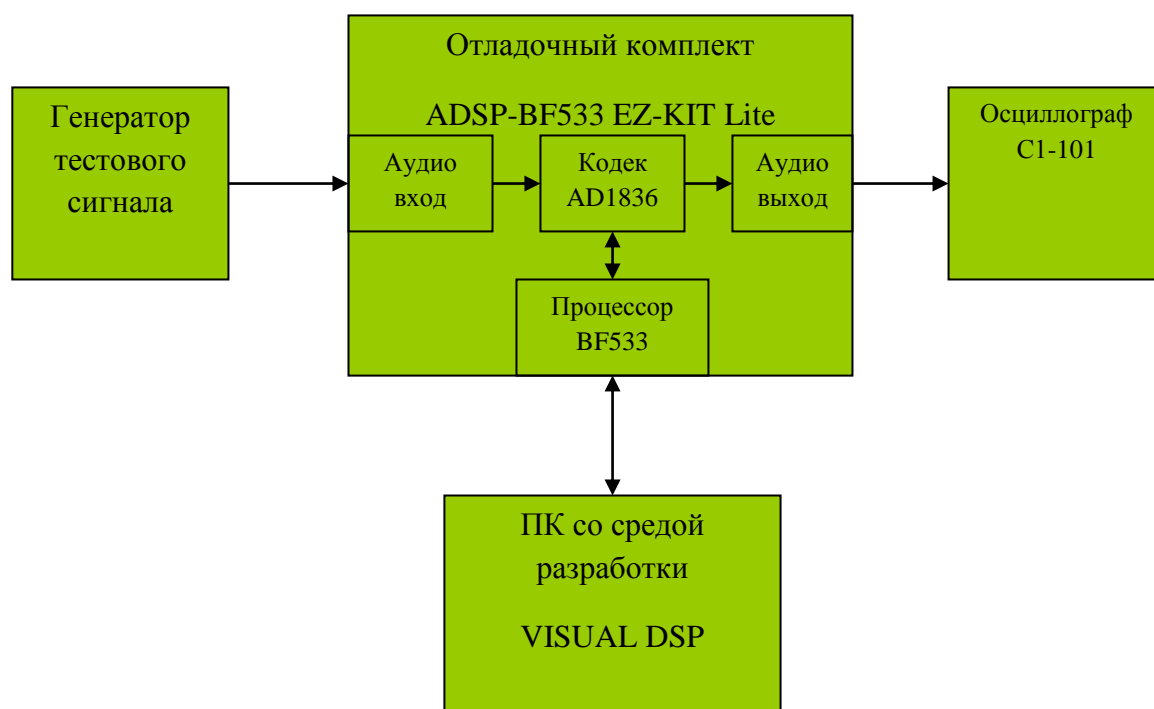


Рис. 3. Измерительная установка для изучения цифровой фильтрации.

Выводы: Опыт проведения лабораторных работ на отладочных комплектах фирмы ADI показывает, что подобный подход к изучению практической части предмета "Цифровая обработка сигналов" вызывает живой интерес у студентов, что объясняется, отчасти, отсутствием подобной лабораторной базы при выполнении работ по ряду других дисциплин. Отметим, что подобное построение лабораторного практикума не исключает использования программ для моделирования, более того, использование продуктов, подобных Matlab, совместно с отладочными комплектами существенно расширяет глубину изучения и понимания теоретической основы работы. К недостаткам отладочного комплекта при проведении лабораторных работ относится невозможность демонстрации таких эффектов, возникающих в дискретных системах обработки, как наложение спектра при аналого-цифровом преобразовании (алайзинг) и повторение спектра при цифро-аналоговом преобразовании. Это объясняется тем, что плата предназначалась не для обучения студентов, а для специалистов, занимающихся разработкой систем ЦОС.

Список литературы

1. Солонина А.И. Алгоритмы и процессоры цифровой обработки сигналов / А.И. Солонина. – СПб.: БХВ- 2001.- 464 с.
2. Описание отладочного комплекта - ADSP-BF533 EZ-KIT Lite Evaluation System Manual .Режим доступа: <http://www.analog.com/ru/design.../evaluation.../evaluation...kits/bf533-ezlite.html>. (дата обращения 15.09.2009)
3. Описание аудио кодека AD1836 .Режим доступа: <http://www.analog.com/ru/products/processors-dsp/blackfin/adsp-bf533.html> (дата обращения 12.10.2009)
4. Описание видеокодера ADV7171 Режим доступа: <http://www.analog.com/ru/products/processors-dsp/blackfin/adsp-bf533.html> (дата обращения 22.11.2009)
5. Описание видеокодера ADV7183 Режим доступа: <http://www.analog.com/ru/products/processors-dsp/blackfin/adsp-bf533.html> (дата обращения 22.11.2009)

УДК.: 004.031.2

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ УЧЕБНЫМ ПРОЦЕССОМ ВУЗА

Батырканов Жениш Исакунович, доктор техн. наук, профессор кафедры автоматического управления, Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, 720044, Кыргызская Республика, город Бишкек, пр. Мира, 66,
Саитов Нурлан Жолдошевич, канд. техн. наук, доцент кафедры автоматического управления, Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, 720044, Кыргызская Республика, город Бишкек, пр. Мира, 66, E-mail: nsaitov@mail.ru

Аннотация

Эффективное управление учебным процессом является одной из важнейших управленческих задач в вузе, которая охватывает большое количество лиц, вовлеченных в этот процесс - студентов, преподавателей, учебно-вспомогательного и административно-управленческого персонала, и прямо влияет на условия их работы и учебы. При этом нормативные документы, регламентирующие образовательную деятельность, оставляют большой простор при их реализации в условиях конкретного вуза. Учет всех имеющихся возможностей и их эффективная реализация требуют значительных трудозатрат со стороны управленческого персонала. Проблема обостряется в условиях перехода на новую систему управления образованием, порожденного присоединением к Болонской декларации и соответствующей значительной смене нормативных документов. Очевидно, что проведение мероприятий по информатизации процедур управления учебным процессом в принципе способно существенно улучшить качество управления и сократить его трудоемкость.

Ключевые слова: информационная система, автоматизация учебного процесса, АИСУ, СУБД, ИС «AVN».

DEVELOPMENT OF AUTOMATED CONTROL SYSTEM OF HIGHER EDUCATIONAL PROCESS

Jengish Batyrkanov, Doctor of Engineering Sciences, Professor of Automation and Control Department, I. Razzakov Kyrgyz State Technical University, 720044, Kyrgyzstan, Bishkek, Mira avenue, 66

Summary

Effective management of the educational process is one of the most important management tasks at the university, which covers a large number of parties involved in this process - students, teachers, educational support and administrative staff, and has a direct impact on the conditions of their work and study. This normative documents regulating educational activities leave a lot of room in their implementation in a particular institution. Taking into account all the available options and their effective implementation requires significant effort on the part of the administrative personnel. The problem is exacerbated in the transition to a new education management system, generated by the accession to the Bologna Declaration and the corresponding significant change in regulations. Obviously, the event management on informatization of educational process management procedures, in principle, can significantly improve the quality of management and reduce the complexity of it.

Keywords: informational system, automation of the educational process, automated information management system, DBMS, Informational System «AVN».

Постановка задачи автоматизации и общая характеристика информационной системы

Введение. В настоящее время в условиях реформирования системы высшего образования, многообразия форм обучения, источников финансирования ВУЗов, большой номенклатуры специальностей и специализаций в высших учебных заведениях, в условиях наличия развитой сети региональных филиалов, высоких конкурсов и большого числа студентов проблема управления ВУЗом является важной и актуальной, и в то же время, чрезвычайно сложной задачей. Однако анализ показывает, что существующие системы управления ВУЗом в полной мере не удовлетворяют предъявляемым к таким системам требованиям. Зачастую эти системы не позволяют учесть специфику организации учебного процесса в конкретном ВУЗе, не обеспечивают интеграцию с функционирующими системами.

Постановка задачи. Очевидно что, для эффективного управления учебных процессов в любом вузе, нужно внедрять автоматизировано – информационные системы которые позволяет эффективно, оперативно управлять ходом учебного процесса. Одним из важнейших требований к таким системам является построение систем, основанной на принципах, обеспечивающих создание единого информационного образовательного пространства высшего учебного заведения. Именно решению данных вопросов посвящена данная статья.

Результаты исследований. В ходе работ, разработана автоматизированная система управления учебным процессом вуза «AVN». Который состоит из взаимосвязанных 25 под программ, посредством которых производится автоматизация деятельности учебного управления, отдела кадров студентов, отдела кадров сотрудников, деканата, кафедры, бухгалтерии (касса), которые легко для восприятия и пользования рис.1,. Каждый из них сопровождается документациями и инструкциями пользователей. С целью вовлечения в автоматизированный процесс управления всех основных участников учебного процесса создан набор автоматизированных рабочих мест с гибко настраиваемыми функциями.

С 2005 года АСУ «AVN» внедрена и успешно прошла апробацию и в показала свою эффективность в стенах КГТУ им. И. Раззакова. Внедрение происходило в 2 этапа: с 2005 года проводилось обучение пользователей в соответствии с разработанной программой обучения, после чего начал реализовываться этап опытной эксплуатации системы, во время которого пользователи сверяли данные, импортированные в АСУ, и вносили необходимую для полноценной эксплуатации АСУ информацию.

Основой концепции разработки АСУ AVN является подход, рассматривающий организацию учебного процесса в высшем учебном заведении как единый процесс, состоящий из ряда частных взаимосвязанных процессов. Каждый из частных процессов находит отображение в функциональном блоке решения (например, проведение приемной кампании вузом - в модуле "AVN 25.1"). Каждый функциональный блок взаимодействует с другими как на уровне процессов, так и на уровне обмена данными. Таким образом, решение позволяет осуществлять контроль, накапливать информацию об обучаемом в вузе лице с момента подачи заявления в приемную комиссию, от выбора специальностей к вступительным испытаниям, от вступительных испытаний к зачислению в контингент студентов, от зачисления к первой сессии и, завершая подготовкой приложения к диплому, выпуском специалиста.[2, 4]



Рис.1.

При разработке системы управления учебным процессом в образовательном учреждении ставились следующие цели:

- Оптимизировать все основные процессы управления образовательными услугами;
- Повысить качество и снизить трудоемкость работы персонала, участвующего в организации и обеспечении учебного процесса;
- Предоставить студенту максимальную возможность самостоятельной работы с учебным материалом и самоконтроля получаемых знаний с применением современных информационных технологий;
- Обеспечить руководство и ответственных лиц учебного учреждения своевременной и качественной информацией.

Основными особенностями системы АСУ вуза AVN являются:

- *Многофункциональность*: решение всех основных задач по управлению учебным процессом в рамках единой информационной системы с возможностью быстрого доступа к необходимым данным для любого участника в соответствии с его индивидуальными правами рис.2.
- *Модульная структура*, реализуемая подсистемами обеспечения, планирования и организации учебного процесса, а также информационно-аналитической подсистемой. Использование большого числа настраиваемых параметров позволяет гибко распределять функции подсистем среди рабочих мест организаторов учебного процесса и в целом адаптировать систему под особенности конкретного ВУЗа

- *Интегрированность* подсистем документооборота и контроля исполнительской деятельности, что позволяет автоматически формировать полный комплект документов по движению студентов и сотрудников, планированию и контролю учебного процесса, а также автоматически отслеживать выполнение принятых решений в соответствии с нормативными параметрами
- *Масштабируемость*: возможность управления образовательными процессами различного типа (среднее специальное, высшее, послевузовское, дополнительное) и различных форм и технологий обучения (очное, вечернее, заочное, дистанционное)
- *Открытость*: возможность взаимодействия с другими автоматизированными системами (бухгалтерскими, охранными системами контроля доступа и т.д.)

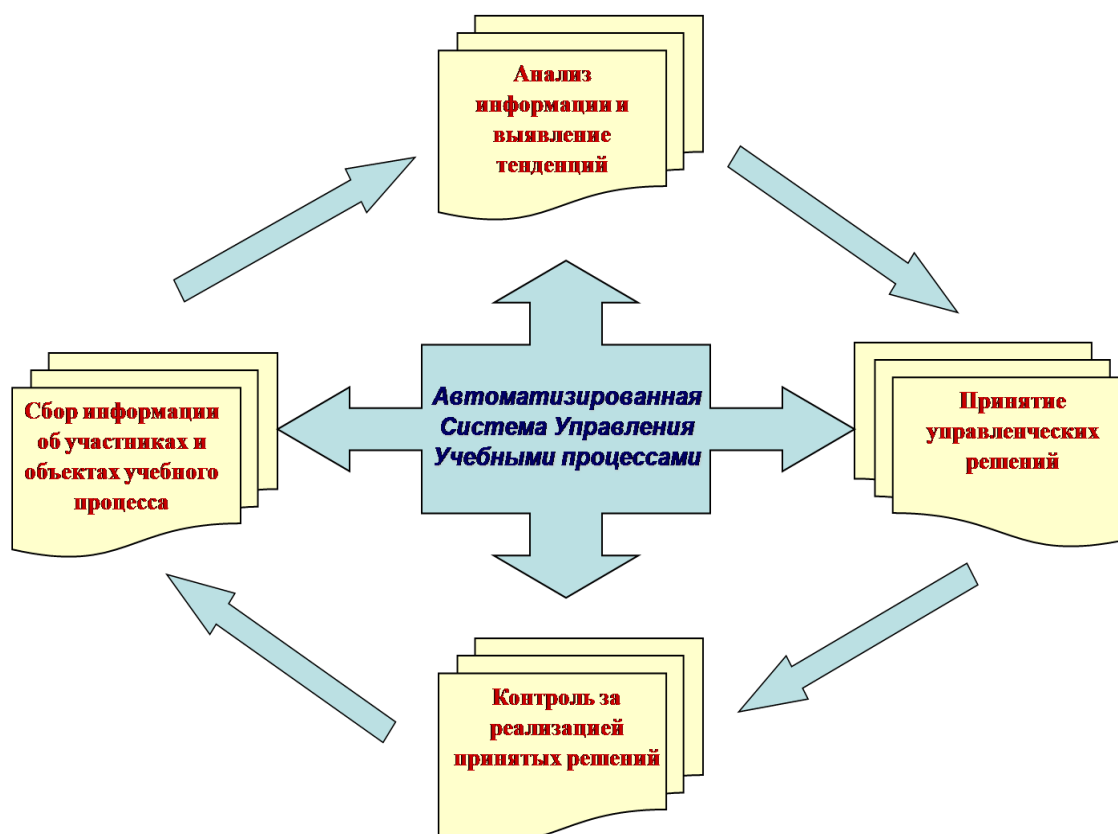


Рис.2.

Основные функции и возможности АСУ вуза AVN:

- Настройка системы на особенности конкретного образовательного учреждения.
- Поддержка всех форм обучения (очная, заочная, дистанционная) и всех видов обучения.
- Охват всех этапов процесса обучения от поступления до выпуска с подготовкой соответствующих документов.
- Создание и поддержка в актуальном состоянии электронных версий учебных планов в полном соответствии с Государственным образовательным стандартом.
- Организация синхронной работы всех участников учебного процесса.
- Формирование банка данных с электронным методическим и контрольно-измерительным материалом по каждой дисциплине.
- Анализ информационных и финансовых потоков с выполнением аналитической обработки данных.
- Планирование учебной нагрузки на уровне отдельных структурных подразделений (кафедры, факультеты) и образовательного учреждения в целом.

Программные компоненты автоматизированной системы управления разработаны на языке программирования С# и использованием пакета Borland Delphi. Эксплуатация АСУ ведется по клиент-серверной технологии в сетевом режиме, обеспечивающем возможность одновременной работы произвольного числа пользователей с системой, а также ее интеграцию с рядом информационных систем, эксплуатирующихся в университете на настоящий момент. База данных (БД) реализуется в инструментальной среде Microsoft SQL server 2005. Базовые средства Ms SQL server 2005 (сегментированные таблицы и индексы) позволяют хранить в базе данных и обрабатывать без потери производительности очень большие объемы данных, что позволяет поддерживать в актуальном состоянии как текущие оперативные данные, так и исторические и справочные данные, которые архивировались или терялись при использовании персональных СУБД. В БД предполагается также хранить агрегированную информацию для статистических отчетов, способы формализации получения которой проработаны не до конца, или быстро меняются. Таким образом, БД должна стать основным источником достоверной информации для ректората, руководителей и специалистов общеуниверситетских служб, отвечающих за определение стратегии развития различных сфер деятельности университета.

Выводы. Внедрение автоматизированной системы управления в деятельность образовательного учреждения позволит решить следующие задачи [3]:

- Добиться прозрачности всех процессов управления образовательным учреждением;
- Планировать учебную нагрузку преподавателей, контролировать ее выполнение;
- Контролировать успеваемость и оплату за обучение с момента поступления до выпуска обучаемого;
- Повысить контроль качества оказания образовательных услуг студенту;
- Оперативно предоставлять достоверные данные организаторам учебного процесса высшего и среднего звена, повысить оперативность, точность и правильность принятия управленческих решений;
- Автоматизировать документооборот с подготовкой всей необходимой учебной документации и контролировать исполнительскую дисциплину сотрудников, участвующих в организации учебного процесса;
- Реализовывать изучение отдельных учебных дисциплин или всего учебного плана с применением дистанционных технологий.

Литература

1. Разработка бизнес - аналитики в Microsoft SQL Server 2005. Питер: 2008
2. Информатизация образования: направления, средства, технологии: Пособие для системы повышения квалификации / Под.ред. С.И. Маслова.- М.: МЭИ, 2004. -868 с.
3. Управление в высшей школе: опыт, тенденции, перспективы / Под ред. В.М. Филиппова. - М.: Логос, 2006. -488 с.

УДК: 62-50

АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТРАЕКТОРНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

Батырканов Жениш Исакунович, доктор технических наук, профессор, 720044, Кыргызская Республика, г. Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: bjenish@mail.ru

Кадыркулова Кыял Кудайбердиевна, Кыргызский технический университет им. И.Раззакова, 720044, Кыргызская Республика, г. Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: kyial_02@mail.ru

В данной работе рассматривается новый подход синтеза адаптивного закона управления, в случае задания предписанной траектории в табличной форме. Данный подход применяется в случаях, когда предписанную траекторию нельзя описать аналитически. Такие

задачи часто встречаются в робототехнике и 3D- технологиях. Предлагаемая методика синтеза предназначена для построения адаптивного управления при параметрических возмущениях.

Ключевые слова: предписанная программа (траектория), закон управления, объект управления, вектор невязки, вектор состояния.

ADAPTIVE CONTROL BY MOVEMENT TRAJECTORY

Zhenish Isakunovich Batyrkanov, Professor, Doctor of Technical Science, 66Mira Avenue, Bishkek, 720044, Kyrgyz Republic, e-mail: bjenish@mail.ru

Kyial Kudayberdievna Kadyrkulova, Kyrgyz Technical University named after I.Razzakov, 66 Mira Avenue, Bishkek, 720044, Kyrgyz Republic, e-mail: kyial_02@mail.ru

In this paper, a new approach of synthesis of adaptive control law, in a case of setting a prescribed trajectory in tabular form. This approach is applied in cases where the prescribed path can not be described analytically. Such problems are common in robotics and 3D- technology. The proposed synthesis method is intended for construction of adaptive management at parametric perturbations.

Keywords: the prescribed program (trajectory), control law, control object, residual vector, state vector.

Во многих областях практики, в частности робототехники, управлении летательными объектами, управлении лазерным лучом, встречаются задачи управления движением управляемого объекта по определенным траекториям. Для этих задач, применение классических методов синтеза систем управления методами классической теории автоматического управления невозможно. При решении таких задач существуют на сегодняшний день отдельные подходы, методы, которые эффективны только для определенных классов задач. Кроме того, следует заметить, что вопросы построения адаптивных принципов управления в этих случаях осуществляется индивидуально.

В данной работе, для класса линейных объектов с параметрическими возмущениями предлагается новый подход синтеза адаптивных законов управления по осуществлению движения по предписанным траекториям. При этом рассматривается случай, когда предписанная траектория задается не в аналитической форме, а представлена в табличной форме.

Предписанную траекторию удастся представить в аналитической форме, в достаточно малом количестве практических задач. Так, например, предписанную траекторию движения рабочим органом (рукой, захватом) манипулятора трудно описать аналитически, но всегда можно описать в табличной форме. В связи с этим, в данной работе, на основе ранее полученных авторами данной статьи результатами [1,2] для детерминированного случая управлением, разрабатывается подход синтеза управления по таблично заданной предписанной программе движения со свойством адаптации (приспособления) к параметрическим возмущениям в объекте.

Итак, рассмотрим линейный объект с параметрическим возмущением

$$\frac{dx}{dt} = \overset{0}{x} = A \cdot x + B \cdot u + \Delta A \cdot x, \quad (1)$$

где $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$ – вектор состояния;

$u = (u_1, u_2, \dots, u_m)^T$ – вектор управления;

A, B – заданные числовые матрицы коэффициентов;

ΔA – матрица параметрических возмущений.

В работе [2] разработан подход синтеза, где для линейного объекта

$$\dot{x} = Ax + Bu, \quad (2)$$

синтезируется закон управления по осуществлению движения объекта (2) по таблично заданной предписанной программе движения

t_k	t_0	t_1	t_2	...	t_k
\bar{x}_k	\bar{x}_0	\bar{x}_1	\bar{x}_2	...	\bar{x}_k

где $k=0,1,2,\dots$;

t_k – дискретные моменты времени;

\bar{x}_k – значение вектор состояния в моменты времени t_k .

Для решения задачи математическую модель (2) представляют в конечно-разностном виде

$$x(k+1) = x(k) + \Delta \cdot A(x_k) + \Delta \cdot Bu(k) \quad (3)$$

Для упрощения выкладок, в дальнейшем приращение по времени Δ возьмем $\Delta = 1$.

Искомые значения $u(k)$ в работе [2], отыскиваются из условия минимизации невязки

$$\|x_{таб}(k+1) - x_{тек}(k+1)\|^2 \Rightarrow \min_{u(k)} \quad (4)$$

где $\|\cdot\|$ – символ нормы;

$x_{таб}$ – значения вектора состояния, которые берутся из таблицы;

$x_{тек}$ – значения вектора состояния, которые измерены в текущий момент времени.

Далее расписывая выражение нормы согласно (3), и затем беря процедуру оптимизации

$$\frac{\partial \|\cdot\|^2}{\partial u(k)} = 0 \Rightarrow u(k) = ? \quad (5)$$

определяют искомые $u(k)$.

Проводя процедуру минимизации окончательно получают

$$u(k) = -(B^T B)^T \cdot [B^T x_{таб}(k+1) - B^T \cdot (A + E) \cdot x(k)], \quad (6)$$

где E – единичная матрица;

$x(k)$ – текущее значение вектора состояния;

$x_{таб}(k+1)$ – табличное значение вектора состояния.

Для синтеза адаптивного закона, вначале проводится процедура оценки матрицы параметрических возмущений ΔA . Для этого в самом начале, на основе измеренного значения $x(1)$ и начальных условий осуществляется оценка матрицы ΔA при шаге $k = 0$, то есть, осуществляется оценка $\Delta A(0)$.

Согласно конечно-разностному уравнению имеем рекуррентное выражение

$$x(1) = x(0) + A \cdot x(0) + \Delta A(0) \cdot x(0) + B \cdot u(0) \quad (7)$$

Отсюда, т.к. $u(0) = 0$, имеем

$$\Delta A(0) \cdot x(0) = [x(1) - x(0) - A \cdot x(0)] \quad (8)$$

Для решения этого уравнения относительно $\Delta A(0)$ в общем виде, воспользуемся следующим результатом Р. Белмана [3].

Р. Белман рассматривал задачу отыскания "z" из

$$(z, b) = \alpha \quad (9)$$

Решение определил в виде

$$z = (b, b)^{-1} b \cdot \alpha, \quad (10)$$

где b – постоянный вектор; α – скаляр;

(,..) – символ скалярного произведения

Если воспользоваться этим результатом для решения (8), имеем

$$\begin{cases} (\Delta a_1, x(0)) = \left[\cdot \right]_1 \\ (\Delta a_n, x(0)) = \left[\cdot \right]_n \end{cases} \quad (11)$$

где Δa_i – i -ая строка м. $\Delta A(0)$; $[\cdot]_i$ – i -ая строка выражения в квадратичной скобке соотношения (8).

Отсюда, согласно результата (10) Р.Белмана, имеем

$$\Delta a_i = (x(0), x(0))^{-1} \cdot x(0)[x(1) - x(0) - Ax(0)], \quad (12)$$

После процедуры идентификации при $k=1$ имеем следующие рекуррентное выражения

$$x(2) = x(1) + Ax(1) + \Delta A(1) \cdot x(1) + B \cdot u(1), \quad (13)$$

Для определения $u(1)$, в выражении (13) заменяем $\Delta A(1) \rightarrow \Delta A(0)$, т.е осуществляем отыскание управления по известной оценке $\Delta A(0)$ вместо неизвестной $\Delta A(1)$. Такой переход справедлив в силу того, что процессы управления протекают немного быстрее чем изменение параметров. Для определения $u(1)$ воспользуемся результатами работы [2], которые привели выше в виде (6). Для адаптивного случая вместо (3) имеем (13) и выражения (6) с учетом этого замечания имеет вид

$$u(1) = -(B^T B)^{-1} [B^T \cdot x_{маб}(2) - B^T (A + E + \Delta A(0)) \cdot x(1)] \quad (14)$$

После определения $u(1)$ проводится оценка $\Delta A(1)$, аналогично $\Delta A(0)$,

далее определяется $u(2)$ и т.д.

Нетрудно написать, после этих рассуждений, процедуры оценки $\Delta A(k)$ и определения $u(k)$ в общем виде для произвольного $k=0, 1, 2, \dots$,

$$\Delta a_i, x(k) = [x_{тек}(k+1) - x(k) - A \cdot x(k) - B \cdot u(k)]_i, \quad (15)$$

$$u(k) = -(B^T B)^{-1} [B^E \cdot x_{маб}(k+1) - B^T (A + E + \Delta A(k-1)) \cdot x(k)], \quad (16)$$

где Δa_i из (15) определяется на основании результата Р.Белмана

$$\Delta a_i(k+1) = (x(k), x(k))^{-1} x(k)[x(k+1) - x(k) - Ax(k) - Bu(k)]_i, \quad (17)$$

где $\Delta a_i(k+1)$ – i -ая строка оценки матрицы параметрических возмущений $\Delta A(k+1)$ в $k+1$ дискретный момент времени.

Итак, предлагаемый подход синтеза при параметрических возмущениях состоит в последовательном применении процедуры оценки матрицы параметрических возмущений и процедуры определения искомым значений управлений в соответствующие дискретные моменты времени.

Литература

1. Батырканов Ж.И. Задача управления по заданной программе / Ж.И. Батырканов, А.Д. Мадраимова, К.К. Кадыркулова // Известия КГТУ им.Раззакова. - 2007.-№11.-С. 144-146
2. Белман Р. Введение в теорию матриц / Р. Белман М.: - Наука, 1969.
3. Шаршеналиев Ж.Ш. Синтез систем управления с заданными показателями качества / Ж.Ш. Шаршеналиев, Ж.И. Батырканов, Б.: Илим, 1991.

К ПРОЕКТИРОВАНИЮ УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПОДСИСТЕМЫ САУ С УЧЕТОМ ТРЕБОВАНИЙ НА ЗАДАННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА

Джолдошов Бекболот Оморович, к.т.н., доцент КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: bekbolot2009@yandex.ru

Цель статьи: рассмотрена задача управления нелинейным многомерным объектом. Предложен структурный метод синтеза регулятора, позволяющий обеспечить основные требования к проектируемой системе. К ряду основных требований можно отнести точность быстрогодействия а также ограничения на величины управляемых переменных

Ключевые слова: система автоматического управления (САУ), регулятор, математическая модель, многомерный объект управление, структурный синтез, принцип гарантируемой динамики, синтез регулятора, многомерный система управления, алгоритм управления, внешние возмущения, устойчивость системы

TO THE DESIGN CONTROL SUBSYSTEM ACS BASED ACCORDING TO GIVEN PARAMETERS

Dzholdoshov Bekbolot Omorovich, PhD (Engineering), Associate Professor, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, KSTU named after I.Razzakov, 720044, Bishkek, Mira Avenue, 66, e-mail: bekbolot2009@yandex.ru

Article purpose: the problem of management of nonlinear multidimensional object is considered. The structural method of synthesis of the regulator allowing to provide the main requirements to the designed system is offered. It is possible to carry accuracy to a number of the main requirements speed and also restrictions for sizes of the operated variables

Keywords: system of automatic control (SAC), the regulator, mathematical model, multidimensional object management, structural synthesis, the principle of the guaranteed dynamics, synthesis of the regulator, multidimensional a control system, a control algorithm, external indignations, stability of system

1. **Постановка задачи.** Рассмотрим нелинейный многомерный объект управления описываемый следующим векторным дифференциальным уравнением

$$\dot{x}(t) = f[x(t), u(t)]$$

$$x(t_0) = t \in [t_0, t_k]$$

где $x(t) = [x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)]^T$ вектор состояния; $u(t) = [u_1(t), u_2(t), \dots, u_m(t)]^T$ – вектор-функция удовлетворяющая условию Коши t_0, t_k – начальный и конечный момент процесса управления [1,2,3].

В дальнейшем предполагается, что объект (1) является полностью управляемым и необходимо стабилизировать его нулевое состояние. Основными показателями качества регулирования будем считать динамическую точность и быстродействие системы управления [6,7,8]. Поэтому в качестве степени достижения цели управления [1,2,3,4,5] по вектору качества выбираем положительные функции $\sigma_i(t)$ с помощью которых задаются границы допустимых областей. Требование, предъявляемые к качеству синтезируемой системы определяются переходными процессами по ошибке управления $e(t)$. Успешность выполнения заданной цели управления $g(t)$ достаточно полно характеризует вектор ошибки управления (невязки)

$$e(t) = g(t) - x(t),$$

где $g_1(t)$ – задающее воздействие для координаты $x_1(t)$.

Математическое описание такого инженерного критерия можно задавать на основе следующих модульных неравенств;

$$|x_i(t) - g_i(t)| \leq \sigma_i(t), \\ t \in [t_0, t_k], \quad i = 1, \dots, n,$$

где $\sigma_i(t)$ – положительные, непрерывно-дифференцируемые функции, определяющие точность и быстродействие проектируемой автоматической системы.

Соотношения (2) описывают допустимые области (подмножества) $D_i(t)$ для переменных $x_i(t)$

$$D_1(t) = \{x_i(t) \in R^1 : x_i(t) \in D_i(t), \\ i = 1, \dots, n\}$$

Проблема управления формируется следующим образом. Для объекта управления, описываемого векторным уравнением (1) необходимо определить структуру и параметры регулятора, обеспечивающего выполнения требований (2) к точности и быстродействию проектируемой системы, т. е. к качеству процесса управления.

Условия достижения заданных показателей качества управления. Рассмотрим возможность решения сформулированной задачи синтеза управления нелинейным объектом на основе принципа гарантируемой динамики [1,2,3]

Предварительно запишем уравнения нелинейного объекта (1) в координатной форме

$$\dot{x}_i(t) = f_i[x(t), u(t), t], \quad x_i(t_0) = x_i^0, \quad i = 1, \dots, n, \quad t \in [t_0, t_k]$$

Проведенный анализ показывает, что сформулированную выше проблему управления можно решить, если для синтеза регулятора использовать следующий

Известный результат принципа гарантируемой динамики [1,3]

Теорема 1. Пусть $x(t_0)$. Тогда для вектора состояния $u(t) \in D(t_0)$. Тогда точно чтобы для каждого момента времени $t \in [t_0, t_k]$ выполнялись соотношения

$$\int_{t_0}^t x_i(\tau) \dot{x}_i(\tau) d\tau \leq \int_{t_0}^t \sigma_i(\tau) \dot{\sigma}_i(\tau) d\tau, \quad (5)$$

$i = \overline{1, n}$.

Таким образом, для достижения желаемого качества переходных процессов закон управления $u(t)$ должен обеспечивать выполнение неравенства (5). Один из возможных путей достижения желаемого качества – задание определённых условий для функций $f_i[x(t), u(t)]$. При этом такие условия должны обеспечивать решение следующих задач:

- 1) Параметрическую размещимость неравенств (5);
- 2) Определить структуры и параметры закона управления.

Желаемую динамику такой замкнутой системы управления зададим в виде векторного уравнения.

$$\dot{x}(t) = f^*(x, p) \quad (6)$$

где n -мерная, в общем случае нелинейная вектор-функция; $p = [p_1, p_2, \dots, p_n]$ – n -мерная, в общем случае параметр, подлежащий выбору так, чтобы решение $x(t)$ системы (6) удовлетворяло условиям заданного качества уравнения (5).

Введем подмножество

$$P^* = \{p \in R^r : x(t) \in D(t)\}. \quad (7)$$

Для определённости далее рассматриваем случай, когда вектор-функция $f^*(x, p)$ задается в линейном формате

$$f^* = \{p \in R : x(t) \in D(t)\}. \quad (8)$$

где $P = \{p_{jj}\}_{n \times n}$ – вещественная $n \times n$ матрица, а вектор – параметры

$$p = [p_{11}, p_{12}, \dots, p_{1n}], [p_{21}, p_{22}, \dots, p_{2n}], \dots, p_n [p_{n1}, p_{n2}, \dots, p_{nn}]$$

Составной вектор – вектор параметр $p = [p_1, p_2, \dots, p_{2n}]$

В результате введения понятия желаемой динамики для проектируемой замкнутой системы искомым законом управления $u(t)$ целесообразно определить из условия близости

соответствующих компонентов вектора – функции $f(x,u)$ и $f^*(x,p)$ с требуемой точностью. В частности эти условия целесообразно задавать в виде модульных неравенств:

$$f_i[x(t), u(t)] - f_i^*[x(t), p] \leq \delta_i(t) \quad (10)$$

$$i = 1, \dots, n, \quad t \in [t_0, t_k]$$

Где δ_i – положительные непрерывно дифференцируемые функции, задающие точность приближения.

Таким образом, процедура синтеза регулятора для многомерного нелинейного объекта (1) состоит из двух этапов [2,3,4,5]:

1. Описание подмножества P^* и определение вектор параметра $p \in P^*$.
2. Нахождение закона управления $u(t)$, обеспечивающего выполнение условий (10).

В начале рассмотрим вопрос об описании подмножества P^* . Для этой цели соотношение (8) запишем в координатной форме

$$f_i^*(x, p_1) = \sum_{v=1}^n p_{iv} x_v(t), \quad i = \overline{1, n} \quad (11)$$

где $p_1 = [p_1, p_2, \dots, p_n]$ – вектор – параметр задачи синтеза. Описание подмножества P^* и определение вектора p_i осуществляется на основе неравенств (5). С учетом (11) условия (5) имеют вид:

$$p_{ii} \int_{t_0}^t x_i^2(\tau) d\tau + \sum_{v=1, v \neq i}^n p_{iv} \int_{t_0}^t x_i(\tau) x_v(\tau) d\tau \leq \Gamma_i(t)$$

Искомые условия определяются на основе следующей теоремы.

Теорема 2. Пусть $x_i(t_0) \in D_i(t_0)$. Тогда условия допустимого качества управления (5) выполняются, если для каждого момента времени $t \in [t_0, t_k]$ справедливы соотношения

$$\sum_{\substack{v=1 \\ v \neq i}}^n |P_{iv}| \int_{t_0}^t \sigma_i(\tau) \sigma_v(\tau) d\tau \leq \Gamma_i(t) - p_{ii} \int_{t_0}^t \sigma_i^2(\tau) d\tau, \quad i = \overline{1, n}. \quad (14)$$

Доказательство теоремы 2 приведено в [1,4,5].

Введем функции

$$L_i(p_i, t) = \sum_{\substack{v=1 \\ v \neq i}}^n |P_{iv}| \int_{t_0}^{t_k} \sigma_i(\tau) \sigma_v(\tau) d\tau + p_{ii} \int_{t_0}^{t_k} \sigma_i^2(\tau) d\tau - \Gamma_i(t), \quad i = \overline{1, n}.$$

Тогда описание искомого подмножества P^* дается соотношением

$$P^* = \{p \in R^r : \check{L}_i(p_i, t) \leq 0, \quad i = \overline{1, n}\}. \quad (15)$$

3. Синтез законов управления. Для синтеза искомого закона управления $u(t)$ будем использовать соотношения (10)

$$F_i(x, u) = f_i(x, u) - f_i^*(x, p), \quad i = \overline{1, n}. \quad (16)$$

Тогда неравенства (10) запишутся в виде

$$|F_i(x, u)| \leq \delta_i(t), \quad i = \overline{1, n} \quad t \in [t_0, t_k]. \quad (17)$$

Воспользуемся теоремой 1. В результате условия, при выполнении которых гарантируется обеспечение соотношений (17), задаются в виде неравенств

$$\int_{t_0}^t F_i[x(\tau), u(\tau)] \cdot \dot{F}_i[x(\tau), u(\tau)] d\tau \leq \int_{t_0}^{t_k} \delta_i(\tau) \dot{\delta}_i(\tau) d\tau, \quad i = \overline{1, n}. \quad (18)$$

При этом производные

$$\dot{F}_1(x, u) = \sum_{j=1}^n \frac{\partial F_1}{\partial x_j} \dot{x}_j + \sum_{v=1}^L \frac{\partial F_1}{\partial u_v} \dot{u}_v,$$

или

$$\dot{F}_1(x, u) = \sum_{j=1}^n \frac{\partial F_1}{\partial x_j} f_j(x, u) + \sum_{v=1}^m \frac{\partial F_1}{\partial u_v} u_v, \quad i = \overline{1, n}. \quad (19)$$

Введем вектор

$$F(x, u) = [F_1(x, u), F_2(x, u), \dots, F_n(x, u)]^T$$

Теперь потребуем, чтобы

$$\dot{F}_1(x, u) = \sum_{j=1}^n \gamma_{ij} \cdot \text{sign}[F_j(x, u)], \quad i = \overline{1, n}, \quad (20)$$

или в векторной форме

$$\dot{F}_1(x, u) = Y \cdot \text{sign}\{F(x, u)\},$$

где $Y = [\gamma_1 \ \gamma_2 \ \dots \ \gamma_n]^T = \{\gamma_{ij}\}_{n \times n}$ - вещественная матрица, составленная из (=)-мерных векторов

$$\gamma_1 = [\gamma_{11}, \gamma_{12}, \dots, \gamma_{1n}], \quad \gamma_2 = [\gamma_{21}, \gamma_{22}, \dots, \gamma_{2n}], \quad \dots, \gamma_n = [\gamma_{n1}, \gamma_{n2}, \dots, \gamma_{nn}],$$

Введем r -мерный вектор $\gamma = [\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n]$ и подмножество

$$Y^* = \{\gamma \in R^r : |F_i(x, u)| \leq \delta_i(\tau), \quad i = \overline{1, n}\}.$$

Описание подмножества Y^* осуществляется аналогично описанию подмножества P^* .

Далее с учетом соотношений (19) условия (20) можно записать в виде

$$\sum_{v=1}^m \frac{\partial F_1}{\partial u_v} \cdot \dot{u}_v(t) + \sum_{j=1}^n \frac{\partial F_1}{\partial x_j} f_j(x, u) = \sum_{j=1}^n \gamma_{ij} \cdot \text{sign}[F_j(x, u)], \quad i = \overline{1, n}. \quad (22)$$

В векторной форме

$$\begin{aligned} \bar{u}(t) + C \cdot f(x, u) &= Y \cdot \text{sign}[F(x, u)], \\ \bar{u}(t) &= Y \cdot \text{sign}[F(x, u)] - C \cdot f(x, u), \end{aligned} \quad (23)$$

Функциональные матрицы

$$C \}_{n \times n} = \left\{ \frac{\partial F_j}{\partial x_j} \right\}_{n \times n}, \quad M = \left\{ \frac{\partial F_j}{\partial u_v} \right\}_{n \times m},$$

В предположении, что существует обратная матрица

$$W^{-1} = [M^T M]^{-1}.$$

С учетом соотношений (16) и (8) уравнение динамики искомого многомерного регулятора можно записать в виде

$$\dot{u}(t) = W^{-1} \cdot M^T \cdot \{Y \cdot \text{sign}[f(x, u) - f^*(x, u)] - C \cdot f(x, u)\}, \quad \text{или}$$

$$\dot{u}(t) = W^{-1} \cdot M^T \cdot \{Y \cdot \text{sign}[f(x, u) - P \cdot x(t)] - C \cdot f(x, u)\}. \quad (24)$$

Обобщенная структура системы управления, включающей динамический нелинейный регулятор с законом управления (24), показана на рис.1. Здесь назначение нелинейного блока (НБ) состоит в формировании вектор-функции $f(x, u)$.

Если потребовать, чтобы

$$\dot{F}_i(x, u) = \sum_{j=1}^n \gamma_{ij} \cdot \int_{t_0}^t F_j(x, u, \tau) \cdot d\tau, \quad i = \overline{1, n}, \quad (25)$$

Или в векторной форме

$$\dot{F}(x, u) = Y \cdot \int_{t_0}^t F(x, u) d\tau,$$

То соотношения (19) с учетом (25) можно записать в виде

$$\sum_{v=1}^m \frac{\partial F_i}{\partial u_v} \cdot \dot{u}_v(t) + \sum_{j=1}^n \frac{\partial F_i}{\partial x_j} \cdot f_j(x, u) = \sum_{j=1}^n \gamma_{ij} \cdot \int_{t_0}^t [F_j(x, u)] d\tau, \quad i = \overline{1, n}. \quad (26)$$

В векторной форме

$$M \cdot \dot{u}(t) + C \cdot f(x, u) = Y \cdot \int_{t_0}^t F(x, u) d\tau. \quad (27)$$

Уравнение динамики искомого многомерного регулятора (алгоритм управления) можно записать в виде

$$\dot{x}(x, t) = W^{-1} \cdot M^T \cdot \left[Y \cdot \int_{t_0}^t F(x, u) d\tau - C \cdot f(x, u) \right], \quad \text{или}$$

$$\dot{x}(x, t) = W^{-1} \cdot M^T \cdot \left[Y \cdot \int_{t_0}^t \{f(x, u) - P \cdot x(\tau)\} d\tau - C \cdot f(x, u) \right]. \quad (28)$$

Структура системы автоматического управления, включающей динамический нелинейный регулятор с законом управления (28), показана на рис. 2.

Выводы: Предложен структурный метод синтеза регулятора на базе принципа гарантируемой динамики [3,4,5], позволяющий обеспечить основные требования к проектируемой системе. К ряду основных требований можно отнести: получение на основе методов синтеза систем управления гарантированных результатов по управлению; возможность конструктивного учета заданных инженерных требований основным характеристикам системы (точности, быстродействию и т. д.), а также технических ограничений на величины управляемых переменных.

Литература

1. Бойчук Л.М. Метод структурного синтеза нелинейных систем автоматического управления / Л.М. Бойчук – М.: Энергия.- 1971. – 112 с.
2. Джолдошов Б.О. К параметрическому описанию множеств достижимости нелинейных многомерных САУ / Б.О. Джолдошов// Исследования по интегро-дифференциальным уравнениям. Б.: 2009.- Вып.41. – С.140-150
3. Мирошник И.В. Нелинейное и адаптивное управление сложными динамическими системами / И.В.Мирошник, В.С. Никифоров, А.Л. Фрадков.- СПб.: - Наука. 2000.
4. Оморов Т.Т. Принцип гарантируемой динамики в теории систем управления. Кн. 1. / Т.Т. Оморов, Илим.: - 2001. – 150 с.
5. Оморов Т.Т. Синтез управляющих устройств для нелинейных систем с учетом показателей качества / Т.Т. Оморов, Б.О. Джолдошов // Проблемы информатики и энергетики.-2010.- №2.-Ташкент ФАН АН РУЗ. – С. 3-8.

УДК 005.311

МОДЕЛЬ НЕЧЕТКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Батырканов Жениш Исакунович, профессор, д.т.н., проректор по научной работе и внешним связям КГТУ им. И. Раззакова Кыргызской Республики (+996) 54-51-31. E-mail: bjenish@mail.ru

Боскебеев Калычбек Джетмишбаевич, кандидат технических наук, доцент, начальник отдела науки КГТУ им. И. Раззакова Кыргызской Республики (+996) 54-51-51. E-mail: kboskebeev@mail.ru

Для описания слабо формализованных процессов наиболее подходят нечеткие модели знаний, при помощи которых представляется возможным естественно описать декларативный опыт человека, его интуицию и логику поведения.

Ключевые слова: модели, нечеткие, количественные, качественные, знание, формализация, множества, функция, принадлежность, принятие, решений.

UNCLEAR CASE FRAME

Zhenish Isakunovich Batyrkanov, Professor, Doctor of Technical Science, Vice-Rector for Research, Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov, Tel.: (+996) 312 545131, e-mail: bjenish@mail.ru

The unclear models of knowledge, through that is possible it is natural to describe declarative experience of man, his intuition and logic of behavior, most befit for description of poorly формализованных processes.

Keywords: models unclear are quantitative, quality, knowledge, formalization, great numbers, function, belonging, acceptance, decisions.

Цель исследования. Знания в рыночных отношениях могут быть выражены естественным образом с помощью лингвистических переменных, которые и описываются нечеткими множествами. Создатель теории нечеткого множества Л.Заде предложил лингвистическую модель, которая использует не математические выражения, а слова естественного языка (ЕЯ) человека, отражающие качество управления сложными объектами. Нечеткое управление объектом основано на знаниях специалиста, позволяющих ЛПР решать задачи интеллектуального характера, требующие смысловой обработки больших объемов информации, хранящейся в базах знаний.

Метод исследования. Нечеткие модели являются мостом между двумя подходами – количественным и качественным моделированием, и являются наиболее приемлемыми для описания объектов управления (ОУ) [1,2,3].

1. С помощью функций ПРИНАДЛЕЖНОСТИ, определенных на входных переменных, вычисляются их фактические значения и определяется степень уверенности для каждой предпосылки правила.

2. Используя процедуру ВЫВОДА, вычисляется значение истинности для предпосылки каждого правила, которое применяется к заключению каждого правила. В результате этого, каждой переменной вывода для каждого правила назначается одно значение из нечеткого подмножества значений. Обычно в качестве вывода используется прием МИНИМИЗАЦИИ или правила ПРОДУКЦИИ. При МИНИМИЗИРУЮЩЕМ логическом выводе, выходная функция принадлежности ограничена сверху в соответствии с вычисленной степенью истинности предпосылок (нечеткое логическое И). В логическом выводе с использованием ПРОДУКЦИЙ, выходная функция принадлежности масштабируется с помощью вычисленной степени истинности предпосылки правила.

3. Используя КОМПОЗИЦИЮ, все нечеткие подмножества, назначенные для каждой выходной переменной, объединяются вместе и формируется единственное нечеткое подмножество значений для каждой выводимой переменной. И здесь снова, обычно используются функции MAX или SUM. При использовании композиции MAX объединенное выходное нечеткое подмножество значений создается путем нахождения максимума из всех нечетких подмножеств, назначенных переменным в соответствии с правилом вывода (нечеткое логическое ИЛИ).

В композиции SUM объединенное выходное нечеткое подмножество создается суммированием всех нечетких значений из подмножеств, назначенных для переменной вывода с помощью правил вывода.

4. Процесс точной интерпретации используется тогда, когда полезно преобразовывать нечеткий набор значений выводимых переменных к точным значениям. Имеется достаточно большое количество методов перехода к точным значениям. Два из них это общие методы - метод Полной интерпретации и метод оценки по Максимуму. По методу полной интерпретации, точное значение выводимой переменной вычисляется как значение "центра тяжести" функции принадлежности для нечеткого значения. По методу Максимума в качестве точного значения выводимой переменной принимается максимальное значение

функции принадлежности нечеткого соответствия. Применение теории нечетких множеств в области сельского хозяйства позволяет управлять процессом принятия решений ЛПР.

С помощью функций ПРИНАДЛЕЖНОСТИ, определенных на входных переменных, вычисляются их фактические значения и определяется степень уверенности для каждой предпосылки правила.

Формализация модели знаний специалиста. *Определение.* Пусть $V = \{v\}$ - универсальное множество объектов. Нечетким множеством A на множестве V называется [1] совокупность пар, которую определяем по формуле:

$$A = \{ \langle \mu_A(v), v \rangle \}, \quad (1)$$

где $\mu_A : V \rightarrow [0,1]$ - отображение множества V в единичный отрезок $[0,1]$, называемый функция принадлежности $\mu_A(v)$ для элемента $v \in V$ называется степень принадлежности.

Тогда задача принятия решений в условиях неопределенности знаний может быть сформулирована следующим образом.

Пусть $G_j, j = 1, \dots, n$ - ряд условий и $P_p, p = 1, \dots, l$ - ряд функций, сопоставляющих условиям некоторые высказывания. Каждому из G_j соответствует множество значений $\{G_{jk}\}, k \in [1, r]$. Для принятия решений описанной выше задачи важен способ представления неформализованных знаний лица, принятия решения (ЛПР). При составлении модели знаний ЛПР может быть применен логико - лингвистический подход на базе теории нечеткого множества. Предлагаемая авторами в работе математическая модель базы знаний (БЗ) в развитии существующей имеет следующую форму:

$$M = \{S_i, G_j, P_p, BS_i, BG_j\}, \quad (2)$$

где S_i - множество советов пользователям;

G_j - множество условий;

P_p - множество советов по управлению (расширения производства, поощрения, тактические и стратегические планирования производства и т.д.);

BS_i - описание на естественном языке (ЕЯ) - языке совета;

BG_j - описание на ЕЯ - языке условий.

Параметры G_j - являются лингвистическими переменными, а значения лингвистических переменных - слова, фразы ЕЯ.

Математическую модель вывода рекомендации можно представить в следующей форме:

$$G_1 \wedge G_2 \wedge G_3 \wedge G_4 \wedge \dots \wedge G_n \Rightarrow S, \quad (3)$$

где $G_1, G_2, G_3, G_4, \dots, G_n$ - факты (условия);

S - рекомендация - результат вывода системы на основе некоторых условий.

Лингвистическая переменная финансового состояния объекта определяется кортежем:

$$l'(\cdot) = \langle \beta', T', U', Q', M' \rangle, \quad (4)$$

где β' - оценка финансового состояния;

T' - множество термов <стабильность, ликвидность, инвестоспособность, неликвидность, задолженность >;

U' - область определения термов;

Q' - синтаксическое правило, которое создает новые термы из множества T <устойчивое улучшение, устойчивое ухудшение, хроническое улучшение, скачкообразное улучшение, неустойчивое ухудшение, неустойчивое улучшение, хроническое ухудшение >;

M' - семантическая процедура финансового состояния объекта.

Центральной задачей в управлении, безусловно, является принятие рационального выбора, представляющее собой информационный процесс, реализуемый ЛПР. Этот процесс можно описать лингвистическими переменными управления для ЛПР:

$$l''(\cdot) = \langle \beta'', T'', U'', Q'', M'' \rangle, \quad (5)$$

где β'' – оценка управления;

T'' – множество термов <расширение производства, поощрение, тактические и стратегические планирования производства, контракт по реализации продукции, внешних ограничений ресурсов (электроэнергия, газ, вода и ГСМ), внутренних ограничений ресурсов>;

U'' – область определения термов управления;

Q'' – синтаксическое правило, которое создает новые термы из множества T'' – <информация внешней среды, информация внутренней среды, управление персоналом в целях создания работоспособного коллектива>;

M'' – семантическая процедура управления.

Субъективность решения задачи менеджера проявляется в субъективности таких элементов: цели управления; ограничений; моделей и соответственно прогноза поведения объекта, окружающей среды и последствий управления; используемой информации, на основании которой принимается управление; алгоритмов управления.

Выводы:

- Проведенное исследование показало, что для управления объектом в нечетких условиях необходимо использовать теорию нечеткого множества для обработки неопределенностей знаний, необходимых ЛПР в процессе принятия решения.
- Пользователь может без труда получать информацию о протекающих процессах и процессах управления, касающихся, например, ресурсов и информации, необходимой для завершения этих действий, а также для установления отношений между ними. Используемыми опытными знаниями, которыми обладает ЛПР в формальных средствах ЭС и эксперт.
- Для цели определяются подцели, для которых в свою очередь устанавливаются подцели и так далее, пока в качестве подцелей не окажутся исходные правила (процесс декомпозиции "сверху" - "вниз"). Каждой цели (подцели) соответствует некоторая задача (подзадача), которая не может быть решена, пока не будут достигнуты ее нижестоящие подцели (решены подзадачи). Экспертом вводятся знания в базу знаний. Обучается по этой программе ЛПР для повышения своей квалификации.

Таким образом, в экспертных системах накапливаются знания специалистов через модуль ввода и объяснения. Для контроля работ специалиста используем метод конечного автомата.

Литература

1. Базы знаний интеллектуальных систем /Т.А. Гаврилова., В.Ф. Хорошевский- Спб: - 2000. – 384 с
2. Батырканов Ж.И. Создание информационных систем тестирования в среде интернет с использованием технологий искусственного интеллекта / Ж.И.Батырканов, К.Д. Боскебеев // Бишкек. Известия КГТУ, 2009 № 16. – С.66-68.
3. Кузнецов О.П. Дискретная математика для инженеров / О.П.Кузнецов, Г.М. Адельсон – Вельский, – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 480 с.
4. Приобретение знаний: Пер. с япон. /Под ред. С.Осуги, Ю. Саэки. - М.: Мир 1990.- 304с.

БИОМЕТРИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЛИЧНОСТИ ПО РАДУЖНОЙ ОБОЛОЧКЕ ГЛАЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Зимин Игорь Викторович, к.т.н., доцент, КГТУ им. И. Раззакова Кыргызской Республики, 720044 проспект Мира 66, E-mail: igorzimin777@rambler.ru

В статье рассматриваются аспекты биометрической идентификации личности по радужной оболочке глаза, проблемы в ходе идентификации, а также алгоритмы нахождения границ зрачка и радужной оболочки глаза, и их дальнейшая оптимизация для подачи на систему обучения и распознавания с помощью нейронной сети.

Ключевые слова: нейронная сеть, форма лица, образ, статистические и динамические характеристики, коэффициент, реализация системы, радужная оболочка.

BIOMETRIC IDENTIFICATION IRIS USING NEURAL NETWORK

Zimin Igor Ph.D., associate professor, KSTU. I. Razzakova Kyrgyz Republic, 720044 Prospect Mira 66, E-mail: igorzimin777@rambler.ru

Aspects biometric personal identification are considered In article on iris of the eye, problems in the course of identifications, as well as algorithms of the finding of the borders of the pupil of an eye and iris of the eye, and their the most further optimization for presenting to system of the education and recognitions by means of neuron to network.

Keywords: neural network, face shape, image, static and dynamic characteristics, the coefficient, the implementation of the system, the iris.

Введение. Биометрия – это методы автоматической идентификации человека и подтверждения личности человека, основанные на физиологических или поведенческих характеристиках. Огромный интерес к биометрии обусловлен рядом объективных причин.

На сегодняшний день существует много различных биометрических технологий. Все они используют различные признаки человека, уникальные для каждой личности.

Все биометрические характеристики человека можно разделить на два класса – статические и динамические. Статические – неизменяемые в течение продолжительного времени характеристики личности, данные ей от рождения. Примером статических характеристик могут быть рисунок радужной оболочки глаза, форма лица, рисунок папиллярных узоров пальца. Динамические характеристики отражают особенности, характерные для подсознательных движений в процессе воспроизведения какого-либо действия. Примерами подобных характеристик могут служить голос, почерк человека.

Современные системы биометрической аутентификации включают в себя, по крайней мере, два модуля – модуль регистрации и модуль аутентификации (идентификации) пользователей. При регистрации происходит многократное считывание выбранной характеристики, вычисление некоторого среднего его значения и запись этого значения в базу данных системы. В дальнейшем, при прохождении процедуры аутентификации пользователь вновь предъявляет свои биометрические данные. Модуль аутентификации производит сравнение полученного образа с тем, что хранится в базе и на основании сходства делает вывод об успешно/неуспешно пройденной процедуре.

В таких системах после выбора биометрической характеристики определяются функция расстояния между двумя образами и некоторый коэффициент сходства двух образов. Если расстояние между двумя образами не превышает этот коэффициент, то система рассматривает их, как образы, принадлежащие одному пользователю. В противном случае делается вывод о принадлежности образов разным пользователям.

В отличие от аутентификации пользователей по паролям или уникальным цифровым ключам, биометрические технологии всегда вероятностные, поскольку всегда есть шанс совпадения сравниваемых биологических характеристик у двух разных людей.

Эти преимущества делают данную биометрическую характеристику очень эффективным инструментом для использования в системах биометрической аутентификации.

Постановка задачи.

1. Создать систему распознавания личности по радужной оболочке глаза, с возможностью качественно локализовать область распознавания
2. Позволять регистрировать в системе неограниченного количества пользователей.
3. Распознавать пользователей, ранее зарегистрированных в системе при помощи нейронной сети, как по идеальным снимкам, так и по снимкам с присутствием шума (размытость, блики, посторонние контрастные точки, поворот глаза).
4. Система должна действовать в режиме идентификации, быть автоматизированной (формировать перечень возможных «кандидатов» на совпадение с вновь предъявленным идентификатором, расположенных по мере убывания вероятности совпадения, и предоставлять право окончательного решения принимать оператору системы).
5. Выдавать результат идентификации в виде разрешения или запрета доступа.

Подходы и функции реализации системы. Идентификация личности по радужной оболочке глаза осуществляется с использованием нескольких этапов.

Первым этапом является получение исследуемого изображения. Для этого используются различные камеры. Стоит отметить, что большинство современных систем предполагает использование для идентификации не одного снимка, а нескольких. Они необходимы для получения более полного изображения радужки, а также могут использоваться при некоторых способах защиты от муляжей.

Второй этап – выделение изображения радужной оболочки глаза. Сегодня разработано множество способов точного получения границы радужной оболочки по описанным признакам. Единственной проблемой являются области, закрытые веками. Она решается с помощью создания в течение одного сеанса нескольких снимков. Ведь векам присущи произвольные движения, дрожание. Таким образом, то, что скрыто на одном снимке, может оказаться видно на другом. Кроме того, на радужной оболочке глаза достаточно много разнообразных элементов, и, таким образом, для надежной идентификации достаточно всего лишь 30-40 процентов из них. Поэтому многие системы игнорируют закрытые области без заметного ущерба для надежности. На рис.1 показан анализ битовой карты изображения предположительной области по окружности с определенным радиусом, в которой находится зрачок глаза человека, с целью выявления относительных координат наиболее темных точек зоны границы радужной оболочки глаза. Самые темные точки определяются для осуществления оценки текущего диаметра зрачка радужной оболочки глаза, т.к. на зрачок радужной оболочки самая темная часть глаза человека.

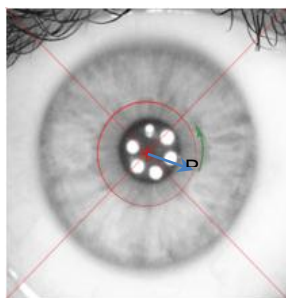


Рисунок 1.

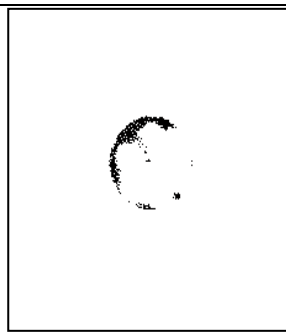


Рисунок 2.

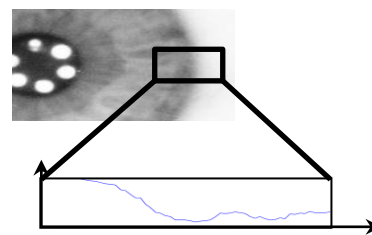


Рисунок 3

Рис. 1. Процесс нахождения наиболее темных участков глаза человека в предположительной области нахождения зрачка.

Рис. 2. Результат анализа битовой карты области нахождения зрачка.

Рис. 3. Предположительное расположение границы радужной оболочки с ее частотной характеристикой

В итоге мы получаем координаты предположительной области нахождения зрачка глаза человека (рис. 2).

После нахождения предположительных координат зрачка, можно приступить непосредственно к обработке данных с помощью метода наименьших квадратов.

Относительные координаты наиболее темных точек зрачка глаза человека обрабатываются с помощью процедуры, реализующей метод наименьших квадратов, для получения параметров окружности зрачка - диаметра и координат его центра. Диаметр зрачка глаза отражается через масштабный (калибровочный) коэффициент.

Дальнейшая локализация радужной оболочки сводится к нахождению границ оболочки. Основываясь на физиологических фактах, о том, что радужная оболочка почти не меняет свой размер с течением жизни, можно утверждать, что граница радужной оболочки на изображении будет находиться на одинаковом расстоянии от центра зрачка, если брать во внимание, что изображение, получаемое с камеры не всегда будет одинаковое, можно предположить что граница радужной оболочке всегда будет в одном и том же диапазоне (Рис. 3), который так же можно разложить в виде графика.

Как видно из рисунка 3, переход от радужной оболочки в белок глаза человека ярко выражен. В данном случае можно применить градиентный фильтра для нахождение точки во круг которой наиболее сильно меняется цвет. Тем самым, если обрабатывать последовательность, показанную на рисунке 3, в виде графика, можно найти все так называемые спуски и рассчитать их шаг, найдя максимальный шаг (рис. 4), можно утверждать что в середине этого диапазоны с максимальным шагом и есть искомая точка границы радужной оболочки (рис. 4).

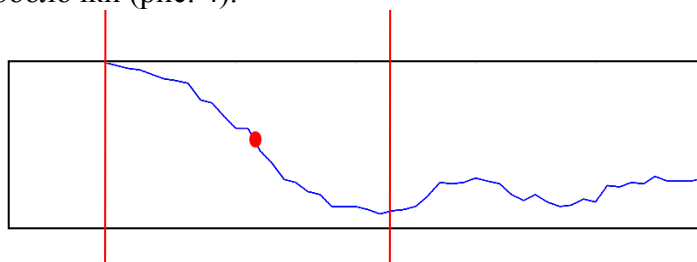


Рис. 4. Найденная точка на спуске, являющаяся границей радужной оболочки

Следующий этап идентификации – это приведение размера изображения радужки к эталонному. Это необходимо по двум причинам. Во-первых, в зависимости от условий

съемки (освещенность, расстояние для объекта) размер изображения может изменяться. Соответственно и элементы радужки тоже будут получаться разными. Такая задача решается путем масштабирования. Вторая причина: под воздействием некоторых факторов может меняться размер самой радужки. При этом расположение элементов относительно друг друга становится несколько иным. Для решения этой задачи используются специально разработанные алгоритмы. Они создают модель радужной оболочки глаза и по определенным законам воссоздают возможное перемещение элементов.

Следующим действием является преобразование полученного изображения радужной оболочки глаза в полярную систему координат. Это существенно облегчает все будущие расчеты. Так как радужка – это почти круг, а все основные элементы располагаются по окружностям и перпендикулярным им прямым отрезкам. Следующим шагом в процессе идентификации личности является выборка элементов радужной оболочки глаза, которые могут использоваться в биометрии. Это самый сложный этап. Проблема заключается в том, что на радужной оболочке нет каких-то характерных деталей. Поэтому нельзя использовать определения типа какой-то точки, ее размера, расстояния до других элементов и т. д. В данном случае используются сложные математические преобразования, осуществляющиеся на основе имеющегося изображения радужки.

В данном случае используются сложные математические преобразования, осуществляющиеся на основе имеющегося изображения радужки. На данном этапе использован алгоритм, основанный на анализе локальной фазовой информации с помощью фильтров Габора.

Комплексные вейвлеты Габора определяются следующим образом:

$$G(x, y, \omega_0, \theta) = e^{-\pi(x^2+y^2)} * (e^{2\pi*\omega_0*(x\cos(\theta)+y\sin(\theta))} - e^{\frac{-\pi}{2}}) \quad (1)$$

где ω – круговая частота, θ – ориентация вейвлета.

В качестве признаков используются грубо квантованные значения фаз фильтров Габора в определенных точках изображения:

$$h_{(\text{Re}, \text{Im})}(i, j) = \begin{cases} 1, \text{if } \text{Re}, \text{Im}[\Psi(i, j)] \geq 0 \\ 0, \text{if } \text{Re}, \text{Im}[\Psi(i, j)] < 0 \end{cases} \quad (2)$$

где $\Psi(i, j) = I(x, y) * \psi(x, y, \omega_0, \theta)$ – свертка фильтра Габора ψ с изображением I , (i, j) – позиция, в которой определяется пара битов кодовой последовательности, называемой кодом радужки (Iris Code, ирис код).

Использование фазовой информации исключает вредное влияние изменения условий освещения.

Необходимо хранить лишь небольшое количество битов для каждого кода радужной оболочки, таким образом, реальные и мнимые части квантуются.

Квантование сигнала по уровню заключается в нахождении для каждого отсчета сигнала ближайшего к нему уровня квантования из используемого набора уровней квантования или, говоря проще, если значение в вектор результата больше нуля, то в код сохраняется единица; иначе ноль. Как только все строки изображения были отфильтрованы и квантованы, можно сформировать новое черно-белое изображение, помещая все строки рядом (Рис. 5).

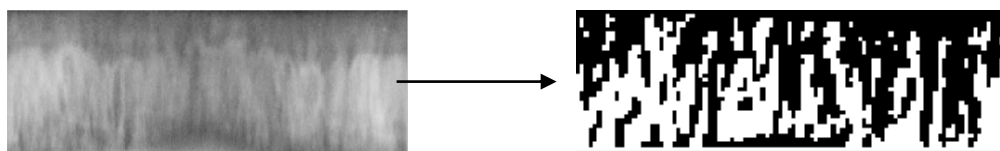


Рис. 5. Результат выполнения квантования ирис кода.

Последним этапом идентификации человека по радужной оболочке глаза является сравнение полученных параметров с эталонами. И у этого действия есть одно отличие от многих других подобных задач. Дело в том, что при выделении уникальных характеристик необходимо учитывать закрытые области. Кроме того, часть изображения может быть искажена веками или бликами от зрачка. Таким образом, некоторые параметры могут существенно отличаться от эталонного. В данном случае эталонными параметрами, являются весовые характеристики, полученные при обучении нейронной сети для конкретной группы лиц.

В ходе анализа информации изложенной выше была разработана структурная схема приложения, которая позволит включить в себя наиболее важные пункты, решающие проблему распознавания личности по радужной оболочке глаза (рис.6).

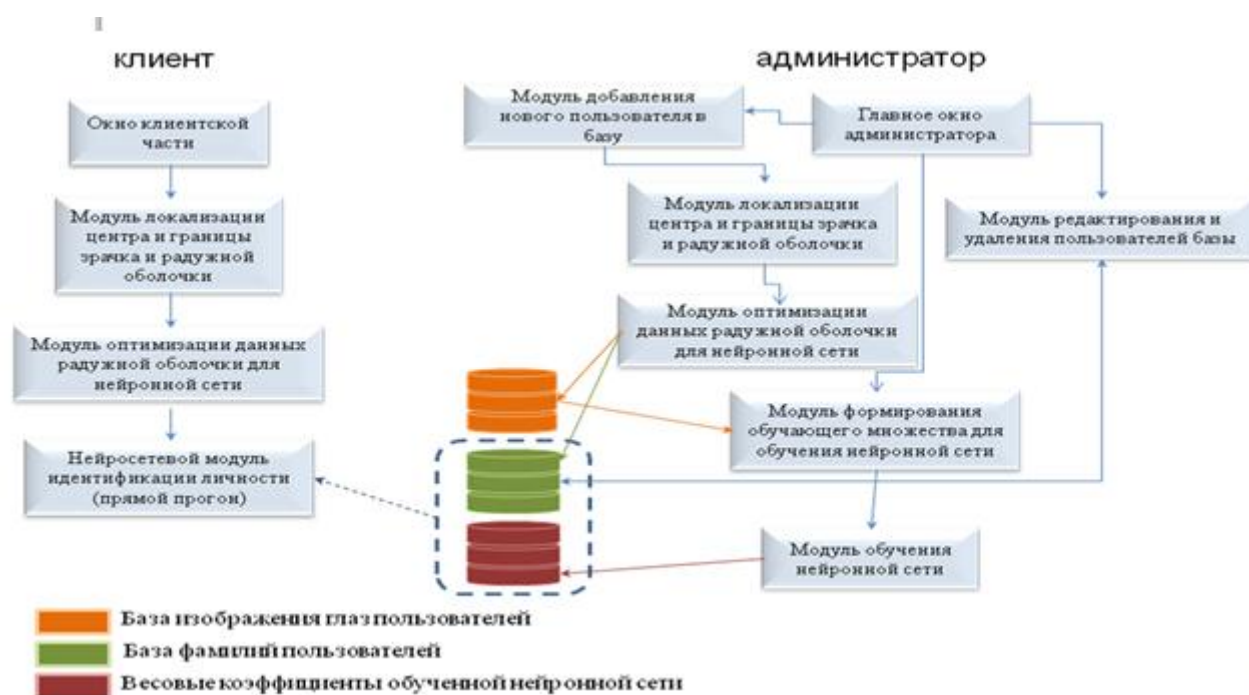


Рис. 6. Структурная схема приложения

Исходя из структурной схемы приложения и проведя анализ функций каждого блока приложения, перед системой идентификации личности по радужной оболочке глаза человека были поставлены следующие задачи:

1. Получать изображение содержащее область радужной оболочки глаза с камеры, либо с дискового пространства.
2. Осуществлять перевод из полно цветного изображения в градации серого.
3. Качественно локализовать границы зрачка и радужной оболочки глаза человека.
4. Осуществлять перевод из псевдополярных в декартовые координаты.
5. Осуществлять поиск последовательностей для распознавания.

6. Позволять регистрировать в системе неограниченного количества пользователей.
7. Распознавать пользователей, ранее зарегистрированных в системе при помощи нейронной сети, как по идеальным снимкам, так и по снимкам с присутствием шума (размытость, блики, посторонние контрастные точки, поворот глаза).
8. Система должна действовать в режиме идентификации, быть автоматизированной (формировать перечень возможных «кандидатов» на совпадение с вновь предъявленным идентификатором, расположенных по мере убывания вероятности совпадения, и предоставлять право окончательного решения принимать оператору системы).
9. Выдавать результат идентификации в виде разрешения или запрета доступа.

Исследование системы. В данной работе была использована сигмоидальная функция активации, так как она наиболее подходит к вопросу распознавания образов, к чему и сводится задача идентификации личности. То есть у нас есть, какой то набор записей в базе выраженный весовыми характеристиками, в таком случае идентификация сводится к поиску выхода с максимальным уровнем сигнала. Дело в том, что уровень выходного сигнала, как правило, может принимать любые значения из какого-то диапазона. Однако в данной задаче нас интересует не аналоговый ответ, а всего лишь номер категории (номер человека в базе). Поэтому используется следующий подход — каждой категории сопоставляется свой выход, а ответом сети считается та категория, на чьем выходе уровень сигнала максимален. В определенном смысле уровень сигнала на выходе 1 — это достоверность того, что на вход была подана последовательность битов глаза первого члена в базе данных системы. Задачи, в которых нужно отнести входные данные к одной из известных категорий, называются задачами классификации. Изложенный подход — стандартный способ классификации с помощью нейронных сетей.

Для реализации искусственной нейронной сети будет использована многослойная сеть с последовательными связями (рис. 7а).

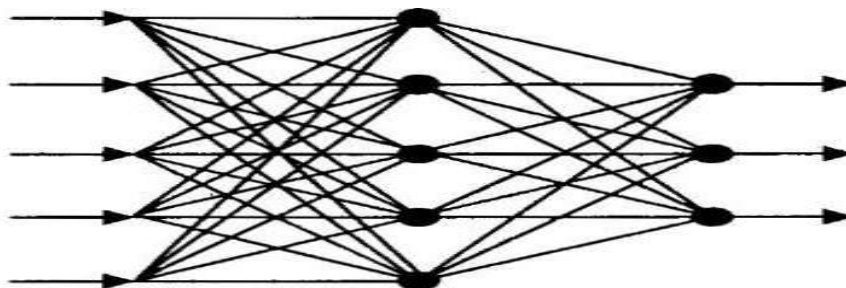


Рис. 7а. Многослойная сеть с последовательными связями

В качестве метода обучения, был выбран метод обратного распространения ошибки.

Это итеративный градиентный алгоритм обучения, который используется с целью минимизации среднеквадратичного отклонения текущего выхода от желаемого выхода в многослойных нейронных сетях.

Алгоритм обратного распространения используется для обучения многослойных нейронных сетей с последовательными связями вида рис. 7б. Нейроны в таких сетях делятся на группы с общим входным сигналом — слои, при этом на каждый нейрон первого слоя подаются все элементы внешнего входного сигнала, а все выходы нейронов q -го слоя подаются на каждый нейрон слоя $(g+1)$. Нейроны выполняют взвешенное (с синаптическими весами) суммирование элементов входных сигналов; к данной сумме прибавляется смещение нейрона. По результатам выполняется нелинейное преобразование с помощью активационной функции. Значение функции активации есть выход нейрона.

В многослойных сетях оптимальные выходные значения нейронов всех слоев, кроме

последнего, как правило, неизвестны, и трех- или более слойный персептрон уже невозможно обучить, руководствуясь только величинами ошибок на выходах НС. Наиболее приемлемым вариантом обучения в таких условиях оказался градиентный метод поиска минимума функции ошибки с рассмотрением сигналов ошибки от выходов НС к ее входам, то есть в направлении, обратном прямому распространению сигналов в обычном режиме работы. Этот алгоритм обучения НС получил название процедуры обратного распространения.

В данном алгоритме функция ошибки представляет собой сумму квадратов рассогласования (ошибки) желаемого выхода сети и реального. При вычислении элементов вектора градиента использован своеобразный вид производных функций активации сигмоидального типа. Алгоритм действует циклически (итеративно), и его циклы принято называть *эпохами*. На каждой эпохе на вход сети поочередно подаются все обучающие наблюдения, выходные значения сети сравниваются с целевыми значениями и вычисляется ошибка. Значение ошибки, а также градиента поверхности ошибок используется для корректировки весов, после чего все действия повторяются. Начальная конфигурация сети выбирается случайным образом, и процесс обучения прекращается либо когда пройдено определенное количество эпох, либо когда ошибка достигнет некоторого определенного уровня малости, либо когда ошибка перестанет уменьшаться (пользователь может сам выбрать нужное условие останова).

Далее приведен алгоритм процедуры обратного распространения и его схематическое представление, рисунок 45.

Шаг 1. Весам сети присваиваются небольшие начальные значения.

Шаг 2. Выбирается очередная обучающая пара (X, Y) из обучающего множества; вектор X' подается на вход сети.

Шаг 3. Вычисляется выход сети.

Шаг 4. Вычисляется разность между требуемым (целевым, Y) и реальным (вычисленным) выходом сети.

Шаг 5. Веса сети корректируются так, чтобы минимизировать ошибку (сначала веса выходного слоя, затем, с использованием правила дифференцирования сложной функции и отмеченного своеобразного вида производной сигмоидальной функции, — веса предыдущего слоя и т. п.).

Шаг 6. Шаги со 2-го по 5-й повторяются для каждой пары обучающего множества до тех пор, пока ошибка на всем множестве не достигнет приемлемой величины установленной при определении нейронной сети.

Шаги 2 и 3 подобны тем, которые выполняются в уже обученной сети. Вычисления в сети выполняются послойно. На шаге 3 каждый из выходов сети вычитается из соответствующего компонента целевого вектора с целью получения ошибки. Эта ошибка используется на шаге 5 для коррекции весов сети.

Шаги 2 и 3 можно рассматривать как «проход вперед», так как сигнал распространяется по сети от входа к выходу. Шаги 4 и 5 составляют «обратный проход», поскольку здесь вычисляемый сигнал ошибки распространяется обратно по сети и используется для подстройки весов.

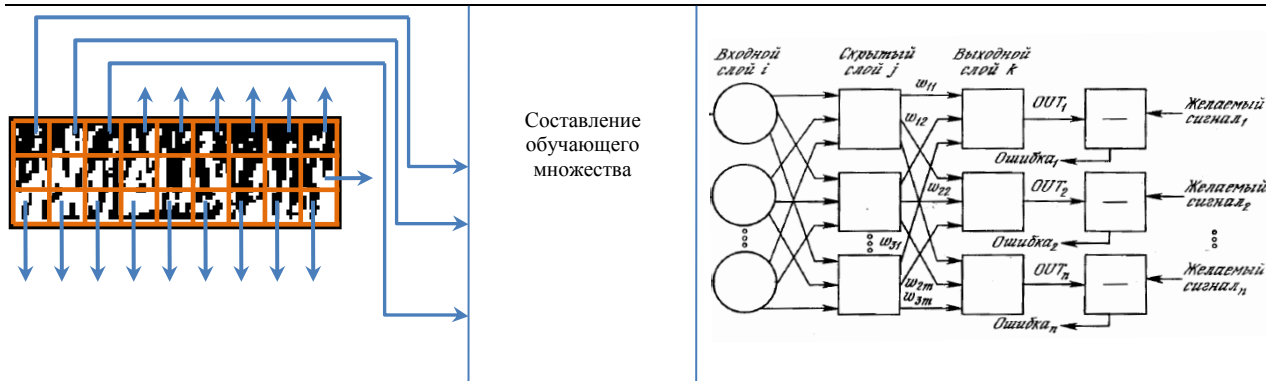


Рис. 7б. Схематическое представление обучения нейронной сети методом обратного распространения ошибки.

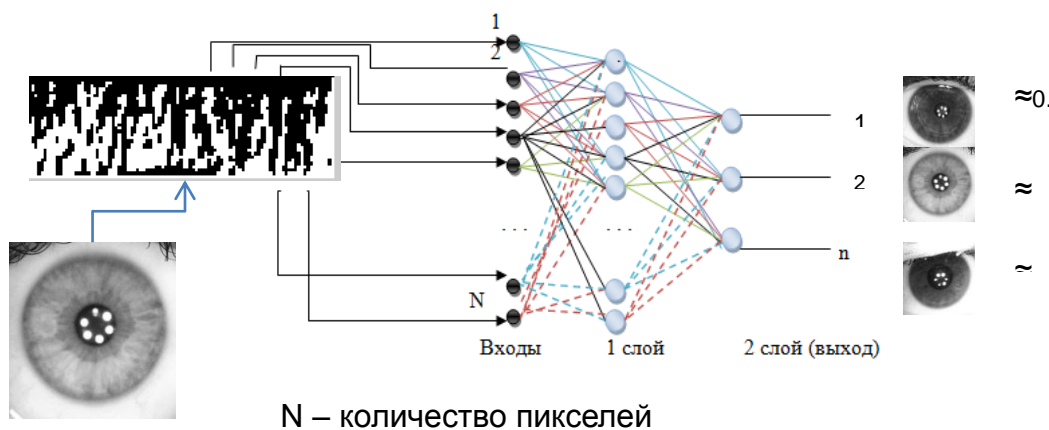


Рис. 8 Пример полного прохождения изображения глаза по системе с выводом ответ системы

В ходе прогона подготовленного изображения радужной оболочки глаза по нейронной сети составляется массив векторов вероятностей, из которого в дальнейшем алгоритм выявит выход с наиболее близким значением к 1, который и будет считаться ответом системы, как показано на рисунке 8.

Практическое применение

Тестирование системы происходило в два этапа. Первым этапом была проверка работы системы на представленных данных, использующихся для обучения с некоторыми искажениями, такими как, вручную изменялась яркость, цвет радужной оболочки (данный эффект имитирует наличие различных линз, которые может применять человек при прохождении идентификации) (рис. 9), поворот изображения глаза на некоторый градус имитируя наклон головы.

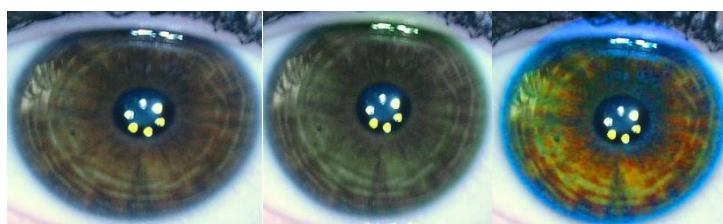


Рис. 9. Примеры изменения цвета радужной оболочки глаза пользователя

Была выявлена особенность системы с применением нейронной сети, такая как: при уменьшении внешнего радиуса радужной оболочки, вызванной некоторыми причинами, такими как, неправильная локализация границ радужной оболочки, до 20 пикселей от данных о радиусе от эталонного изображения, система правильно дает ответ на вопрос, «кто это?».

Но в ходе тестирования на первом этапе, были выявлены и недостатки системы, которые заключаются в следующем.

При сканировании глаза человека, система не может определить, попадает ли радужная оболочка с ее центром в область первичной обработки. Так же недостатком можно назвать несовершенство метода наименьших квадратов, возникновение множества посторонних шумов при нахождении предполагаемых границ зрачка глаза человека (рис. 10) может привести к тому что, центр и радиус зрачка будут найдены неверно, тем самым битовая карта радужной оболочки не подлежит к дальнейшей проверке на нейронной сети. Так как развернутое изображение радужной оболочки является смещенным (рис. 11).

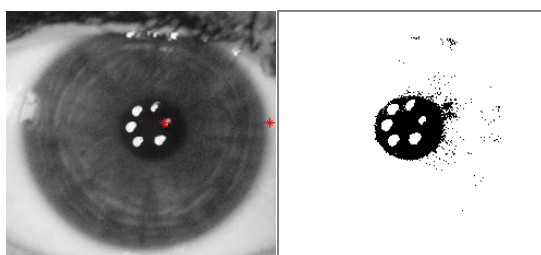


Рис. 10. Проблемы нахождения центра зрачка, связанные с шумом при сканировании предположительной области нахождения зрачка

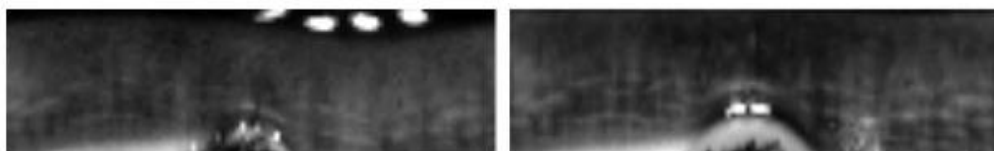


Рис. 11. Итог развертки радужки глаза с неправильно найденным центром зрачка и развертка с правильным нахождением центра зрачка

Как видно из рисунка 11, рисунок существенно меняется при неправильном нахождении центра зрачка методом наименьших квадратов от изображения с правильным нахождением центра. Отсюда в итоге мы получим битовую карту, которая не будет подходить не под одно из составляющего обучающего множества.

В остальных случаях система правильно, а так же, что не мало важно с большой скоростью и точностью, производит распознавания личности и, если глаз этого человека есть в базе, давала положительный ответ оператору системы.

Заключение. В целом, алгоритм, использованный в данной системе распознавания по радужной оболочке глаза человека, при наличии изображения хорошего качества, способны дать исключительно высокую надежность распознавания (ошибка $\sim 10^{-6}$).

Основное препятствие практической реализации заключается в трудности получения таких изображений, что приводит к высоким требованиям на условия регистрации.

Еще один недостаток заключается в том, что при высоком зашумлении изображения или, как говорилось ранее, из-за неправильной обработки изображения глаза, подаваемого на нейронную сеть, система может отказать в доступе этой личности.

Плюс данной системы заключается в том, что в ней сочетаются два важных компонента, как быстрота и точность выполнения идентификации личности по радужной оболочке глаза

По мнению специалистов в области биометрических систем, средства идентификации личности по радужной оболочке глаза способны заменить ключи и персональные идентификационные номера (PIN-коды). Рисунок радужной оболочки уникален и не повторяется даже у близнецов. Вероятность того, что два разных человека имеют один и тот же рисунок радужной оболочки глаза, равняется приблизительно 10^{-78} , в то время как все население Земли составляет примерно 10^{10} . В отличие от других биометрических систем контроля доступа, идентификация по рисунку радужки допускает полностью бесконтактную реализацию.

Литература

1. Круглов В.В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика.- 2-е изд. / В.В. Круглов, В. В. Борисов - М., 2002.
2. Методы распознавания / А.Л. Горелик, В.А.Скрипкин - М.: Высшая школа, 1977.
3. Нейронные Сети Для Обработки Информации - Москва , 2002.
4. Лапко А.В. Непараметрические модели распознавания образов Автометрия. Т. 6 / В.А. Лапко, С.В.Ченцов .- 1999. – С.103 – 113с .
5. Принципы распознавания образов / Пер с англ. Ту Дж. Гонсалес Р.. - М.: Мир, 1978.
6. Моржаков В.А.Синтез и исследование алгоритма распознавания человека по рисунку радужной оболочки глаза / В.А.Моржаков, А.В.Мальцев, А.А Толстов. М.: Московский физико-технический институт, 2000.
7. Учебное пособие к курсу "Нейронные сети" - Воронеж, 1999.

УДК 62-50

АДАПТИВНЫЙ ПОДХОД УПРАВЛЕНИЯ НЕЛИНЕЙНЫМ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИМ ОБЪЕКТОМ

Батырканов Ж.И., Мамышов А.М., e-mail: almanbai@mail.ru

Сложная задача построения системы управления нелинейным электромеханическим объектом, сводиться к более простой задаче адаптивного управления линейным объектом.

ADAPTIVE APPROACH TO MANAGEMENT OF NONLINEAR ELECTROMECHANICAL OBJECT

Batyrkanov J.I., Mamyshev A.M., e-mail: almanbai@mail.ru

The complex challenge of creation of a control system of nonlinear electromechanical object to be reduced to simpler problem of adaptive management of linear object.

В общем случае динамика электропривода постоянного тока описывается системой уравнений

$$\left\{ \begin{array}{l} U_{\text{я}} = i_{\text{я}} R_{\text{я}} + L_{\text{я}} \frac{di_{\text{я}}}{dt} + C_e \cdot \omega \cdot \Phi(i_{\text{в}}), \\ U_{\text{в}} = i_{\text{в}} R_{\text{в}} + L_{\text{в}} \frac{di_{\text{в}}}{dt}, \\ J \frac{d\omega}{dt} = C_m \cdot i_{\text{я}} \cdot \Phi(i_{\text{в}}) - M_{\text{н}} \\ \frac{d\varphi}{dt} = \omega \end{array} \right. \quad (1)$$

где $U_{я}, U_{в}$ – напряжения на зажимах якорной и статорных цепей;

$i_{я}, i_{в}$ – силы тока в якорной цепи и в цепи возбуждения;

$R_{я}, R_{в}$ – оптические сопротивления якорной цепи и цепи возбуждения;

$L_{я}, L_{в}$ – индуктивные сопротивления якорной цепи и цепи возбуждения;

C_e, C_m – конструктивные постоянные;

J – приведенный момент инерции;

M_H – момент нагрузки;

φ – угловое положение вала двигателя;

ω – угловая скорость на валу.

В общем случае $\Phi(i_{в})$ – поток возбуждения является нелинейной функцией от тока возбуждения, M_H – момент нагрузки на валу двигателя также в общем случае является функцией от угловой скорости $M_H = M(\omega)$, но в большинстве задач можно положить $M_H = const$, J – приведенный момент инерции вращающихся частей на валу двигателя, во многих электроприводах (в машиностроительных станках, в конвейерных линиях) $J = const$, но в робототехнике приведенный момент инерции является функцией углового положения и угловой скорости $J = J(\varphi, \omega)$.

В высокоточных системах, кроме вышеперечисленных моментов, в математической модели динамики электропривода нужно обязательно учитывать нелинейности, связанные с зоной нечувствительности различных функциональных элементов, как усилительные, исполнительные элементы, так и в датчиках. Кроме этого, нужно учитывать зазоры в механических передачах, которые приводят к появлению нелинейности типа «ЛЮФТ».

К настоящему времени, если учесть все вышеназванные моменты, то математическая модель динамики таких электроприводов становится нелинейного типа. Вопросы анализа синтеза таких систем в теории автоматического управления наталкиваются на достаточно сложные проблемы, связанные с отсутствием к настоящему времени универсальных эффективных методов анализа и синтеза в таких системах.

Чтобы обойти вышеназванную проблему, ниже в работе предлагается задача построения соответствующей системы управления решения в классе адаптивных систем управления.

Рассмотрим случай якорного принципа управления двигателем постоянного тока, тогда система уравнений (1) преобразуется к виду:

$$\begin{cases} U_{я} = i_{я}R_{я} + L_{я} \frac{di_{я}}{dt} + K_e \omega, \\ J \frac{d\omega}{dt} = K_m \cdot i_{я} - M_H \\ \frac{d\varphi}{dt} = \omega \end{cases} \quad (2)$$

где K_e, K_m – конструктивные постоянные.

В этой системе момент инерции и момент нагрузки представим в виде суммы номинальных значений и отклонений от него.

$$\begin{cases} J = J_0 + \Delta J(\varphi, \omega), \\ M_H = M_{H0} + \Delta M_H(\omega). \end{cases} \quad (3)$$

В соответствии с (3), система (2) представится в виде

$$\begin{cases} U_{я} = i_{я}R_{я} + L_{я} \frac{di_{я}}{dt} + K_e \omega, \\ J_0 \frac{d\omega}{dt} + \Delta J \frac{d\omega}{dt} = K_m \cdot i_{я} - M_{H0} - \Delta M_H \\ \frac{d\varphi}{dt} = \omega \end{cases} \quad (4)$$

В теории адаптивного управления для класса линейных объектов с параметрическими и внешними возмущениями типа

$$\dot{X} = Ax + \Delta Ax + BU + \eta, \quad (5)$$

где $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)^t$ – вектор состояния;

$U = (u_1, u_2, \dots, u_m)^t$ – вектор управления;

$\eta = (\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_s)^t$ – вектор возмущений;

A, B – числовые матрицы коэффициентов;

ΔA – матрица параметрических возмущений, разработаны соответствующие методы синтеза адаптивных законов управления.

В данной работе предлагается математическую модель динамики (4) представить в виде линейного объекта с параметрическими и внешними возмущениями типа класса (5).

Представим (4) в виде:

$$\begin{cases} \frac{di_{я}}{dt} = -\frac{R_{я}}{L_{я}} i_{я} - \frac{K_e}{L_{я}} \omega + \frac{1}{L_{я}} U_{я}, \\ \frac{d\omega}{dt} = \frac{K_M}{J_0 + \Delta J} i_{я} - \frac{M_{H0} - \Delta M_H}{J_0 + \Delta J}, \\ \frac{d\varphi}{dt} = \omega. \end{cases} \quad (6)$$

Обозначим вектор состояния $X = (x_1, x_2, x_3)^t = (i_{я}, \omega, \varphi)^t$, а вектор управления (в нашем случае скаляр) $U = U_{я}$.

Если представить систему (6) в виде (5), тогда мы имеем:

$$A = \begin{pmatrix} -\frac{R_{я}}{L_{я}}; & -\frac{K_e}{L_{я}}; & 0 \\ 0; & 0; & 0 \\ 0; & 1; & 0 \end{pmatrix}; B = \begin{pmatrix} \frac{1}{L_{я}} \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix};$$

$$\Delta A = \begin{pmatrix} 0; & 0; & 0 \\ \frac{K_M}{J_0 + \Delta J} & 0; & 0 \\ 0; & 0; & 0 \end{pmatrix}; \eta = \frac{M_{H0} - \Delta M_H}{J_0 + \Delta J}.$$

Выше система (1) характеризует математическую модель динамики электропривода, когда управляемыми величинами являются угол поворота вала двигателя и его угловая скорость. Такие задачи характерны, в частности, для задач робототехники. Для задач управления электроприводами станков характерны задачи управления только угловой скоростью.

В этих случаях математическая модель динамики электропривода (при якорном управлении двигателем) выглядит следующим образом:

$$\begin{cases} U_{я} = i_{я} R_{я} + L_{я} \frac{di_{я}}{dt} + K_e \omega, \\ J \frac{d\omega}{dt} = K_M \cdot i_{я} - M_H \end{cases} \quad (7)$$

Для этого случая $J = const$, $M_H = M_{H0} - \Delta M_H$, поэтому мы можем представить математическую модель в виде модели линейного объекта с внешним возмущающим воздействием

$$\dot{X} = Ax + Bu + \eta, \quad (8)$$

где $A = \begin{pmatrix} -\frac{R_{я}}{L_{я}}; & -\frac{K_e}{L_{я}} \\ \frac{K_M}{J}; & 0 \end{pmatrix}; B = \begin{pmatrix} \frac{1}{L_{я}} \\ 0 \end{pmatrix}; \eta = \frac{M_{H0} - \Delta M_H}{J}; X = (i_{я}, \omega); U = U_{я}.$

Для различных приводов учет различных нелинейностей приводит, как мы видим выше, к различным математическим моделям постановки задачи адаптивного управления. На сегодняшний день вопросы адаптивного управления линейными объектами успешно решаются при помощи различных подходов. Так, в работе [1] рассматриваются решения различных задач адаптивного управления. В общем виде в этой работе решается задача осуществления движения управляемого объекта по предписанной программе (траектории). При этом классическая задача стабилизации теории автоматического управления, рассматриваются как один частный случай задачи движения по предписанной программе.

Действительно, если предписанную программу движения задать в стандартной неявной форме

$$\psi_i(x, t) = 0 \quad i = \overline{1, s} \quad (9)$$

то задача стабилизации представляется в стандартной форме

$$\psi_i(x, t) = x_i - a_i = 0 \quad i = \overline{1, s} \quad (10)$$

где $a_i = \text{const}$.

Приведем схему синтеза адаптивного закона управления для объектов, представленных в классе (5). Для упрощения, положен $\eta = 0$. Рассмотрим задачу адаптации в классе самонастраивающихся систем с эталонными моделями

$$\dot{X}_M = A_M \cdot X_M; \quad U = C_0 X - C_1 X_1 \quad (10)$$

где A_M - матрица коэффициентов эталонной модели;

C_0 - числовая матрица, выбираемая в соответствии с заданной матрицей A_M ;

C_1 - матрица настраиваемых коэффициентов адаптивного регулятора.

Рассмотрим систему (5) совместно с (10) и поставим задачу:

$$\varepsilon = X - X_M \xrightarrow{t \rightarrow \infty} 0.$$

Рассмотрим динамику изменения рассогласования

$$\varepsilon = \dot{X} - \dot{X}_M = Ax + \Delta Ax + BC_0 x - BC_1 x + A_M X_M \quad (11)$$

Выбор матрицы C_0 осуществим из условия согласования

$$A + BC_0 = A_M \quad (12)$$

тогда

$$\varepsilon = A_M \cdot \varepsilon + (\Delta A - BC_1)X. \quad (13)$$

К полученному выражению можно применить методику синтеза закона настройки матрицы настраиваемых параметров C_1 работы [1], где на основе применения метода функций Ляпунова получены результаты синтеза необходимых законов настройки матрицы C_1 .

Применительно к рассматриваемой задаче, мы имеем закон настройки матрицы C_1

$$\frac{d(BC_1)_i}{dt} = X^T \cdot (\varepsilon, P_i), \quad (14)$$

где $(\cdot)_i$ – обозначает i -ю строку;

(\cdot, \cdot) – символ скалярного произведения;

P_i - i -й столбец матрицы P , определяемый из уравнения

$$A_M^T \cdot P + PA_M = -Q, \quad (15)$$

где Q - любая положительно определенная матрица.

Учет различного рода нелинейностей в электроприводе приводит к сложным математическим моделям. Вопросы анализа и синтеза таких систем наталкиваются на трудности, связанные с отсутствием к настоящему времени эффективных методов исследования. В данной работе предлагается задачу исследования сложной нелинейной системы свести к менее трудной задаче адаптивного управления линейным объектом.

В данной работе предлагается математическую модель динамики представить в виде линейного объекта с параметрическими и внешними возмущениями типа класса, и разработаны соответствующие методы синтеза адаптивных законов управления.

В высокоточных системах, кроме вышперечисленных моментов, в математической модели динамики электропривода нужно обязательно учитывать нелинейности, связанные с зоной нечувствительности различных функциональных элементов, как усилительные, исполнительные элементы, так и в датчиках.

К настоящему времени, если учесть все вышеназванные моменты, то математическая модель динамики таких электроприводов становится нелинейного типа. Вопросы анализа синтеза таких систем в теории автоматического управления наталкиваются на достаточно сложные проблемы, связанные с отсутствием к настоящему времени универсальных эффективных методов анализа и синтеза в таких системах.

Чтобы обойти вышеназванную проблему, ниже в работе предлагается задача построения соответствующей системы управления решения в классе адаптивных систем управления.

Выводы: Для различных приводов учет различных нелинейностей приводит, как мы видим выше, к различным математическим моделям постановки задачи адаптивного

управления. На сегодняшний день вопросы адаптивного управления линейными объектами успешно решаются при помощи различных подходов. Так, в работе [1] рассматриваются решения различных задач адаптивного управления. В общем виде в этой работе решается задача осуществления движения управляемого объекта по предписанной программе (траектории). При этом классическая задача стабилизации теории автоматического управления, рассматриваются как один частный случай задачи движения по предписанной программе.

Литература

1. Батырканов Ж.И., Компенсационный принцип управления / Ж.И. Батырканов, А.М. Мамышов // Вестник Кустанайского социально - технического университета 2007.-№3.
2. Башарин А.В. Примеры расчета автоматизированного электропривода на ЭВМ./ А.В. Башарин М.- Энергоатомиздат. - 1990.
3. Воронов А.А. Основы теории автоматического регулирования и управления / А.А. Воронов, В.К. Титов, Б.Н. Новогранов. – М.: - Высшая школа, 1977.
4. Стрыгин В.В. Основы автоматики и вычислительной техники / В.В. Стрыгин М.: Энергоиздат, 1981.
5. Шаршеналиев Ж. Синтез систем управления с заданными показателями качества / Ж.Шаршеналиев, Ж.И. Батырканов. Б.: Илим, 1991.-174с.

УДК 004.031.2

ПРОБЛЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ

Батырканов Жениш Исакунович, доктор техн. наук, профессор кафедры автоматического управления, Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, 720044, Кыргызская Республика, город Бишкек, пр. Мира, 66,

Саитов Нурлан Жолдошевич, канд. техн. наук, доцент кафедры автоматического управления, Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, 720044, Кыргызская Республика, город Бишкек, пр. Мира, 66, E-mail: nsaitov@mail.ru

Аннотация

В последнее время компьютерные технологии получили развитие и имеют широчайший спектр применения: от космических программ до помощи в домашнем хозяйстве. Результатом развития современных интеллектуальных технологий является возникновение понятия «искусственный интеллект». Искусственный интеллект – это область информатики, цель которой разработка аппаратно – программных средств, позволяющих человеку – непрофессионалу ставить и решать интеллектуальные задачи. Одним из направлений развития искусственного интеллекта являются экспертные системы (системы, основанные на знаниях). В рамках этого направления решаются задачи, связанные с представлением знаний. Для этого разрабатываются специальные модели представления знаний и языки для описания знаний, выделяются различные типы знаний. Изучаются источники, из которых экспертные системы могут черпать знания, и создаются приемы, с помощью которых возможно приобретение знаний для экспертных систем.

Ключевые слова: экспертные системы, семантические сети, информационная система, автоматизация учебного процесса, АИСУ, СУБД, ИС «AVN».

PROBLEMS OF BUILDING EXPERT SYSTEMS

Jengish Batyrkanov, Doctor of Engineering Sciences, Professor of Automation and Control Department, I. Razzakov Kyrgyz State Technical University, 720044, Kyrgyzstan, Bishkek, Mira avenue, 66

Saitov Nurlan, Candidate of Engineering Sciences, Associate professor of Automation and Control Department, I. Razzakov Kyrgyz State Technical University, 720044, Kyrgyzstan, Bishkek, Mira avenue, 66

Summary

In recent years, computer technology has been developed and a wide range of applications: from the space program to help in the household. The result of the development of modern intellectual technologies is the emergence of the concept of "artificial intelligence". Artificial Intelligence - this area of computer science which aims to develop the hardware - software tools that enable a person - non-professional to formulate and solve intellectual problems. One of the directions of development of artificial intelligence are expert systems (systems based on knowledge). Within this framework, to solve problems related to the representation of knowledge. To this end, developed special models of representation of knowledge and languages to describe the knowledge, distinguished different types of knowledge. We study the sources from which expert systems can draw knowledge and techniques are created, with which it is possible to acquire knowledge for expert systems.

Keywords: expert systems, semantic networks, informational system, automation of the educational process, automated information management system, DBMS, Informational System «AVN».

Постановка задачи проблемы построения экспертных систем

Введение. Во всем мире, в том числе в Кыргызстане идет реформирование системы образования. При этом это касается широко круга вопросов, начиная с организационно-правовых моментов, кончая вопросами внедрения новых автоматизированных и информационных технологий. Реформа образования, присоединение к Болонскому процессу, в соответствии с этими в системе образования ставится акцент на эффективную самостоятельную работу обучающегося на основе современных технологии по дистанционной форме обучения. Одним из методов решения этой проблемы является применение экспертных обучающих систем.

К настоящему времени во всем мире идут интенсивные разработки различных коммерческих экспертных систем, в том числе и для задач обучения. К последним, к примеру можно отнести системы: PROUST, LISP, DENDRAL, Микролюшер, CRIB, WILLARP, MOLGEN и другие. Эти программные продукты являются коммерческими и предназначены для изучения конкретной дисциплины. В тоже время, по имеющимся сведениям, в Кыргызстане не только не разрабатываются экспертные системы для обучения но и нет практического использования экспертных систем в обучении.

В тоже время, учитывая свойство адаптивности экспертных систем к конкретному «ученику» и его способностям, экспертная система является эффективным средством обучения [1].

Постановка задачи. В последнее время компьютерные технологии получили развитие и имеют широчайший спектр применения: от космических программ до помощи в домашнем хозяйстве. Результатом развития современных интеллектуальных технологий является возникновение понятия «искусственный интеллект». Искусственный интеллект – это область информатики, цель которой разработка аппаратно – программных средств, позволяющих человеку – непрофессионалу ставить и решать интеллектуальные задачи. Одним из направлений развития искусственного интеллекта являются экспертные системы (системы, основанные на знаниях). В рамках этого направления решаются задачи, связанные с представлением знаний. Для этого разрабатываются специальные модели представления знаний и языки для описания знаний, выделяются различные типы знаний.

Изучаются источники, из которых экспертные системы могут черпать знания, и создаются приемы, с помощью которых возможно приобретение знаний для экспертных систем.

У современных систем, основанных на знаниях, есть много преимуществ. Экспертные системы получили широкое распространение и нашли практическое применение. Существуют такие системы по военному делу, геологии, метеорологии, промышленности, управлению, математике, юриспруденции, сельскому хозяйству, электронике и т.д. Экспертные системы являются сложными, дорогими, а главное, узкоспециализированными программами. В отличие от систем программирования, они «берут на себя» решение задачи, если пользователь лишь описал объект и определил цель. Экспертная система работает систематизировано, рассматривая все детали, выбирая наилучшую альтернативу из всех возможных. Введенные в машину знания сохраняются навсегда. В этом преимущество системы перед человеком.

Требуется разграничить понятия: *данные, знания*. Данные - отдельные факты, характеризующие объекты, процессы, явления и их свойства в предметной области. Данные трансформируются в данные как результат наблюдения, данные на материальных носителях информации (таблицы, справочники), модели данных в виде графиков, диаграмм, данные в компьютере на языке описания данных, в базу данных – основа любой информационной системы. Знания - выявленные закономерности предметной области (связи, принципы, законы), позволяющие решать задачи в этой области; структурированные данные; результат мыслительной деятельности человека; получают эмпирическим путем; обобщают опыт. Знания трансформируются в материальные носители знаний (учебники методические пособия); знания в памяти человека как результат мышления, поле знаний – условное описание основных объектов, их атрибутов, закономерностей; знания, описанные на языке представления знания; в базу знаний – основа любой интеллектуальной системы.

Для того чтобы знаниями можно было пользоваться при решении задач, определяются системы классификаций знаний. Знания бывают поверхностные (знания о видимых взаимосвязях между фактами) и глубинные (абстракции, аналогии, схемы). В процессе формирования экспертной системы выделяют процедурные знания (сосредоточение знаний в алгоритмах) и декларативные (знания-предложения, записанные на языках представления знаний, понятных неспециалистам).

Экспертные системы (ЭС) – сложные программные комплексы, суммирующие знания специалистов в конкретных предметных областях и тиражирующие этот эмпирический опыт для консультаций менее квалифицированных пользователей.

Процесс создания экспертной системы требует участия высококвалифицированных специалистов в области искусственного интеллекта.

В условиях реформирования образовательного процесса в Кыргызстане с учетом акцентирования на самостоятельную работу «ученика» по дистанционной форме разработка и внедрение экспертных обучающих систем является актуальной практически значимой проблемой [2].

Любая экспертная система работает с базой знаний. В зависимости от предметной области существует те или иные модели представления знаний.

Ядро экспертной системы состоит из базы знаний, механизма логического вывода и подсистемы объяснений.

В обучающей экспертной системе в отличие от других систем должно быть развитая подсистема объяснений, интеллектуальные интерфейсы для экспертов и пользователей и конечно инструментарию к наполнению разработанной программной оболочки материалами конкретной дисциплины. При этом, программные продукты могут наполняться материалами по изучению любой дисциплины.

Экспертные обучающие системы диагностирует ошибки при изучении какой-либо дисциплины с помощью компьютера, и подсказывают правильные решения. Они аккумулируют знания о гипотетическом «ученике» и его характерных ошибках, затем в

работе способны диагностировать слабости в знаниях обучаемых и находить соответствующие средства для ликвидации. Кроме того, они планируют акт общения с учеником в зависимости от успехов ученика с целью передачи знаний.

Экспертные обучающиеся системы, в отличие от известных Автоматизированных обучающих систем, делают основной акцент не на процедуре контроля знаний у обучающегося, а они при помощи сильно развитой диалоговой системы, для конкретного обучающегося строят индивидуальный план передачи знаний. Таким образом, на современном этапе происходит интеллектуализация информационных технологий (не только получение сведений на основе обработки данных, но и использование опыта и знаний профессионалов), что является актуальным направлением информатики [3, 4].

Экспертные системы создаются для решения разного рода проблем, но основные типы их деятельности можно сгруппировать в категории, приведенные в табл. 1.

Таблица 1

Категория задачи	Решаемая проблема	Примеры экспертных систем
Интерпретация данных	определение смысла данных	Определение свойств личности по результатам тестирования в системе Микролюшер
Диагностика	обнаружение неисправности системы	Диагностика ошибок в аппаратуре и математическое обеспечение ЭВМ – система CRIB
Мониторинг	интерпретация данных в реальном масштабе времени и сигнализация о выходе параметров за допустимые пределы	Контроль за работой электростанций
Проектирование	подготовка спецификаций (набор необходимых документов – чертеж, пояснительная записка) на создание объектов	Синтез электрических цепей
Прогнозирование	вывод вероятных следствий из заданной ситуации	Предсказание погоды – система WILLARP
Планирование	нахождение планов действий объекта	Планирование эксперимента – система MOLGEN
Обучение	диагностирование ошибки при изучении дисциплины с помощью ЭВМ и подсказка правильного решения	Обучение языку Паскаль – система PROUST

Проблемы представления моделей знаний. На сегодняшний день в практике экспертных систем применяются следующие модели представления знаний:

- *Продукционные модели* - модель, основанная на правилах;
- *Семантические сети* - ориентированный граф, вершины которого – понятия (объекты), а дуги – отношения между ними, которые устанавливают связи типа: «это», «имеет частью», «принадлежит»;
- *Фреймы* - абстрактные образы или ситуации;
- *Формальные логические модели* - основаны на логике предикатов, задача описывается в виде аксиом.

Для каждой конкретной области, для каждой конкретной задачи, для построения экспертной системы нужно выбрать соответствующую эффективную модель представления

знаний. От выбранной модели представления знаний, напрямую будет, зависит логика работы подсистемы логического вывода и подсистемы объяснений.

Для выбора модели предоставления знаний для обучающих экспертных систем, рассмотрим следующие моменты:

- При использовании *продукционной модели* база знаний состоит из набора правил. Алгоритм машины вывода работает, на так называемом «прямом» или «обратном» выводе и основаны на сопоставлении входных данных с правилами из базы знаний. При таком представлений модели знаний, знания по какому либо предмету нужно было представить в виде очень большого количества несвязанных между собой правил. Поэтому процесс вывода здесь вряд ли можно организовать эффективно.

- При *семантической модели* представления знаний, проблема поиска решений в базе знаний сводится к задаче поиска фрагмента сети, соответствующего некоторого под сети, соответствующей поставленному вопросу. При чисто семантическом представлении вершины графа- это понятия, сущности, а дуги это отношения. Представить знания, из какого либо учебника в виде простой семантической сети, вряд ли осуществимо.

- При *фреймовой модели* представлений знаний проблема поиска решений осуществляется на основе свойств наследования между отдельными фреймами, т.е. по АКО – связям. При чисто фреймовой модели построения базы знаний, для какой либо дисциплины, поиск решений был бы также затруднителен.

Поиск решений, а также полнота информации в базе знаний для задач самостоятельного изучения учебной дисциплины можно было бы получить путем объединения в модели представления положительных моментов семантической и фреймовых моделей представления знаний. Для обучающих экспертных систем, нами предлагается *семантико-фреймовая* модуль представления знаний. Механизм построения семантико-фреймовой модели рассматривается в отдельной работе.

Выводы. С внедрением разработанной, обучающей экспертной системы в систему среднего специального и высшего образования Кыргызстана, повысится уровень качества подготовки специалистов. Появится возможность подготовки по кредитной и дистантным формам обучения. В соответствии с вышесказанными повысится конкурентоспособность наших специалистов в мировом рынке труда [4].

Литература

1. Информатизация образования: направления, средства, технологии: Пособие для системы повышения квалификации / Под. ред. С.И. Маслова.- М.: МЭИ, 2004. -868 с.
2. Представление знаний. Системы, основанные на знаниях / Н. П. Табачук.// Журнал МИФ.-2004-2.- №3
3. К вопросу об управлении организацией в информационном обществе. Музыкаина Д.В., Белорусский государственный университет.
4. Чучалин И.П. Модели управления учебным процессом вуза / И.П. Чучалин и.др. - Томск: ТГУ, 1992.- 145 с.

ИННОВАЦИИ И УПРАВЛЕНИЕ УЧЕБНЫМ ПРОЦЕССОМ

УДК 004.031.2

**ОРГАНИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВУЗА НА ОСНОВЕ
ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ**

Торобеков Бекжан Торобекович, к.т.н., доцент, Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, 720044, Кыргызская Республика, г. Бишкек, пр. Мира, 66, e-mail: bekjan2003@mail.ru

Саитов Нурлан Жолдошевич, к.т.н., доцент, Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, 720044, Кыргызская Республика, г. Бишкек, пр. Мира, 66, e-mail: nsaitov@mail.ru

В статье рассматривается подход к организации образовательной деятельности вуза на основе информационных технологий. Информационная система является одним из распространенных инструментов управления вузом. Он позволяет создать единое информационное пространство вуза на основе корпоративной сетевой инфраструктуры и центра управления разработками, а также созданной базы данных. Приведены результаты исследования по созданию информационной системы управления на примере Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. Рассмотрена автоматизированная подсистема приемной комиссии. Предложенная модель обеспечивает автоматизацию учета движения и успеваемости студентов за весь период обучения, планирование содержания, учета и контроля учебного процесса, выполнения учебных планов, штата персонала, управления структурными подразделениями.

Ключевые слова: Информационная система управления вузом, информационные технологии, подсистемы управления, бизнес-процессы, приемная комиссия, регистрация абитуриентов, пользователи, операторы и администраторы.

**ORGANIZATION OF EDUCATIONAL PERFORMANCE OF HIGH SCHOOL
BASED ON INFORMATION SYSTEM**

Torobekov Bekjan - Candidate of Engineering Sciences, Vice-Rector for Development, I. Razzakov Kyrgyz State Technical University, 720044, Kyrgyzstan, Bishkek, Mira avenue, 66, e-mail: bekjan2003@mail.ru

Saitov Nurlan - Candidate of Engineering Sciences, Associate professor of Automation and Control Department, I. Razzakov Kyrgyz State Technical University, 720044, Kyrgyzstan, Bishkek, Mira avenue, 66, e-mail: nsaitov@mail.ru

The article discusses the approach to the organization of the educational activities of the university on the basis of information technologies. The information system is one of the common university management tools. It allows you to create a single information space of the university based on the corporate network infrastructure development and control center, and created a database. The results of studies on the development of an information system on the example management Kyrgyz State Technical University. I. Razzakova. We consider the automated subsystem of the selection committee. The proposed model provides automated account of movement and progress of students during the whole period of study, planning content, ie accounting control of the educational process, implementation of curriculum, staff personnel, structural divisions of management.

Keywords: Information system of university management, information technology, management subsystem, business processes, the selection committee, the registration of students, users, operators and administrators.

Постановка задачи. Очевидно, что управление таким механизмом, как ВУЗ, требует колоссальных ресурсов даже в пределах одного факультета. В основном это определяется сложностью структуры вуза, т.е. количеством входящих в нее подразделений, а также несовершенством механизмов создания трудоемких отчетов и передачи информации руководству. В этих условиях одним из важнейших механизмов, затрагивающих основные направления образовательной деятельности является информационная система приемной комиссии, которая рассматривается как инструмент управления вузом. Именно решению данных вопросов посвящена данная статья [1-2].

Результаты исследований. Информатизации управления КГТУ носить поэтапный характер и опираться на имеющиеся наработки и используемые программные средства и системы.

Ниже перечислены основные положения, которые положены в основу информационной системы управления вузом:

- наличие единой корпоративной сетевой инфраструктуры и единого центра управления разработками, обеспечивающих разработку информационных подсистем, направленных на автоматизацию задач, стоящих перед вузом;
- создание единого информационного пространства вуза;
- полномасштабный характер разрабатываемой системы, включающей
- контроль и управление доступом к ресурсам вуза;
- управление персоналом;
- управление учебным процессом;
- управление документооборотом.
- повышение эффективности работы структурных подразделений и системы управления вузом в целом;
- упорядочивание и поддержка всех основных бизнес-процессов сферы деятельности вуза, предоставление средств систематизации бизнес-процессов, поднятие их на качественно новый уровень;
- использование современных средств и технологий для разработки общеуниверситетской системы управления: системы управления базами данных, технологии Internet/Intranet, OLAP-технологии, специализированных программных средств, систем управления электронным документооборотом.

В течение 2004-2009 гг. в университете проделан значительный объем работ по созданию внедрению единой информационной системы университета. Ядром внедряемой информационной системы являются система управления учебными процессами вуза "AVN" разработанная в 2004-2005 гг. которая в настоящее превратилась в достаточно развитую систему обеспечения учебного процесса.

Текущее состояние информационной системы университета может быть представлено несколькими взаимосвязанными между собой подсистемами разной степени полноты и функциональности:

- Автоматизированное рабочее место (АРМ) деканат
- Управление учебным процессом (АРМ - учебные планы)
- Расчет распределение нагрузки кафедр
- Приемная комиссия (Абитуриент)
- Студенческий отдел кадров
- Ведение штатных расписаний
- Подсистема обмена данными между бухгалтерией и деканатами

- Система сбора информации
- Подсистема отдела кадров университета.
- Подсистема международного отдела.
- Подсистемы информационной поддержки и сопровождения
- Подсистема формирования общеуниверситетских отчетов, по комплексной оценке, деятельности университета.

В зависимости от специфики задач все пользователи делятся на Windows-клиентов, программное обеспечение которых устанавливается на их рабочих местах, и Web-клиентов, получающих доступ к системе через Web-интерфейс.

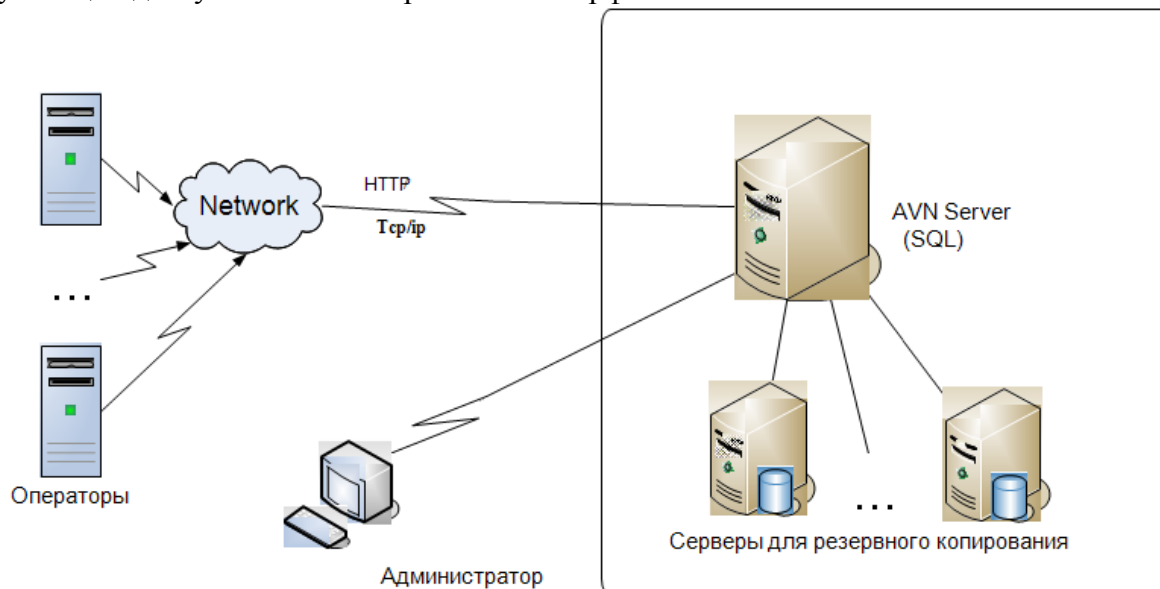


Рис. 1. Структура клиент серверной технологии ИС ВУЗ.

Основой информационной системы вуз является единая база данных. Указанные выше задачи решаются соответствующими подсистемами. В целом информационная система построена по технологию «клиент – сервер» и обеспечивает многопользовательский режим работы в корпоративной вычислительной сети КГТУ с большим числом терминалов на кафедрах, факультетах, в отделах Учебного управления и др.

Рассмотрим подробнее наиболее важную подсистему информационной системы.

Автоматизированная подсистема приемной комиссии

Автоматизированная подсистема приемной комиссии - обеспечивают организацию и сопровождения деятельности приёмной комиссии на всех этапах, начиная от плана набора абитуриентов до формирования контингента студентов первого курса. А также взаимодействует с подсистемами учебного отдела, отдела кадров и бухгалтерией с целью исключения дублирования работ между отделами[2].

- *Основные задачи:*

- формирование плана набора абитуриентов на новый учебный год;
- прием и оформление документов абитуриента по специальностям;
- формирование разных отчетов о ходе работы приемной комиссии;
- подготовка документов для рекомендации, подтверждения и зачисления абитуриентов по специальностям;
- формирование контингента студентов первого курса;
- управление пользователями;
- сверка данных операторов и данных системы;

- *Дополнительные задачи:*

- настройка и оптимизация работы подсистемы;

- оповещение администратора о подозрительных ситуациях;
- организация прозрачности работы приемной комиссии.

Решение указанных задач обеспечивается на основе развитого пользовательского интерфейса программы AVN 25.1, реализации интерактивного режима работы пользователя с выполнением необходимых проверок непосредственно в процессе ввода данных в базу. ИС AVN предоставляет единый WEB интерфейс доступа к данным и позволяет оперативно обслуживать абитуриентов.

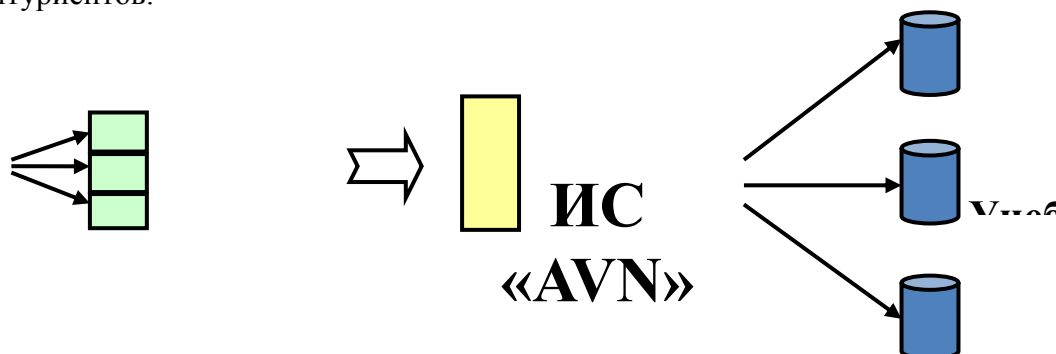


Рис. 2. Модель потока данных

Ключевым бизнес-процессом подсистемы приемной комиссии является *прием абитуриентов*. Для каждого абитуриента создается новая запись, в рамках которой производятся операции:

- Проверка необходимых документов;
- Рекомендация, подтверждение на зачисление по специальности;
- Подтверждение проведения платежа за обучение в кассе;
- Распределение по академическим группам;
- Отмена и исправление ошибок;
- Формальное удаление записей.

Регистрация абитуриента производится оператором, путем заполнения анкетных данных абитуриента используя существующие справочники в AVN 25.1.

Основные параметры регистрации абитуриента:

- *Специальность и форма обучения;*
- *Результат о пройденном тестировании;*
- *Язык обучения в школе и желаемый язык обучения в вузе;*
- *Справка на СПИД, виза для иностранных граждан.*

Рекомендация на зачисление производится оператором, путем формирования и распечатки ранжированного списка абитуриентов используя существующие формы в отчетной системе через web-браузер. Список рекомендованных абитуриентов к зачислению передается на рассмотрение руководству приемной комиссии. После рассмотрения информация заносится в базу данных, используя подсистему AVN 25.1.

Подтверждение на зачисление производится оператором, после того как абитуриент произведет оплату за обучение и сдаст необходимые оригиналы документов. После подтверждения абитуриентов на зачисление их заносят в базу, используя подсистему AVN 25.1.

Зачисление производится оператором, после рассмотрения и издания приказа о зачислении абитуриентов на соответствующие специальности. Необходимые документы можно формировать и распечатать в виде ранжированного списка абитуриентов используя существующие формы в отчетной системе через web-браузер. После зачисленных абитуриентов надо занести в базу используя AVN 25.1.

Распределение абитуриентов по академическим группам производится оператором, после того как на абитуриента вышел приказ о зачислении.

Основные действия распределения по группам:

- В меню AVN 25.1 выбираем данные, распределение абитуриентов по группам, факультет, форму обучения, группу, добавить абитуриента и из списка распределяем абитуриентов;

Перевод студента из групп в группу производится оператором, эта процедура необходима в случаях: расформирования малочисленных академических групп, при выборе студента другой группы, специальности и т.д.

Основные действия перевода студента из групп в группу:

- В меню AVN 25.1 выбираем данные, перевод студента из групп в группу, учебный год, факультет, группу, добавить абитуриента и из списка распределяем абитуриентов и куда переводим;

- Действие заканчивается нажатием кнопки перевести.

Управление пользователями в полном объеме могут осуществлять только администраторы системы AVN в соответствии с внутренними правилами приемной комиссии. В рамках управления пользователями администратор может выполнять следующие действия:

- регистрацию / удаление новых операторов;
- редактирование данных оператора;
- разделение операторов для приема бюджетной и контрактной формы обучения;
- изменение паролей операторов;
- управление списком разрешенных отчетов;
- привязка оператора к структурным подразделениям и факультетам;
- блокирование и разблокирование оператора.

Все эти действия администраторы осуществляют через программу AVN 20.2.

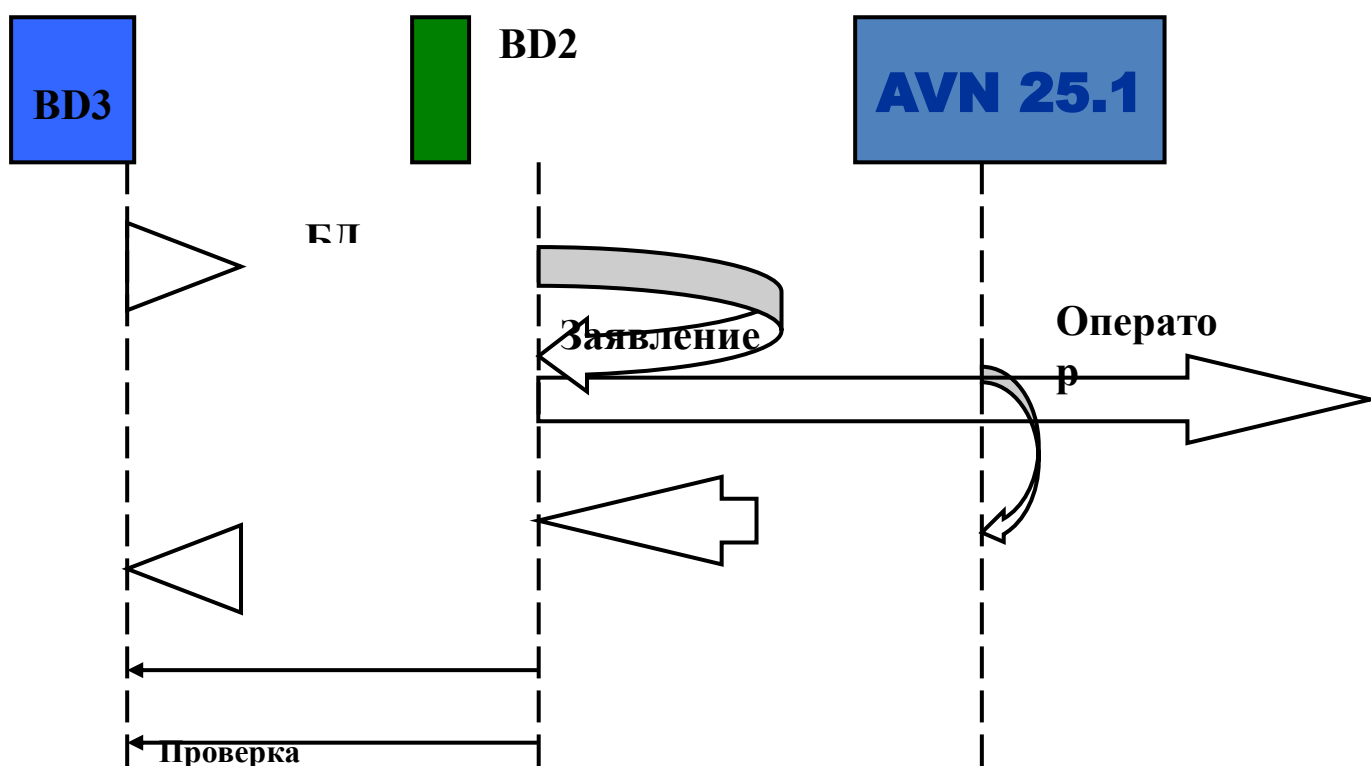


Рис. 3. Схема взаимодействия оператора и системы вуз

В целях защиты от недобросовестной работы операторов, в системе AVN существует механизм *логирования*, который записывает все проделанные действия в подсистеме (Кто? Когда? Что? С какого компьютера делал) [3, 4, 5].

Выводы: В КГТУ им. И. Раззакова разработана и внедрена в практической деятельности информационная система по управлению учебным процессом, включая организацию набора студентов. При этом информационная система обеспечивает автоматизацию учета движения и успеваемости студентов за весь период обучения, планирование содержания, учета и контроля учебного процесса, выполнения учебных планов, штата персонала, управления структурными подразделениями.

Литература

1. Астахова И.Ф. SQL в примерах и задачах: Учеб. пособие / И.Ф. Астахова, А.П.Толстобров. - Мн.: Новое знание, 2002
2. Грубер М. Понимание SQL/ М. Грубер М.: - 1993.
3. Крюков В.В. Информационная среда как инструмент управления вузом: Институциональный менеджмент в вузах / В.В.Крюков, К.И.Шахгельдян. Хрестоматия. – Екатеринбург, 2006
4. Ларсон Б. Разработка бизнес - аналитики в Microsoft SQL Server / Б. Ларсон.- Питер, 2008.
5. Зайцев А.С. Автоматизация как основа оптимального планирования учебного процесса университета /А.С. Зайцев, В.Ю.Емельянов, И.В.Воронин // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2007.- №5. С. 45-48.

УДК 004.416.3:337.018.432:378.4

СИСТЕМА АДАПТАЦИИ КАК НАПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЯ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ

Абдыллаева Гульнара Оморовна, к.п.н., доцент, КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: g.abdyllaeva@mail.ru

Цель статьи: рассмотрение различных моделей адаптации для студентов в первый год обучения на дистантной форме обучения, для усовершенствования процесса обучения в технических вузах.

Ключевые слова: Дистанционное обучение, модели адаптации студентов, когнитивный стиль, информационные технологии, методика обучения.

SYSTEM OF ADAPTATION AS THE DEVELOPMENT OF DISTANCE LEARNING IN A TECHNICAL UNIVERSITY

Abdyllaeva Gulnara Omorovna, PhD, Associate professor, KSTU named after I.Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Kyrgyzstan, e-mail: g.abdyllaeva@mail.ru

The purpose of this article the consideration of various models of adaptation for students in the first year of study at distant learning to improve learning process in technical universities.

Keywords: Distance learning, model adaptation, cognitive style, information technology, methods of teaching.

Дистанционное обучение на сегодняшний день востребовано на рынке образовательных услуг, поэтому необходимо повышать эффективность обучения с учетом всех особенностей преподавания дистанционного образования. Для решения дидактических, методических, организационных проблем, при дистанционном обучении, предлагается построить систему адаптации, на начальных этапах обучения будет способствовать быстрому включению в образовательный процесс, формированию оптимальных стратегий обучения. При этом необходимо идти от личности обучаемого, важно сочетание психологического и педагогического подхода при работе с информационными технологиями. Психолого-педагогическая особенность адаптационной деятельности студентов состоит в том, что она ориентирована не только на получение практических результатов, но и на изменение когнитивных структур, когнитивного стиля самих студентов с целью адаптации.

Модель адаптации студентов к использованию информационных технологий связывает его личность и педагогические технологии. Большое внимание уделяется инвариантному свойству личности обучаемого, которая позволяет определить оптимальную стратегию обучения. Инвариантом процесса адаптации может служить такая характеристика, как темперамент, наиболее очевидное и определяемое для каждого обучающегося.

Состав модели дает возможность проследить связь личностных характеристик субъекта обучения, с выбором типов обучающих ситуаций, педагогических форм и представления материала для получения оптимальной стратегии обучения. Нормирование стратегии адаптации основана на учете личностных характеристик обучаемого (в данном случае темперамента) и на существующем влиянии данных характеристик на сформированные к этому моменту стратегии обучения.

Стратегии обучения зависят также от когнитивных стилей, как инструментальных характеристик осуществления индивидуальной познавательной деятельности. Темперамент и когнитивные стили оказывают прогнозируемое влияние на выбор форм и методов обучения и представления материала.

Понятие когнитивного стиля, употребляемое в модели адаптации, характеризует устойчивые индивидуальные особенности познавательных процессов, предопределяющие использование различных исследовательских стратегий, а также определенную стратегию поведения человека, которая охватывает все, от восприятия до мышления, уровни взаимодействия субъекта с миром. Когнитивный стиль при этом представляет собой относительно стабильную структуру механизмов контроля. В целом когнитивный стиль, являясь инструментальной характеристикой личности, описывает индивидуальную специфику процессов получения и переработки информации.

Когнитивный стиль определяется через три источника влияние на познавательную деятельность:

- склонность использовать определенные символы и символические формы;
- ориентацию на культурные роли;
- склонность мыслить различным образом.

Когнитивный стиль индивида определяется типом мышления. Тип восприятия информации, её переработка и затем воспроизведение также определяются ведущими тенденциями. Стратегия обучения характеризуется как объединение личности и познания.

Представление о каждом слове модели дается в рамках вводного адаптационного курса. В систему адаптации в качестве информационной базы должны входить знания о темпераменте, об индивидуальных стилях, когнитивных стилях, их связи с обучением, знакомство с основными педагогическими формами работы и представления учебного материала в дистанционном образовании. Теоритическая часть вводного курса адресуется, в первую очередь, преподавателю, но при его отсутствии может в сокращенном виде предоставляться обучаемому (студенту).

При разработке содержания базовой программы вводного курса адаптации учащихся и студентов к использованию информационных технологии принимаются во внимание следующие основные содержания: информатизация образования и общества в целом является неизбежной закономерностью развития современного общества.

На сегодняшний день наиболее широко информационные технологии используются в дистанционном образовании. Изучение основ адаптации к использованию информационных технологии основываются на закономерностях процесса информатизации и его воздействия на социальные, физиологические и психологические структуры обучаемого, и является одной из назревших задач в современной системе.

Назначение вводного курса адаптации: сформировать достаточно полное представление об информационном характере развития современного образования, о возникающих психологических, педагогических, социальных и информационных проблемах, о путях их решения на основе использования современных информационных технологий, опираясь при этом на наиболее стабильные личностные характеристики в короткий период адаптации, такие как темперамент и индивидуальные стили.

Ожидаемые результаты курса адаптации: возможность преподавателям и обучаемым получить знания, об особенностях собственного темперамента и его связи со стилями обучения; о связи личностных характеристик, а наработанных стратегии обучения; о способе оптимизации учебного процесса на начальном этапе обучения; о роли, месте и основных направлениях применения информационных технологий в современной системе научного знания, об информационных, психологических и педагогических аспектах процесса адаптации к использованию информационных технологий в различных педагогических формах и методах обучении.

Успешно изучивший данный курс слушатели будут уметь: достаточно свободно ориентироваться в структуре основных психологических, социальных, культурологических и педагогических проблем, связанных с информатизацией и десантированием образования; понимать и правильно использовать, в дальнейшем обучении и профессиональной деятельности современной подходы к обучению на основе методов адаптации, построенных с учетом психологических характеристик личности; самостоятельно определять оптимальные стратегии получения новых знаний для дальнейшего профессионального роста в процессе информатизации образования.

Необходимо учитывать, что процесс информатизации развиваются неравномерно в различных регионах, он характеризуется значительным разбросом в плане подготовленности с использованием информационных технологий. Поэтому на начальных этапах обучения с использованием информационных технологий важно выделить наиболее важные черты этого процесса, наглядно показать основные закономерности адаптации к использованию информационных технологий и их влияние на дальнейшее обучение.

Принципиальные особенности адаптационного курса: сконцентрировать внимание педагогов и связи основных личностных характеристик и форм педагогического воздействия в традиционном и дистанционном образовании. Обратит внимание на связь когнитивной психологии и педагогики в образовательном процессе при использовании информационных и технических ресурсов.

Структура программы:

1. Психологические аспекты адаптации к использованию информационных технологий;
2. Педагогический аспект адаптации к использованию информационных технологий;
3. Методика проведения компьютерных занятий;

В процессе внедрения адаптационного курса предъявляются виртуально – тренинговая система обучения и другие новые средства обучения. У обучающегося формируется новые когнитивные контроли и стратегии обучения, что связано с самостоятельным выбором типов обучающих ситуаций, педагогических форм работ и представления учебного материала. Это и определяет оптимальную стратегию обучения,

характеризующуюся максимально высоким для данного индивида уровнем успеваемости и способностью использовать новые когнитивные контроли в дальнейшем для получения профессиональных знаний, умений и навыков при обучении с использованием информационных технологии любой дисциплины.

Психолого-педагогическая модель адаптации к использованию информационных технологий дистанционном образовании включают личностные характеристики (темперамент), когнитивные стили обучаемого, этапы выбора типа учебной ситуации и педагогических форм и методов представления материала на основе личностных особенностей восприятия информации. Все перечисленные компоненты во взаимосвязанной последовательности составляют оптимальную стратегию обучения. На сегодняшний день, данный подход к решению проблем адаптации и оптимизации процесса обучения в дистанционном и традиционном образовании позволяет говорить о теоретической возможности автоматизации выбора оптимальных и эффективных стратегий обучения. Ранее подобный подход применялся в экономике, а в педагогике не использовался.

Литература

1. Олифер В.Г. Компьютерные сети: принципы, технологии, протоколы / В.Г. Олифер, – СПб.: 2001. – С. 181 – 200. различных систем. – М.: ДМК 2004. – С. 91 – 94.
2. Кулагин П. Г. Межпредметные связи в обучении / П.Г. Кулагин М.: Просвещение, 2003.
3. Давыдов В.В. Проблемы развивающего обучения / В.В.Давыдов, - М.: Педагогика, 2006.
4. Кириллова Г.Д. Процесс развивающего обучения как целостная система / Г.Д.Кириллова, - СПб.: Образование, 2006.
5. Кудрявцев Е.М. GPSS World Основы имитационного моделирования
6. Иванов А.Б. Контроль соответствия в телекоммуникациях и связи часть I. Измерения, анализ, тестирование и мониторинг / А.Б.Иванов– М.: Сайрус Системс, 2000. – 376 с.
7. Федорец Г.Ф. Проблема интеграции и практика обучения / Г.Ф. Федорец, Л.: ЛГПИ, 1990.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ И НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 629.34 (575.2-25)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ДЛИНЫ ПОЛОСЫ ДВИЖЕНИЯ ДЛЯ ПОВОРОТА НАЛЕВО

Маткеримов Таалайбек Ысманалиевич, д.т.н., профессор КРСУ им.Б.Ельцина, 720000, Кыргызская Республика, г. Бишкек, пр. Чуй ба, корпус 6, E-mail: talai_m@bk.ru

Муктарбек уулу Кубатбек преподаватель КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызская Республика, 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66, E-mail: kubat76@mail.ru

Данная работа направлена на изучение интенсивности движения автомобильного транспорта на примере центральных перекрестков города Бишкек. Создана математическая модель определения оптимальной длины полосы для поворота налево, которая способствует увеличению пропускной способности перекрестка.

Ключевые слова: полоса для поворота налево, пропускная способность, метод конфликтности, формулу для вычисления длину выделенной полосы предназначенной для поворота налево.

DETERMINATION OF THE OPTIMAL LENGTH OF A LANE FOR TURNING LEFT

Matkerimov Taalaibek Ysmanaliev, professor KRSU im.B.Eltsina 720000, Kyrgyz Republic, Bishkek, pr. Chui ba, building 6, E-mail: talai_m@bk.ru

Muktarbek uulu Kubatbek Lecturer KSTU. I. Razzakova Kyrgyz Republic, 720044, Bishkek, pr. Mira 66, E-mail: kubat76@mail.ru

Aimed at examining the traffic flow in major road intersections in Bishkek, this study employs a new mathematical model that determines the optimal use of turn-left lanes thereby reduces conflictive situations and increases the number of cars passing through in the intersections.

Keywords: lane for left turn, capacity, the method of conflict, the formula for calculating the length of the dedicated lanes meant for left turn.

Для достижения намеченной цели, нередко автомобили дублируют друг друга (совпадают) по направлениям, либо пересекаются. Совпадение наблюдается главным образом вдоль ведущих магистралей, а пересечение – на перекрестках, причем, очевидно, что на пересечении ведущих магистралей пересекается и большее число направлений [1]. Например, для того, чтобы со стороны Ошского базара доехать в шестой микрорайон, можно выбрать маршрут по проспекту Манаса, или проехать по ул. Советской. В данном случае происходит процесс дублирования, так как два маршрута едут по параллельному направлению. Но вполне возможно пересечение направлений на пересечении улиц Байтик Баатыра и И. Ахунбаева. Тогда это будет пересечением. Для схематического представления вышесказанного введем в рассмотрение некоторую условную сетку, изображающую квадратный участок, включающий пересекающиеся под прямым углом улицы (рис. 1).

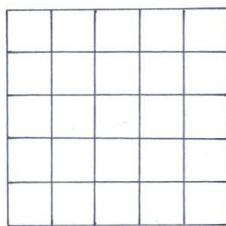


Рис.1. Введение условной сетки

Далее наложим на условную сетку несколько произвольных направлений, обозначив их замкнутыми ломаными разных цветов (рис. 2).

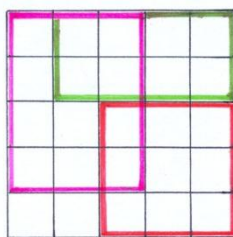


Рис.2. Нанесение произвольных маршрутов на условную сетку

Мы видим наложение и пересечение направлений. Причем схема упрощена отсутствием указателей направления движения. В действительности, полагая в рамках данного примера движение двусторонним, следует рассматривать наложение только сонаправленных на конкретных участках направлений. Для пересечений, будь то крестообразные или Т-образные пересечения, данный вопрос должен рассматриваться отдельно, и в этом случае определяющим фактором является конечная точка, в которую хочет попасть условный пассажир при минимуме расходования денежных средств и времени.

Итак, мы сузили изучение системы до рассмотрения сонаправленных на некоторых участках направлений. Наложение маршрутов порождает интенсивность движения.

Объективно, потокам движения присущи вероятностные характеристики, и управлять ими очень сложно. Поэтому практический интерес представляет решение первой задачи.

В зависимости от конфигурации площади или пересечения, вида и объема движения перекрестки могут быть самой различной формы и размеров.

Простейший метод конфликтности с учетом интенсивностей транспортных потоков – определение индекса конфликтности по формуле:

$$m = 0,01 \cdot \left[1 \sum^{n_0} N_{oi} + 3 \sum^{n_c} N_{ci} + 5 \sum^{n_n} N_{ni} \right] \quad (1)$$

где n_0 , n_c , n_n - количество точек ответвления, слияния и пересечения;

N_{oi} , N_{ci} , N_{ni} – меньшие интенсивности из каждой пары конфликтующих между собой транспортных потоков.

Среднюю задержку транспортных средств определяют для каждого подхода в каждой фазе с учетом разрешенных для движения направлений по формуле:

$$\overline{t_{\Delta i}} = 0,9 \left[\frac{T(1 - \lambda_i)^2}{2(1 - \lambda_i \cdot x_i)} + \frac{x_i^2}{2N_i(1 - x_i)} \right] \quad (2)$$

где T – длительность цикла регулирования, с.

$\lambda = t_i/T$ – эффективная доля разрешающего сигнала в цикле регулирования.

t_i – продолжительность разрешающего сигнала, с;

$x_i = N_i \cdot T / t_i M_{Ni}$ – степень насыщения фазы регулирования,

M_{Ni} – поток насыщения для данного подхода в этой фазе,

N_i – суммарная интенсивность транспортных потоков, которым разрешено движение на разрешающий сигнал с данного подхода.

Пусть l_i – расстояние от точки старта (места отстоя транспорта) i -го маршрута до начала участка наложения. Это расстояние, деленное на среднюю скорость движения по i -му маршруту, дает время, за которое транспортная единица добирается до участка наложения.

$$t_i = \frac{l_i}{V_i} \quad (3)$$

Очевидно, что в ординарном потоке на участке наложения средние скорости движения всех маршрутных микроавтобусов примерно равны.

Далее могут быть рассмотрены две ситуации:

1. Средняя скорость движения каждого маршрута на участке наложения такая же, как и на всем остальном пути;

2. Средняя скорость движения маршрутов на участке наложения отлична от той, что наблюдается на остальном пути.

Первая ситуация предполагает, что средние скорости движения по всем маршрутам равны. В этом случае участок пути длиной c может вместить максимум

$$\frac{c}{a + b} \quad (4)$$

единиц транспорта, где a – средняя длина проезжей части по каждому направлению, b – норматив дистанции между движущимися автомобилями.

Обозначим через te_i (*Time of enter – Exit Process*) среднюю длительность задержки автомобилей на перекрестках i -го маршрута. Очевидно, что оптимальным будет появление следующего автомобиля в момент, когда предыдущий тронулся с перекрестка.

Обозначим через Ro (*Routes Optimum Sequence*) оптимальную последовательность слияния N маршрутов в общий поток. В произвольно выбранном фрагменте этой последовательности каждый маршрут может встречаться некоторое число раз. Будем называть фрагмент оптимальной последовательности слияния маршрутов полным, если в нем каждый маршрут встречается хотя бы один раз и длина фрагмента минимальна.

Сначала рассмотрим оптимальную последовательность, в полном фрагменте которой каждый маршрут встречается только один раз.

Можно утверждать, что длина полного фрагмента в этом случае равна N . Пусть тогда r_i ($j \in Ro$) – один из N элементов полного фрагмента, обозначающий номер маршрута (действительный или условный).

Таблица 1.

Пример полного фрагмента оптимальной последовательности с неповторяющимися элементами (действительная нумерация маршрутов)

j	1	2	...	i	...	N
r_i	213	110	...	266	...	159

Таблица 2.

Пример полного фрагмента оптимально последовательности с неповторяющимися элементами (условная нумерация маршрутов)

j	1	2	...	i	...	N
r_i	13	2	...	15	...	5

Пусть официально время подъезда к перекрестку начинается в момент T_0 . Тогда для того, чтобы их транспортные средства слились в один поток в соответствии с оптимальной последовательностью R_0 , необходимо, чтобы выполнялось условие

$$\frac{l_{j+1}}{V_{j+1}} + t_{(j+1)_i} = \frac{l_j}{V_j} + te_j + t_{j_i}, \quad \begin{matrix} i = \overline{1, K_j}, \\ j = \overline{1, N-1} \end{matrix} \quad (3.8)$$

где $\frac{l_{j+1}}{V_{j+1}}$ - среднее время, за которое транспортная единица $(j+1)$ -го маршрута добирается до начала участка наложения маршрутов, $t_{(j+1)_i}$ - длительность предстартового ожидания i -й транспортной единицы $(j+1)$ -го маршрута относительно момента времени T_0 ,

$\frac{l_j}{V_j}$ - среднее время за которое транспортная единица i -го маршрута добирается до начала участка наложения,

te_i - средняя длительность процесса проезда перекрестка одной транспортной единицы i -го маршрута,

t_{j_i} - длительность предстартового ожидания i -й транспортной единицы j -го маршрута.

Прежде, чем начать объяснять смысл последней формулы, преобразуем ее к виду

$$t_{(j+1)_i} = t_{j_i} + \frac{l_j}{V_j} + te_j - \frac{l_{j+1}}{V_{j+1}}, \quad \begin{matrix} i = \overline{1, K_j}, \\ j = \overline{1, N-1} \end{matrix} \quad (5)$$

Тогда мы можем сказать, что если каждый маршрут встречается в полном фрагменте оптимальной последовательности один раз, то время предстартового ожидания некоторой транспортной единицы одного из маршрутов относительно момента запуска первой транспортной единицы первого маршрута первого полного фрагмента T_0 определяется величиной, равной разности суммарного времени, в течение которого предыдущая транспортная единица ожидает старта, добирается до рассматриваемого участка и производит проезд перекрестка, и времени, за которое текущая транспортная единица доберется до рассматриваемого участка.

Рассматриваемый случай предусматривает каждой фазе регулирования светофором минимум одну полосу движения на подходах к перекрестку. В противном случае реализовать пофазный разъезд не удастся. Типичной ошибкой, нередко встречающейся в практике организации движения, является попытка обеспечить выезд транспортных средств, получающих право движение в различных фазах из одной полосы. В конечном результате такая полоса оказывается выключенной в течение всего цикла из работы перекрестка. Первое же транспортное средство, остановившееся у стоп-линии в ожидании своей фазы, лишит возможности остальных участников движения, находящихся на этой полосе и обладающих в данный момент правом проезда, воспользоваться этим правом [2].

Для определения длины полосы налево необходимо вычислить количество машин – x , проходящих перекресток за час; процентное соотношение машин – z , поворачивающих налево; среднюю длину машин – k ; минимальную дистанцию между машинами – p . Следует найти длину выделенной полосы для поворота налево (рис. 3).

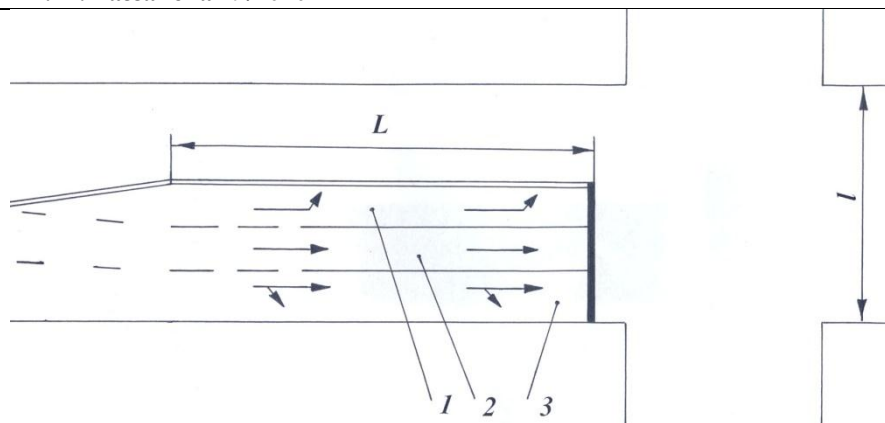


Рис. 3. Перекресток с выделенной полосой налево. Где: 1 – полоса для поворота налево; 2 – полоса прямо; 3 – полоса прямо и направо; L – длина полосы предназначенной для поворота налево; l – ширина проезжей части.

Если $\frac{x}{60}$ - количество машин, проезжающих перекресток за 1 минуту. То $\frac{x}{60} \times \frac{z}{100\%} = \frac{xz}{6000}$ - количество машин, поворачивающих налево за 1 минуту, то есть количество машин, находящихся в выделенной полосе для поворота налево.

Отсюда,

$$L = \frac{xz}{6000} \times (k + p) - p \quad (6)$$

Данная модель описывает длину полосы предназначенной для поворота налево в зависимости от количества автомобилей, проезжающих перекресток в течение часа.

Учитывая время задержки автомобилей на подходе к перекрестку, формулу (5) запишем в следующем виде.

$$L = \frac{xz}{6000} \times (k + p) - p + t_3 \cdot V_{пр} \quad (6)$$

Итак, доказав справедливость преобразования (5) в (6), мы получили универсальную формулу для вычисления длину выделенной полосы предназначенной для поворота налево.

Основную проблему может создать длина полосы для поворота налево. Слишком короткая полоса сможет заблокировать автомобили, едущие прямо. При слишком длинной полосе создается угроза чрезмерно суженной проезжей части, что не благоприятно для безопасности дорожного движения и при недостаточном заполнении полосы полоса будет свободна, что неоправданно снижает загрузку полос.

В данной работе были изучены вопросы моделирования на транспорте, путем абстрагирования и идеализации был пройден путь рассуждений об определении оптимальной длины полосы для поворота налево, и была совершена попытка привязки теории, разработанной для идеальной системы, к реальным данным. Прделано распределение потока движения транспорта на подходе к перекрестку.

Литература

1. Вентцель Е.С. Исследование операций: Задачи принципы методология / Е.С. Вентцель, 2-е изд., М.: Наука,- 1988.
2. Громов Ю.Ю. Оптимальное управление динамическими системами 2-е изд., стереотип / Ю.Ю.Громов, Тамбов: - 2007. – 108 с.
3. Клинковштейн Г.И. Организация дорожного движения / Г.И. Клинковштейн, М.В. Афанасьев . - М.: Транспорт, 1992 – 116 с.

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ ИЗДЕЛИЙ СВЕРЛЕНИЕМ

Самсонов Владимир Алексеевич, к.т.н., проф., Тутлис Валерий Петрович, к.т.н., проф. КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66

Цель статьи – оценка точности обработки спиральными сверлами по параметрам, оказывающим существенное влияние на надежность процесса. Установлено, что обработка сверлами повышенной точности оказывает меньшее влияние на технологическую наследственность, чем обработка сверлами нормальной точности.

Авторами рассмотрена общая структура обеспечения точности механической обработки сверлением. Обосновано установлена зависимость качества обработанных изделий, проведен структурный анализ с использованием вероятностно-статистического метода и реальные данные получены по результатам оптимального планирования экспериментов.

В результате стойкость сверл повышенной точности может быть оценена полученной эмпирической зависимостью объединяющей основные характеристики инструмента.

Ключевые слова: точность, спиральные сверла, надежность, производство, процесс, сложные объекты, значимость, адекватность, критерий, факторы

ESTIMATION TO ACCURACY OF THE PROCESSING PRODUCT BY DRILLING

Samsonov Vladimir Alexseevitch, Tutlis Valtry Petrovitch PhD (Engineering), Associate Professor, Kyrgyzstan, 720044, c.Bishkek, KSTU named after I.Razzakov

It Is Motivated installed dependency quality processed product, is organized structured analysis with use probabilistic-statistical method and real given are received on result of the optimum planning experiment.

Keywords: accuracy, spiral has checked, reliability, production, process, complex objects, value, adequacy, criterion, factors

Общая схема изготовления изделия приведены на рис. 1, из которой следует, что техническая система под непрерывным воздействием многочисленных факторов [1].

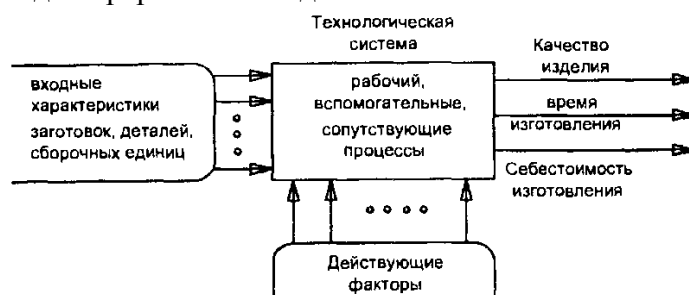


Рис. 1. Схема производственной системы

Все эти факторы можно разделить на три группы: отклонения входных характеристик элементов изделия, поступающих в технологическую систему, факторы окружающей среды и порождаемые рабочим процессом. На выходные параметры производственной системы оказывает большое число факторов и для выявления причин, оказывающих влияние на надежность процессов, протекающих при обработке (1).

$$\Sigma\Delta=f(b,\alpha,\gamma,\xi,\Delta h,f,M,\Delta T,\Delta P_y,\Delta L,\varphi,\Delta_{\text{ц}},d,\Delta_{\theta},\Delta_{\rho},\Delta_o,\Delta_{\text{св}},\psi,\Pi_{\text{пер}},\Delta_{\text{св}}), \quad (1)$$

где b – толщина сердцевины, α – задний угол, γ – передний угол, ξ – удлинение поперечной кромки, Δh – симметрия заточки, f – форма заточки, M – метод заточки задней поверхности, ΔT – точность заточки, ΔP_y – неуравновешенность радиальных сил на сверле, ΔL – разность длин режущих кромок, φ – угол при вершине сверла, $\Delta_{\text{ц}}$ – центричность поперечной кромки, d – диаметр сверла, Δ_{θ} – температурные деформации, Δ_{ρ} – радиальные колебания сверла, Δ_o – биение оси сверла, $\Delta_{\text{св}}$ – смещение вершины сверла, ψ – угол наклона поперечной кромки, $\Pi_{\text{пер}}$ – подточка поперечной кромки, $\Delta_{\text{св}}$ – смещение сердцевины.

Погрешность относительной точности обработки при известных составляющих определяется как замыкающие звенья размерной цепи по формуле

$$\Sigma\Delta = t\sqrt{\lambda_1\Delta_1^2 + \lambda_2\Delta_2^2 + \dots + \lambda_n\Delta_n^2}$$

Анализ результатов однофакторного экспериментов позволяет заключить, что вид математической модели, описывающей зависимость точности обработки от характеристик уравнения (1) может быть общим для исследуемых конструкций режущего инструмента. Имеющие различия в кривых точности обработки для этих элементов технологической системы является следствием несовпадения степени влияния отдельных параметров.

$$T = b_0 + \Sigma b_1x_1 + b_{1.1}x_1^2 + b_{9.9}x_9^2 + b_{1.6}x_1x_6 + b_{1.9}x_1x_9 + b_{4.11}x_4x_{11} + b_{4.6}x_4x_6 + b_{6.9}x_6x_9 \quad (2)$$

Полином содержит все линейные эффекты всех параметров, а также эффекты парных взаимодействий между толщиной сердцевины b (фактор x_1), метод заточки M (фактор x_5) и неуравновешенностью радиальных сил на сверле ΔP_y (фактор x_9). Кроме того, учтены эффекты парных взаимодействий между смещением вершины сверла $\Delta_{\text{св}}$ (фактор x_4) и разность длин режущих кромок ΔL (фактор $x_{1.1}$), а также скоростью угла наклона поперечной кромки ψ , удлинением поперечной кромки ξ (фактор x_5) и смещением сердцевины $\Delta_{\text{св}}$ (фактор x_9). В процессе проведения однофакторных экспериментов установлено, что влияние параметров $\Delta_{\text{св}}$ (фактор x_9) и b (фактор x_1) на безотказность, нелинейно, что учитывается включением в полином вторых степеней этих параметров.

В рамках данного исследования проведено планирование, постановка многофакторных экспериментов и регрессивный анализ результатов. Задавшись видом модели (1), построен и реализован план экспериментов, по результатам которых определялись коэффициенты регрессии полинома. При этом следует иметь в виду то, что функция отклика представленная полиномом (2) может отличаться от истинной. Для условий рекомендуется конкретный класс планов, позволяющий минимизировать расхождение между моделью и истинной функцией. С учетом этих рекомендаций принят ортогональный план первого порядка, состоящий из прямой и обратной матриц Адамара.

Ортогональный план содержит достаточно информации для определения коэффициентов регрессии при линейных членах полинома (2). Для более точной оценки коэффициентов регрессии при квадратах и парных произведениях проведен, план был дополнен опытами в центре факторного пространства и опытами, в которых варьировались только факторы, входящие в парные произведения. Таким образом, принятый экспериментальный план предусматривает постановку 66 опытов (по 33 эксперимента для каждого типа сверла – нормальной и повышенной точности [2]).

Уровни варьирования факторов назначены по результатам однофакторных экспериментов с учетом конструктивных и технологических ограничений. Для обеих исследованных конструкций сверл уровни варьирования факторов установлены одинаковыми. Обработка данных выполнялась на ПК по программе, содержащей блок вычислений коэффициентов регрессии полинома; блок проверки гипотезы адекватности математических моделей по критерию Фишера; блок исследовательской оценки значимости

эффектов при 2%, а затем при 5% уровне значимости и блок повторной поверки адекватности после отсеивания незначимых эффектов.

Модели, полученные после отсеивания незначимых эффектов при 2%-м уровне значимости, используются для определения оптимальных значений параметров процесса. Отсеивание эффектов при 5%-м уровне значимости, позволяют получить упрощенные модели, удобные при ориентировочных расчетах безотказности без применения ЭВМ.

После математической обработки на ПК результатов экспериментов и отсеивании незначимых эффектов при 2%-м уровне значимости наработки на отказ от параметров процесса:

$$1) \text{ при обработке сверлами нормальной точности} \\ T=276,4-30,6X_1-5,8X_2+2,8X_3-100,3X_4-17,5X_5-62,2X_6+2,5X_7+117,8X_9+30,0X_{10}+57,5X_{11}-$$

$$2,1X_1+135,1X_9^2-19,2X_4X_{11}-49,0X_6X_9 \quad (3)$$

$$1) \text{ при обработке сверлами повышенной точности} \\ T=164,5-23,6X_1-5,4X_2+9,1X_3-61,5X_4-12,2X_5-150,7X_6+9,6X_7+38,7X_8-16,3X_9+6,1X_{10}+16,8X_{11}- \\ 26,9X_1^2+83,4X_9^2-30,7X_4X_{11}-12,1X_1X_9+18,0X_5X_6 \quad (4)$$

Эффекты парных взаимодействии фактора X_1 с фактором X_6 и X_9 , а также фактора X_5 с фактором X_6 , оказались незначимыми при 2%-м уровне значимости.

В моделях (3) и (4) значения коэффициентов регрессии записаны с учетом кодирования параметров, что удобно при оценке адекватности моделей.

Проверка значимости коэффициентов регрессии моделей (3) и (4) производилась с помощью F-критерия Фишера. Гипотеза адекватности моделей (3) и (4) не противоречат опытным данным при 5% и 10%-м уровнях значимости. Данные модели записаны в натуральных переменных и могут быть использованы при ориентировочной оценке надежности процесса.

1. Данные исследования необходимы для обоснования конструкции сверла повышенной точности (Сверла спиральные. Технические условия. ГОСТ2034-2002) и уточнения необходимых и достаточных технических требований к изготовлению инструмента.
2. Полученные эмпирические зависимости (3 и 4) позволяют с достаточной точностью оценить погрешность обработки сверлением инструментом нормальной и повышенной точности.

Список литературы

1. Базров Б.М. Расчет точности машин на ЭВМ / Б.М. Базров -М.: Машиностроение. - 1984
2. Федотов Н.И. Изготовление спиральных сверл повышенной точности. Передовой научно-технический и производственный опыт / Н.И. Федотов, В.А.Самсонов, Б.Д. Даниленко, ГОСИНТИ. 1968, №1-68-143- 267 с.

УДК 669.087.539.56

О ТРЕЩИНАХ И ПРЕДЕЛАХ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ В МЕХАНИКЕ РАЗРУШЕНИЯ

Сапрыкин Ю.В., Дуйшеналиев Т.Б., Кулаков В.С., Жумалиев Ж.М.

Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, 720044 Бишкек, Пр. Мира 66, www.kiler4587@ramdler.ru

Цель работы: Исследовать трещиностойкость упругопластических материалов. Получены диаграммы предельных состояний для тела с трещинами разной длины.

Ключевые слова: разрушение, трещина, трещиностойкость.

ABOUT CRACKS AND LIMITS FRACTURE STRENGTH IN THE MECHANIC OF DESTRUCTION

Yu. V. Saprykin, T. B. Dujshenaliev, V. S. Kulakov, Jh. M. Jhumaliev

Kirghiz state technical university named I.Razzakova 720044 Bishkek, Pr. Mira 66»

www.kiler4587@rambler.ru

The work purpose: to Investigate fracture strength elastoplastic materials. Diagrammes of limiting conditions for a body with cracks of different length are received

Keywords: fracture strength, crack, destruction, viscosity of destruction, diagram.

Посвящена исследованию трещиностойкости упругопластических материалов.

В механике разрушения принято разделять трещины на большие и малые [1]. К малым относят трещины, соизмеримые с кристаллическими зёрнами. Все остальные трещины считаются большими. Отсюда следует, что диапазон больших трещин очень широкий, так как включает трещины с длиной от нескольких десятых миллиметра до нескольких метров и даже километров (например, известны случаи, когда при аварийных крупных разрушениях нефте- и газотрубопроводов трещины совершали марафон в несколько километров за несколько десятков секунд [2]). Вместе с тем, при механических испытаниях и в расчетах на вязкость разрушения (трещиностойкость) упругопластических материалов [3] выбор оптимальных размеров (t и B) образцов и длин (l) трещин имеет важное значение, поскольку

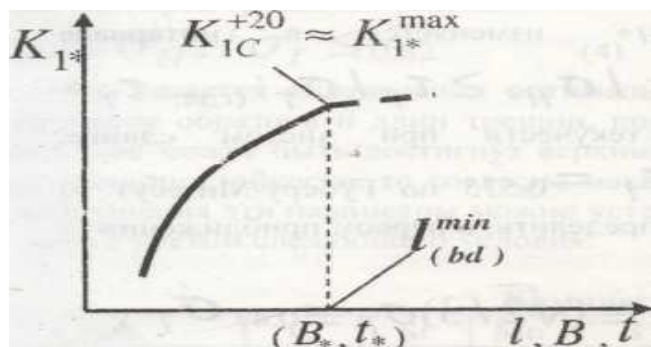


Рис.1. Зависимости предела трещиностойкости K_{1*} от длины трещины (l), ширины (B) и толщины (t) геометрически подобных призматических образцов с трещинами (схема): $l_{(bd)}^{min}$ – минимальная (из достаточно больших) длина трещины; B_* и t_* – наименьшие из достаточных для определения K_{1*}^{man} размеры образцов.

Занижение длины l большой трещины не позволяет устанавливать параметр K_{1*}^{max} , характеризующий верхний предел трещиностойкости, а чрезмерное завышение l (и, соответственно толщины t и ширины B образца) может привести к тому, что испытания на вязкость разрушения окажутся невозможными из-за недостаточной мощности оборудования. Это наглядно иллюстрирует известная в механике разрушения зависимость $K_{1*} = f(l, B, t)$ для геометрически подобных призматических образцов с трещинами (рис. 1). Из рис. 1 видно, что чувствительность предела трещиностойкости K_{1*} к увеличению размеров геометрически подобных образцов с трещинами постепенно снижается и оказывается низкой, только при достаточно больших трещинах $l_{(bd)} > l_{(bd)}^{min}$ и размерах образцов ($B > B_*$) и $t > t_*$). Длине трещин $l_{(bd)}^{min}$ (рис.1) соответствует параметр вязкости разрушения K_{1C}^{+20} , близкий по величине в верхнему пределу трещиностойкости K_{1*}^{max} при данной температуре испытания. Из этого следует необходимость подразделения больших трещин на достаточно больших (при $l_i \geq l_{(bd)}^{min}$) и на относительно большие, длины которых $l_{(bo)}$ больше длин малых трещин l_{mi} , но недостаточны для определения верхнего предела трещиностойкости K_{1*}^{max} при конкретной температуре испытания:

$l_{(bd)}^{\min} > l_{(bo)} > l_{(m)}^{\max}$ (1) здесь $l_{(bd)}^{\min}$ - наименьшая из длин достаточно больших трещин (рис. 1).

Слабая чувствительность параметра K_{1*}^{\max} к достаточно большим длинам трещин (т.е. при $l_i \geq l_{(bd)}^{\min}$ рис. 1) может быть обусловлена высокой стесненностью пластической деформации на фронте таких трещин в достаточно больших сечениях образцов (деталей). В результате относительные размеры зон пластической деформации, у вершин таких трещин, оказываются малыми и разрушение происходит по макрохрупкому или квазихрупкому механизму в условиях близких к плоской деформации. В этой связи представляет интерес разработка корректных подходов к установлению верхних пределов трещиностойкости, минимально достаточных размеров образцов и длин $l_{(bd)}^{\min}$ трещин, а также структурных и силовых параметров, контролирующих граничные условия, при которых возможна реализация квазиупругого роста трещины при плоской деформации в материалах разного уровня прочности.

В работе [5] верхнюю границу смешанного (квазиупругого и упругопластического) роста трещины предложено определять по величине параметра (C_ε) стесненности пластической деформации в устье трещины, равной $C_\varepsilon^{1/2} \cong 0.1$. Этот структурно-чувствительный параметр представляет собой относительный размер зоны пластической деформации, локализованной у конца трещины: $C_\varepsilon = \frac{h_{ci}}{l_i}$ (где h_{ci} – размер пластической зоны; l_i – соответствующая длина трещины). Первым из авторов в работе [6] было установлено, что верхняя граница зоны реализации только квазиупругого роста трещин должна контролироваться достижением критического значения (τ_{0*}) локального октаэдрического касательного напряжения τ_{0*} , равного в соответствии с теорией Губера-Мизеса $\tau_{0*} \cong \left(\frac{\sqrt{2}}{3}\right) \sigma_t \cong 0.47 \sigma_t$ где σ_t - предел текучести при одноосном растяжении. Следовательно, при $\tau_0 = \tau_{0*}$ должна начинаться зона постепенного перехода от квазиупругого к упругопластическому росту трещины в условиях смешанного напряженного состояния.

Однако при решении инженерных задач прочности использовать критическое значение октаэдрического касательного напряжения для оценки указанных выше границ затруднительно, так как это требует знания напряженного состояния у вершины трещины при различных ее длинах. Поэтому целесообразно применять другой силовой параметр σ_{H*} - нетто-напряжение, при достижении которого в образце с трещиной создается локальная пластическая нестабильность в результате достижения критического уровня октаэдрического напряжения $\tau_0 = \tau_{0*}$ или отношение τ_{0*}/σ_{H*} .

Если теперь принять, что для материалов разного уровня прочности значение τ_{0*}/σ_{H*} изменяется в интервале $1 \geq \tau_{0*}/\sigma_{H*} \geq \tau_T/\sigma_T$ (предел текучести при чистом сдвиге; τ_T/σ_T по Губеру-Мизесу) можно определить, в первом приближении (с учетом $\tau_0 = \tau_{0*} \cong \left(\frac{\sqrt{2}}{3}\right) \sigma_t \cong 0.47 \sigma_t$ интервал изменения относительного критического напряжения σ_{H*}/σ_T для зоны перехода от квазиупругого к упругопластическому росту трещины:

$$0.47 \leq \sigma_{H*}/\sigma_T \leq 0,82 \quad (2)$$

Согласно отмеченному выше параметр $\frac{\tau_{0*}}{\sigma_{H*}} \neq const$, а зависит от состава и структуры материала; интервал изменения значений τ_{0*}/σ_{H*} (для квазиупругой области) может быть определен с учетом ориентировочно установленных предельных значений σ_{H*}/σ_T при $\sigma_{H*} = 0,47 \sigma_T$ отношение $\tau_{0*}^{\min}/\sigma_T = 0.27(0.235)$, Таким образом, нижнее предельное значение напряжения σ_{H*} должно соответствовать $\sigma_{H*}^{\min} \cong (0.235, \dots 0.27) \sigma_T$ и тогда только квазиупругий рост трещины может происходить в следующем интервале значений σ_{H*}/σ_T

$$0.235 \leq \frac{\sigma_{H*}}{\sigma_T} \leq 0,82. \quad (3)$$

А общая протяженность интервала реализации плоско-деформированного (в том числе | я смешанного) напряженного состояния при разной степени стесненности пластической деформации пред трещиной составит:

$$0.235 \leq \frac{\sigma_{H*}}{\sigma_T} \leq 0,82 \quad (4)$$

Что касается определения оптимальных размеров образцов и длин трещин, при которых уже может быть достигнут верхний предел трещиностойкости, то согласно механике разрушения эти параметры можно устанавливать с учетом следующего условия: $t_{*} = k (K_{1*}^{max} / \sigma_T)^2$ здесь: $k \geq 2.5$ - корректирующий коэффициент; t - толщина образца ($t = 0.5 B$; B - ширина образца; $l/B \approx 0.5$; l длина трещины); K_{1*}^{max} верхний предел. Трещиностойкости при заданной температуре; предел текучести при одноосном статическом растяжении. Как следует из (5), при коэффициенте $k = 2.5$ уже можно установить минимальную (из достаточно больших) длину $l_{(bd)}^{min}$ трещины, то есть (bd) (рис. 1).

Проверка известного условия (5) с использованием других (структурных и силовых) параметров, контролирующих условия достижения верхнего предела трещиностойкости и явилась основной целью настоящей работы.

Материал и методики исследования. В качестве материалов для исследования выбраны стали 20 (отжиг 930°C) и 14Х2ГМРЮЧ (закалка 930°C, отпуск 630°C).

Механические свойства при + 20°C (числитель) и при - 196°C (знаменатель) определили на цилиндрических образцах диаметром 6 и 10мм (табл.2) в условиях одноосного статического растяжения со скоростью перемещения подвижного захвата ≈ 2 мм/мин.

Таблица 1.

Химический состав сталей

Сталь	C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu	Ti	Al	Ge
20	0,21	0,3	0,5	0,027	0,03	-	-	-	-	-	-
14Х2ГМРЮЧ	0,19	0,75	1,2	0,011	0,012	1,4	0,14	0,15	0,03	0,28	0,015

Таблица 2.

Механические свойства исследованных сталей при +20С (числитель) и при – 196°С (знаменатель)

Сталь	$\sigma_{0,2}$ МПА	σ_B МПА	Ψ %	δ %	S_k МПА
20	264	423	65,6	37	83
	796	855	4,5	8,58	94,6
14Х2ГМРЮЧ	898	962	61,7	14,5	203,4
	1139	1208	29,9	14	273,1

Испытаниям на внецентренное статическое растяжение при +20°C и +196°C подвергали призматические образцы исследуемых сталей с заранее выращенными Усталостными трещинами длиной при +20°C применяли геометрически подобные, образцы толщиной 10, 15, 20; 30, 40 мм и 50 мм, а при -196°C испытывали только образцы толщиной 20 мм. Величину коэффициента интенсивности напряжений $K_{1*} = I f(l)$, отвечающую прекращению роста растягивающей нагрузки (или началу ее спада), устанавливали в соответствии с нормативом РД 50-260-81 [3]. Здесь I - критерий, эквивалентный пределу трещиностойкости по Е.М. Морозову [7].

$$K_{1*} = I_C = K_C [1 - (\frac{\sigma_{H*}}{\sigma_B})^2]^{1/2} \quad (6)$$

где. K_C - максимальное для данной температуры, пороговое значение коэффициента интенсивности напряжений ($K_C \cong K_{1*}^{max}$); σ_{H*} - критическое значение нетто - напряжения, отвечающее началу стабилизации или спада растягивающей нагрузки; l_1^* - критическая длина трещины (устанавливали при макроанализе изломов); σ_B - временное сопротивление разрушению.

Для исследования стесненности пластической деформации в условиях квазиупругого роста трещины при +20°C испытывали на внецентренное циклическое растяжение призматические образцы ВР толщиной 20 мм при $f=20$ Гц.

Размеры зон пластической деформации - h_C , в том числе и зоны предразрушения h_A под поверхностями усталостных изломов при разных длинах трещин определяли по методике [8].

Результаты исследований. На сталях разного уровня прочности рентгенографически установлено, что независимо от вида нагружения (статическое, циклическое) в макроzone пластической деформации размером h_C (r_C) в непосредственной близости к поверхности трещины (излома), формируется микрослой металла с высокой плотностью структурных искажений. Эта наиболее упрощенная микрообласть, впервые обнаруженная при циклическом нагружении в, работе [9], была названа микрозоной предразрушения, а ее размер обозначен как h_A (r_A).

Постоянство размера микрозоны предразрушения h_A для данного материала и структуры на стадии докритического квазиупругого роста усталостной трещины позволило авторам работы [10] принять его за эффективный структурный параметр h_{SP} , равный или кратный среднему размеру кристаллического зерна.

Как показано нами в работе [11], это позволяет устанавливать расчетным путем (когда экспериментальное определение затруднено или невозможно) верхний предел трещиностойкости K_{1C}^{+20} , используя известную формулу Андрейкива [12], преобразованную (с учетом, что $h_{SP} \cong 2h_A$) к виду: $K_{1C}^{+20} = [4.5h_A\sigma_T^{+20}E(1-\nu^2)^{-1}\ln(1-\psi^{+20})^{-1}]^{1/2}$ (7) где: σ_T - предел текучести при одноосном статическом растяжении; E - модуль упругости; ν - коэффициент Пуассона; ψ - относительное сужение поперечного сечения образца; h_A - размер микрозоны предразрушения.

Расчет K_{1C}^{+20} по формуле (7) применительно к комнатной температуре испытания показал, что данная величина коррелирует с вычисленной по соотношению: $K_{1C}^{+20} = K_{1C}^{-196} \sigma_{0.2}^{-196} / \sigma_{0.2}^{+20}$ (8)

где K_{1C}^{-196} - значение K_{1C} , полученное на малых образцах, испытанных в соответствии с [3] в жидком азоте; $\sigma_{0.2}^{+20}$, $\sigma_{0.2}^{-196}$ - пределы текучести при +20°C и -196°C. Соотношение (8) предполагает неизменность произведения $K_{1C} \sigma_{0.2}$ в интервале температур от +20°C до -196°C.

Впервые одинаковая чувствительность и $K_{1C} \sigma_{0.2}$ у сталей к скорости нагружения и температуре была обнаружена в работе Краффта и Ирвина [13]. Возможность сохранения постоянства произведения $K_{1C} \sigma_{0.2}$ в некотором интервале температур подтверждают экспериментальные данные других авторов (рис.2).

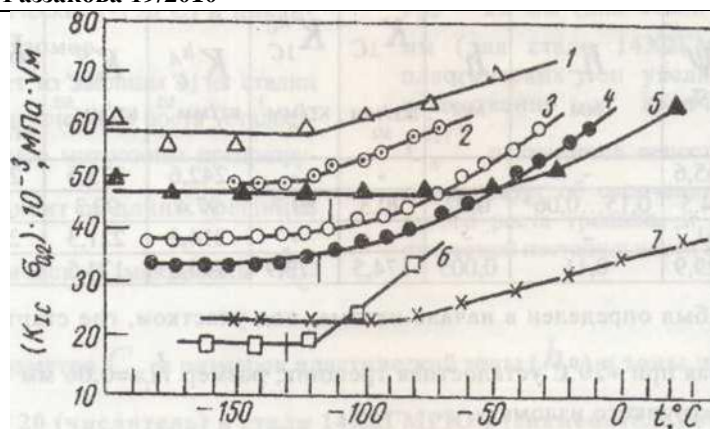


Рис.2

Зависимости произведения $K_{1C} \sigma_{0,2}$ от температуры, полученные на основе анализа литературных данных: 1, 5 – сталь 15Х2НМФА соответственно при статистическом и ударном нагружении; 2 – сталь 15Х2МФА; 3, 4 – сталь 16Г2АФ соответственно электрошлаковый переплав и кислородно-конверторная выплавка; 6 – сталь 22К; 7 – сталь CrMoV-

Постоянные значения $K_{1C} \sigma_{0,2}$ зарегистрированы, прежде всего, при температурах не превышающих t_{K2} (верхнюю температуру хрупкости). Невыполнение этого условия при $t_N > t_{K2}$, вероятно связано с переходом от квазиупругого к упруго пластическому поведению материала в устье трещины и как следствие к микровязкому разрушению. Вместе с тем, если при различных температурах, благодаря увеличению размеров образца, удается сохранить высокую степень стеснения пластической деформации и квазиупругий характер поведения материала с трещиной, то величина произведения $K_{1C} \sigma_{0,2}$ не должна зависеть от температуры и при $t_N > t_{K2}$. Такой подход позволяет в случае подобия по напряженному состоянию с учетом значений $\sigma_{0,2}^{-196}$ и K_{1C}^{-196} , установленных на малом образце (толщина $t=15...20$ мм), при температуре жидкого азота, определять $K_{1C}^{t_N}$ при других, более высоких температурах, при которых в соответствии с условием (5) требуются образцы очень больших размеров.

Сопоставление результатов экспериментальных и расчетных K_{1C} , установленных различными способами – по зоне $h_C(K_{1C}^{h_C})$, по микронедре разрушения $h_A(K_{1C}^{h_A})$ и с учетом постоянства произведения $K_{1C} \sigma_{0,2}$ (K_{1C}^σ) – выявило удовлетворительную их корреляцию (табл.3).

Таблица 3

Значения механических характеристик, размера микронедре разрушения (h_A), всей пластической макронедре (h_C) и установленных различными способами параметров статической трещиностойкости (K_{1C}) исследуемых сталей в условиях статического нагружения при $+20^\circ\text{C}$ (числитель) и при -196°C (знаменатель).

Сталь	σ_T КГ/ ММ ²	Ψ %	h_C ММ	h_A ММ	K_{1C} КГ/ ММ ^{3/2}	$K_{1C}^{h_C}$ КГ/ ММ ^{3/2}	$K_{1C}^{h_A}$ КГ/ ММ ^{3/2}	K_{1C}^σ КГ/ ММ ^{3/2}	K_{1C}^{max} КГ/ ММ ^{3/2}	h_C^{max} ММ
20	26,4	65,6	-	-	-	-	242,6	275,5	275,5	4,42
	79,6	4,5	0,15...0,06 *	0,02	90,3	89,7	97,4	90,3	-	-
14Х2ГМРЮЧ	89,8	61,7	-	-	-	-	214,5	221,3	221,3	0,38
	113, 9	29,9	0,11	0,00 5	174,5	173,9	146,5	174,5	-	-

*размер $h_c = 0,15$ мм был определен в начале излома, под участком, где стартовала предварительно полученная при $+20^\circ\text{C}$ усталостная трещина; размер $h_c=0,06$ мм соответствовал середине макрохрупкого излома.

В этой таблице представлены также экспериментально установленные размеры пластических зон (h_c и h_A) в статических изломах (при -196°C), расчетные значения верхних пределов трещиностойкости (K_{1c}^{max}) для температуры испытания $+20^\circ\text{C}$ и соответствующие этим пределам максимальные размеры h_c^{max} зон пластической деформации.

Параметры h_c^{max} определяли с использованием ранее установленной [6] корреляции, правомерной как для циклического так и для статического нагружения: $K_{1*} = Q \cdot \sigma_T \sqrt{\pi} h_c$ (9)

или:

$$K_{1*}^{max} \approx K_{1c}^{+20} = Q_{max} \sigma_T \sqrt{\pi} h_c^{max}, \quad (10)$$

где: $Q=2,4 \dots 2,8$ – коэффициент перенапряжения [14] на границе пластической зоны размером h_c в направлении по нормали к поверхности трещины.

В уравнении (10) - $Q_{max} = 2,8$. Если величина произведения $Q_{max} \sigma_T$ оказывалась больше, чем сопротивление отрыву S_K (см. таб. 2), то величину параметра h_c^{max} определяли из соотношения [11]: $K_{1*}^{max} = S_K \sqrt{\pi} h_c^{max}$ (11)

Следующей задачей исследования было установление для каждой стали длины трещины $l_{(bd)}^{min}$ (наименьший из достаточно больших), при которой достижение верхнего предела трещиностойкости (K_{1*}^{max}) еще возможно в условиях жесткого напряженного состояния (при плоской деформации) с реализацией перед трещиной достаточно высокой стесненности пластической деформации (при $C_\epsilon^{1/2} \leq 0,1$ и $\sigma_{H*}/\sigma_T \leq 0,82$).

Поэтому было необходимо для каждой из исследуемых сталей определить параметры C_ϵ , отвечающие верхним предельным состояниям, достигаемым при преимущественно квазиупругом росте трещин.

Как было показано выше, а также в работе [16], квазиупругий рост трещины при высокой стесненности пластической деформации имеет место при статическом растяжении образцов с трещинами в жидком азоте (-196°C), либо при циклическом нагружении тех же образцов при $+20^\circ\text{C}$ и малых амплитудах нагружения ($\sigma_i/\sigma_T \leq 0,3$)

В таблице 4 приведены длины трещин и соответствующие им размеры зон пластической деформации, выявленные под поверхностями статических (-196°C) и циклических ($+20^\circ\text{C}$) изломов.

Как следует из таблицы 4, на стадии стабильного, до критического роста усталостной трещины размер микро зоны предразрушения h_A не зависит от длины трещины, а размер пластической макро зоны h_c изменяется пропорционально длине трещины, так что величина соотношения $C_\epsilon = h_c/l_i$ остается практически постоянной.

При достижении усталостной трещиной субкритической длины $l_s^*=22$ мм (для стали 20) и $l_s^*=24$ мм (для стали 14X2ГМРЮЧ) размеры пластических зон увеличиваются более существенно и величина параметра $C_\epsilon^{1/2}$ оказывается не постоянной. Это свидетельствует об окончании стадии квазиупругого роста трещины и начале макропластической неустойчивости материала [5].

Таблица 4.

Зависимость параметра C_ϵ и размеров пластической зоны (h_c) и зоны предразрушения (h_A) для стали 20 (числитель) и стали 14XГМРЮЧ (знаменатель) от длины трещины в призматических образцах ($t=20$ мм) при циклическом ($+20^\circ\text{C}$) и статическом (-196°C) нагружениях

	нагружение	
	Циклическое ($+20^\circ\text{C}$)	Статическое (-196°C)

Длина трещины l_i , мм	16	18	20	22	24	16	20
h_c , мм	0,15	0,17	0,2	0,32	0,4	0,15	0,06
	-	0,1	-	0,12	0,16	0,09	0,11
h_A , мм	0,02	0,02	0,02	0,04	0,04	0,02	-
	-	0,005	-	0,005	0,01	0,005	0,005
$C_\varepsilon^{1/2}$	0,097	0,097	0,1	0,12	0,0129	0,097	-
	-	0,074	-	0,074	0,082	0,075	0,074

Как уже было установлено независимо от вида нагружения, но при разных температурах испытания (+20°C и -196°C) в одном и том же образце данного материала может быть достигнута одинаковая степень стесненности пластической деформации, обусловленная близкими размерами пластических макрозон и свидетельствующая об одном и том же (квазиупругом) характере поведения материала с трещиной.

Установление пороговых значений параметра $C_\varepsilon^{1/2}$ для исследуемых сталей позволяет (с учетом верхних пределов трещиностойкости K_{1*}^{\max}) определить наименьшие (из достаточно больших) длины трещины $l_{(bd)}^{\min}$ и соответствующие им силовые параметры σ_{H*}/σ_T , используя известные стандартных расчетах на трещиностойкость [15] соотношения:

$$P_{\max} = K_{1*}^{\max} t_* \sqrt{B*/Y} \quad (12)$$

$$\sigma_{H*} = \frac{2P_{\max}(2B_* + l_{(bd)}^{\min})}{(B_* - l_{(bd)}^{\min})^2 t_*} \quad (13)$$

$$\text{здесь: } l_{(bd)}^{\min} = h_c^{\max} / C_\varepsilon^* \quad (14)$$

где h_c^{\max} – размер пластической макрозоны соответствующий верхнему пределу трещиностойкости K_{1*}^{\max} ; t_* и B_* минимально - допустимые размеры призматического образца, для определения K_{1*}^{\max} ; Y - корректирующая функция ($Y = f(l/B)$); P_{\max} - максимальная растягивающая нагрузка, при которой достигается K_{1*}^{\max} на фронте трещины, длиной $l_{(bd)}^{\min}$; σ_{H*} – критическое нетто- напряжение, отвечающее достижению K_{1*}^{\max} при $l_{(bd)}^{\min}$.

Определение $l_{(bd)}^{\min}$ по соотношению (14) (с учетом параметров h_c^{\max} и C_ε^* представленных в табл. 3 и 4), позволили установить, что для стали 20 $l_{(bd)}^{\min} = 440$ мм, а для стали 14X2ГМРЮЧ $l_{(bd)}^{\min} = 69$ мм. Из этого следует, что при $l/B = 0,5$ и $t/B = 0,5$ для определения необходимы образцы размерами $t = 440$ мм, $B = 880$ мм (сталь 20) и $t = 69$ мм, $B = 138$ мм (сталь 14X2ГМРЮЧ).

Расчеты по отношению (12) показывают, что для страгивания трещины при $K_{1c}^{+20} \approx K_{1*}^{\max}$ в стали 20 к образцу необходимо приложить нагрузку $P_{\max} = 374579,8$ кг, а в стали 14X2ГМРЮЧ $P_{\max} = 18685,2$ кг. Видно, что экспериментально определить при +20°C для стали 20 (и для других, близких по уровню прочности, сталей) невозможно даже на 100 тонной разрывной машине. Поэтому для материалов низкой прочности остается приемлемым только расчетный способ установления параметра K_{1c}^{+20} , например, по соотношениям (7+11).

С учетом установленных выше предельных длин трещин $l_{(bd)}^{\min}$ из (13) были определены соответствующие этим трещинам критические нетто-напряжения σ_{H*} величины который составили: $\sigma_{H*} = 19,3$ кг/мм² (стали 20), и $\sigma_{H*} = 39,2$ кг/мм² (сталь 14X2ГМРЮЧ).

Схема двухкритериальной диаграммы предельного состояния упруго-пластического тела с трещинами проанализирована в работе [16] и представлена на рис.3.

Поскольку параметр K_{1*} связан с номинальным разрушающим напряжением σ_{H*} в функции длины трещины $K_{1*} \approx \sigma_{H*} f(l)^{1/2}$, то с увеличением l от малой до очень большой (в

образцах достаточно больших размеров) критическое значение параметра предельного состояния K_{1*} должно возрасть (например, по кривой «а» рис.3) пока не достигнет верхнего предельного значения $K_{1*}^{max} \approx K_{1c}^{+20} \approx const$. Показано [17], что при на фронте больших трещин в образцах больших размеров (и особенно толщин) реализуются условия плоской деформации, и разрушение даже пластичных материалов может происходить по квазихрупкому микромеханизму. С уменьшением длины трещины от очень большой до малой, параметр, $K_{1*} \rightarrow 0$, а напряженное состояние на фронте все более короткой трещины постепенно переходит от плоско-деформированного к смешанному, а затем и к плосконапряженному. При этом разрушение все в большей степени происходит по вязкому микромеханизму, а критическое разрушающее нетто-напряжение σ_{H*} , возрастая, постепенно приближается к предельной величине σ_B при $l \approx 0$. Эти два предельных состояния, одно из которых контролируется параметром K_{1*}^{max} другое и были совмещены на одном графике [16] (рис. 3).

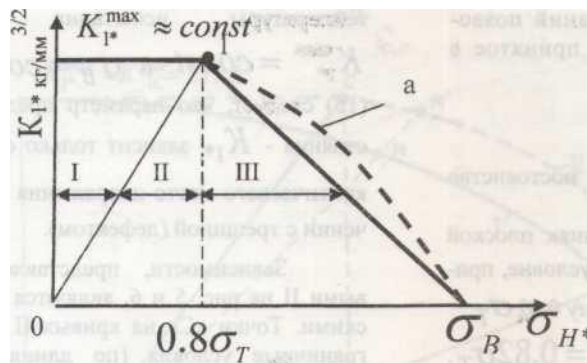


Рис. 3. Диаграмма предельных состояний для упругопластического тела с трещинами разной длины (схема): луч 01 соответствует минимальной из достаточно больших длин трещины; I— область достаточно больших трещин с реализацией плоско-деформированного напряженного состояния; II- область относительно больших трещин и смешанного напряженного состояния; III- область относительно больших и малых трещин с реализацией плосконапряженного состояния.

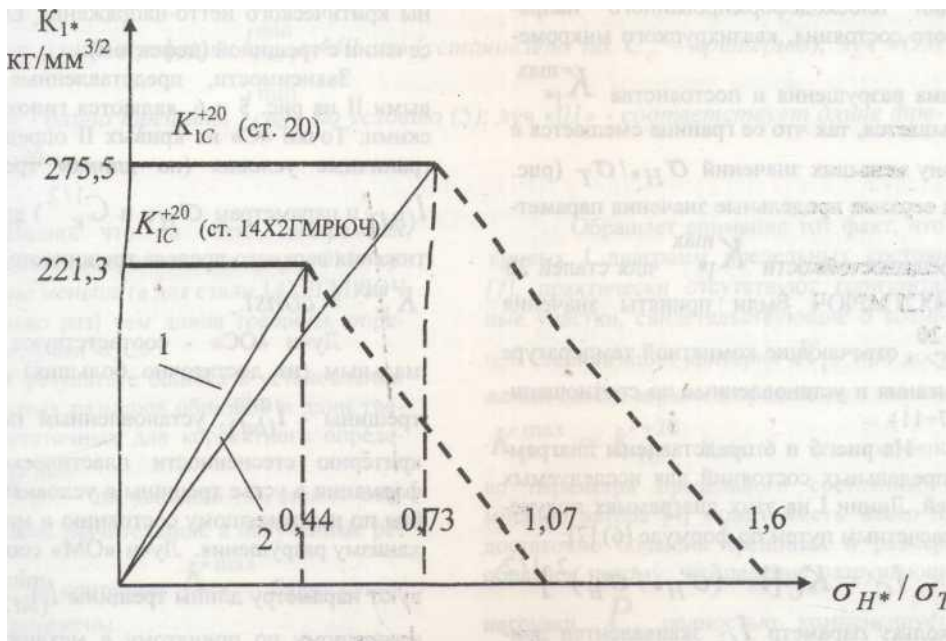


Рис. 4. Верхние пределы трещиностойкости $K_{1*}^{max} \approx K_{1c}^{+20}$, критические уровни нетто-напряжений (σ_{H*}/σ_T) и наименьшие из достаточно больших длины трещины ($l_{(bd)}^{min}$):

1. сталь 14Х2ГМРЮЧ ($l_{(bd)}^{min} = 69$ мм); 2 - сталь 20 ($l_{(bd)}^{min} = 440$ мм).

Полученные результаты теоретических и экспериментальных исследований позволили не только подтвердить принятое в [16] граничное условие ($\sigma_{H^*}/0,8\sigma_T$), при котором еще возможно постоянство $K_{1^*}^{max}$ и разрушение в условиях плоской деформации, но и уточнить это условие, приняв за предельное σ_{H^*} величину $0,82\sigma_T$.

Однако, условие $\sigma_{H^*} = 0,82\sigma_T$, как и определение по нему параметра $l_{(bd)}^{min}$, по-видимому, может быть приемлемым только для сталей, близких по уровню прочности к техническому железу, так как даже для отожженной стали 20 параметр (σ_{H^*} оказался равным $0,73\sigma_T$ (или $0,456\sigma_B$ рис. 4).

С повышением уровня прочности стали протяженность области I (рис. 3) реализации плоскодеформированного напряженного состояния, квазихрупкого микромеханизма разрушения и постоянства $K_{1^*}^{max}$ уменьшается, так что ее граница смещается в сторону меньших значений σ_{H^*}/σ_T (рис. 4). За верхние предельные значения параметров трещиностойкости $K_{1^*}^{max}$ для сталей 20 и 14Х2ГМРЮЧ были приняты значения K_{1c}^{+20} , отвечающие комнатной температуре испытания и установленные по соотношениям (7-11).

На рис. 5 и 6 представлены диаграммы предельных состояний для исследуемых сталей. Линии I на этих диаграммах получены расчетным путем по формуле (6) [7]:

$I_C K_C [1 - (\sigma_{H^*}/\sigma_T)^2]^{1/2}$ Поскольку параметр I_C эквивалентен принятому нами параметру K_{1^*} , а $K_C \cong K_{1c}^{max}$ то:

$K_{1^*} = K_{1^*}^{max} [1 - (\sigma_{H^*}/\sigma_B)^2]^{1/2}$ (15). Так как для данного материала, структуры и температуры испытания параметры $K_{1^*}^{max} = const$ и $\sigma_B = const$, то из (15) следует, что параметр предельного состояния - K_{1^*} зависит только от величины критического нетто-напряжения (σ_{H^*} в сечении с трещиной (дефектом).

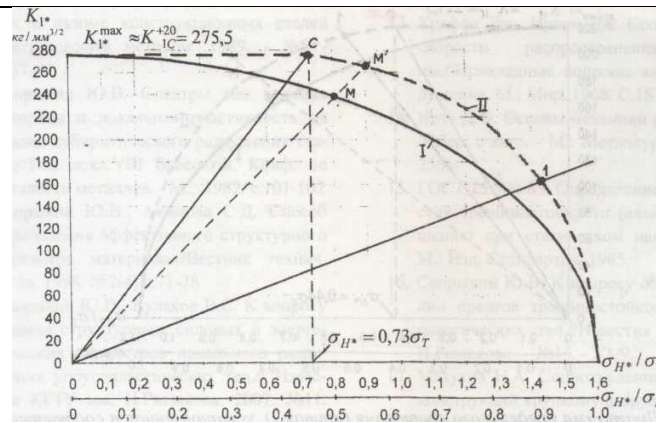
Зависимости, представленные кривыми II на рис. 5 и 6, являются гипотетическими. Точки «С» на кривых II определяют граничные условия (по длинам трещины $l_{(bd)}$ параметра σ_{H^*} и $C_\epsilon^{1/2}$). Для достижения верхнего предела трещиностойкости $K_{1^*}^{max} = const$:

Так как для данного материала, структуры и температуры испытания параметры $K_{1^*}^{max} = const$ и $\sigma_B = const$,

то-из (15) следует, что параметр предельного состояния - K_{1^*} зависит только от величины критического нетто-напряжения σ_{H^*} в сечении с трещиной (дефектом).

Зависимости, представленные кривыми II на рис. 5 и 6, являются гипотетическими. Точки «С» на кривых II определяют граничные условия (по длинам трещины параметрам ($l_{(bd)}$ и параметрам σ_{H^*} и $C_\epsilon^{1/2}$) для достижения верхнего предела трещиностойкости $K_{1^*}^{max} = const$.

Лучи «ОС» - соответствуют минимальным (из достаточно больших) длинам трещины - $l_{(bd)}$ установленным по C_ϵ - критерию стесненности пластической деформации в устье трещины в условиях подобия по напряженному состоянию и микромеханизму разрушения. Лучи «ОМ» соответствуют параметру длины трещины $l_{(bd)}$, Установленному по принятому в механике разрушения условию (5).



Видно, что на обеих диаграммах, длина трещины, отвечающая лучу «ОМ» существенно меньше (а для стали 14Х2ГМРЮЧ . в несколько раз) чем длина трещины, определяемая лучом «ОС».

В результате ошибка в установлении оптимальных размеров образцов и длин трещин,

Рис. 5. Диаграмма предельного состояния (кривая I), установленная в соответствии с [7] для стали 20, параметр $K_{1c}^{max} = K_{1c}^{+20}$ а также гипотетическая зависимость $K_{1*} = f(\sigma_{H*}/\sigma_T)$, полученная расчетным путём (кривая II): луч «ОС» соответствует длине трещины $l_{(bd)}^{min} - 440$ мм (установлено по S_ϵ - критерию); луч «ОМ (ОМ)» - длина трещины $l_{(bd)}^{min}$ по условию (5); луч «01» - соответствует длине трещины 40 мм

достаточных для корректного определения K_{1*}^{max} по условию (5), может оказаться очень значительной, а полученные результаты по критерию K_{1*}^{max} будут существенно занижены.

В этой связи представляет интерес продолжение подобных исследований и на других материалах, с целью уточнения диаграммы предельного состояния упругопластического тела с трещиной.

С учетом расчетных значений параметров (рис. 5,6) были получены кривые II.

Обращает внимание тот факт, что на кривых I диаграмм предельных состояний [7], практически отсутствуют горизонтальные участки, свидетельствующие о возможной стабилизации критерия K_{1*}^{max} при достижении своего верхнего предельного значения $K_{1*}^{max} = K_{1c}^{+20}$. Вместе с тем постоянство параметра предельного состояния, по мнению автора [4] может иметь место при достаточно больших трещинах и размерах образцов потому, что падение разрушающей нагрузки P полностью компенсируется увеличением длины l быстро растущей трещины, так как $K_{1*} = Pf(l)$.

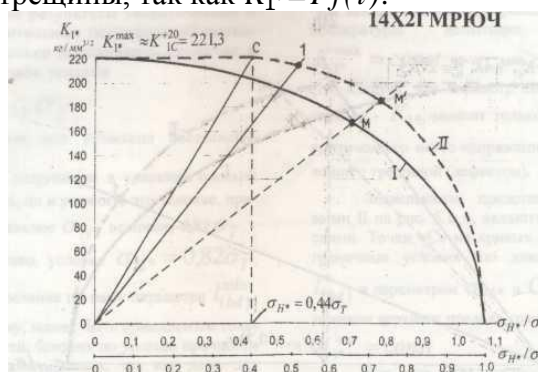


Рис. 6. Диаграмма предельного состояния (кривая I), установленная в соответствии с [7] для стали 14Х2ГМРЮЧ, параметр $K_{1c}^{max} = K_{1c}^{+20}$ а также гипотетическая за висимость $K_{1*} = f(\sigma_{H*}/\sigma_T)$ полученная расчетным путей (кривая II): луч «ОС» соответствует длине трещины $l_{(bd)}^{min} = 69$ мм (установлено по S_ϵ - критерию); луч «ОМ (ОМ)» - длина трещины /do) по условию (5); луч «01» - соответствует длине трещины 40 мм

И в заключении следует отметить, что, не смотря на то, что верхний предел трещиностойкости K_{1*}^{max} у стали 20 превысил таковой для стали 14Х2ГМРЮЧ, последняя является более трещиностойкой, так как при одинаковых длинах трещин, например $l=40$ мм (см. лучи «01» на рис. 5 и 6), пределы трещиностойкости для сталей 20 и 14Х2ГМРЮЧ соответственно оказались равны $168 \text{ кг/мм}^{3/2}$ и $216 \text{ кг/мм}^{3/2}$. Большее же значение параметра K_{1*}^{max} для стали 20 свидетельствует о большем запасе вязкости разрушения у этой стали.

Список литературы

1. Андрейкив А.Е. Расчетная модель локального разрушения упругопластического тела с трещинами. ВКН.: методы и средства оценки трещиностойкости конструкционных материалов / А.Е. Андрейкив, Киев: - Наукова думка. 1981.- 63-73с.
2. Краффт Дж.Соображениям л скорости распространения трещины / Дж.Краффт, Дж. Ирвин// Прикладные вопросы вязкости разрушения.- 1968. - 187-209 с.
3. ГОСТ 25.506-85. Определение характеристик трещиностойкости (вязкости разрушения) при статической нагружении - М.: Стандартов, 1985.
4. Расчеты и испытания на прочность в машиностроении. Методы механических испытаний материалов. Определение характеристик вязкости разрушения (трещиностойкости) при статическом нагружении: Методические указания РД 50-, 260-81. - М.: Изд-во стандартов, 1982. - 55с.
5. Морозов Е.М. Механика разрушения упругопластических тел / Е.М Морозов, М.: МИФИ.- 1987. -88с.
6. Сапрыкин Ю.В. Рентгеноструктурный анализ критических параметров разрушения в точке бифуркации ФХММ / Ю.В. Сапрыкин.- 1990.- №3..20-26 с.
7. Хеккель К. Техническое применение механики разрушения / К. Хеккель . - М.:Металлургия, 1974. - 63с.
8. Финкель В.М. Физика разрушения / В.М. Финкель, - М.:Металлургия, 1970. - 375с.

УДК 621.181.662.9

ОБЖИГ СУЛЬФИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ПЛАЗМАТРОНЕ СО СВОБОДНО ПЛАВАЮЩИМ ПЛАЗМОИДОМ

Самсалиев Анвар Амантаевич, к.т.н., доцент, КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Мира 66, e-mail.ru: kazas@mail.ru

Ларин С.С. инж. КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Мира 66

Баткибекова М.Б., д.х.н., проф., КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Мира 66

В настоящее время с ростом технологий возрастает потребность в редкоземельных металлах. Большая часть редкоземельных металлов находятся в сульфидном состоянии. Для переработки сульфидных материалов на рудно-перерабатывающих производствах применяют окислительный обжиг. Обжиг на предприятиях ведётся с применением углеводородных энергоносителей, цена на которые непрерывно растёт, что в свою очередь влияет на себестоимость изготовления продукции. В данной статье мы рассмотрим стандартные способы переработки сульфидсодержащих руд и предложенный нами новый метод обжига руд в плазматроне со свободно плавающим плазмоидом. Предлагаемая технология позволяет проводить обжиг материалов без загрязнения продуктами горения.

Ключевые слова: сульфидные материалы, окислительный обжиг, извлечение, упорное золото, флотоконцентрат, СВЧ плазменные технологии.

ROASTING OF SULPHIDE MATERIALS IN THE PLASMA TORCH WITH A FREELY FLOATING PLASMOID.

Samsaliev Anvar Amantayevich, Ph. D., associate Professor, KSTU named after I. Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Mir Avenue 66, e-mail.ru: kazas@mail.ru

Larin S.S. engineer, KSTU named after I. Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Mir Avenue 66

Batkibekova M. B., doctor of chemical Sciences, Prof., KSTU named after I. Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Mir Avenue 66

Currently with the growth of technology is increasing the need for rare earth metals. A large portion of the rare earth metals are in the sulfide state. For the processing of sulfide materials in the ore-processing plants use oxidative roasting. Roasting factories conducted with the use of hydrocarbon energy resources, the price of which is continuously growing, which in turn affects the cost of production. In this article we will discuss standard methods of processing sulfide-bearing ore and our new method of roasting ores in a plasma torch with a freely floating plasmoid. The proposed technology allows the burning of materials without contamination by combustion products.

Keywords: sulfide materials, oxidizing roasting, extracting, hard gold, the flotation concentrate, microwave plasma technology.

Стандартный способ получения молибдена

Флотацией молибденовых руд получают молибденовые концентраты с содержанием 85-90% MoS_2 (47-50% Mo, 28-32% S, 3-5% SiO_2 , присутствуют также примеси минералов Fe, Cu, Ca и др. элементов). Концентрат вначале подвергают окислит. обжигу при 550-600 °С в многоподовых печах или в печах с кипящим слоем [1,3]. Если в концентрате содержится Re, при обжиге образуется летучий оксид Re_2O_7 , который удаляют вместе с печными газами. Продукт обжига (т. наз. огарок) представляет собой загрязненный примесями MoO_3 . Чистый MoO_3 , необходимый для производства металлического молибдена. Молибден получают из огарка возгонкой при 950-1000 °С. По последнему способу огарок выщелачивают аммиачной водой, полученный раствор молибдата аммония очищают от примесей Cu, Fe и др., выпариванием и кристаллизацией выделяют полимолибдаты аммония, гл. обр. парамолибдат $(\text{NH}_4)_6 [\text{Mo}_7\text{O}_{24}] \cdot x \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Прокаливанием парамолибдата аммония при 450-500 °С получают чистый MoO_3 , содержащий не более 0,05% примесей. Иногда вместо обжига молибденитовый концентрат разлагают HNO_3 , при этом осаждают молибденовую кислоту H_2MoO_4 , которую растворяют в аммиачной воде и получают, как описано выше, парамолибдат аммония. Часть молибден остается в маточном р-ре, из которого молибден извлекают ионным обменом или экстракцией. При переработке низкосортных концентратов (содержат 10-20% молибден) огарки выщелачивают р-рами Na_2CO_3 , из полученных р-ров Na_2MoO_4 осаждают CaMoO_4 , используемый в черной металлургии. По др. способу с помощью ионного обмена или жидкостной экстракции р-р Na_2MoO_4 переводят в р-р $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$, из которого затем выделяют парамолибдат аммония. Металлический молибден получают первоначально в виде порошка восстановлением MoO_3 в токе сухого H_2 в трубчатых печах сначала при 550-700 °С, затем при 900-1000 °С. Заготовки из компактного металла сечением 2-9 см² и длиной 450-600 мм производят методом порошковой металлургии. Порошок молибден прессуют в стальных пресс-формах под давлением 0,2-0,3 МПа, а затем спекают сначала при 1000-1200 °С в атмосфере H_2 , а затем при 2200-2400 °С. Полученные заготовки-спеченные штабики обрабатывают давлением (ковка, протяжка,

прокатка). Заготовки массой 100-200 кг молибдена были получены при использовании гидростатич. прессования в эластичных оболочках. Заготовки массой 500-2000 кг производят дуговой плавкой (в печах с охлаждаемым медным тиглем и расходуемым электродом, представляющим собой пакет спеченных штабиков) либо электроннолучевой плавкой.

Стандартный способ получения золота

Основной современный способ извлечения золота из коренных руд - цианидное выщелачивание всей массы руды с последующей сорбцией на анионообменные смолы или активированный уголь («сорбент в пульпе»). Конечный продукт - лигатурный сплав Доре, подвергаемый дальнейшему аффинажу.

Коренные золотосодержащие руды условно подразделяются на легкообогатимые (легкоцианируемые) и упорные (трудноцианируемые).

Переработка легкообогатимых руд предусматривает: измельчение, преимущественно в мельницах полусамоизмельчения и шаровых, до 0,2 - 0,1мм с извлечением свободного золота в цикле измельчения гравитационными методами (до 20 - 30%), цианирование всей руды, сорбцию растворенного золота на анионит, десорбцию с получением алюатов, электролиз, плавку катодов с получением сплава Доре, а также регенерацию сорбента и обезвреживание сбросной пульпы [1,3].

Промышленное извлечение золота из коренных легкообогатимых руд методом цианидного выщелачивания высокое и достигает 97% (Richmont, Канада). Себестоимость получения 1 г золота составляет 4,9 \$ (Richmont, Канада) - 5,8\$ (Fort Knox, США), что позволяет рентабельно перерабатывать руды с низким содержанием - до 0,8 г/т (Fort Knox, США).

Для извлечения золота из легкообогатимых руд с низким (забалансовым) содержанием (0,5 - 1,0 г/т) в настоящее время широкое промышленное применение получил метод кучного выщелачивания, отличающийся отсутствием в технологической схеме дорогостоящей операции измельчения. Например компания Ньюмонт в 1993г в Перу построила комплекс Minera Yanacocha производительностью 27 млн. т. руды в год с выпуском 26 т. золота ежегодно.

Упорными золотосодержащими рудами считаются руды с высоким содержанием сульфидов, в частности мышьяковистые, с примесью минеральной органики. Прямое цианирование таких руд не позволяет достигнуть высокого «вскрытия» - 50-70%.

Золото часто встречается в рудах, которые содержат пириты, арсенопириты или в не содержащих железа сульфидах. Золото может присутствовать в виде сульфидов, но может быть и распределено среди других сульфидных минералов, которые присутствуют в руде. Содержащееся золото должно быть предварительно освобождено от таких сульфидных минералов, прежде чем оно может быть выделено в других процессах, таких как выщелачивание в растворах цианидов.

Карбонатные породы зачастую также бывают связаны с золотоносными рудами и оказывают влияние на процесс выщелачивания, преждевременно адсорбируя содержащееся золото, которое находится уже в растворенном состоянии. Устранение таких карбонатных пород в процессе обжига, кроме того приводит к дальнейшему увеличению эффективности последующего гидрометаллургического процесса.

Переработка упорных золотосодержащих руд требует применения специальных методов предварительной обработки перед традиционным цианидным выщелачиванием, таких как: - тонкое механическое вскрытие (измельчение до 80% класса - 20мкм на заводе Sage в Неваде), окислительный обжиг (Karlin в Неваде), - автоклавное окисление (заводы Goldstrike, Sage, Santa Fe в Неваде), - биовыщелачивание (Sao Bento в Бразилии). Другие методы - хлоридовозгонка, процесс Redox, пока не находят промышленного применения.

В Неваде корпорация Ньюмонт эксплуатирует крупнейшую в мире установку обжига золотосодержащих руд и флотоконцентратов (Karlin), выпускающую 56 т золота в год.

Широкое промышленное применение получил метод автоклавного выщелачивания, позволяющий переводить мышьяковистые минералы в твердые соединения, безопасные для окружающей среды. В США работают крупные промышленные установки производительностью 2000 т/сут (Goldstrike) или 7530 т/сут завод Santa Fe в Неваде. Извлечение золота после автоклавного выщелачивания достигает 91% (Goldstrike в Неваде).

Технология извлечения золота из упорных руд сложна и требует применения уникального дорогостоящего оборудования (автоклавы, печи КС, кислородные установки и др). В результате эксплуатационные затраты на переработку 1 т руды достигают 17,4 \$ (Goldstrike), что обуславливает рентабельную переработку богатых руд с содержанием 22,3 г/т (рудник Mikle) или 18,4 г/т (Dome Place).

Для снижения эксплуатационных затрат, если золото ассоциируется с сульфидами, упорные руды первоначально подвергают предварительному обогащению гравитацией для извлечения свободного золота и флотацией для получения бедного золотосодержащего сульфидного концентрата. Дальнейшей автоклавной переработке подвергают не весь объем руды, а только часть ее в виде концентрата, например Dome Place в Канаде

При флотации тонко вкрапленных сульфидных руд, для снижения окисления поверхности сульфидов в цикле тонкого измельчения, иногда в мельницу подают инертный газ - двуокись азота (технология N₂TEC на фабрике LonTee в Неваде). Там, этот прием позволил при флотации упорных сульфидных руд содержащих 19,6 г/т повысить извлечение золота в бедный концентрат с 70 -75 до 90%.

Метод биологического выщелачивания пока применяется редко ввиду чувствительности к резким перепадам температуры и длительностью процесса. На заводе Sao Bento в Бразилии часть сульфидного мышьяковистого концентрата подвергают предварительному биовыщелачиванию в течение 43 часов, затем пульпа поступает в основной процесс.

Плазменный обжиг

Нами предлагается обжиг сульфидного материала (флотоконцентрата или руды) золота, молибдена, меди и т.д. проводить в атмосфере неизотермической плазмы. Данный вид обжига обладает рядом специфических особенностей. Нелинейная зависимость электронной температуры от газовой позволяет проводить окислительные реакции при более низких температурах. Высокая электронная температура быстро, точно и легко разрушает химические связи в сульфидах, а низкая газовая температура не дает обжигаемым веществам зашлаковаться в процессе обжига как в печах использующих углеводородные энергоносители. Обожженный концентрат имеет рыхлую структуру. Источником энергии для обжига является электрическая энергия, что дает возможность устанавливать печи обжига прямо на рудниках, нет необходимости в угле, газе, или мазуте. Отсутствие разрядных электродов в зоне обжига, дает возможность проводить химически чистые операции. Нет загрязнения обожженного материала продуктами горения электродов. Какая встречается в электродных плазматронах. Конструкция плазматрона проста, а так же плазматрон прост в эксплуатации в отличие от индукционного плазматрона.

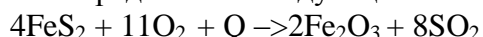
Карбонатные породы зачастую также бывают связаны с золотоносными рудами и оказывают влияние на процесс выщелачивания, преждевременно адсорбируя содержащееся золото, которое находится уже в растворенном состоянии. Устранение таких карбонатных пород в процессе обжига, помимо прочего приводит к дальнейшему увеличению эффективности последующего гидрометаллургического процесса.

Нами были проведены эксперименты по обжигу сульфидного флотоконцентрата в специально разработанном плазматроне со свободно плавающим плазматроном (Рис. 1). В результате экспериментов было выявлено увеличение процентного содержания металлов, за счет удаления при обжиге серы и углерода. Ещё одной характерной особенностью является частичное восстановление железа из его сульфидов, что планируется использовать для его добычи.(см. табл.1)

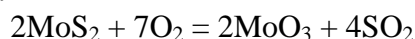
Метод проведения обжига

Для проведения обжига в специальных пресс-формах руда прессуется в стержень(1), который помещают в направляющую керамическую трубку(2). Далее подаётся питание на плазматрон, включается охлаждение(3) затем ток подаётся на СВЧ излучатель(4), который инициирует появление плазмы(5) в камере обжига(6). После начинается подача стержня в плазму (скорость подачи зависит от количественного и качественного состава руды). Когда стержень попадает в плазму, начинается расщепление сульфидов содержащихся в руде. Под действием плазмы сульфиды начинают окисляться (в некоторых случаях частично восстанавливаются до металлов).

Процесс окисления пирита можно представить следующей схемой:



Процесс окисления молибдена :



После прохождения процесса обжига готовый к переработки материал под действием силы тяжести падает в сборник и транспортируется к месту дальнейшей обработки.

Таблица 1. Результаты спектрального анализа обжига сульфидного концентрата.

Элемент	Исходный концентрат	Образец №1	Образец №2
Молибден	0,004	0,4965	0,7034
Железо	22,63	28,1143	22,7543
Медь	0,015	0,0384	0,0362
Титан	0,1164	0,2444	0,7898
Серебро	0,0002	0,0005	0,0002

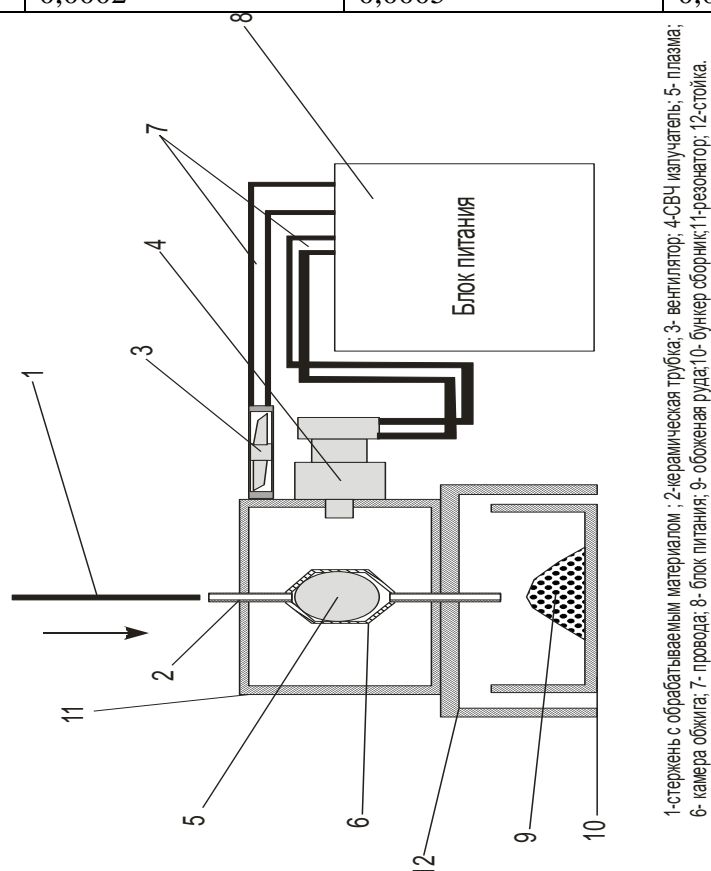


Рис.1 Схема обжига сульфидных материалов в плазматроне со свободно плавающим плазмойдом.

Список литературы

1. Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия/ Н.С. Ахметов. - 3-е издание, перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 1998.
2. Буров В. Ф. СВЧ-плазмотрон со свободно парящим плазмодом VI Всероссийской конференции / В. Ф. Буров, Ю.В.Стрижко. Горение твердого топлива. СО РАН 2006, 8-10 ноября
3. Вредные вещества в промышленности. В 3 Т. Том 3-й. - 7-е изд., перераб. и доп... неорганические и элементарноорганические соединения. / Под ред. Н.В. Лазарева, И.Д. Гадаскиной. - Л.: Химия, 1977
4. Туманов Ю. Н. Плазменные технологии в формировании нового облика промышленного производства в XXI столетии / Ю.Н.Туманов, Д.Ю.Туманов // Новые промышленные технологии. -2006. - №1. - с.14-28
5. Финкельнбург В. Электрические дуги и термическая плазма / В. Финкельнбург, Г. Меккер - М., 1981.

УДК 621.181.662.9

ПЛАЗМЕННЫЙ ОБЖИГ ИЗВЕСТНЯКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И КЛИНКЕРА

Самсалиев Анвар Амантаевич, к.т.н., доцент, КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Мира 66, e-mail.ru: kazas@mail.ru

Бадачиев Т.М., инж. КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Мира 66

Ларин С.С. инж. КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Мира 66

Шаяхметов Р.М. инж КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Мира 66

Цель статьи – разработка СВЧ плазменной технологии и устройства обжига известняковых материалов и клинкера. Автором рассмотрены существующие технологии и печи обжига известняка или клинкера. Применение дорогостоящих материалов, таких как уголь, мазут, природный газ при обжиге клинкера сказывается на себестоимости полученного материала и рентабельности производства, это обуславливает необходимость поиска новых способов обжига. В данное время перспективным представляется применение плазменных технологий и оборудований при обжиге клинкера или известняка. При СВЧ плазменной технологии обжига разработана непрерывная и регулируемая схема подачи и выгрузки материалов.

Ключевые слова: обжиг, клинкер, известняк, печи вращающиеся, плазменная электродуговая печь, СВЧ плазменные технологии.

PLASMA CALCINATION OF LIMESTONE MATERIALS AND CLINKERS

Samsaliev Anvar Amantayevich, Ph. D., associate Professor, KSTU named after I. Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Mir Avenue 66, e-mail.ru: kazas@mail.ru

Badachiev T.M., engineer, KSTU named after I. Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Mir Avenue 66

Larin S.S. engineer, KSTU named after I. Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Mir Avenue 66

Shayahmetov R.M., engineer, KSTU named after I. Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Mir Avenue 66

The purpose of the article – development of microwave plasma technology and the device for firing lime and clinker. The author considers existing technologies and kiln limestone or clinker.

The use of expensive materials such as coal, oil, natural gas during clinker burning affects the cost of the material obtained and the profitability of production; this necessitates the search for new ways of firing. At this time, the promising application of plasma technologies and equipments during the burning of clinker or limestone. When the microwave plasma-firing technology designed continuous and adjustable feed and discharge materials.

Keywords: calcination, clinker, limestone, rotating furnace, electric arc furnace, plasma, microwave plasma technology.

Процесс производства портландцемента состоит из ряда технологических операций, которые можно разделить на два самостоятельных комплекса. В первый комплекс входят операции по производству клинкера, второй комплекс операций охватывает измельчение клинкера совместно с гипсом, гидравлическими и другими добавками (если последние применяются), т. е. приготовление из клинкера портландцемента.

Получение клинкера — наиболее сложный и энергоемкий процесс. Он требует больших капитальных и эксплуатационных затрат. Удельная стоимость клинкера среди всех статей, слагающих стоимость портландцемента, достигает 70—80%. Этим определяется требование максимально экономить клинкер, заменяя его по возможности гидравлическими добавками и шлаками, а также изыскивать пути для более полного использования клинкерной составляющей в цементе [3].

Получение клинкера портландцемента складывается из нескольких основных технологических операций:

- подготовки сырьевых материалов для обжига;
- подготовки топлива;
- обжига сырьевых материалов (получение клинкера).

Оборудование используемое для обжига сырьевых материалов для получения клинкера

Обычно в цементной промышленности для обжига сырья применяется следующее оборудование:

- 1) Длинные вращающиеся печи
- 2) Короткие вращающиеся печи
- 3) Шахтные печи
- 4) Спекательные решетки

Длинные вращающиеся печи для своей работы используют два вида энергоносителей это угольная пыль и мазут. Среди вращающихся печей, установленных на отечественных заводах, печь размером 6х150 м наиболее распространена. Эти печи получили большее распространение, так как обеспечивают наилучшую производительность без потери качества цемента. Но имеется так же ряд недостатков, печь должна работать непрерывно, во избежание затвердевания в ней сырья и выведении печи из строя. Так же следует отметить, что печь сложна в эксплуатации и в случае поломки нуждается в дорогостоящем ремонте [1,2].

Короткие вращающиеся печи, имея несравнимые преимущества по сравнению с длинными печами в отношении конструкции, отличаются очень высоким расходом топлива, на 30—40% и более, чем в длинных печах. Этот недостаток оказывается столь существенным в экономическом отношении, что от строительства самостоятельно работающих коротких вращающихся печей в настоящее время отказались.

Значительный расход топлива в коротких вращающихся печах обусловливается высокой температурой отходящих газов.

В шахтных печах обжигают сырьевую смесь в виде гранул. При этом особое значение

приобретает прочность гранул. Они не должны разрушаться от давления вышележащих слоев. Гранулы должны быть примерно одинаковыми по величине; в этом случае обеспечивается наилучшая газопроницаемость слоя материала в шахте печи. Наряду с гранулами сырьевую смесь применяют также в виде брикетов, но это устаревший способ.

Недостатком данного способа является: в результате обжига сырья в печи иногда получается «недожог». При «недожоге» гранулы недостаточно дожжены, они имеют вид не спекшихся кусков клинкера, при «пережоге» гранулы превращаются в крупные твердые спекшиеся комки. В небольших количествах недожог не снижает качества клинкера. Пережог затрудняет помол клинкера.

Недожог может получаться при недостатке топлива, низкой температуре в зоне спекания в результате весьма большого дутья или значительных подсосов. Причина пережога — неравномерное просасывание воздуха по сечению зоны спекания. В результате воздух идет по краю печи, а центральная часть насадки материала перегревается и образуется пережог. В этом случае следует ускорить разгрузку и загрузку печи.

Кроме вращающихся и шахтных печей, для обжига клинкера применяют другие клинкерообжигательные аппараты, но в них выпускают всего немногим более 1 % клинкера. Этими аппаратами являются спекательные решетки.

Спекательная решетка представляет собой бесконечную ленту из палет, движущуюся по роликам. Палеты собраны из множества колосников с отверстиями 3—10 мм и закреплены на раме длиной 1 м. Ширина палет (и решетки) 1,5—2 м.

Сырьевая смесь в виде гранул с запрессованным в них дробленным углем питателем равномерно подается на палеты. В результате движения ленты со скоростью 0,3—5 м/мин на ней образуется слой гранул; толщину слоя принимают равным 40—50 см.

При движении ленты слой гранул поступает в зажигательную камеру, имеющую мазутные, газовые или угольные форсунки, расположенные непосредственно над слоем материала и служащие для зажигания угля в гранулах. Снизу решетки мощным вентилятором просасывается воздух; благодаря этому горение топлива распространяется от поверхности в глубь слоя. Дымовые газы из слоя обожженного материала засасываются в камеру снизу решетки. Под действием развивающейся в слое материала температуры и при непрерывном движении гранулы высушиваются, декарбонизируются и в них происходит процесс спекания.

Полученный клинкер примерно на 1/3 длины решетки охлаждается просасываемым воздухом, сходит с палет при огибании ими ведомого барабана ленты решетки и попадает в разгрузочную камеру. Из нее клинкер поступает в дробилку.

Для защиты решетки от резкого воздействия высокой температуры на палеты вначале укладывают слой дробленого клинкера (подстил) с зернами размером 8—20 мм, а затем слой гранул.

Основное достоинство решетки — это быстрый обжиг. Весь процесс подсушки, декарбонизации, спекания и охлаждения длится на решетке 15—20 мин. Она отличается большой производительностью. Так, спекательная установка с полезной площадью решетки 26 м² имеет производительность 310 т/сут. Она может обеспечить выпуск более 800 тыс. клинкера в год.

Однако качество клинкера, полученного этим способом, весьма невысокое. Пребывание клинкера в зоне обжига при движении решетки составляет 1—1,5 мин. Этого времени недостаточно для образования большого количества трехкальциевого силиката, и цемент получается медленно твердеющий с относительно небольшой прочностью. Поэтому, несмотря на то что этот способ получения клинкера существует давно, он не применяется широко [4].

Промышленная плазменная электродная печь

В связи с подорожанием углеводородных энергоносителей традиционные методы обжига цементного клинкера становятся всё менее и менее рентабельными это обуславливает необходимость поиска новых способов обжига.

Одним из возможных способов обжига является обжиг клинкера в плазменной электродной печи для выплавки базальта. Температура плазменной дуги между электродами обеспечивает прохождение реакции спекания цементной шихты. Недостатками данного метода являются во первых низкое качество получаемого продукта, что связано с не равномерным прогревом обжигаемого сырья находящегося в камере обжига (верхний слой находящийся ближе к дуге прогревается сильнее, чем нижний), во-вторых данный метод не обеспечивает не прерывного производственного процесса так как обжиг производится порционно, в третьих существует необходимость постоянной замены сгорающих графитовых электродов стоимость которых негативно сказывается на цене получаемого продукта [6].

ТВЧ печь

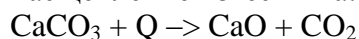
Так же возможным является метод обжига цементного клинкера в ТВЧ печи с вращающейся камерой обжига. В отличие от электродной плазменной печи данный метод обеспечивает нужную скорость прохождения всех технологических ступеней обжига и обеспечивает высокое качество продукции. Кроме того в этой печи отсутствуют требующие постоянной замены дорогостоящие электроды. К недостаткам данной печи относятся дороговизна жаростойких материалов (титана, вольфрама и т.д.), из которых должна состоять камера обжига, так как высокочастотные электромагнитные волны не нагревают не металлические материалы керамику, фарфор и т.д.). Кроме того данная печь не отличается высоким КПД из за больших потерь энергии в индукторе нуждающимся в постоянном жидкостном охлаждении. К тому же питающий индуктор, ТВЧ генератор недолговечен и крайне дорог в обслуживании.

Предлагаемый метод плазменного обжига и устройство печи.

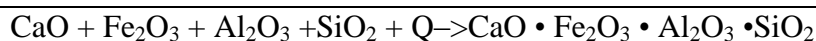
На данный момент наиболее перспективным является использование без электродной плазменной СВЧ печи [3,7]. Основными преимуществами данной печи являются отсутствие электродов, дешевая и простая в обслуживании система питания, возможность использования не металлических термостойких материалов в камере обжига, высокий КПД (до 85%), процесс обжига производится непрерывно, что обеспечивает высокую производительность обжига. Непрерывность обжига обеспечивается за счёт подачи шихты в плазменное тело в виде спрессованного стержня. Скорость подачи стержня регулируема и подбирается в зависимости от требований технологического процесса, что обеспечивает необходимое время пребывания обжигаемого сырья при нужной температуре, чем обеспечивается высокое качество получаемой продукции.

Для проведения обжига в специальных пресс-формах известь прессуется в стержень (1), который помещают в направляющую керамическую трубку (2). Далее подаётся питание на плазматрон, включается охлаждение (3) затем ток подаётся на СВЧ излучатель (4), который инициирует появление плазмы (5) в камере обжига (6). После начинается подача стержня в плазму (скорость подачи зависит от количественного и качественного состава извести). Когда стержень попадает в плазму, начинается разложение извести на оксид кальция и углекислый газ. После прохождения процесса обжига готовая негашеная известь замешивается с глиной, производится повторное прессование и полученный стержень вновь пропускается через плазму, где в последующем превратиться в цемент.

Расщепление известняка:



Спекание клинкера:



Главное достоинство данного метода, то что процесс обжига может быть приостановлен в любой момент времени. Как в традиционном обжиге на производстве этот процесс не может быть приостановлен, поскольку он приведет к затвердеванию клинкера в печи. После чего потребуются очистка печи от зашлакованного клинкера. Что приводит к затратам времени и денег.

Список литературы

1. Боганов А.И. Механическое оборудование цементных заводов / А.И. Боганов. - Машгиз, 1961.
2. Булави и И.А. Оборудование для производства строительных материалов / И.А. Булави и, С.Г. Силенок. - Машгиз, 1962.
3. Буров В. Ф. СВЧ-плазмотрон со свободно парящим плазмодом/ В.Ф. Буров, Ю.В.Стрижко // Сб. докл. VI Всероссийской конференции «Горение твердого топлива.- Новосибирск» 8-10 ноября, 2006
4. Бутт Ю. М. Технология цемента и других вяжущих веществ / Ю. Бутт. Госстройиздат. - 1963.
5. Драбкин Г.С, Автоматизация цементных заводов / Г.С. Драбкин Госстройиздат. - 1961.
6. Словецкий Д.И. Механизмы химических реакций в неравновесной плазме / Д.И. Словецкий.- М. Наука. - 1980. - 311с.

УДК 556.38:628.1:502.55

КИСЛОТНОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ И ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ КАРБОНАТНОЙ СИСТЕМЫ

Сыдыков Жыргалбек Дуйшекеевич, к.т.н. доцент, Институт горного дела и горных технологий им. академика У.Асаналиева, КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720001, Бишкек, пр.Чуй 215, e-mail:sydykov.baig.72@mail.ru

Самбаева Дамира Асанакунуовна, к.х.н., с.н.с., Институт химии и химической технологии НАН КР, Кыргызстан, 720071, Бишкек, пр.Чуй 267, e-mail: damira_sam@mail.ru

Маймеков Зарлык Капарович, д.т.н., профессор, КТУМ, Кыргызстан, 720044, Бишкек, проспект Мира 56, e-mail: z.maymekov@gmail.com

В статье изложены физико-химические и термодинамические аспекты кислотного разложения техногенного кальцита. Рассчитаны равновесные составы и концентрации компонентов, образующихся в системах $\text{CaCO}_3\text{-HCl}$ и $\text{CaCO}_3\text{-H}_2\text{SO}_4$ при $P=0,1$ МПа, $T=298\text{-}303\text{K}$, и на их основе определены технические характеристики процесса получения диоксида углерода. Показано, что при взаимодействии кальцита с минеральными кислотами в равновесных условиях в незначительных количествах могут быть образованы молекулярный водород, оксид углерод, молекулярный хлор, метан в системе карбонат кальций-соляная кислота, сернистые газы в системе карбонат кальций-серная кислота. Концентрации этих компонентов в системах незначительны ($10^{-4}\text{-}10^{-10}$ моль/кг), они не оказывали влияния на кинетику процесса. На основании полученных равновесных данных системы были определены рабочие характеристики процесса и предложены прикладные аспекты кислотного разложения техногенного кальцита и получения на их основе диоксида углерода.

Ключевые слова: диоксид углерода, карбонатная система, кислота, разложение, сернистый газ, техногенное сырье.

ACIDIC DECOMPOSITION OF TECHNOGENIC RAW MATERIAL AND STUDYING THE PROPERTIES OF CARBONIC SYSTEM

Sydykov Jyrgalbek Duishekeevich, PhD, Assistant Prof., Institute of Mining and Mining Technologies named after academician U. Asanaliyev of KSTU named after I.Razzakov, 215 Chui avenue, 720001, Bishkek, Kyrgyzstan. e-mail: sydykov.baig.72@mail.ru

Sambaeva Damira Asanakunovna, Candidate of Technical Science, Senior Scientist, Institute of Chemistry and Chemical Technology of NAS KR, 267 Chui avenue, 720071, Bishkek, Kyrgyzstan, e-mail: damira_sam@mail.ru

Maymekov Zarlyk Kaparovich, Doctor of Technical Science, Professor, Kyrgyz – Turkish “Manas” University, Kyrgyz Republic, Bishkek, Tynchtyk Avenue 56, e-mail: z.maymekov@mail.ru.

The article describes the physicochemical and thermodynamic aspects of anthropogenic acid decomposition of calcite. Equilibrium concentrations of the compositions and components formed in the systems and CaCO_3 CaCO_3 - HCl - H_2SO_4 at $P = 0.1$ MPa, $T = 298$ - 303K and determined based on these specifications process of producing carbon dioxide. It has been shown that the interaction with the calcite mineral acids under equilibrium conditions, molecular hydrogen, carbon monoxide, molecular chlorine, methane, in the system of calcium carbonate, hydrochloric acid, sulfur-containing gases in the system, calcium carbonate, sulfuric acid can be formed in minor amounts. The concentrations of these components in the system are small (10^{-4} - 10^{-10} mol/kg), they had no effect on the kinetics of the process. Based on equilibrium data of the system were identified operational characteristics of the process and offered practical aspects of anthropogenic acid decomposition of calcite and reception on their basis of carbon dioxide.

Keywords: acid, carbon dioxide, decomposition, sulfur dioxide, technogenic raw materials, the carbonate system.

В статье разделе рассмотрены физико-химические и термодинамические аспекты кислотного разложения техногенного кальцита. Были определены равновесные составы и концентрации компонентов, образующихся в системах CaCO_3 - HCl и CaCO_3 - H_2SO_4 при $P=0,1$ МПа, $T=298$ - 303K , и на их основе определены технические характеристики процесса получения диоксида углерода (табл.1). Из табл.1 видно, что при взаимодействии кальцита с минеральными кислотами в равновесных условиях в незначительных количествах могут быть образованы такие компоненты, как H_2 , CO , Cl_2 , CH_4 в системе CaCO_3 - HCl , а SO_2 , SO_3 в системе CaCO_3 - H_2SO_4 . Поскольку концентрации указанных компонентов в системах незначительны (10^{-4} - 10^{-10} моль/кг), они не оказывали влияния на кинетику процесса. Образование основных продуктов реакции, в частности: $\text{CaCl}_2(\text{к})$, $\text{CaSO}_4(\text{к})$, H_2O и CO_2 подтверждены равновесными данными (табл.1).

Были изучены изменения свойств выше указанной системы на основе определения следующих термодинамических характеристик: удельный объем (V , $\text{м}^3/\text{кг}$); энтропия (S , $\text{кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$); полная энтальпия (I , $\text{кДж}/\text{кг}$); полная внутренняя энергия (U , $\text{кДж}/\text{кг}$); число молей (μ , моль/кг); удельная теплоемкость (равновесная) (C_p' , $\text{кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$); молярная масса газовой фазы (Mmq , г/моль); газовая постоянная (Rq , $\text{Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$); теплоемкость газовой фазы (равновесная) ($C_p'q$, $\text{кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$); коэффициент динамической вязкости (Mu , Па·с); коэффициент теплопроводности (Lt , $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{K})$); полная теплопроводность (Lt' , $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{K})$); число Прандтля (равновесное) (Pr'); массовая доля конденсированных фаз (z) (табл.1 - 3).

Таблица 1

Равновесные составы и концентрации компонентов, образующихся при взаимодействии HCl и H₂SO₄ с CaCO₃ при P=0,1МПа, T=298-303 К

Исходные составы: CaCO₃-HCl (1:2), моль/кг: Ca-3,33; C-3,33; O-9,991; H-18,284; Cl-18,284.
CaCO₃-H₂SO₄ (1:3), моль/кг: Ca-2,498; C-2,498; O-8,083; H-15,295; S-7,647

Составы компонентов системы	Равновесные концентрации компонентов, моль/кг					
	Температура, К					
	298	299	300	301	302	303
CaCO₃-HCl (1:2):						
H ₂	0,2894E-5	-	-	-	-	-
CO ₂	3,3304	3,3304	3,3304	3,3304	3,3304	3,3304
CO	0,277E-10	-	-	-	-	-
Cl ₂	-	0,2384E-6	-	-	-	-
HCl	11,624	11,624	11,624	11,624	11,624	11,624
CH ₄	0,4616E-5	-	-	-	-	-
CaCl ₂ (к)	3,3304	3,3304	3,3304	3,3304	3,3304	3,3304
H ₂ O	3,3304	3,3304	3,3304	3,3304	3,3304	3,3304
CaCO₃-H₂SO₄ (1:3)						
CO ₂	2,4978	2,4978	2,4978	2,4978	2,4978	2,4978
SO ₂	0,2786E-4	0,2384E-6	0,24E-6	0,2384E-6	0,2384E-6	0,2384E-6
SO ₃	0,1981E-7	0,2252E-7	0,26E-7	0,2558E-7	0,2558E-7	0,2558E-7
H ₂ SO ₄	5,1495	5,1496	5,1496	5,1496	5,1496	5,1496
H ₂ O	2,4978	2,4978	2,4978	2,4978	2,4978	2,4978
CaSO ₄ (к)	2,4978	2,4978	2,4978	2,4978	2,4978	2,4978

Таблица 2

Изменение свойств системы: CaCO₃ - HCl, при P=0,1 МПа, T=298-303К

Наименование параметров	CaCO ₃ -HCl (1:2), моль/кг: Ca-3,33; C-3,33; O-9,991; H-18,284; Cl-18,284					
	Температура, К					
	298	299	300	301	302	303
V·10 ² , м ³ /кг	45,303	45,455	45,607	45,759	45,911	46,063
S, кДж/(кг·К)	4,0122	4,0149	4,0177	4,0204	4,0231	4,0258
I, кДж/кг	-5839	-5838	-5838	-5837	-5836	-5835
U, кДж/кг	-5839	-5839	-5838	-5837	-5837	-5836
μ, моль/кг	21,615	21,615	21,615	21,615	21,615	21,615
C _p ·10 ⁴ , кДж/(кг·К)	8170,6	8172,4	8174,6	8176,7	8178,9	8181,1
MMq, г/моль	34,476	34,476	34,476	34,476	34,476	34,476
Rq, Дж/(кг·К)	241,16	241,16	241,16	241,16	241,16	241,16
C _p 'q·10 ⁴ , кДж/(кг·К)	9113	9114,4	9116,1	9117,9	9119,7	9121,6
Mu·10 ⁵ , Па·с	1,08	1,08	1,09	1,09	1,1	1,1
Lt·10 ⁵ , Вт/(м·К)	1461,8	1467,9	1474,1	1480,3	1486,4	1492,6

$Lt' \cdot 10^5$, Вт/(м·К)	1462,6	1467,9	1474,1	1480,3	1486,4	1492,6
$Pr' \cdot 10^3$	673,12	673,5	673,51	673,52	673,54	673,55
$z \cdot 10^3$	369,62	369,62	369,62	368,62	369,62	369,62

Таблица 3

Изменение свойств системы: $\text{CaCO}_3 - \text{H}_2\text{SO}_4$, при $P=0,1$ МПа, $T=298-303$ К

Наименование параметров	$\text{CaCO}_3 - \text{H}_2\text{SO}_4$ (1:2), моль/кг: Ca-2,498; C-2,498; O-38,083; H-15,295; S-7,647					
	Температура, К					
	298	299	300	301	302	303
$V \cdot 10^2$, м ³ /кг	25,136	25,221	25,305	25,389	25,474	25,558
S , кДж/(кг·К)	2,899	2,9019	2,9048	2,9076	2,9105	2,9133
I , кДж/кг	-8944	-8943	-8942	-8941	-8940	-8940
U , кДж/кг	-8944	-8943	-8942	-8942	-8941	-8940
μ , моль/кг	12,643	12,643	12,643	12,643	12,643	12,643
$C_p' \cdot 10^4$, кДж/(кг·К)	8577,3	8592,8	8610,9	8628,8	8646,6	8664,3
ММq, г/моль	65,052	65,052	65,052	65,052	65,052 1	65,052
Rq , Дж/(кг·К)	127,81	127,81	127,81	127,81	127,81	127,81
$C_p' q \cdot 10^4$, кДж/(кг·К)	9224,8	9240,7	9259,3	9277,7	9296,1	9314,2
μ , 10^5 , Па·с	1,22	1,22	1,23	1,23	1,23	1,24
$Lt \cdot 10^5$, Вт/(м·К)	1641,7	1649,7	1658	1666,4	1674,7	1683
$Lt' \cdot 10^5$, Вт/(м·К)	1641,7	1649,7	1658	1666,4	1674,7	1683,1
$Pr' \cdot 10^3$	683,72	683,93	684,17	684,4	684,64	684,87
$z \cdot 10^3$	340,04	340,04	340,04	340,04	340,04	340,04

Из полученных термодинамических данных (табл.1-3) видно, что кислотное разложение кальцита при указанных режимных параметрах имеет место ($I < 0$, $U < 0$), и эффективно осуществляется при использовании серной кислоты, поскольку продукты реакции CaSO_4 , CO_2 и H_2O могут быть использованы в качестве строительных материалов, а в случае использования соляной кислоты балластом могут служить CaCl_2 .

Выводы:

1. Определены равновесные составы ($\text{CaCl}_2 - \text{CO}_2$, $\text{CaSO}_4 - \text{CO}_2$) и концентрации компонентов, образующихся при разложении карбоната кальция минеральными кислотами. Показано, что концентрации: H_2 , CO , Cl_2 , CH_4 , SO_2 , SO_3 в равновесных условиях составляют в пределах $10^{-4} - 10^{-10}$ моль/кг и не оказывают лимитирующего влияния на процессы образования диоксида углерода;

2. Отмечено, что присутствие в системе газовой фазы, в частности SO_2 , SO_3 при определенных условиях могут способствовать протеканию внутренней рекарбонизации системы, т.е. привести к образованию дополнительного количества диоксида углерода;

3. Впервые изучены свойства системы и показано, что образование конденсированной фазы (CaCl_2 , CaSO_4) при $I < 0$, $U < 0$ привело к изменению величины вязкости (μ , Pr) и теплопроводности (Lt);

4. На основании полученных равновесных данных ($\text{CaCl}_2 - \text{CO}_2$, $\text{CaSO}_4 - \text{CO}_2$) были определены рабочие характеристики системы и предложены прикладные аспекты кислотного разложения техногенного кальцита и получения на их основе диоксида углерода.

Список литературы

1. Маймекон З. К. Влияние минерализации воды на процессы образования и выделения кристаллов арагонита и кальцита в системе $\text{Ca}(\text{OH})_2\text{-H}_2\text{O-CO}_2\text{-воздух}$ / З. К. Маймекон и др. // Сборник научных трудов ИХХТ НАН КР, Б.: 1998. - с.150-155
2. Образование арагонита и кальцита в системе $\text{Ca}(\text{OH})_2\text{-H}_2\text{O-CO}_2\text{-воздух}$ при различной минерализации раствора/ Ж. Д. Сыдыков и др. // Наука и новые технологии.- Б.: 2008.-№3-4.- с.236-240
3. Маймекон З.К. Конверсия техногенного сырья с целью получения диоксида углерода для сварочных работ / З.К. Маймекон, Д.А. Самбаева, Ж.Д. Сыдыков // Табигый илимдер журналы, Бишкек, КТУМ.- 2007.- №8.- С. 17-21.
4. Маймекон З. К. Разработка процесса получения диоксида углерода путем разложения техногенного карбоната кальция минеральными кислотами / З. К. Маймекон, Д. А. Самбаева, Ж. Д. Сыдыков //Химическая технология.- 2009.- № 3. - С.139-143.
5. Применение ЭВМ для термодинамических расчетов металлургических процессов / Г.Б. Синярев и др.- Москва. Наука. 1982. - 267с.

УДК 556.38:628.1:502.55

КИСЛОТНОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ И ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ КАРБОНАТНОЙ СИСТЕМЫ

Сыдыков Жыргалбек Дуйшекеевич, к.т.н. доцент, Институт горного дела и горных технологий им. академика У.Асаналиева, КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720001, Бишкек, пр.Чуй 215, e-mail:sydykov.baig.72@mail.ru

Самбаева Дамира Асанакуновна, к.х.н., с.н.с., Институт химии и химической технологии НАН КР, Кыргызстан, 720071, Бишкек, пр.Чуй 267, e-mail: damira_sam@mail.ru

Маймекон Зарлык Капарович, д.т.н., профессор, КТУМ, Кыргызстан, 720044, Бишкек, проспект Мира 56, e-mail: z.maymekov@gmail.com

В статье изложены физико-химические и термодинамические аспекты кислотного разложения техногенного кальцита. Рассчитаны равновесные составы и концентрации компонентов, образующихся в системах $\text{CaCO}_3\text{-HCl}$ и $\text{CaCO}_3\text{-H}_2\text{SO}_4$ при $P=0,1$ МПа, $T=298\text{-}303\text{K}$, и на их основе определены технические характеристики процесса получения диоксида углерода. Показано, что при взаимодействии кальцита с минеральными кислотами в равновесных условиях в незначительных количествах могут быть образованы молекулярный водород, оксид углерод, молекулярный хлор, метан в системе карбонат кальций-соляная кислота, сернистые газы в системе карбонат кальций-серная кислота. Концентрации этих компонентов в системах незначительны ($10^{-4}\text{-}10^{-10}$ моль/кг), они не оказывали влияния на кинетику процесса. На основании полученных равновесных данных системы были определены рабочие характеристики процесса и предложены прикладные аспекты кислотного разложения техногенного кальцита и получения на их основе диоксида углерода.

Ключевые слова: диоксид углерода, карбонатная система, кислота, разложение, сернистый газ, техногенное сырье.

ACIDIC DECOMPOSITION OF TECHNOGENIC RAW MATERIAL AND STUDYING THE PROPERTIES OF CARBONIC SYSTEM

Sydykov Jyrgalbek Duyshekeevich, PhD, Assistant Prof., Institute of Mining and Mining Technologies named after academician U. Asanaliyev of KSTU named after I.Razzakov, 215 Chui avenue, 720001, Bishkek, Kyrgyzstan. e-mail: sydykov.baig.72@mail.ru

Sambaeva Damira Asanakunovna, Candidate of Technical Science, Senior Scientist, Institute of Chemistry and Chemical Technology of NAS KR, 267 Chui avenue, 720071, Bishkek, Kyrgyzstan, e-mail: damira_sam@mail.ru

Maimekov Zarlyk Kaparovich, Doctor of Technical Science, Professor, Kyrgyz – Turkish “Manas” University, Kyrgyz Republic, Bishkek, Tynchtyk Avenue 56, e-mail: z.maimekov@mail.ru.

The article describes the physicochemical and thermodynamic aspects of anthropogenic acid decomposition of calcite. Equilibrium concentrations of the compositions and components formed in the systems and CaCO_3 CaCO_3 - HCl - H_2SO_4 at $P = 0.1$ MPa, $T = 298$ - 303 K and determined based on these specifications process of producing carbon dioxide. It has been shown that the interaction with the calcite mineral acids under equilibrium conditions, molecular hydrogen, carbon monoxide, molecular chlorine, methane, in the system of calcium carbonate, hydrochloric acid, sulfur-containing gases in the system, calcium carbonate, sulfuric acid can be formed in minor amounts. The concentrations of these components in the system are small (10^{-4} - 10^{-10} mol/kg), they had no effect on the kinetics of the process. Based on equilibrium data of the system were identified operational characteristics of the process and offered practical aspects of anthropogenic acid decomposition of calcite and reception on their basis of carbon dioxide.

Keywords: acid, carbon dioxide, decomposition, sulfur dioxide, technogenic raw materials, the carbonate system.

В статье разделе рассмотрены физико-химические и термодинамические аспекты кислотного разложения техногенного кальцита. Были определены равновесные составы и концентрации компонентов, образующихся в системах CaCO_3 - HCl и CaCO_3 - H_2SO_4 при $P=0,1$ МПа, $T=298$ - 303 К, и на их основе определены технические характеристики процесса получения диоксида углерода (табл.1). Из табл.1 видно, что при взаимодействии кальцита с минеральными кислотами в равновесных условиях в незначительных количествах могут быть образованы такие компоненты, как H_2 , CO , Cl_2 , CH_4 в системе CaCO_3 - HCl , а SO_2 , SO_3 в системе CaCO_3 - H_2SO_4 . Поскольку концентрации указанных компонентов в системах незначительны (10^{-4} - 10^{-10} моль/кг), они не оказывали влияния на кинетику процесса. Образование основных продуктов реакции, в частности: CaCl_2 (к), CaSO_4 (к), H_2O и CO_2 подтверждены равновесными данными (табл.1).

Были изучены изменения свойств выше указанной системы на основе определения следующих термодинамических характеристик: удельный объем (V , м³/кг); энтропия (S , кДж/(кг·К)); полная энтальпия (I , кДж/кг); полная внутренняя энергия (U , кДж/кг); число молей (μ , моль/кг); удельная теплоемкость (равновесная) (C_p' , кДж/(кг·К)); молярная масса газовой фазы (MMq , г/моль); газовая постоянная (Rq , Дж/(кг·К)); теплоемкость газовой фазы (равновесная) ($C_p'q$, кДж/(кг·К)); коэффициент динамической вязкости (Mu , Па·с); коэффициент теплопроводности (Lt , Вт/(м·К)); полная теплопроводность (Lt' , Вт/(м·К)); число Прандтля (равновесное) (Pr'); массовая доля конденсированных фаз (z) (табл.1 - 3).

Таблица 1

Равновесные составы и концентрации компонентов, образующихся при взаимодействии HCl и H_2SO_4 с CaCO_3 при $P=0,1$ МПа, $T=298$ - 303 К

Исходные составы: CaCO_3 - HCl (1:2), моль/кг: Ca-3,33; C-3,33; O-9,991; H-18,284; Cl-18,284.

CaCO_3 - H_2SO_4 (1:3), моль/кг: Ca-2,498; C-2,498; O-8,083; H-15,295; S-7,647

Составы компонентов системы	Равновесные концентрации компонентов, моль/кг					
	Температура, К					
	298	299	300	301	302	303
CaCO_3-HCl (1:2):						

Составы компонентов системы	Равновесные концентрации компонентов, моль/кг					
	Температура, К					
	298	299	300	301	302	303
H ₂	0,2894E-5	-	-	-	-	-
CO ₂	3,3304	3,3304	3,3304	3,3304	3,3304	3,3304
CO	0,277E-10	-	-	-	-	-
Cl ₂	-	0,2384E-6	-	-	-	-
HCl	11,624	11,624	11,624	11,624	11,624	11,624
CH ₄	0,4616E-5	-	-	-	-	-
CaCl ₂ (к)	3,3304	3,3304	3,3304	3,3304	3,3304	3,3304
H ₂ O	3,3304	3,3304	3,3304	3,3304	3,3304	3,3304
CaCO₃-H₂SO₄ (1:3)						
CO ₂	2,4978	2,4978	2,4978	2,4978	2,4978	2,4978
SO ₂	0,2786E-4	0,2384E-6	0,24E-6	0,2384E-6	0,2384E-6	0,2384E-6
SO ₃	0,1981E-7	0,2252E-7	0,26E-7	0,2558E-7	0,2558E-7	0,2558E-7
H ₂ SO ₄	5,1495	5,1496	5,1496	5,1496	5,1496	5,1496
H ₂ O	2,4978	2,4978	2,4978	2,4978	2,4978	2,4978
CaSO ₄ (к)	2,4978	2,4978	2,4978	2,4978	2,4978	2,4978

Таблица 2

Изменение свойств системы: CaCO₃ - HCl, при P=0,1 МПа, T=298-303К

Наименование параметров	CaCO ₃ -HCl (1:2), моль/кг: Ca-3,33; C-3,33; O-9,991; H-18,284; Cl-18,284					
	Температура, К					
	298	299	300	301	302	303
V·10 ² , м ³ /кг	45,303	45,455	45,607	45,759	45,911	46,063
S, кДж/(кг·К)	4,0122	4,0149	4,0177	4,0204	4,0231	4,0258
I, кДж/кг	-5839	-5838	-5838	-5837	-5836	-5835
U, кДж/кг	-5839	-5839	-5838	-5837	-5837	-5836
μ, моль/кг	21,615	21,615	21,615	21,615	21,615	21,615
C _p ·10 ⁴ , кДж/(кг·К)	8170,6	8172,4	8174,6	8176,7	8178,9	8181,1
MMq, г/моль	34,476	34,476	34,476	34,476	34,476	34,476
Rq, Дж/(кг·К)	241,16	241,16	241,16	241,16	241,16	241,16
C _p 'q·10 ⁴ , кДж/(кг·К)	9113	9114,4	9116,1	9117,9	9119,7	9121,6
Mu·10 ⁵ , Па·с	1,08	1,08	1,09	1,09	1,1	1,1
Lt·10 ⁵ , Вт/(м·К)	1461,8	1467,9	1474,1	1480,3	1486,4	1492,6
Lt'·10 ⁵ , Вт/(м·К)	1462,6	1467,9	1474,1	1480,3	1486,4	1492,6
Pr'·10 ³	673,12	673,5	673,51	673,52	673,54	673,55
Z·10 ³	369,62	369,62	369,62	368,62	369,62	369,62

Изменение свойств системы: $\text{CaCO}_3 - \text{H}_2\text{SO}_4$, при $P=0,1$ МПа, $T=298-303$ К

Наименование параметров	$\text{CaCO}_3 - \text{H}_2\text{SO}_4$ (1:2), моль/кг: Ca-2,498; C-2,498; O-38,083; H-15,295; S-7,647					
	Температура, К					
	298	299	300	301	302	303
$V \cdot 10^2$, м ³ /кг	25,136	25,221	25,305	25,389	25,474	25,558
S , кДж/(кг·К)	2,899	2,9019	2,9048	2,9076	2,9105	2,9133
I , кДж/кг	-8944	-8943	-8942	-8941	-8940	-8940
U , кДж/кг	-8944	-8943	-8942	-8942	-8941	-8940
ρ , моль/кг	12,643	12,643	12,643	12,643	12,643	12,643
$C_p \cdot 10^4$, кДж/(кг·К)	8577,3	8592,8	8610,9	8628,8	8646,6	8664,3
$M\mu$, г/моль	65,052	65,052	65,052	65,052	65,052 1	65,052
Rq , Дж/(кг·К)	127,81	127,81	127,81	127,81	127,81	127,81
$C_p'q \cdot 10^4$, кДж/(кг·К)	9224,8	9240,7	9259,3	9277,7	9296,1	9314,2
$Mu \cdot 10^5$, Па·с	1,22	1,22	1,23	1,23	1,23	1,24
$Lt \cdot 10^5$, Вт/(м·К)	1641,7	1649,7	1658	1666,4	1674,7	1683
$Lt' \cdot 10^5$, Вт/(м·К)	1641,7	1649,7	1658	1666,4	1674,7	1683,1
$Pr' \cdot 10^3$	683,72	683,93	684,17	684,4	684,64	684,87
$z \cdot 10^3$	340,04	340,04	340,04	340,04	340,04	340,04

Из полученных термодинамических данных (табл.1-3) видно, что кислотное разложение кальцита при указанных режимных параметрах имеет место ($I < 0$, $U < 0$), и эффективно осуществляется при использовании серной кислоты, поскольку продукты реакции CaSO_4 , CO_2 и H_2O могут быть использованы в качестве строительных материалов, а в случае использования соляной кислоты балластом могут служить CaCl_2 .

Выводы:

1. Определены равновесные составы ($\text{CaCl}_2\text{-CO}_2$, $\text{CaSO}_4\text{-CO}_2$) и концентрации компонентов, образующихся при разложении карбоната кальция минеральными кислотами. Показано, что концентрации: H_2 , CO , Cl_2 , CH_4 , SO_2 , SO_3 в равновесных условиях составляют в пределах 10^{-4} – 10^{-10} моль/кг и не оказывают лимитирующего влияния на процессы образования диоксида углерода;
2. Отмечено, что присутствие в системе газовой фазы, в частности SO_2 , SO_3 при определенных условиях могут способствовать протеканию внутренней рекарбонизации системы, т.е. привести к образованию дополнительного количества диоксида углерода;
3. Впервые изучены свойства системы и показано, что образование конденсированной фазы (CaCl_2 , CaSO_4) при $I < 0$, $U < 0$ привело к изменению величины вязкости (Mu , Pr) и теплопроводности (Lt);
4. На основании полученных равновесных данных ($\text{CaCl}_2\text{-CO}_2$, $\text{CaSO}_4\text{-CO}_2$) были определены рабочие характеристики системы и предложены прикладные аспекты кислотного разложения техногенного кальцита и получения на их основе диоксида углерода.

Список литературы

1. Маймеков З. К. Влияние минерализации воды на процессы образования и выделения кристаллов арагонита и кальцита в системе $\text{Ca}(\text{OH})_2\text{-H}_2\text{O-CO}_2\text{-воздух}$ / З. К. Маймеков и др. // Сборник научных трудов ИХХТ НАН КР, Б.: 1998. - с.150-155
2. Образование арагонита и кальцита в системе $\text{Ca}(\text{OH})_2\text{-H}_2\text{O-CO}_2\text{-воздух}$ при различной минерализации раствора/ Ж. Д. Сыдыков и др. // Наука и новые технологии.- Б.: 2008.-№3-4.- с.236-240
3. Маймеков З.К. Конверсия техногенного сырья с целью получения диоксида углерода для сварочных работ / З.К. Маймеков, Д.А. Самбаева, Ж.Д. Сыдыков // Табигый илимдер журналы, Бишкек, КТУМ.- 2007.- №8.- С. 17-21.
4. Маймеков З. К. Разработка процесса получения диоксида углерода путем разложения техногенного карбоната кальция минеральными кислотами / З. К. Маймеков, Д. А. Самбаева, Ж. Д. Сыдыков //Химическая технология.- 2009.- № 3. - С.139-143.
5. Применение ЭВМ для термодинамических расчетов металлургических процессов / Г.Б. Синярев и др.- Москва. Наука. 1982. - 267с.

УДК.: 621.951.45.

КРИТЕРИЙ ОПТИМАЛЬНОГО ИЗНОСА БЫСТРОРЕЖУЩИХ СПИРАЛЬНЫХ СВЕРЛ

Рагрин Николай Алексеевич, к.т.н., доц, КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: n_ragrin@mail.ru

Предложен критерий оптимального износа быстрорежущих спиральных сверл при обработке деталей из углеродистых конструкционных сталей

Ключевые слова: сверло, стойкость, скорость резания, износ, диаметр.

CRITERION OF OPTIMUM WEAR OF FAST-CUTTING SPIRAL DRILLS

Ragrin Nikolay Alekseevich, Cand.Tech.Sci., associate professor, KGTU of I. Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Mira Ave. 66, e-mail: n_ragrin@mail.ru

The criterion of optimum wear of fast-cutting spiral drills when processing details is offered from carbonaceous constructional staly

Keywords: drill, firmness, cutting speed, wear, diameter.

Как показали обследования автоматических линий [1], в общем балансе нецикловых потерь времени простоя технологического оборудования из-за отказов режущего инструмента составляют 16-22%

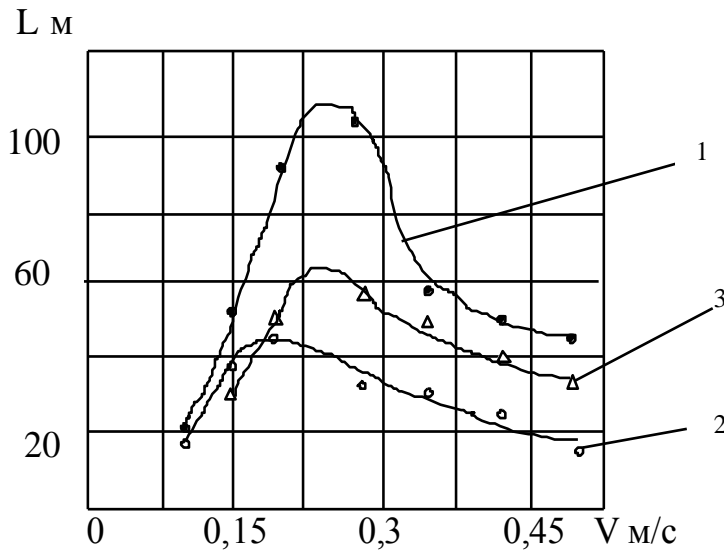
На машиностроительных заводах спиральные сверла составляют от 11,3 до 22,8% от общего количества используемого инструмента, при этом в общем объеме централизованного производства режущего инструмента наибольший удельный вес занимают спиральные сверла (около 30%).

Работоспособность спиральных сверл во многом зависит от правильного выбора критерия износа инструмента, который гарантирует их безотказную работу. Есть мнение, что отказ спиральных сверл обусловлен износом их главных задних поверхностей. Это положение зафиксировано в нормативах режимов резания [2] и принято для всего возможного диапазона скоростей сверления. Вместе с тем авторы работ [3,4] указывают на

износ ленточек, как наиболее опасный вид износа для стойкости сверл, который приводит к образованию на части поверхности сверла прямого конуса, вместо обратного, что может привести к защемлению инструмента в обрабатываемом отверстии и поломке. Исследования [5] показали, что такое положение имеет место при сверлении со скоростями резания 0,1 – 0,15 м/с, когда отказ сверл происходит по причине износа ленточек и заклинивания в обрабатываемом отверстии участка рабочей части сверла с прямой конусностью. При работе со скоростями резания 0,35 - 0,5 м/с сверла выходят из строя по причине износа главных задних поверхностей. А в диапазоне скоростей резания 0,2 – 0,26 м/с наблюдается примерно равный вклад износа главных задних поверхностей и ленточек в формирование отказа сверл. Нормативы износа и стойкости быстрорежущих спиральных сверл [6], рекомендуют за критерий их износа принимать определенную величину фаски износа по главной задней поверхности h_3 , величина которой для сверл диаметром 10,2 мм при обработке углеродистых конструкционных сталей составляет $h_3 = 0,45$ мм. Но исследования работоспособности сверл данного диаметра в широком диапазоне скоростей резания [5] показали, что при работе с низкими скоростями резания 0,1 м/с, где преобладающим износом является износ ленточек износ главных задних поверхностей к моменту отказа сверл не достигал нормативной величины, а при работе со скоростями резания 0,2 – 0,26 м/с значительно превышал (более чем в два раза) нормативную величину, при этом сверла продолжали работать. Результаты анализа условий эксплуатации быстрорежущих спиральных сверл диаметром от 5 до 45 мм при обработке углеродистых конструкционных сталей на автоматических линиях и агрегатных станках [7] показали, что при общем диапазоне варьирования скоростей резания от 0,15 до 0,5 м/с их распределение не зависит от диаметра сверла и хорошо согласуется с нормальным законом. Анализ 135 операций сверления позволил определить среднюю скорость резания, равную 0,25 м/с, при этом верхняя и нижняя границы генеральной средней составляют 0,26 до 0,24 м/с при двухсторонней доверительной вероятности 0,95. Из вышесказанного следует, что для случая эксплуатации спиральных сверл в условиях автоматизированного производства необходим другой критерий износа. При этом износ ленточек также не приемлем, как и износ главных задних поверхностей. Так как с одной стороны определение величины прямой конусности K_l еще более затруднительно, чем ширины фаски износа главной задней поверхности h_3 , а с другой стороны K_l так же, как и h_3 , не является преобладающим в отказе инструмента во всем используемом диапазоне скоростей резания. Необходимо учитывать еще и то, что для измерения K_l и h_3 требуется снять инструмент со станка, то есть контроль состояния инструмента не подлежит автоматизации.

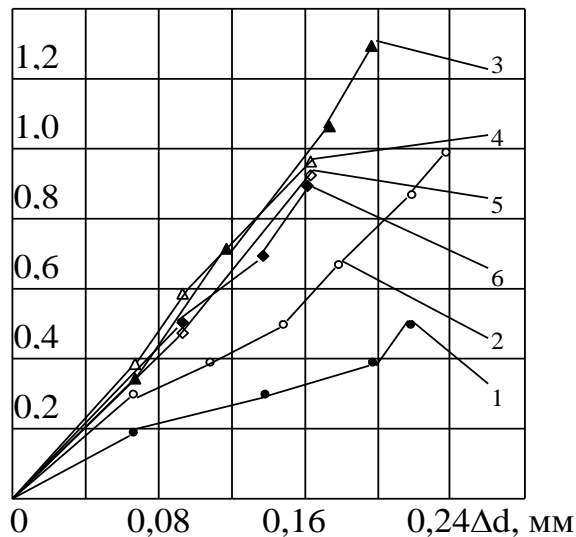
На рис.1 показаны графики зависимости наработки от скорости резания при эксплуатации сверл до полной потери режущих свойств, кривая 1, и с применением критериев равного износа главной задней поверхностей h_3 , кривая 2, и уголков Δd , кривая 3, где Δd – уменьшение диаметра сверла у уголков. Испытывались сверла диаметром 10,2 мм по ГОСТ 10903-75, изготовленные из быстрорежущей стали Р6М5. Сверлились сквозные отверстия глубиной $3d$ в стали 45 (HB190) при скоростях резания $V = 0,1; 0,15; 0,2; 0,26; 0,35; 0,43; 0,5$ м/с и подаче $S_o = 0,23$ мм/об. Как видно из представленного рисунка вид графиков 1 и 2 совпадает лишь в диапазоне скоростей резания 0,35 – 0,5 м/с, тогда как вид графиков 1 и 3 совпадает практически во всем исследуемом диапазоне скоростей резания.

Рис.1. Зависимость наработки сверл от скорости резания:



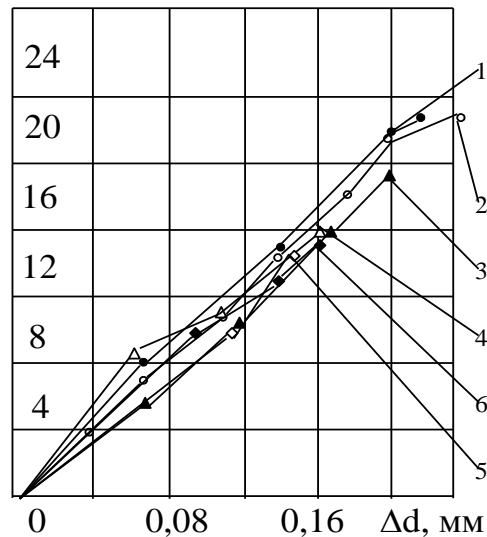
1 – до функционального отказа сверл; 2 – $h_z = 0,4$ мм; 3 – $\Delta d = 0,12$ мм.

h_z , мм



(а)

Кл, мм



(б)

Рис.2. Взаимосвязь износов главных задних поверхностей h_z , ленточек Кл с износом уголков сверл Δd , где: 1 - $V = 0,15$ м/с; 2 - $V = 0,2$ м/с;
3 - $V = 0,26$ м/с; 4 - $V = 0,35$ м/с; 5 - $V = 0,43$ м/с; 6 - $V = 0,5$ м/с;

Уголок является точкой пересечения главной и вспомогательной режущих кромок сверла и линии пересечения главной задней поверхности и вспомогательной (ленточки), поэтому он в равной мере является частью их обеих. Износ уголков сверла Δd является величиной уменьшения диаметра сверла у уголков по причине износа как главных задних поверхностей, так и ленточек инструмента. В связи с этим можно допустить, что износ уголков характеризует величину износа как главных задних поверхностей сверл так и ленточек. На рис.2 представлены графики, показывающие взаимосвязь износов главных задних поверхностей и уголков сверл, рис.2.а, и износов ленточек и уголков инструмента, рис.2.б. Из представленных рисунков видно, что взаимосвязь между износом ленточек и износом уголков сверл не зависит от скорости резания и практически однозначна для всего диапазона скоростей резания применяемых в автоматизированном производстве.

Взаимосвязь между износом главных задних поверхностей и износом уголков однозначна и не зависит от скорости резания в диапазоне скоростей резания от 0,26 до 0,5 м/с. Это позволяет сделать вывод, что по величине износа уголков можно судить о величине износа ленточек сверл работающих с любой скоростью резания, применяемой в автоматизированном производстве. Что касается величины износа главных задних поверхностей, то износ уголков сверла является его характеристикой в диапазоне скоростей резания, при которых износ главных задних поверхностей является преобладающим в формировании отказа сверл.

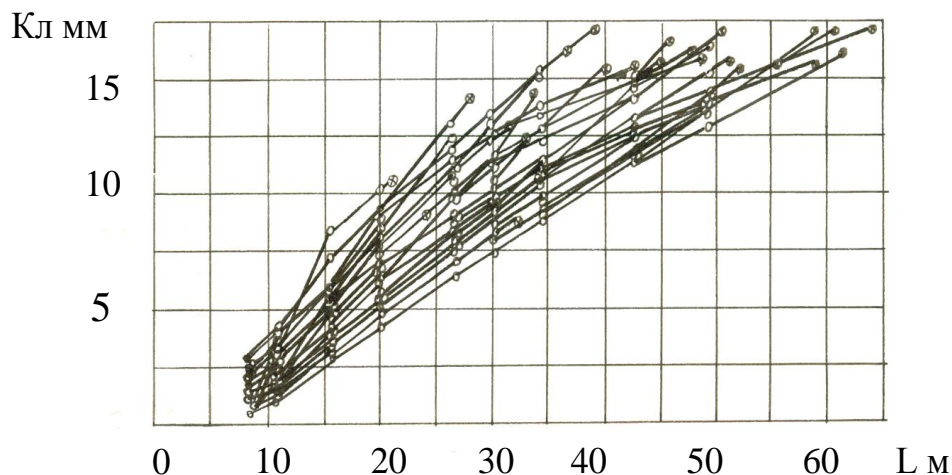


Рис.3. Зависимость износа ленточек сверл Кл от наработки L (где наработка L – общая длина просверленных отверстий)

На рис.3. приведены результаты производственных испытаний быстрорежущих спиральных сверл диаметров 9,8 мм при сверлении углеродистой конструкционной стали (HB200). Испытывалась партия сверл в количестве 25 штук. Сверла эксплуатировались до полной потери режущих свойств, то есть до функционального отказа. Из представленного рисунка видно, что отказы сверл имели место при износе ленточек Кл более 10 мм, Кл = 10 мм можно считать границей безотказной работы этих сверл. Из рис.2б можно определить величину износа уголков сверл Δd при данной величине износа ленточек. Для износа ленточек Кл = 10 мм величина износа уголков Δd составляет от 0,1 до 0,12 мм. Величина износа уголков сверл $\Delta d = 0,1$ мм может быть принята как критерий оптимального износа, гарантирующий безотказную работу быстрорежущих спиральных сверл данного диаметра при обработке углеродистых конструкционных сталей в диапазоне скоростей резания применяемых в автоматизированном производстве. Удаление 10-ти миллиметрового участка рабочей части сверла при переточке будет гарантировать полное восстановление его работоспособности, а значит и максимальную суммарную стойкость. Величина износа Δd может быть измерена без снятия сверла со станка, что дает возможность автоматизации контроля износа инструмента в процессе эксплуатации.

Список литературы

1. Грановский Г.И. Стабильность работы режущего инструмента на автоматических линиях / Г.И. Грановский, Е.Д. Баклунов, К.П. Панченко. // Автоматизация и механизация производственных процессов в машиностроении. - 1967. - с. 62-85
2. Грановский Г.И. Резание металлов / Г.И. Грановский и др. - М.: Машгиз, 1954
3. Общемашиностроительные нормативы режимов резания сверлами из современных марок быстрорежущих сталей. - М.: НИИМАШ, 1978. - 47 с.

4. Рагрин Н.А. Влияние износа отдельных рабочих элементов на характер формирования отказа быстрорежущих спиральных сверл./ Н.А.Рагрин // Известия КГТУ им. И. Раззакова. – Бишкек. 2009.-Вып.19. – С.19-24.

5. Рагрин Н.А. Выбор режимов резания быстрорежущих спиральных сверл / Н.А. Рагрин, А.Е. Древаль // И.л. № 1212(4079). – Ф.: НИИНТИ, 1987. – 3 с.

УДК 621.9.022.2

ВЫБОР РЕЖИМА РЕЗАНИЯ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ ПЛОСКОСТЕЙ ТОРЦЕВЫМИ ФРЕЗАМИ, ОСНАЩЕННЫМ ТВЕРДОСПЛАВНЫМИ ПЛАСТИНКАМИ

Самсонов Владимир Алексеевич, к.т.н., профессор КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: aebrat@mail.ru

Даниленко Борис Дмитриевич, к.т.н., доцент МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, Б-5, 2-я Бауманская 5, e-mail: danilenko@bmstu.ru

Цель статьи - разработка рекомендаций по выбору режимов резания при фрезеровании плоскостей на станках с ЧПУ твердосплавными пластинками.

Ключевые слова: фрезерование, режим резания, подача, скорость резания, шероховатость поверхности, припуск, стадии обработки, стойкость.

SELECTING THE CUTTING IN FACE MILLING END MILLS, EQUIPMENT CARBIDE PLATE

Samsonov Vladimir Alekseevich, Ph.D., professor of KSTU. I.Razzakova, Kyrgyzstan, 720044 Bishkek, Mira 66, e-mail: Aebrat@mail.ru

Danilenko Boris Dmitrievich, Ph.D., associate professor of MSTU. N.E. Bauman, Moscow, B-5, 2nd Bauman 5, e-mail: danilenko@bmstu.ru

The purpose of the article - to develop recommendations on the selection of cutting conditions when milling surfaces on machine tools, carbide CNC plate.

Keywords: milling, cutting mode, feed, cutting speed, surface roughness, allowances, treatment step resistance.

При выборе режимов резания по общемашиностроительным нормативам и специальным справочникам [1,2,3] могут возникнуть следующие трудности:

1. Во многих случаях представленные в них материалы широко не используются в машиностроении;

2. Нормативные материалы в них представлены в виде объемных таблиц, и рекомендуемые режимы нельзя использовать для конкретных заданных условий.

В связи с этим предлагаются достаточно конкретные рекомендации по выбору режимов резания, требующие наличия простейшей вычислительной техники (микрокалькуляторы).

При фрезеровании плоскостей торцевыми фрезами может использоваться различное количество стадий обработки в зависимости от метода получения и точности заготовки, а также требуемой точности детали.

Черновая (I) стадия обработки позволяет получить от 14 до 16 квалитет точности линейных размеров с шероховатостью поверхности Rz 25-50 мкм.

Получистовая (II) стадия обработки позволяет получить 12-13 квалитет точности с шероховатостью Ra 12,5 мкм.

Чистовая (III) стадия обработки позволяет получить 10-11 квалитет точности и шероховатости Ra 6,3 мкм.

Отделочная (IV) стадия рассчитана на получение 7-9 квалитет точности и шероховатости Ra 3,2 мкм.

Установление количества стадий обработки и глубины резания (величины припуска) при работе на каждой стадии.

Исходя из точности заготовки, толщины детали, установленной на станке, и необходимой точности обрабатываемой детали, по таблице 1 устанавливаются количество стадий обработки и величина снимаемого припуска на каждой стадии.

Общий припуск на обработку равен сумме припусков на всех стадиях.

Для заданной стадии обработки припуск (глубина резания) равен t , мм.

Таблица 1

Ориентировочные значения глубины фрезерования в зависимости от размеров детали и стадии обработки

Выполняемый размер (под снимаемым припуском) мм,	Квалитет заготовки			
	17,16,15	14	13,12	11
	Квалитет детали			
	14	12,13	11,10,9	7,8
	Стадии обработки			
	I-черновая	II-получистовая	III-чистовая	IV-отделочная
Глубина фрезерования, t , мм, не менее				
80	5,0	2,0	0,90	0,40
120	5,5	2,1	0,95	0,45
180	6,0	2,3	1,0	0,50
250	6,5	2,5	1Д	0,55
315	7,0	2,7	1,2	0,60
400	7,5	2,9	1,3	0,65
500	8,0	3,10	1,4	0,70
630	8,5	3,60	1,6	0,80

Выбор значения подачи на зуб D^{n1}

$$S_z = C_c \frac{D^{n1}}{t^{n2}} * K_1 * K_2 * K_3 * K_4 * K_5, \text{ мм/зуб}$$

Значения параметров формулы приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Стадия обработки	Группа подач	Обрабатываемый материал	C_s	n_1	n_2
I	I	Сталь	0.032	0.41	0.41
		Чугун	0.048	0.46	0.33
		Сплавы Al и Cu	0.083	0.47	0.37
	II	Сталь	0.029	0.41	0.46
		Чугун	0.043	0.46	0.40
		Сплавы Al и Cu	0.067	0.46	0.36
	III	Сталь	0.03	0.35	0.49
		Чугун	0.036	0.42	0.40
		Сплавы Al и Cu	0.045	0.47	0.40

II	-	Сталь	0.013	0.50	0.26
		Чугун	0.021	0.62	0.26
		Сплавы А1 и Cu	0.041	0.57	0.25
III	-	Сталь	0.009	0.498	0.403
		Чугун	0.024	0.535	0.366
		Сплавы А1 и Cu	0.034	0.548	0.349

Различные группы подач установлены для черновой стадии обработки. При выборе группы подач следует руководствоваться следующими соображениями:

Группа I. Фрезерование жестких деталей, закрепленных непосредственно на столе станка, имеющего достаточную жесткость, при небольших вылетах фрез.

Группа II. Фрезерование деталей средней жесткости в жестких приспособлениях на станках средней жесткости при небольших вылетах фрезы.

Группа III. Фрезерование нежестких деталей в приспособлениях средней жесткости на станках пониженной жесткости при больших вылетах фрезы.

K_1 – поправочный коэффициент, характеризующий твердость обрабатываемого материала:

$$K_1 = \frac{C_{sm}}{(HB)^{n_3}}$$

Значения параметров C_{sm} и n_3 приведены в таблице 3.

Таблица 3.

Обрабатываемый материал	C_{sm}	n_3	C_{sm}	n_5	n_6
Сталь	112,8	0,885	0,008	0,371	0,594
Чугун	143	0,95	0,005	0,54	0,79
Медные сплавы	4,13	0,286	0,006	0,585	0,68
Алюминиевые сплавы	9,6	0,492	0,006	0,585	0,68

K_2 – поправочный коэффициент, характеризующий величину главного угла в плане φ ;

$$K_2 = \frac{17,3}{\varphi^{0.0705}}$$

Где K_2 – поправочный коэффициент, характеризующий способ крепления пластины и наличие износостойкого покрытия, определяется по таблице 4.

Таблица 4.

Механическое крепление пластины (МКП)	Крепление пластины пайкой	При наличии покрытия на пластине
1.0	1.1	1.2

K_4 – поправочный коэффициент, характеризующий схему установки фрезы относительно заготовки:

- при симметричной установке $K_4=0,5$
- при несимметричной установке $K_4=1,0$

K_5 – поправочный коэффициент, характеризующий материал режущей части, устанавливается по таблице 5.

Таблица 5.

Обрабатываемый материал	T5K10	T14K8	T15K6	BK6M	BK4 BK6	BK10-ом	BK8B	BK8
Сталь	1,25	1,10	1,00	-	-	-		0,80
Чугун, сплавы А1 и Cu	-	-	-	0,65	0,75	1,20	1,10	1,00

После вычисления значения подачи проводится возможности получения заданной шероховатости при работе на данной подаче. Эта проверка выполняется, если фреза работает на III стадии обработки, т.е. чистовой.

Допустимая по шероховатости поверхности подача вычисляется по формуле:

$$S_{zш} = C_{шш} * D^{n5} * R_a^{n6}, \text{ мм/об}$$

Значения параметров приведены в таблице 3.

После вычисления значения S_z оно сравнивается со значением, полученным по формуле (1), и для работы выбирается меньшее значение.

$t^{xv} S^{yv}$

Выбор скорости резания, V м/мин.

Скорость резания при фрезеровании плоскостей торцевыми фрезами подсчитывается по формуле:

$$V = \frac{C_v * K_1 * K_2 * K_3 * K_4 * K_5 * K_6}{t^{xv} S^{yv}} \text{ м/мин.}$$

Значение параметров, входящих в формулу, приведены в таблице 6.

Поправочные коэффициенты на скорость резания при фрезеровании.

K_1 – поправочный коэффициент, характеризующий твердость обрабатываемого материала:

$$K_1 = \frac{C_{HB}}{(HB)^{n1}}.$$

Значение параметров приведены в таблице 6.

Таблица 6

Обрабатываемый материал	C_v	X_v	Y_v	C_{HB}	n_1
Сталь	122	0,056	0,455	137	0,92
Чугун	69	0,084	0,50	918	1,3
Медные сплавы	176	0,039	0,561	8,42	0,43
Алюминиевые сплавы	176	0,039	0,561	136	1,09

K_2 – поправочный коэффициент, характеризующий инструментальный материал режущей части фрезы. Значения K_2 приведены в таблице 7.

Таблица 7

Обрабатываемый материал	T5K10	T14K8	T15K6	BK3M BK6M	BK4 BK6	BK10- OIVI	BK8B	BK8
Сталь	0,80	0,90	1,00	-	-	-	-	1,10
Чугун, мелкие и алюминиевые сплавы				1,25	1,15	0,80	0,90	1,00

K_3 – поправочный коэффициент, характеризующий состояние поверхности заготовки.

При фрезеровании поверхности без корки $K_3=1,0$; по корке $K_3=0,80$

K_4 – поправочный коэффициент, характеризующий главный угол в плане ϕ ;

$$K_4 = \frac{3.24}{\phi^{0.285}},$$

K_5 – поправочный коэффициент, характеризующий отношение ширины фрезерования B , мм к диаметру фрезы D , мм.

$$K_5 = \frac{0,917}{(B/D)} 0,324.$$

K_6 – поправочный коэффициент, характеризующий принятый период стойкости фрезы T , мин.

$$K_6 = \frac{4,2}{T^{0,5}}.$$

Период стойкости фрезы выбирается в зависимости от заданной производительности, требований к уровню расхода инструмента, конструкции фрезы и др. параметров и может устанавливаться в диапазоне от 30 до 360 мин. Нормативный период стойкости равен 60 мин.

K_7 – поправочный коэффициент, характеризующий способ крепления режущей пластины и наличие износостойкого покрытия. Значения коэффициента K_7 приведены в таблице 8

Таблица 8

Механическое крепление пластины	Крепление пластины пайкой	Наличие покрытия на режущей части
1,00	1,15	1,25

K_8 – поправочный коэффициент, характеризующий использование СОЖ;

-при работе с охлаждением $K_8=1,0$

-при работе без охлаждения $K_8=0,85$

Определение частоты вращения шпинделя фрезерного станка n , об/мин.

$$n = \frac{1000V}{\pi D}, \text{ об/мин.}$$

Полученное значение n выбирается на возможность его использования на выбранном оборудовании. Основные технические данные станка с ЧПУ фрезерной группы приведены в таблице 9

Таблица 9

Мо-дель станка	Размеры стола(длина, ширина),мм	Мощность привода, квт	Диапазон частоты вращения шпинделя, об/мин	Диапазон величин скоростей подачи стола, мм/мин
6P13Ф3	1600x400	7,5	40-2000	3-5000
6P13Ф3-1	1600x400	7,5	40-2000	3-5000
6P13PФ3	1600x400	7,5	40-2000	10-2100
6520Ф3-36	630x250	4	31,5-1600	5-1500
6520Ф3	630x250	4	31,5-1600	5-1500
6560Ф3-2	1600x630	15	25-125	1-4800
6Б443ГФ3	1250x600	5,5	31,5-2500	6-100
6Б444Ф3	2000x910	7,5	25-2000	1-3000

Необходимо отметить, что рассчитанные параметры режима резания можно рассматривать как приближенные, и они должны уточняться после анализа результатов пробных рабочих ходов.

Вывод: На основе анализа и компьютерной обработки имеющихся нормативных материалов [1,2,3] составлены рекомендации по выбору режимов резания при фрезеровании плоскостей на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ торцовыми фрезами, которые могут быть использованы технологами при составлении технологических карт обработки различных изделий.

Список литературы

1. Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с ЧПУ. Справочник /Под. Ред. В.И. Гузеева. –М.: Машиностроение, 2005.-368 с.
2. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных многоцелевых станках с ЧПУ. В двух частях. Часть II. Нормативы режимов резания – М.: Экономика, 1990. – 470 с
3. Общемашиностроительные нормативы режимов резания: Справочник в 2-х т., т. 1 / А.Д. Локтев и др. – М.: Машиностроение, 1991. - 640 с

УДК.: 658.8.035.2:621.3.031

ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ТАРИФОВ НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ

Бузурманкулова Чолпон Мейманалыевна, ст.преподаватель кафедры «Электроэнергетика им. Дж. Апышева» , КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызста, 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: buzurmankulova79mail.ru

Рассмотрены основные виды тарифов на электроэнергию и краткие сведения о них. Их общая характеристика методы определения и область применения.

Ключевые слова: тариф, двух ставочный тариф, дифференцированный тариф, заявленная мощность, часы минимальных нагрузок, активная энергия.

BASIC TYPES OF TARIFFS ON ELECTRIC POWER

Buzurmankulova Cholpon Meimanalyevna, senior teacher departments "Electroenergy the name of G. Apyshef", Kyrgyzstan, 720044c.Bishkek, KSTU named after I.Razzakov e - mail: buzurmankulova79mail.ru

The basic types of tariffs are considered on electric power and short information about them. Their general description is methods of determination and application domain.

Keywords: tariff, double-rate tariff, differentiatedtariff, declared power, clock of the minimum loading, active energy.

Тарифы должны быть ясными по своей цели и обеспечивать простоту измерений энергии и расчетов с потребителями.

Основные виды тарифов на электроэнергию

1.Тариф по активной энергии.

Существует два вида двухставочного тарифа.

2. Первый вид двухставочного тарифа:

2.1. С основной ставкой за мощность присоединенных приемников и плюс дополнительная ставка за 1 кВт·ч активной энергии, учтенной счетчиками.

3. Второй вид двухставочного тарифа:

3.1. С основной ставкой за мощность потребителя, участвующую в максимуме энергосистемы и плюс дополнительная ставка за энергию в киловатт-часах, учтенную счетчиками.

4. Дифференцированный тариф по времени суток, сезона года, предусматривает ставку за активную энергию, учтенную счетчиками, но при тарифах (ставках) за энергию, изменяющихся в течение времени суток и сезону года.

Тариф по активной энергии, учтенной счетчиками, предусматривает плату П за энергию, учтенную счетчиками:

Плату за электроэнергию можно определить по выражению

$$\Pi = \mathcal{E}b \quad (1)$$

где b — тарифная ставка за 1 кВт·ч потребленной электроэнергии (тыйын/кВт·ч); \mathcal{E} — количество потребленной энергии, учтенной счетчиками (кВт·ч)

Эта система тарифа широко используется при расчетах с населением и другими непромышленными потребителями.

Потребитель, не использующий энергию в рассматриваемый отчетный период, не несет расходов, связанных с издержками энергоснабжающих организаций, обеспечивающих подачу электроэнергии в любой момент времени. [1].

Тариф по активной энергии может иметь несколько разновидностей - со скользящей, ступенчатой и дифференциальной шкалами в зависимости от количества потребленной энергии.

В качестве примера на рис.1 использованы данные по Кыргызстану в период с 1997 по 2008 год. [2].

На примере видно, что чем больше потребление электроэнергии, тем дороже оплата за нее. Единый тариф не стимулирует население экономить электроэнергию, так как оплата идет независимо от количества потребленной электроэнергии (2006, 2008 г.).

Двух ставочный тариф с основной ставкой за мощность присоединенных электроприемников.

Основная ставка предусматривается за величину суммарной присоединенной электрической мощности. Под последней понимают мощность понизительных трансформаторов, электродвигателей и других электроприемников, присоединенных непосредственно к подстанциям. Помимо указанной ставки предусматривается также дополнительная ставка за 1 кВт·ч активной энергии, учтенной счетчиками.

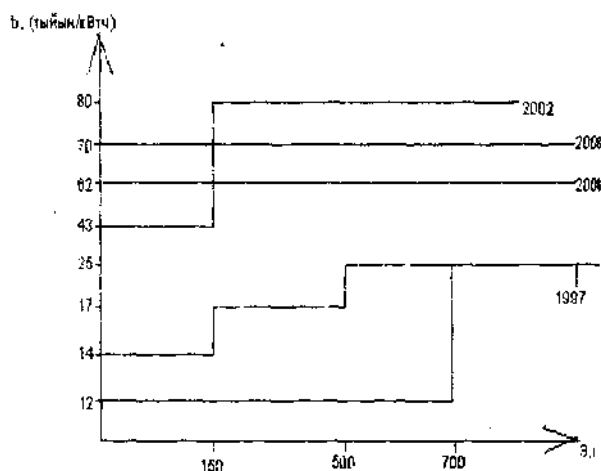


Рис.1. Характеристика тарифа по активной энергии

Общее выражение платы за электроэнергию для данного тарифа имеет вид:

$$\Pi = P_n a + \mathcal{E}b \quad (2)$$

где P_n — присоединенная мощность (кВА); a — основная ставка за 1 кВт присоединенной мощности (сом/месяц); b — дополнительная ставка за 1 кВт·ч, учтенной счетчиками (тыйын/кВт·ч). Для промышленных потребителей оплата зависит от присоединенной мощности и потребленной электроэнергии, учтенной счетчиком.

Двух ставочный тариф с основной ставкой за мощность потребителя, участвующей в максимуме энергосистемы.

Этот тариф учитывает не вообще максимальную мощность потребителя, а заявленную им единовременную мощность, участвующую в максимуме энергосистемы (\mathcal{E}), $P_{\text{зmax}}$

Таким образом, если максимум нагрузки ЭС имеет место, например, между 8—10 и 19—20 ч, и заявленная мощность равна P_{\max} , то оплате подлежит сумма, равная $P_{\max}a$, где a — основная ставка за 1 кВт, участвующий в максимуме ЭС. Если фактическая мощность потребителя от 8 до 10 и от 19 до 20 ч не превзошла это значение, а в другие часы была выше или ниже P_{\max} , то сумма платежей за мощность не изменяется.

Помимо указанной основной ставки предусматривается дополнительная ставка за энергию в киловатт-часах, учтенную счетчиками.

Общая плата за электроэнергию при этой системе тарифа будет

$$\Pi = P_{\max}a + \Delta b \quad (3)$$

Рассмотренный тариф может предусматривать дифференцирование дополнительной платы со сниженной ставкой за энергию, потребленную в часы минимальных нагрузок ЭС (обычно в часы ночного провала графика).

В этом случае платежи за электроэнергию определяются по выражению:

$$\Pi = P_{\max}a + (\Delta - \Delta_n)b_2 + \Delta_n b_2 \quad (4)$$

где Δ_n — энергия, потребленная в часы минимальных нагрузок ЭС; Δ — общее потребление энергии; b_1 — дополнительная плата за энергию, потребленную в часы минимальных нагрузок; $b_2 > b_1$ — дополнительная плата за энергию, потребленную в течение других часов.

Дифференцированный тариф

Дифференцированный тариф по времени суток, сезону года является одноставочным, т.е. предусматривает ставку за активную энергию, учтенную счетчиками, но при тарифах (ставках) за энергию, изменяющуюся в течение времени суток. Обычно предусматриваются следующие три тарифа: за энергию, потребленную в часы ночного провала нагрузки b_1 , в часы полупиковой нагрузки b_2 и в часы утреннего и вечернего максимумов b_3 , причем $b_1 < b_2 < b_3$. В рассматриваемом тарифе предусматривается ступенчатая тарифная ставка только для части потребленной энергии в рассматриваемом пределе, т.е.

$$\Pi = \Delta_1 b_1 + \Delta_2 b_2 + \Delta_3 b_3 = \Delta_2 b_2 + (\Delta - \Delta_1 - \Delta_3) b_2 + \Delta_3 b_3 \quad (5)$$

Широко используемый в Европе крупных городах России метод дифференцированных тарифов направлен на уменьшение пиковых нагрузок на энергосистему и повышение ее экономичности. При работе на максимальных мощностях и переходных режимах увеличивается расход топлива, происходит интенсивный износ оборудования, увеличиваются риски цепных отключений нагрузки. Поэтому можно считать, что этот метод в первую очередь ориентирован на соблюдение интересов производителей, ответственных за надежное и эффективное функционирование энергосистемы. Обеспечить необходимые режимы работы генерирующих установок производящие компании могут только во взаимодействии с потребителями энергии [3], так как потребители могут выступать в роли регуляторов.

Список литературы

1. Михайлов В.В. Тарифы и режимы электропотребления / В.В. Михайлов. - М.: Энергоатомиздат, 1986.
2. Постановление заседания Исполнительного совета Государственного агентства по энергетике при Правительстве Кыргызской Республики № 1-п от 28 января 1997. № 3-п от 16 февраля 1998. № 148-п от 20 декабря 2001. № 2-п от 13 апреля 2006. № 189 от 29 мая 2008.
3. Журнал Энергосбережение 2008. - №6. - с.10

УДК.:621.311.214:621.45.018.2

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ МИКРОГЭС

Акпаралиев Руслан Абдысаматович, преподаватель КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызста, 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: ruslan.akparaliiev@gmail.com

Цель статьи - разработка и создания энергетического стенда для проведения экспериментально-модельных исследований гидромеханического оборудования, электрической части маломощных генераторов, а так же другого электрического оборудования микроГЭС.

Ключевые слова: микро ГЭС, турбина, генератор, энергетический стенд, бак, насос, ротор тормоза, статор, весы, расход, напор.

EXPERIMENTAL BENCH FOR MICRO POWERSTATION

Akparaliev Ruslan, lecturer, Kyrgyzstan, 720044, c.Bishkek, KSTU named after I.Razzakov, e-mail: ruslan.akparaliev@gmail.com

The purpose of the article - the development and creation of an energy bench for experimental and modeling studies of hydromechanical equipment, low-power electrical generators, as well as other micro hydroelectric equipment.

Keywords: micro hydropower plants, turbine, generator, power bench, tank, pump, brake rotor, stator, scales, flow, pressure.

В настоящее время уровень состояния энергетики является определяющим фактором успешного социально-экономического развития страны. Однако проблема энергоснабжения потребителей расположенных в труднодоступных отдаленных горных районах связана с такими трудностями как отдаленность, труднодоступность, большая рассредоточенность при малой потребной мощности потребителей. Эти особенности, как правило, порождают определенные сложности с доставкой и потреблением традиционного топлива как уголь, нефть, газ.

В условиях Кыргызской республики энергоснабжение еще усугубляется тем, что в традиционных энергоносителях республика испытывает большой дефицит, так как собственные добычи не достаточно и эти ресурсы вынуждены экспортировать из соседних стран как Узбекистан, Казахстан, Россия. В данной ситуации необходим поиск нетрадиционных технологий энергоснабжения потребителей. Одним из таких путей решений проблем энергоснабжения маломощных потребителей расположенных в децентрализованных районах является использование энергии горных водотоков с помощью микрогидроэлектростанции. Организация производства таких установок требует проведения тщательных испытаний перед внедрением в эксплуатацию. А как правило испытания гидротурбин можно провести на энергетических экспериментальных стендах. Существует большое разнообразие стендов и экспериментальных установок для определения технических параметров гидроагрегатов и определения его рациональных параметров. Однако это в основном касается машин большой мощности. В настоящее время практически отсутствуют экспериментальные стенды для низконапорных микро ГЭС (Н:1,5-2 м).

Настоящая статья посвящена описанию и результатам работ связанных с созданием экспериментального стенда для разработки и создания энергетического стенда для проведения экспериментально-модельных исследований гидромеханического оборудования, разработки и синтеза различных конструкций низконапорной микроГЭС, систематизации разнообразных компоновочных схем проектирования гидротехнических сооружений, подбора и разработки маломощных гидрогенераторов, их систем возбуждения, регулирования напряжения и частоты, релейной защиты и автоматики, а так же другого электрического оборудования представляется чрезвычайно важной и актуальной задачей.

Экспериментальный стенд (рис.1) состоит из баков верхнего 1 и нижнего 2 бьефов, емкости 3 и насоса 4. Между баками монтируется модель турбины 5, причем выдерживается

геометрическое подобие и спиральной турбинной камеры, и отсасывающей трубы. При работе модели вода протекает через турбину из бака 1 в бак 2, где производится измерение расхода мерным водосливом 6, который, как правило, должен тарироваться объемным или массовым методом. Вода сбрасывается в емкость 3, из которой насосом 4 перекачивается в верхний бак 1. Таким образом осуществляется циркуляционная система.

С целью поддержания уровня в баке 1 в нем имеется водослив 7, через который сбрасывается в емкость 3 избыток воды, подаваемой насосом. Для успокоения и выравнивания потока служат решетки 8 и 9. Напор на энергетических стендах обычно составляет 2—4 м.

Основными измеряемыми величинами при испытаниях являются: расход Q , который находится по высоте на водосливе h , напор H , который берется по показаниям пьезометров 10 и 11 (потери до входа в спиральную камеру могут учитываться дополнительно), частота вращения n (определяется тахометром или по счетчику 12) и мощность, развиваемая турбиной N_B . Наибольшие трудности представляет измерение N_B . Для этой цели применяются различные тормоза, в большинстве случаев электрические. Ротор тормоза 13 соединяется с валом модельной турбины, а статор 14 укрепляется на подшипниках к раме 15. При вращении ротора силы магнитного взаимодействия (в механическом тормозе — силы трения) увлекают и статор, но он удерживается струной 16, выведенной на весы 17.

Испытания проводятся следующим образом. Устанавливается открытие направляющего аппарата и снимается несколько точек при различной частоте вращения n , которая изменяется тормозом. По измеренным величинам вычисляются приведенные параметры n_1 и Q_1 и составляется таблица величин $\eta_m = f_\eta(n_1, Q_1)$ для различных значений a_0 . По этим значениям строится универсальная характеристика. Кроме КПД, расхода и мощности при энергетических испытаниях определяются разгонная частота вращения, осевые усилия на рабочем колесе, усилия на лопастях рабочего колеса, лопатках направляющего аппарата и другие величины.

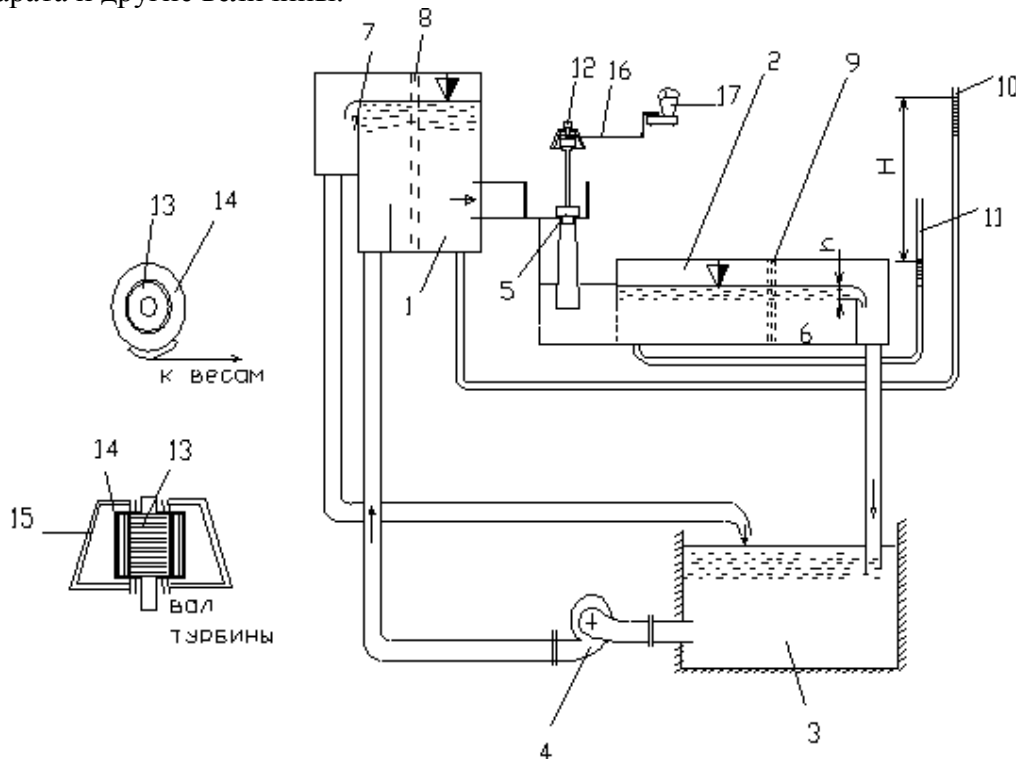


Рис. 1. Экспериментальный стенд для микроГЭС.

1. верхний бак; 2. нижний бак; 3. емкость; 4. насос; 5. турбина; 6. мерный водослив; 7. водослив; 8. решетка; 9. решетка; 10. пьезометр; 11. пьезометр; 12. счетчик; 13. ротор тормоза; 14. статор тормоза; 15. рама; 16. струна; 17. весы.

Экспериментальный стенд позволяет проведение большого комплекса исследований для изучения следующих основных задач:

1. Исследование гидравлических (потери напора по длине, местные потери, измерение расхода воды на водосливе, скорость воды, давление, мощность турбины и кпд.) и энергетических (система возбуждения, регулирования напряжения, частота, релейная защита и автоматика) характеристик турбинных блоков микроГЭС, включая проточный тракт гидротурбин или их элементы (спиральные камеры, отсасывающие трубы).

2. Разработка методики исследований турбинных блоков и построения универсальных характеристик.

3. Использование экспериментального стенда в учебно-лабораторных целях.

Вывод: Таким образом, разработка экспериментального стенда для микроГЭС предоставляет не только научную ценность, но может быть использована также для учебного процесса в качестве лабораторных работ

Список литературы

1. Гидравлика. / Под. ред. И.И. Агроскина. М.: Энергия.- 1964.
2. Модельные исследования гидротурбин/ Под ред. В.М. Малышева. Машиностроение. Ленинград, 1981.
3. Программа Финансового Инжиниринга по развитию Малых ГЭС в Кыргызстане. Отчет по информационному семинару. Бишкек, 20 Апреля 2004. The Norwegian-Kyrgyz cooperation on Small Hydro Power Stations. Energy Saving International AC
4. Рахимов К.Р. Гидроэнергетика Кыргызстана / К.Р. Рахимов, Ю.П. Беяков Б.: - Текник, 2006.

УДК 001

ОБРАБОТКА МЕТАЛЛА У ДРЕВНИХ КЫРГЫЗОВ

Курманалиев Б.К., КГТУ им. И. Раззакова, e-mail: beknur@mail.ru

Рассматривается технология обработки металлов у древних кыргызов на основе археологических материалов, найденных на территории Евразии: свободнаяковка, кузнечная сварка, литейное производство и т.д.

Ключевые слова: металл, орудие, изделие, медные рудники, шлаковые отвалы, ртуть, золото, плавки металлов, масса.

METAL PROCESSING IN ANCIENT KYRGYZ

Kurmanaliev B.K., KSTU. I. Razzakova, e-mail: beknur@mail.ru

We consider the metal processing technology of the ancient Kyrgyz people on the basis of archaeological materials found in Eurasia: Free forging, forge welding, foundry casting, etc.

Keywords: metal, gun, product, copper mines, slag heaps, mercury gold, metal smelting, mass.

Как отмечено в китайских источниках: «...их земля производит золота, железо и олово» Ванхуйту говорит: их государство имеет железо небесного дождя, его собирают, чтобы делать ножи и мечи, отличается от обычного- железо очень крепко и остро, работа

тоже отменно искусна. Ибо их земля производит железо. Они много пользуются щитами, луками и стрелами. Их лошади одеты в щиты от брюха и до ног».

Древние кыргызы были искусными воинами, постоянно сражающимися с другими племенами. Это привело к интенсивным поискам и изобретению новых видов орудий из легированных сплавов бронзы и к созданию и широкому внедрению железных сплавов, которые содействовали изменению и формированию культуры народностей.

Древние кыргызские кузнецы достигли выдающегося мастерства в изготовлении наконечников, стрел: свистящие, бронебойные, дальноточные, вращающиеся, легкие и др. С. В. Киселев отметил, что «...особенно велико было производство железных наконечников для стрел. С кыргызскими мастерами лишь в некоторой степени состязались в это время племена Прибайкалья, особенно так называемые крумчинские кузнецы». (одно из ветвей кыргызского рода). Об этом свидетельствует уже тот факт, что среди находок в Минусинском музее хранятся 4144 наконечника. В крупных сражениях участвовали до 100 тыс. воинов, для них необходимо было изготовить 2 млн. стрел различного вида.

Для вооружения одного воина при крупных сражениях: наконечники стрел, сабли (мечи), копьязщитные доспехи и др. расходовалось 2,5 кг сплава железа, для вооружения и орудия труда резко увеличивались во время крупных сражений, для чего образовывались поселки кузнецов, как отмечает С. В. Киселев: «протяженность достигала двух-трех километров».

Древние кыргызские кузнецы (темир уста) хорошо владели технологией обработки металлов: свободной ковкой, кузнечной сваркой, пайкой металла, покрытием благородными металлами, литьем, штамповкой, волочением, чеканкой, гравировкой, и ювелирными работами.

Свободная ковка является основным технологическим процессом, при котором выполняется ряд кузнечных операций: вытяжка, высадка, рубка, резка, пробивка, прошивка отверстий, осадка изгибов, скручивание, обжатие и др. Металл, находящийся в пластичной деформации, обрабатывался с помощью кузнечнойковки путем холодного и нагретого кузнечного горна.

Кузнечная сварка применялась для соединения двух или более однородных и неоднородных металлов способы соединения были: 1) основания с режущей частью; рукояти с клинком; 2) на медную основу- железного клинка и лезвия; 3) многослойные железные и стальные пластинки; 4) на железную основу – стальные с режущей частью. Кузнечная сварка составляла 2-3,5% от всех найденных изделий.

Эволюция литейного производства. С древнейших времен (V тыс. До н.э.) литье производили открытой форме. В качестве форм использовали грунтовую землю и камень, изготавливали топоры, зеркала, ножи, стержни. Начиная с III тыс.л. до н.э. было освоено литье в закрытой форме, начали изготавливать изделия с улучшением поверхности.

Пайка металла предназначалась для соединения отдельных частей изделия, пайка у древних кыргызов было сильно развита, в основном применялась для изготовления ювелирных и бытовых изделий. В составе припая использовали серебро, медь, олово, свинец, цинк, сурьму и др. часто выдерживали золото, сочетания серебра-меди (4:1), олова-свинца (5:3), золота-серебра и др.

Припой получали путем плавки в тиглях с последующей механической обработкой: 1) с помощью напильника отплавляли и растирали в виде порошка; 2) с помощью волочения- проволоки.

Ювелирная работа. Среди различных видов ремесел на первом месте стояло ювелирное мастерство, которые высоко ценилось при дворе китайского императора. Сюда относились бронзовые, медные, серебряные, золотые изделия и украшения, которые отличались большим разнообразием и высокохудожественным вкусом, а также мастера изготавливали блюда, кубки, чаши, украшали конскую сбрую, предметы женского и мужского костюма, утварь с различными орнаментами.

Ювелирные мастера пользовались разнообразными приемами производства: ковка, литье, серебрение, золочение, штамповка, чеканка и гравировка. Большинство украшений покрывалось золотой или серебряной инкрустацией.

Инкрустацию на железные изделия наносили двумя способами:

1. На поверхность изделия наносился узор в виде параллельных желобков и наклоном в наружную сторону. В эти желобки закладывалась узкая серебряная полоска, затем поверхность заковывалась молотком, в результате – края серебряной полоски зажимались железом. Кроме этого древние мастера – ювелиры пользовались инкрустацией серебряных изделий различными камнями. Их вставляли в украшения сбруи, в кольца, в серьги, в браслеты. Мастера использовали для этой цели коралловые бусинки (шуру), которые были особенно популярны в женских украшениях, а также сердолик, перламутр. О древности традиции украшения вещей сердоликом свидетельствуют находки из Кенкольского могильника. Как пишет в своих трудах А.Н. Бернштам, здесь были обнаружены «серебряные накладки с гнездовой инкрустацией сердоликом, окруженным зернью».

2. На поверхность изделия наносились углубления под определенным углом треугольных пазов, которые выполнялись двумя способами: 1) одна треугольная ячейка перекрывала основание следующей, создавая непрерывную цепь углубления; 2) одна сторона треугольной ячейки являлась общей и острый угол треугольника перекрывался следующей.

На углубленном участке вставлялась серебряная проволока, при этом ширина должна быть немного больше, чем глубина паза; снаружи ювелирным молоточком производили вальцовку.

Штамповка изделия – кроме литья из бронзы и меди. Самым блестящим примером высокого мастерства штамповки из меда являются рельефные фигуры всадников и животных из кургана Коменского Чаа-гаса (рис. 6: 1-10.). Эти фигуры были штампованы из бронзовой тонкой пластинки доработаны резцом и зубчаткой. Прекрасно передано седельное убранство коня с бляхами и кистями, чепрак под седлом, уздечные ремни. Можно различать, что всадник безбород, с длинными волосами, стянутыми повязкой. Всадник, повернувшись назад стреляет из лука. Другой наиболее крупной бляхой является фигура разъяренного тигра, изображенного в прыжке с поднятыми лапками. Кроме них найдены фигуры бегущей пятнистых барсов, горных архаров, косуля, собак, диких кабанов, т.е. охота в лесу, погода – ясное и облачное.

Технология чеканки осуществлялась тремя способами;

1. Сосуд, выковывался, потом ему придавалась окончательная форма; внутрь наливался вар (или смола), на тулово наносился рисунок орнамента; с помощью ряда чеканов (пуансонов) и резцов углублялся фон; сам орнамент расчеканивался высоким рельефом.

Гравировку наносили резцами и молоточком. Ею украшали браслеты, фибулы, кольца. Гравировкой наносят более сложные орнаменты. Они имели тот же стиль, что и узоры, созданные серебрением. Характерны здесь узоры в виде тюльпанов, трилистников, пальметт, полупальмет, S – образные.

Волочение применялись для получения серебряных и золотистой проволоки с постоянным диаметром на определенной длине; предназначались для изготовления ювелирных изделий путем инкрустации; производили с помощью калибра или волочила изготовленные из твердого стали, установленные на стальном литье, с толщиной до 10мм, различные по диаметру, по форме – конической.

Список литературы

1. Антипина К.А.. Особенности материальной культуры и прикладного искусства южных киргизов / Антипина К.А. - Фрунзе: Академии наук Кирг. ССР.- 1962.- С.131-142
2. Кененсариев К.С. Древние кыргызы: / К.С.Кененсариев, Т.О.Ормонбеков Металлургия и металлообработка. – Б.- 2005

3. Киселев С.В. Древняя история Южной Сибири. / С.В. Киселев, - М. С. 184-303.
4. Евтюхова Л.А.. Археологические памятники енисейских кыргызов (хакасов).- / Л.А. Евтюхова. - Абакан. 1948.-С.95-102
5. Труды киргизской археолого –этнографической экспедиции.-М.:1968.-Т.5- Наука.- С..96-122
6. Сулайманов Э. Традиции обработки металлов у киргизов / Э.Сулайманов .- Фрунзе, 1982.
7. Труды киргизской археолого-этнографической экспедиции./Под ред. Г.Ф. Дебеца.- Фрунзе: - Академии наук Кирг. ССР, 1962.
8. Зиняков Н.М. История черной металлургии и кузнечного ремесла Древнего Алтая / Н.М. Зиняков.- Томск: - 1988
9. Наумов Д.В. Производства и обработка древних медных бронзовых изделий Минусинский котловины / Д.В.Наумов, СТ. новые методы в археологической исследованиях. М.: - 1963.- 146 с.

УДК 621.9.04-114

СТОЙКОСТЬ СВЕРЛ

Самсонов Владимир Алексеевич, к.т.н.,проф., Тутлис Валерий Петрович, к.т.н.,проф. КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66

Цель статьи – анализ стойкости спиральных сверл и методов оценки их износа. Приводятся результаты однофакторного и полнофакторного эксперимента с аппроксимацией полученных зависимостей. В результате проведения полнофакторного эксперимента получена зависимость стойкости сверл от основных факторов работы инструмента.

Авторами рассмотрена общая структура обеспечения стойкости режущего инструмента при обработке сверлением. Обосновано установлена зависимость стойкости и износа широко применяемого инструмента в обрабатывающей промышленности, проведен структурный анализ с использованием вероятностно-статистического метода и реальные данные получены по результатам оптимального планирования экспериментов.

В результате стойкость сверл повышенной точности может быть оценена полученной эмпирической зависимостью объединяющей основные характеристики инструмента.

Ключевые слова: стойкость, спиральные сверла, производство, процесс, сложные объекты, значимость, адекватность, критерий, факторы, рекомендации

STABILITY has CHECKED

Samsonov Vladimir Alexseevitch, Tutlis Valtry Petrovitch PhD (Engineering), Associate Professor, Kyrgyzstan, 720044, c.Bishkek, KSTU named after I.Razzakov

Happen to the results an onefactor and fullfactor of the experiment with aproximation of the got dependencies. As a result of undertaking fullfactor experiment is received dependency to stability have checked from the main factor of the functioning(working) the instrument.

As a result stability has checked raised accuracy can be evaluated got by empirical dependency uniting main features of the instrument.

Keywords: stability, spiral has checked, production, process, complex objects, value, adequacy, criterion, factores, recommendations

Одним из критериев оценки надежности сверла является срок службы, который оценивается стойкостью металлорежущего инструмента.

Цель статьи – анализ стойкости спиральных сверл и методов оценки их износа. Приводятся результаты однофакторного и полнофакторного эксперимента с аппроксимацией полученных зависимостей. В результате проведения полнофакторного эксперимента получена зависимость стойкости сверл от основных факторов работы инструмента.

Авторами рассмотрен прогноз стойкости режущего инструмента при обработке сверлением. Обосновано установлена зависимость стойкости наиболее широко применяемого инструмента при обработке отверстий, проведен структурный анализ с использованием вероятностно-статистического метода и реальные данные получены по результатам оптимального планирования экспериментов.

В результате стойкость сверл может быть оценена полученной эмпирической зависимостью, объединяющей основные характеристики инструмента.

Стойкость инструмента, существенно влияющая на производительность процесса с изменением геометрических параметров сверла вызывает увеличение осевой нагрузки, сил трения и приводит к потере устойчивости сверла в процессе резания [1].

Зависимость стойкости сверл от геометрических параметров сложная и обусловлена комплексом мало изученных законов влияния на конфигурацию стружки, распределения деформаций и теплоотвод [2]. Поэтому вопрос об экономической целесообразности применения сверл с различными углами решается до настоящего времени экспериментально.

Стойкость T при обработке отверстий, вызванная отклонениями геометрических параметров сверла, может быть представлена в общем виде как следствие влияния отдельных факторов

$$\Delta T = f(\alpha, a, \varphi, \acute{\omega}, \beta, dc) \quad (1)$$

где α – задний угол сверла, a – толщина срезаемого слоя, φ – угол в плане, $\acute{\omega}$ – угол наклона винтовой канавки, β – угол заострения режущего клина сверла, dc – толщина сердцевины.

В поисковых исследованиях эксперименты по стойкости ($V-T$) проводились при различных скоростях резания V для сверл, изготовленных из быстрорежущих сталей марок P18, P6M5, P14Ф4, P9K10, заточенных шлифовальными кругами из кубического нитрида бор (эльбор). Проведен эксперимент по пяти точкам при трехкратном повторении опытов. Полученные результаты опытов представлены зависимостями $y = f(x)$.

Функцию $y = f(x)$ интерполируем полиномом третьей степени

$$F(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 \quad (2)$$

В результате составлена система из четырех уравнений с четырьмя неизвестными a_0, a_1, a_2, a_3 .

$$\begin{aligned} a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 &= y_1 \\ a_0 + a_1x^2 + a_2x^2 + a_3x^3 &= y_1 \\ a_0 + a_1x^3 + a_2x^3 + a_3x^3 &= y_1 \\ a_0 + a_1x^4 + a_2x^4 + a_3x^4 &= y_1 \end{aligned} \quad (3)$$

Эта система уравнений имеет единственное решение, т.к. определитель системы не равен нулю. Определив значения параметров a_0, a_1, a_2, a_3 из системы уравнений (3), получим полином $F(a)$. Результаты экспериментальных данных обработаны на ЭВМ и представлены рис. 1. Одной из задач проведения экспериментов явилось обоснование выбора контролируемых параметров при совершенствовании действующего процесса механической обработки заготовки резанием.

Использование для этих целей статистических методов планирование эксперимента

Позволяют в значительной степени исключить интуитивный подход и заменить его научно обоснованной программой проведения исследования, включающей объективную оценку результатов экспериментов по всем этапам.

Основная цель планирования экспериментов заключается в нахождении совокупности варьируемых факторов, при которых выбранная целевая функция (стойкость сверл) принимает экстремальное значение и позволяет провести на каждом этапе надежную статистическую оценку.

На основании априорной информации, основанной на результатах поискового эксперимента (рис. 1), были выбраны основные уровни и интервалы варьирования факторов. Матрица планирования экспериментов, модель уровня регрессии, результаты и оценка экспериментов представлены в табл. 1. Рассматривались следующие факторы: X1 – процентное содержание ванадия в инструментальной стали в % - Φ, X2 – скорость резания в м/мин; X3 – подача инструмента в мм/об.

Для проведения гипотезы однородности использовался критерий Кохрена при соответствующих степенях свободы.

На следующем этапе обработки экспериментов определялись коэффициенты регрессии. Значимость коэффициентов регрессии определялась по критерию Стьюдента.

Затем проверяется гипотеза значимости коэффициента b уравнения регрессии (табл.1). В математическую модель исследуемого процесса включены только значимые коэффициенты. Получено уравнение регрессии

$$Y = 3,44 + 0,18X_1 - 0,16X_2 - 0,56X_3 \quad (4)$$

На следующем этапе производится проверка адекватности (4) по критерию Фишера. На основании полученного уравнения регрессии (4) эмпирическая зависимость представлена в виде

$$Y = 6,28 + 0,48X_1 - X_2 - 2,2X_3 \quad (5)$$

В результате оценки коэффициентов чувствительности уравнения (5) установлено, что фактор X3 оказывает большое влияние на показатель параметра оптимизации по сравнению с фактором X1 и, тем более, с фактором X2.

Следовательно, необходимо при наладке технологической системы большое внимание уделить фактору X3, а именно подаче, где большая доля влияния на стойкость инструмента.

В результате оценки экспериментов зависимость стойкости примет вид

$$T = (31,2 * \Phi^{0,18}) / (V^{0,16} * S^{0,56})$$

Выводы:

Процессы при обработке сверлением весьма сложны и недостаточно изучены, что затрудняет управлять выходными параметрами технологического процесса.

Управление процессами при обработке заготовок производится с использованием конструкции инструмента ряда элементов, оказывающих существенное влияние на показатели надежности технологии.

Список литературы

1. Барсов А.И. Технология инструментального производства / А.И. Барсов.-М.: Машиностроение,1967
2. Резников А.Н. Теплофизика резания / А.Н. Резников, -М.: Машиностроение,1969

УДК: 621.941-229.2:681.51

ИССЛЕДОВАНИЕ СКОРОСТИ ПОДАЧИ СУППОРТА СТАНКА НА ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ НАПРАВЛЯЮЩИХ

Юнусов Фархот Иссамухамедович, к.т.н, КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызстана, 720044, г. Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: Pharhot@rambler.ru

Неженко Олег Викторович, к.т.н.и.о доцент, КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызстана, 720044, г. Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: Nezeko10@.ru

Цель статьи – разработка автоматической системы управления режимами работы гидравлического суппорта токарного станка. является стабилизация скорости подачи инструмента и величины зазора в гидростатических направляющих, что дает повышение качества изделий и увеличение производительности труда. Поэтому разработка двухконтурной автоматической системы, одновременно обеспечивающей стабильность подачи инструмента и величины зазора в гидростатической паре независимо от колебания внешней нагрузки, является весьма актуальной задачей и решение её позволяет увеличить точность обрабатываемых деталей и повысить производительность труда.

Ключевые слова: система автоматического управления, датчик, частотный преобразователь, гидропривод станка, металлорежущий станок, инструмент.

STUDY OF FEED SPEED MACHINE GUIDEWAYS HYDROSTATIC GUIDE

Yunusov Farhod Issa Muhamedovich, Ph.D., KSTU. I. Razzakova, Kyrgyzstan, 720044 Bishkek, Mira 66, e-mail: Pharhot@rambler.ru

Nejenko Oleg Viktorovich teacher, KSTU. I. Razzakova, Kyrgyzstan, 720044 Bishkek, Mira 66, e-mail: Nezeko10@ru.

The purpose of the article - the development of the automatic mode control system of the hydraulic caliper lathe. It is to stabilize the tool feed speed and the size of the gap in the hydrostatic guide that gives increasing product quality and increasing productivity. Therefore, the development of dual-automated system, while ensuring the stability of tool feed and the gap in the hydrostatic pair regardless of fluctuations in external load, is a very urgent problem and its solution can increase the accuracy of the workpieces and improve productivity.

Keywords: automatic control systems, sensors, inverter, hydraulic machine, cutting machine tool.

Одним из основных показателей качества в машиностроении является точность изделия. Требования к точности изделий непрерывно возрастают. Точность геометрических размеров необходима не только для непосредственного выполнения изделиями их служебного назначения, но и является одной из предпосылок длительной работы их без потери первоначальной точности. Для этого в изделиях, создается так называемый «запас» точности служащий для компенсации физического износа, возникающего в изделиях в процессе их эксплуатации.

Огромная роль в деле технического перевооружения машиностроения принадлежит станкостроительной и инструментальной промышленностям, перед которыми стоит задача выпуска высокопроизводительных станков, обеспечивающих возрастающие требования к точности обрабатываемых деталей.

Также получают широкое развитие работы по модернизации механообрабатывающих станков путем оснащения их адаптивными системами управления, которые обеспечивают оптимизацию технологических процессов путем управления точностью и производительностью непосредственно в процессе обработки изделия на станках. Это управление основано на непрерывном получении информации, характеризующей влияние случайных и систематических факторов на выполнение технологического процесса.

Известно, что при проектировании высокоточных станков, предназначенных для чистовой, финишной обработки изделий машиностроения, проблемным вопросом является стабилизация скорости подачи инструмента и величины зазора в гидростатических

направляющих, что дает повышение качества изделий и увеличение производительности труда.

Наиболее широко в системах адаптивного управления применяют внесение поправки в размер динамической настройки путем изменения силы резания. Отличительная особенность такого способа – изменение в той или иной степени упругих перемещений всех составляющих звеньев размерной цепи, замыкающим элементом которой является расстояние между деталью и режущими кромками инструмента.

Существующие станки, предназначенные для чистовой обработки, которые имеют систему стабилизации скорости подачи инструмента, но в них отсутствует автоматическая система, стабилизирующая величину зазора в гидростатических направляющих, что приводит к снижению точности геометрических размеров изготавливаемых деталей.

Поэтому разработка двухконтурной автоматической системы, одновременно обеспечивающей стабильность подачи инструмента и величины зазора в гидростатической паре независимо от колебания внешней нагрузки, является весьма актуальной задачей и решение её позволяет создавать высокоточные станки[1].

В работе [1] была разработана адаптивная система регулирования рис.1. Одним из главных элементов разработки системы является объект регулирования - гидростатическая опора, поэтому необходимо исследовать его динамические характеристики.

Как правило, системы [1] на гидростатических направляющих имеют гидравлические приводы (см.рис 1.). Рассматривая принцип работы такого привода можно отметить влияние сил резания и дополнительные нагрузки на работу этого привода. С увеличением рабочей нагрузки пропорционально растут утечки в гидроцилиндре, что вызывает уменьшение скорости подачи рабочего органа станка от заданного значения. Для исследования и изучения этого процесса была разработана принципиально новая экспериментальная система контроля скорости подачи суппорта с использованием индукционного датчика скорости, которая в виду своей универсальности может устанавливаться и на другие типы станков. Принципиальная схема такой системы показана на рис 2.

Здесь 1-обрабатываемая заготовка, 2- гидроцилиндр подачи суппорта станка, 3- индуктивный датчик контроля увода суппорта по P_y , 4- индукционный датчик скорости перемещения суппорта, 5- гидростатическая опора, 6- ЭВМ для обработки сигналов, 7- информационный кабель.

Принцип работы системы: перемещения суппорта 2 измеряются индукционным датчиком скорости 4, полученный сигнал передается по кабелю 7 на микрофонный вход ЭВМ 6 через специальную схему, где сигнал записывается как звуковой сигнал, обрабатывается программой Cool Edit Pro и выводится на экран монитора. Как видно, принцип работы весьма прост, так как выходные параметры тока индукционного датчика соответствуют входным параметрам звукового порта ЭВМ. Максимальная частота тока в индукционном датчике 10кГц, напряжение до 25 мВ, а микрофонный вход может принимать сигналы с частотой тока от 10Гц до 44кГц с максимальным напряжением до 50мВ. Звуковая программа Cool Edit Pro, предназначена для обработки звуковых сигналов, позволяющая увидеть в виде графиков изменение сигнала датчика относительно времени, она также может выводить амплитудно-фазочастотные характеристики сигнала.

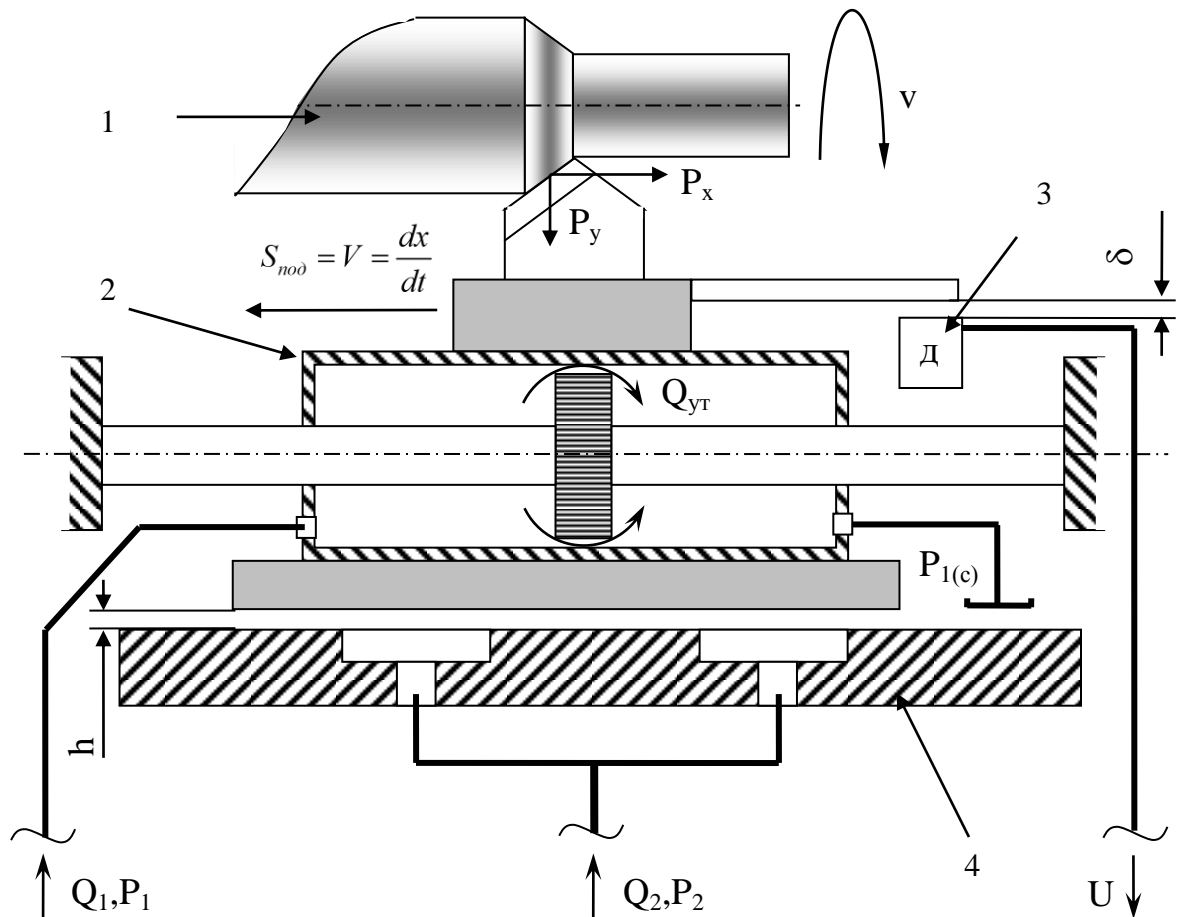


Рис.1., система в момент работы со всеми входными, выходными параметрами и действующими на неё силами,

где

- Q_1, P_1 - расход и давление входа ГЦ
- Q_2, P_2 - расход и давление входа ГО
- $P_{1(c)}$ - давление на выходе ГЦ
- $S_{под} = V = \frac{dx}{dt}$ - скорость перемещения стола (подача инструмента)

- v - скорость вращения заготовки
- утечки в ГЦ

- Q_{yt} - выходное напряжение датчика

1- заготовка, 2- суппорт с гидроцилиндром подачи, 3- индукционный датчик контроля увода стола по P_y , 4- гидростатическая опора.

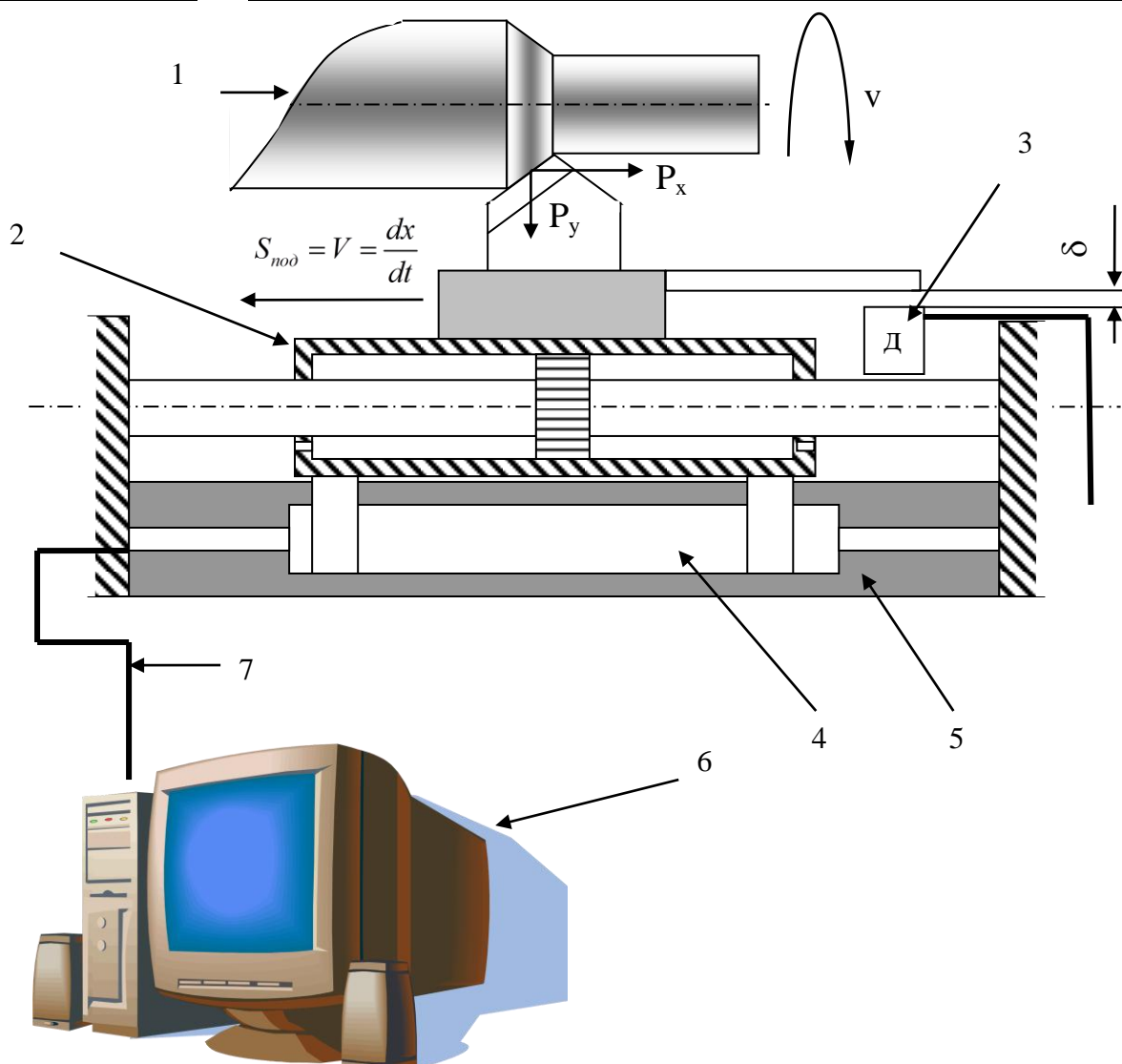


Рисунок 2. Принципиальная схема устройства измерения скорости подачи гидростатической опоры.

Вывод

Разработана новая автоматизированная система контроля скорости перемещения суппорта станка с использованием ЭВМ, которая в принципе простая и легкая в изготовлении.

Система позволяет исследовать изменения скорости исполнительного органа станка непосредственно в процессе обработки заготовки. Точность датчика довольно высока. ЭВМ позволяет получить с данные в наглядной и удобной форме в виде графиков и таблиц.

Список литературы

1. Ачеркан Н.С. металлорежущие станки в 2х томах / Н.С. Ачеркан, М.: - 1965.
2. Юнусов Ф. Разработка двухконтурной автоматической системы управления режимами работ станка на гидростатических направляющих / Ф.Юнусов, С. Усупов, КГТУ 2006.
3. Ящерин П.И. Основы резания материалов и режущий инструмент / П.И. Ящерин М.: - 1981
4. Режим доступа. www.kazus.ru/modules/Catalog/catalog/index.html

УДК.: 621.951.45.

ВЛИЯНИЕ ИЗНОСА ОТДЕЛЬНЫХ РАБОЧИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ХАРАКТЕР ФОРМИРОВАНИЯ ОТКАЗА БЫСТРОРЕЖУЩИХ СПИРАЛЬНЫХ СВЕРЛ

Рагрин Николай Алексеевич, д.т.н., профессор, КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: n_ragrin@mail.ru

Приведены результаты исследований по определению влияния износа отдельных рабочих элементов быстрорежущих спиральных сверл на потерю их работоспособности в широком диапазоне скоростей резания.

Ключевые слова: сверло, стойкость, скорость резания, износ, нарост, сила, момент.

INFLUENCE OF WEAR OF SEPARATE WORKING ELEMENTS ON NATURE OF FORMATION OF REFUSAL OF FAST-CUTTING SPIRAL DRILLS

Ragrin Nikolay Alekseevich, the Dr.Sci.Tech., professor, KGTU of I. Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Mira Ave. 66, e-mail: n_ragrin@mail.ru

Results of researches on definition of influence of wear of separate working elements of fast-cutting spiral drills on loss of their working capacity are given in the wide range of speeds of cutting.

Keywords: drill, firmness, cutting speed, wear, outgrowth, force, moment.

Как показали обследования автоматических линий [1,2], в общем балансе нецикловых потерь времени простоя технологического оборудования из-за режущего инструмента составляют 16-22%. На машиностроительных заводах спиральные сверла составляют от 11,3 до 22,8% от общего количества используемого инструмента, при этом в общем объеме централизованного производства режущего инструмента наибольший удельный вес занимают спиральные сверла (около 30%).

В результате многочисленных исследований определено, что зависимость наработки от скорости резания в широком диапазоне ее варьирования при работе быстрорежущими спиральными сверлами имеет экстремальный характер. Авторы работы [3] показывают, что диапазон скоростей резания соответствующих области экстремума этой зависимости используется в тех случаях, когда необходимо получить максимальную стойкость инструмента. Такие режимы применяют в условиях автоматизированного производства, особенностью которого является большое количество одновременно работающих инструментов, в том числе сверл, когда невозможно проконтролировать текущее состояние каждого из них.

Есть мнение, что отказ спиральных сверл обусловлен износом их главных задних поверхностей. Это положение зафиксировано в нормативах режимов резания [4] и принято для всего возможного диапазона скоростей сверления. Однако в процессе резания спиральным сверлом одновременно участвуют пять режущих лезвий (два главных, две ленточки и поперечное), каждое из которых по мере износа должно вносить свой определенный вклад в формирование отказа инструмента. Для определения характера влияния износа отдельных рабочих элементов сверл на потерю их работоспособности в широком диапазоне скоростей резания были проведены эксперименты со сверлами диаметром 10,2 мм по ГОСТ 10903-75, изготовленными из быстрорежущей стали Р6М5.

Сверлились сквозные отверстия глубиной $3d$ в стали 45 НБ190 при скоростях резания $V = 0,1; 0,15; 0,2; 0,26; 0,35; 0,43; 0,5$ м/с и подаче $S_0 = 0,23$ мм/об. Сверла изнашивались до полной потери работоспособности (отказа), в виде поломки, поэтому представилась возможность получить зависимости наработки сверл от скорости резания при отказе сверл и при применении критерия равного износа. Износ всех режущих лезвий сверл контролировался через каждые 50 – 100 отверстий. На рис.1 приведен графики зависимости наработки до отказа этих сверл от скорости резания, кривая 1, и график зависимости наработки сверл от скорости резания по критерию равного износа главных задних поверхностей $h_z = 0,4$ мм, кривая 2, и $h_z = 0,5$ мм, кривая 3. Как видно из представленного рисунка кривая 1 существенно отличается от кривых 2 и 3 значительно большей крутизной в диапазоне скоростей резания от 0,1 до 0,35 м/с. Это позволяет предположить, что здесь износ главных задних поверхностей является не единственным фактором, определяющим отказ сверл.

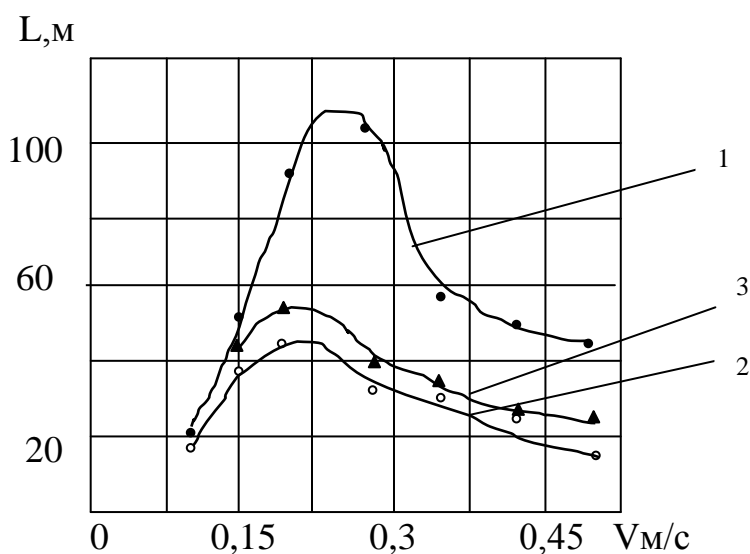


Рис.1. Зависимость наработки сверл от скорости резания:
1 – до функционального отказа сверл; 2 – $h_z = 0,4$ мм; 3 – $h_z = 0,5$ мм.

Эксперименты показали, что износ ленточек выражается в образовании прямой конусности по наружному диаметру сверла и при изменении скорости резания меняется лишь интенсивность нарастания прямой конусности. Изнашивание поперечной кромки, во всем диапазоне скоростей резания, приводит к образованию конуса на вершине сверла. Как видно на рис.2. У основания конуса образуется канавка. В дальнейшем форма вершины сверла практически не меняется, вплоть до отказа инструмента, что не дает основания считать износ поперечной кромки причиной отказа сверла. Внешний вид износа главных задних поверхностей и величина их износа при отказе сверл менялись с изменением скорости резания. Как видно на рис.2 при работе в диапазоне скоростей резания от 0,1 до 0,26 м/с изношенные участки главных задних поверхностей имеют глубокие борозды. Это может быть результатом абразивного изнашивания при работе со скоростями резания 0,1 и 0,15 м/с и результатом абразивного воздействия отделившихся частиц нароста при работе со скоростями резания 0,2 и 0,26 м/с. На главных режущих кромках сверл, работавших с этими скоростями резания нарост наблюдался, как показано на рис. 3, который отсутствовал при работе сверл как с более низкими, так и с более высокими скоростями резания.

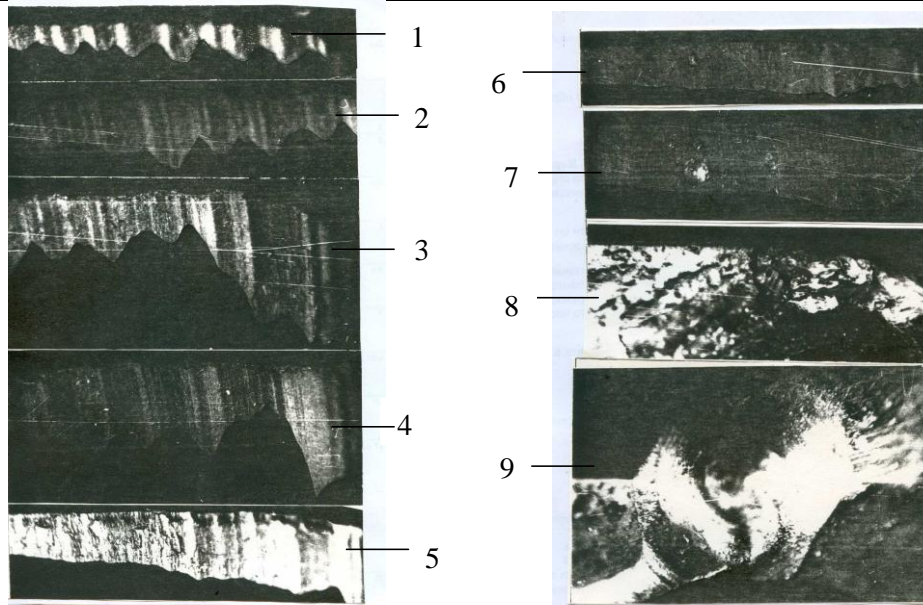


Рис.2. Износ задних поверхностей и поперечного лезвия при отказе сверл. Где: 1 - $V = 0,1$ м/с; 2 - $V = 0,15$ м/с; 3 - $V = 0,2$ м/с; 4 - $V = 0,26$ м/с; 5 - $V = 0,35$ м/с; 6 - $V = 0,43$ м/с; 7 - $V = 0,5$ м/с; 8 – вид задней поверхности у уголка, $V = 0,5$ м/с; 9 – износ поперечного лезвия.

При дальнейшем увеличении скорости резания вид изношенных участков меняется, они становятся гладкими, как показано на рис.2, что предполагает изменение физической природы изнашивания, связанной с увеличением температуры резания.

Нормативным критерием износа сверл данного диаметра является износ главных задних поверхностей $h_3 = 0,45$ мм [5]. На рис.4 видно, что к моменту отказа сверл, работавших со скоростью резания 0,1 м/с износ главных задних поверхностей не достиг нормативного критерия, при этом, как видно из рис.2, на главных режущих лезвиях не наблюдались следы существенных разрушений, что не позволяет считать этот вид износа причиной отказа данных сверл.

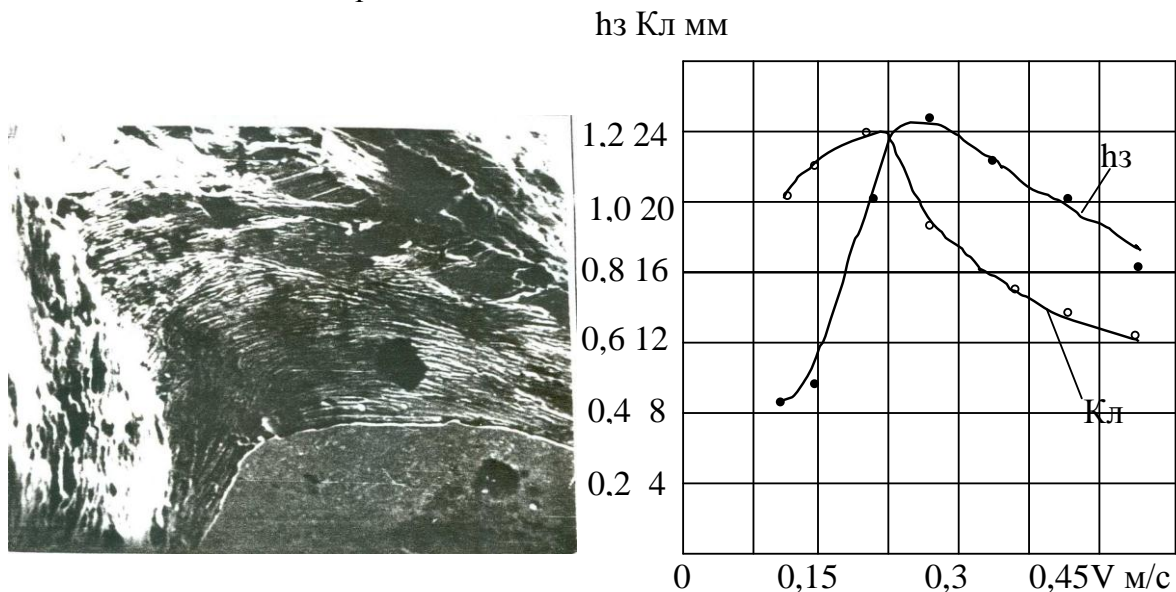


Рис.3. Нарост на главном режущем лезвии сверла, $V = 0,26$ м/с.

Рис.4. Зависимость величины износа задних поверхностей h_3 и ленточек $Kл$ при отказе сверл.

На рис.4 видно, что в этом диапазоне скоростей резания наблюдается значительный износ ленточек к моменту отказа сверл. Износ ленточек оценивался линейной величиной, измеряемой вдоль оси сверла, Кл, от уголков до точки перегиба – перехода прямой конусности в обратную. К проявлению износа ленточек следует отнести характерные звуковые явления (“скрип”), сопровождающие работу сверл при работе со скоростями резания 0,1 – 0,15 м/с. “Скрип” появлялся при достижении износа ленточек величины Кл = 10–15 мм. При этом сверло начинало скрипеть не с начала резания а после врезания на величину износа ленточек, что исключает износ главных задних поверхностей, как причину этого звукового явления. С момента появления “скрип” сопровождал работу сверла до отказа. На рис.5 представлены зависимости разбивки диаметра обрабатываемого отверстия от скорости резания и наработки инструмента.

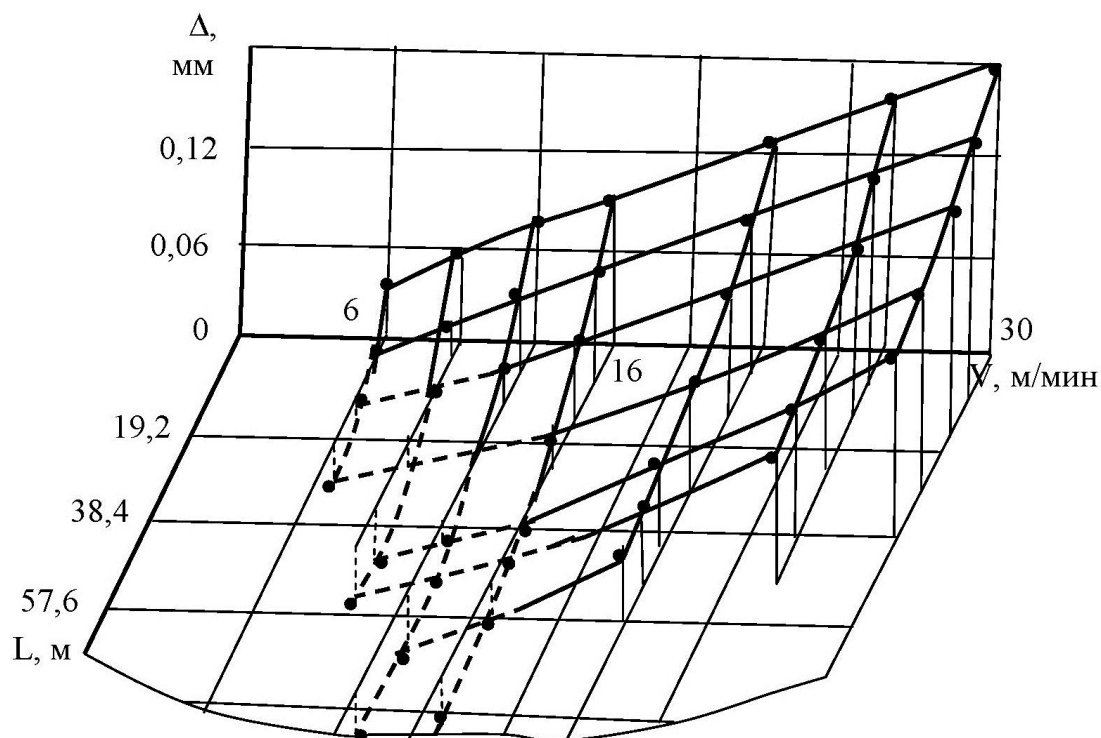


Рис. 5. Изменение разбивки диаметра отверстий Δ

Под разбивкой понимается разность между диаметром просверленного отверстия и первоначальным диаметром сверла. На представленном рисунке видно, что в зоне скоростей резания меньше 0,26 м/с разбивка имеет положительные значения примерно в пределах 1/3 от наработки до отказа сверл, далее разбивка становится отрицательной. Это показывает, что ленточки находятся в сплошном контакте со стенками отверстий, примерно в этот момент появляется “скрип”. Помимо “скрипа” непосредственно перед отказом сверла появлялись “щелчки” и следы прилипания обрабатываемого металла на изношенных участках ленточек. На рис.6 представлена осциллограмма осевой силы и момента резания которая иллюстрирует сущность процесса, приводящего к звуковым явлениям, сопровождающим отказ сверл при работе со скоростью резания 0,1 м/с.

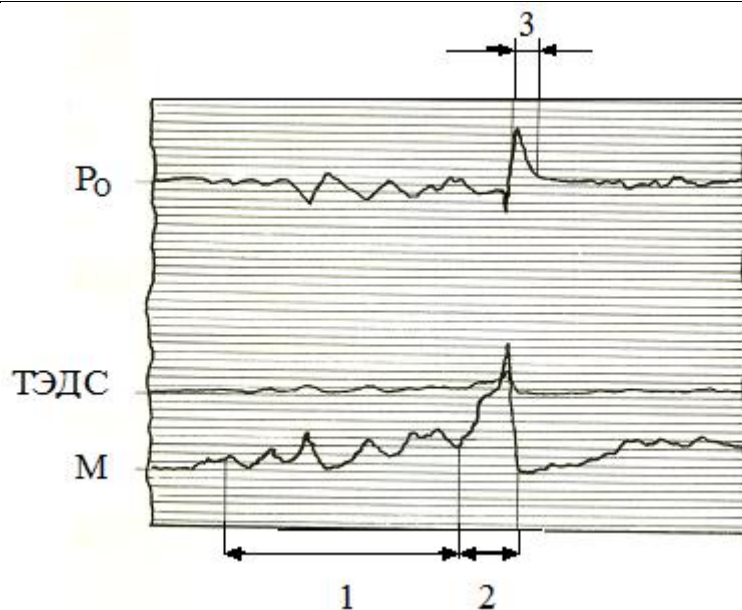


Рис.6. Осциллограмма осевой силы P_0 и момента резания M при отказе сверла.

На осциллограмме видны изменения осевой силы и момента резания, имеющие пилообразный вид – в этот момент фиксировался “скрип”, участок 1. Во время “щелчка” виден пикообразный всплеск момента резания, сопровождающийся незначительным увеличением осевой силы, участок 2. При прекращении “щелчка” осевая сила падает ниже своего уровня до его появления, участок 3. Таким образом, можно предположить, что “скрип” происходит в результате колебания рабочей части сверла в процессе трения изношенного участка ленточек о стенки отверстия, а “щелчок” происходит в момент его заклинивания, что в итоге приводит к поломке сверла.

Результаты экспериментов показывают, что отказ сверл при работе со скоростями резания $0,1 - 0,15$ м/с происходит по причине износа ленточек с образованием прямой конусности на значительных участках рабочей части сверла. В диапазоне скоростей резания $0,35 - 0,5$ м/с износ ленточек также имел место, прямая конусность к моменту отказа сверла достигала величины $10 - 15$ мм, как показано на рис.4. Однако работа сверл не сопровождалась никакими звуковыми явлениями вплоть до отказа инструмента. К моменту отказа наблюдалось появление цветов побежалости на стружке, что указывает на увеличение температуры резания. Отказ сверл происходил по причине полной потери режущих свойств главных режущих кромок в результате износа главных задних поверхностей, сопровождающимся повышением температуры в зоне резания. В результате чего происходило разупрочнение и прилипание частиц обрабатываемого материала на изношенные участки главных задних поверхностей, как видно на рис.2.8. Непосредственно отказ сверл сопровождался “скрипом”, причиной которого являлось трение потерявших режущие свойства главных режущих кромок об обрабатываемую поверхность. В диапазоне скоростей резания $0,2 - 0,26$ м/с соответствующих области экстремума зависимости $L = f(V)$ величина износа ленточек и главных задних поверхностей при отказе сверл максимальная. Однако при этом, как показано на рис.7 их интенсивность износа минимальная, что определяет значительное увеличение наработки сверл в этом диапазоне скоростей резания и резко выраженный экстремальный характер данной зависимости.

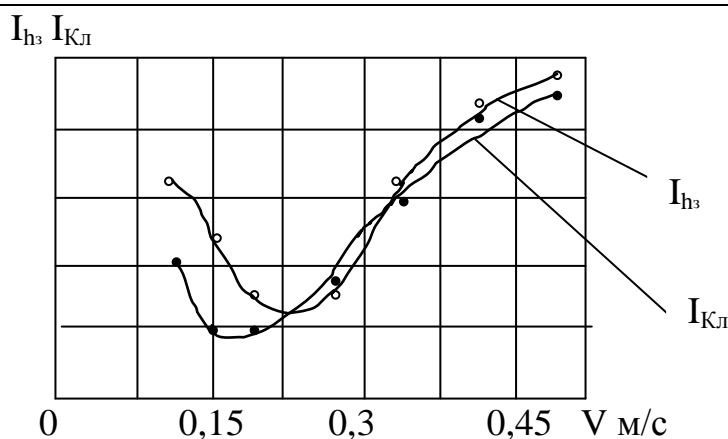


Рис.7. Зависимость интенсивности износа задних поверхностей $I_{нз}$ и ленточек $I_{кл}$ от скорости резания.

Низкая интенсивность износа и сохранение работоспособности при его значительной величине может быть результатом присутствия нароста, который сам является режущим клином. Анализ факторов, сопутствующих отказу сверл в этом диапазоне скоростей резания не позволил однозначно выявить рабочий элемент сверла, износ которого превалирует в формировании отказа инструмента. Скрип, появившийся после определенной величины износа ленточек некоторое время сопровождал работу сверл, однако в дальнейшем прекращался, сверла как бы прирабатывались, и их отказ не сопровождался какими либо звуковыми явлениями.

Выводы. Можно предположить примерно равный вклад износа главных задних поверхностей и ленточек в формирование отказа сверл при работе со скоростями резания, соответствующими области экстремума зависимости наработки от скорости резания.

Список литературы

1. Высоковский Е.С. Показатели надежности инструментального оснащения автоматических линий / Е.С.Высоковский, А.И. Конюх, Г.И. Плащей // Надежность режущего инструмента. Киев.: - Высшая школа.- 1975.-С.11-17
2. Грановский Г.И. Стабильность работы режущего инструмента на автоматических линиях/ Г.И.Грановский, Е.Д. Баклунов, К.П. Панченко //Автоматизация и механизация производственных процессов в машиностроении.-М.: Машиностроение – 1967.- С. 62-85
3. Даниленко Б.Д. Выбор режимов резания при сверлении. Прогрессивная технология машиностроительного производства / Б.Д. Даниленко М.: - МГТУ, 1989.- С.30-44с.
4. Общемашиностроительные нормативы режимов резания сверлами из современных марок быстрорежущих сталей. – М.: НИИМАШ, 1978.- 47 с.
5. Общемашиностроительные нормативы по износу, стойкости и расходу спиральных сверл. – М.: НИИМАШ, 1980. – 47 с.

УДК.: 621.951.45.

КРИТЕРИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ИЗНОСА БЫСТРОРЕЖУЩИХ СПИРАЛЬНЫХ СВЕРЛ

Рагрин Николай Алексеевич, к.т.н., доц, КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: n_ragrin@mail.ru

Предложен критерий технологического износа быстрорежущих спиральных сверл при обработке деталей из углеродистых конструкционных сталей в условиях автоматизированного производства

Ключевые слова: сверло, стойкость, скорость резания, износ, диаметр

CRITERION OF TECHNOLOGICAL WEAR OF FAST-CUTTING SPIRAL DRILLS

Ragrin Nikolay Alekseevich, Cand.Tech.Sci., associate professor, KGTU of I. Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Mira Ave. 66, e-mail: n_ragrin@mail.ru

The criterion of technological wear of fast-cutting spiral drills when processing details is offered from carbonaceous constructional staly in the conditions of the automated production

Keywords: drill, firmness, cutting speed, wear, diameter

Из всего многообразия металлорежущего инструмента только сверла позволяют получить отверстия в сплошном материале. В машиностроении в основном используются спиральные сверла, которые составляют от 11,3 до 22,8% от общего количества металлорежущего инструмента [1]. Рабочая часть спиральных сверл, предназначенных для обработки углеродистых конструкционных сталей, изготавливается из быстрорежущей стали, теплостойкость которой не позволяет применять высокие скорости резания. Поэтому спиральные сверла в основном эксплуатируются в диапазоне скоростей резания активного наростообразования, что обуславливает невысокое качество отверстий, полученных сверлением. Однако в ряде случаев сверление является окончательной операцией обработки отверстий, например сверление отверстий под крепеж или под резьбу.

Нормативным критерием износа металлорежущего инструмента принята определенная ширина фаски износа главных задних поверхностей h_z . Согласно нормативам износа и стойкости [2], критерий оптимального износа быстрорежущих спиральных сверл зависит от диаметра сверла и не зависит от назначения просверленных отверстий. Например, для сверл диаметром 10,2 рекомендуемый нормативами [2] критерий оптимального износа при обработке конструкционных углеродистых сталей равен $h_z = 0,45$ мм.

Справочник технолога [3] при сверлении отверстий под резьбу M12 с шагом 1,75 мм рекомендует применять спиральные сверла диаметром 10,2 мм. Как известно в процессе сверления происходит разбивка обрабатываемого отверстия, то есть диаметр полученного отверстия больше диаметра сверла. При этом разбивка отверстий под резьбу при сверлении сверлами диаметром 10,2 мм не должна превышать рекомендуемых справочником [3] предельных отклонений размера отверстия под резьбу, а именно +0,21 – +0,36 мм в зависимости от требуемой точности. В процессе износа сверл величина разбивки отверстия может изменяться.

С целью определения характера влияния скорости резания и наработки сверл на разбивку обрабатываемых отверстий были проведены лабораторные испытания спиральных сверл по ГОСТ 10903-75, из стали Р6М5 диаметром 10,2 мм. Сверлились сквозные отверстия глубиной $3d$ в стали 45 (HB190) при скоростях резания $V = 0,1; 0,15; 0,2; 0,26; 0,35; 0,43; 0,5$ м/с и подаче $S_o = 0,23$ мм/об.

Сверла были тщательно отобраны на идентичность геометрических параметров. Режущая часть сверл затачивалась по двухплоскостной заточке. Биение главных режущих кромок сверл тщательно контролировалось и практически было равно нулю. Тем самым было исключено влияние погрешности изготовления и заточки инструмента на разбивку просверленных отверстий.

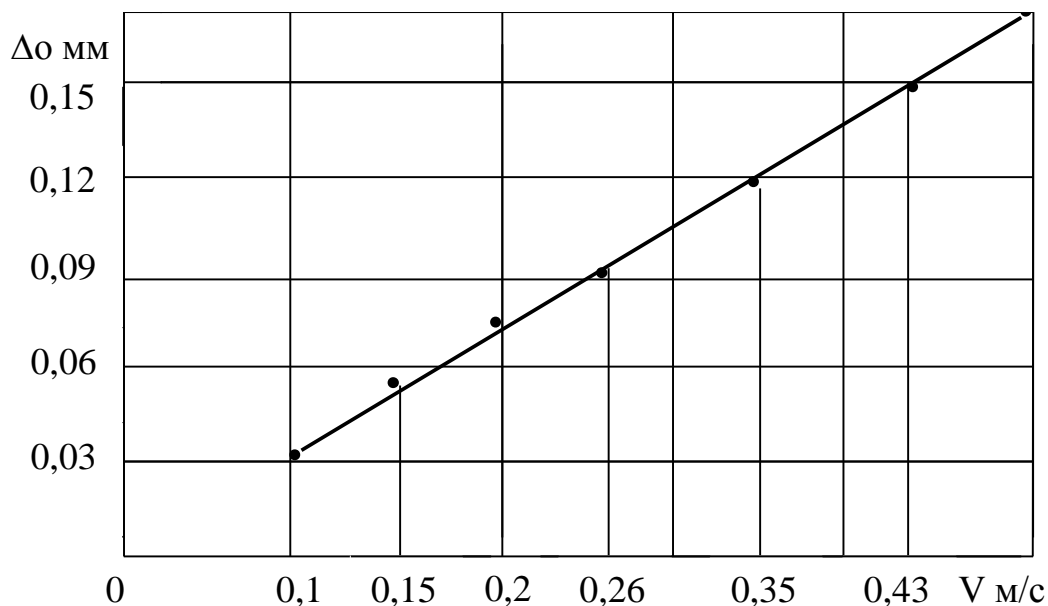


Рис. 1. Зависимость разбивки отверстия $\Delta\phi$ от скорости резания V при сверлении острыми сверлами

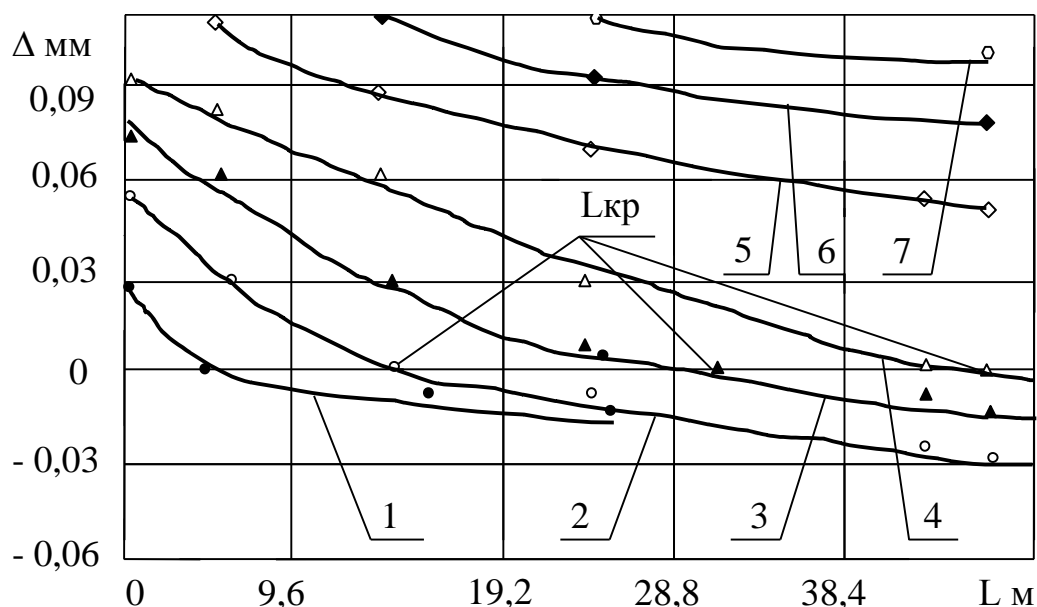
На рис.1 показано влияние скорости резания V на разбивку отверстий $\Delta\phi$ при сверлении острыми сверлами. Как видно из представленного рисунка скорость резания оказывает существенное влияние на разбивку отверстий. При увеличении скорости резания от 0,1 до 0,5 м/с разбивка отверстий увеличилась более чем в пять раз, от 0,03 до 0,18 мм. Математическая обработка графика зависимости $\Delta\phi = f(V)$ позволила получить формулу в виде:

$$\Delta\phi = 0,345V \text{ мм} \quad (1).$$

Формула (1) получена в лабораторных условиях и практически в чистом виде отражает характер влияния скорости резания на разбивку отверстий. Она не учитывает влияние погрешности изготовления и заточки инструмента, состояния оборудования и оснастки, механических свойств обрабатываемого материала, и других факторов конкретного производства влияющих на разбивку отверстий. В результате этого величина рассчитанной с ее помощью разбивки значительно меньше допустимого и рекомендуемого справочником [3] допуска на номинальный размер диаметра отверстия 10,2 мм. Однако характер влияния скорости резания является качественным показателем и он не изменится в производственных условиях, изменится лишь величина разбивки, количественный показатель, и естественно в большую сторону. Поэтому представляется возможным использовать формулу (1) для расчета скорости резания при сверлении отверстий с требуемой точностью. Для этого необходимо просверлить отверстия с рекомендуемой нормативами скоростью в конкретных производственных условиях. И если разбивка полученных отверстий превысит требуемую, определить поправочный коэффициент для формулы (1) посредством сравнения фактической разбивки с расчетной и вычислить необходимую для данной операции максимальную скорость резания. Например при сверлении со скоростью 0,43 м/с получили фактическую разбивку отверстия $\Delta\phi = 0,4$ мм. Для этой скорости резания расчетная разбивка равна $\Delta\phi = 0,15$ мм. Тогда поправочный коэффициент $K = \Delta\phi_{\text{факт}}/\Delta\phi_{\text{расч}}$ будет равен $K = 2,7$. Предположим, что под нарезание резьбы нам необходимо чтобы величина предельного отклонения диаметра отверстия составила 0,21 мм. Вычислим необходимую для этого максимальную скорость резания по формуле: $V_m = 0,21/0,345K$.

В результате получим скорость резания равную $V_m = 0,23$ м/с.

На рис.2 приведены графики зависимостей разбивки отверстий от наработки сверл. Под наработкой понимается длина пройденного пути сверлом в метрах. Из приведенного рисунка видно, что при сверлении со скоростями резания $V = 0,26$ м/с и ниже после определенной наработки $L_{кр}$ разбивка отверстий становится отрицательной, то есть диаметр просверленного отверстия становится меньшим первоначального диаметра сверла. Отрицательная разбивка недопустима как для отверстий под крепеж, так и для отверстий под резьбу. Поэтому момент перехода от положительной разбивки к отрицательной $L_{кр}$ является определяющим признаком критерия технологического износа – когда эксплуатация инструмента должна быть прекращена по технологическим признакам [4]. На рис.3 приведена зависимость износа задних поверхностей сверл от скорости резания при достижении $L_{кр}$. Как видно величина износа задней поверхности в этом случае не может служить критерием технологического износа, так как в диапазоне скоростей резания по 0,2 м/с включительно износ задней поверхности был значительно меньше рекомендуемого нормативами [2] критерия оптимального износа $h_z = 0,45$ мм, и варьировался в пределах от 0,07 до 0,31 мм, а при скорости резания 0,26 м/с значительно превысил его. Это подтверждает вывод о том, что износ главных задних поверхностей в этом диапазоне скоростей резания не является определяющим фактором потери работоспособности сверл



[5].

Рис.2. Зависимость разбивки отверстия Δ от наработки сверл L , где: 1 - $V = 0,1$ м/с; 2 - $V = 0,15$ м/с; 3 - $V = 0,2$ м/с; 4 - $V = 0,26$ м/с; 5 - $V = 0,35$ м/с; 6 - $V = 0,43$ м/с; 7 - $V = 0,43$ м/с.

Зависимости стойкости $T_{кр}$ сверл и интенсивности уменьшения разбивки отверстия I_{Δ} при достижении наработки сверл величины $L_{кр}$ (рис.3.) имеют экстремальный характер, что обусловлено влиянием ряда факторов процесса сверления, приведенных в статье [5]. Поэтому каждая из этих зависимостей не может быть описана одним уравнением для определения момента появления отрицательной разбивки. Математическая обработка зависимостей разбивки отверстия от наработки сверл, приведенных на рис.2, позволила получить формулу для расчета критической наработки в виде:

$$L_{кр} = 30\Delta_0 V \text{ м}, \quad (2)$$

где скорость резания V измеряется в м/мин. Естественно, что формула

(2) может быть использована для диапазона скоростей резания V от 0,1 до 0,26 м/с (6 – 16 м/мин), который включает в себя скорости, соответствующие экстремуму зависимости стойкости от скорости резания, применяемые в условиях автоматизированного производства [6].

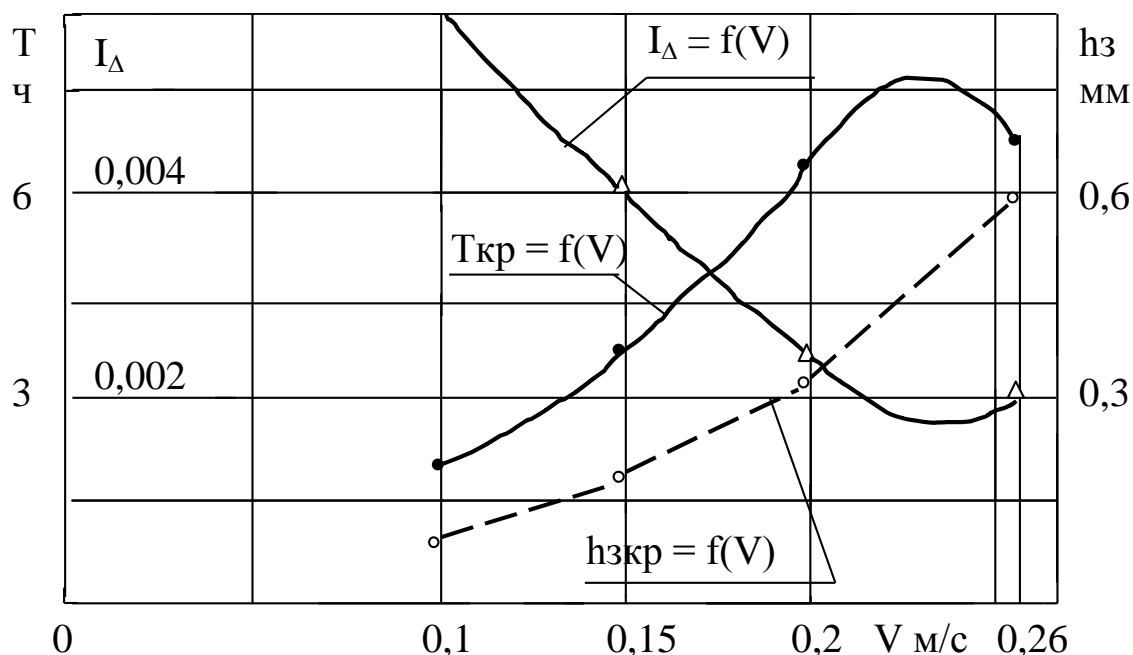


Рис.3. Зависимость стойкости $T_{кр}$, интенсивности уменьшения разбивки отверстий I_{Δ} и величины износа главных задних поверхностей $h_{зкр}$ от скорости резания V при достижении наработки сверл величины $L_{кр}$.

Формулы (1) и (2) могут быть использованы для выбора скорости резания при сверлении отверстий под резьбу и предварительного расчета наработки (количества просверленных отверстий) до появления отрицательной разбивки. Однако в процессе сверления периодически необходимо контролировать диаметр просверленных отверстий, что значительно проще, чем контролировать износ сверл и легко поддается автоматизации при обработке деталей на автоматических линиях, агрегатных станках и станках с ЧПУ в условиях автоматизированного производства.

Список литературы

1. Бобров В.Ф. Основы теории резания металлов / В.Ф. Борбов. М.: Машиностроение, 1975. – 344 с.
2. Грановский Г.И. Стабильность работы режущего инструмента на автоматических линиях. /Г.И. Грановский., Е.Д Баклунов, К.П. Панченко // Автоматизация и механизация производственных процессов в машиностроении. – 1967.- с.62-85
3. Даниленко Б.Д.Выбор режимов резания при сверлении. Прогрессивная технология машиностроительного производства / Б.Д. Даниленко и др. М.: МГТУ, 1989. - с.30-44
4. Общемашиностроительные нормативы по износу, стойкости и расходу спиральных сверл. – М.: НИИМАШ, 1980. – 47 с.
5. Обработка металлов резанием. Справочник технолога / Под ред. А.А. Панова. – М.: Машиностроение, 1988. – 756 с.
6. Рагрин Н.А. Влияние износа отдельных рабочих элементов на характер формирования отказа быстрорежущих спиральных сверл / Н.А. Рагрин, Б.: 2009 Вып.19. – 19-24с.

УДК 621.878

УПРАВЛЯЕМЫЙ ОТВАЛ БУЛЬДОЗЕРА ДЛЯ ОЧИСТКИ СНЕЖНЫХ И ГРУНТОВЫХ ЗАВАЛОВ НА ГОРНЫХ ДОРОГАХ

Тургумбаев Женишбек Жумадылович, д.т.н., профессор, КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: t_jenish@mail.ru , jenishtur@yahoo.com

Башиков И.Т., соискатель, КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: bashikov_inom@mail.ru

Дан анализ управляемых рабочих органов машин для зимнего содержания горных дорог. Установлены, что горные дороги Кыргызстана характеризуются обильными снегопадами, частыми снежными и каменными лавинами, препятствующими движению автотранспорта. Для содержания перевальных участков необходимо создание специального бульдозерного оборудования для безопасной очистки всей ширины проезжей части. Определено главное требование для машин, работающих на горных дорогах, является обеспечение достаточного уровня безопасности введения работы с бульдозерным оборудованием у края крутого склона, обрыва. Опасность работы возрастает в зимнее время, когда появляется гололед и трудность определения границы пропасти в дорогах, из-за белизны и массы выпавшего снега большой высоты, образованием снежных заносов. Указаны особенности конструкции рабочих органов, описаны особенности гидравлического привода. Даны схемы конструкции отдельных механизмов.

Целью статьи является разработка конструкции бульдозерного оборудования для максимальной очистки горной дороги вблизи края дороги - откоса.

Ключевые слова: бульдозер, управляемый отвал, гидравлический привод, горная дорога, снежные завалы, грунт, перевальные участки, лавина, рычаг.

CONTROLLED BLADE OF BULLDOZER FOR CUTTING THE SNOW AND SOIL OBSTRUCTIONS ON MOUNTAIN ROADS

Turgumbaev Jenishbek Jumadylovich, d.t.s, Professor, Kyrgyzstan, 720044, c.Bishkek, KSTU named after I.Razzakov e-mail: t_jenish@mail.ru

Bashikov I.T., postgraduate, Kyrgyzstan, 720044, c.Bishkek, KSTU named after I.Razzakov e-mail: bashikov_inom@mail.ru

The analysis managed working bodies of machines for winter maintenance of mountain roads. Found that the mountain roads of Kyrgyzstan are characterized by heavy snowfalls, frequent snow and rock avalanches, hampering the movement of vehicles. For keeping the saddle sections it is necessary to create a special dozer equipment for safe cleaning of the entire width of the roadway. The main requirement for machines running on mountain roads, is to ensure sufficient level of safety introduction work with bulldozer equipment at the edge of a steep slope, a cliff. The danger increases in the winter when there is ice and the difficulty of defining the border of a precipice in the road, white and masses of snow high altitude, the formation of snow drifts. Listed design features of working bodies, describes the features of hydraulic drive. Diagrams are presented of the design of individual mechanisms.

The purpose of the article is development of a construction dozer equipment for maximum cleaning of a mountain road near the edge of the road - slope.

Keywords: bulldozer, managed blade, hydraulic drive, mountain road, snow piles, ground, saddle areas, avalanche, lever .

На территории Кыргызстана расположены наиболее высокие и опасные перевальные участки горных дорог мира. Практически все транспортные перевозки регионов Республики связаны с горными дорогами, обеспечивающими жизнедеятельность населенных пунктов.

Однако, уровень содержания этих дорог не соответствует требованиям современного стандарта. Из-за перегорождения горных участков дороги снежными заносами нередко образуются пробки автотранспортных потоков. Вызывает неудобство и угроза холода водителям и пассажирам. Ведет к простаиванию грузопотока, которое связано большими экономическими потерями.

Горные дороги Кыргызстана характеризуются обильными снегопадами, частыми снежными и каменными лавинами, препятствующими движению автотранспорта. Для содержания перевальных участков необходимо создание специального бульдозерного оборудования для безопасной очистки всей ширины проезжей части.

Отдаленность техники для содержания горных дорог от портовых, железнодорожных станций и увеличенный расход топлива, вызванный высотой расположения над уровнем моря, ставят снижение энергоемкости процесса копания актуальной задачей. Бульдозерное оборудование должно экономить расход топлива, доля которого составляет большую часть общих затрат в процессе эксплуатации в горных дорогах [3].

Главным требованием для машин, работающих на горных дорогах, является обеспечение достаточного уровня безопасности введения работы с бульдозерным оборудованием у края крутого склона, обрыва. Опасность работы возрастает в зимнее время, когда появляется гололед и трудность определения границы пропасти в дорогах, из-за белизны и массы выпавшего снега большой высоты, образованием снежных заносов [4].

Актуальным требованием бульдозерному оборудованию также является максимальная очистка горной дороги вблизи края дороги - откоса.

С учетом вышеуказанных требований нами разработано бульдозерное оборудование [1, 5], навешиваемое на гусеничный трактор, у которого рабочий орган – отвал может занимать три положения относительно к базовой машине, а также превращаться в обычный (неповоротный) бульдозер, в последнем случае отвал втянут к поперечной раме.

Бульдозерное оборудование с управляемым отвалом, состоит из отвала 1 (рис. 1...3), толкающих брусьев 2, гидроцилиндров 3 и 4, поперечной рамы 5, попарно сочлененных передних 6 и задних 7 рычагов, соединяющих отвал с рамой. В свою очередь, задние рычаги связаны с поперечной рамой через шарниры 8 и кронштейны 9 при помощи дополнительных гидроцилиндров 10 и 11.

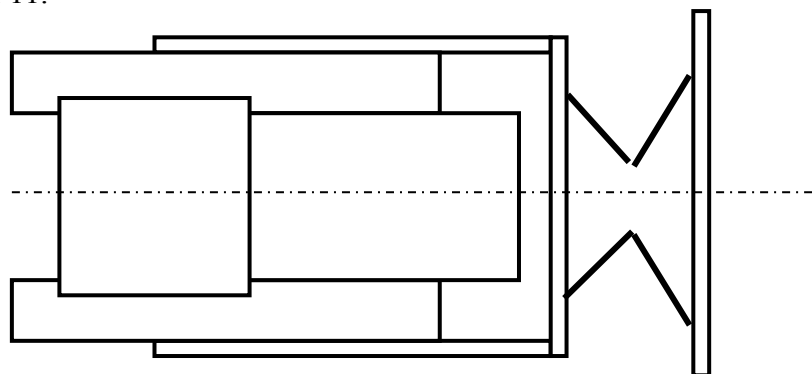


Рис. 1. Отвал выдвинут вперед

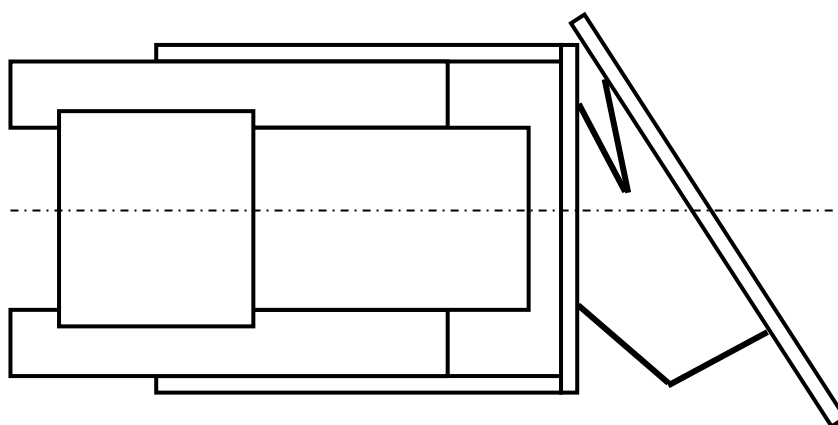


Рис. 2. Отвал установлен под углом в плане

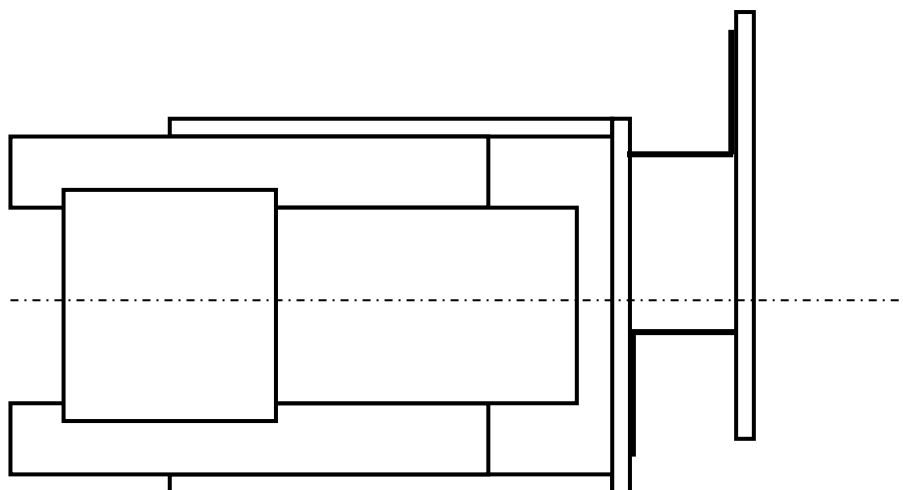


Рис. 3. Отвал вынесен в сторону

Бульдозер в обычном режиме, перемещая снежную массу с проезжей части дороги, останавливается на безопасном расстоянии (до 1,2 м) от края откоса и путем выдвигания отвала вперед (рис. 1) производит выбрасывание снега под откос. Для этого гидрораспределитель 14 переключают в позицию А (рис. 4). Жидкость через делитель потока 17, разделяясь на две равные части, поступает в штоковые полости гидроцилиндров 10, 11 и в поршневые полости гидроцилиндров 3 и 4, вытесненные жидкости поступают на слив 13. При этом поршни гидроцилиндров 3 и 4 доходят до конца цилиндра, а поршни гидроцилиндров 10 и 11 занимают середину их положения (пунктирная линия на рис. 4) [2].

Для установки отвала под углом в плане (рис. 2) гидрораспределитель 14 переключают в позицию В, жидкость поступает одновременно в поршневую полость гидроцилиндра 4 и штоковую полость гидроцилиндра 11. При повышении давления в последних жидкость через логический клапан 20 «ИЛИ» поступает в полость управления гидрораспределителя 18 и его переключает, вытесненная жидкость из гидроцилиндров 11 и 4 идет на слив. Для перевода отвала из этого положения в исходное необходимо, чтобы жидкость из штоковых полостей гидроцилиндров 10 и 11 и поршневых полостей гидроцилиндров 3 и 4 перетекла на слив через делитель потока, который при обратном потоке работает в режиме сумматора потока, так как гидрораспределитель 18 будет в

режиме «заперто». При этом гидрораспределитель 15, питающийся, как и все другие распределители, от напорной магистрали 12, переводят в позицию *Б*.

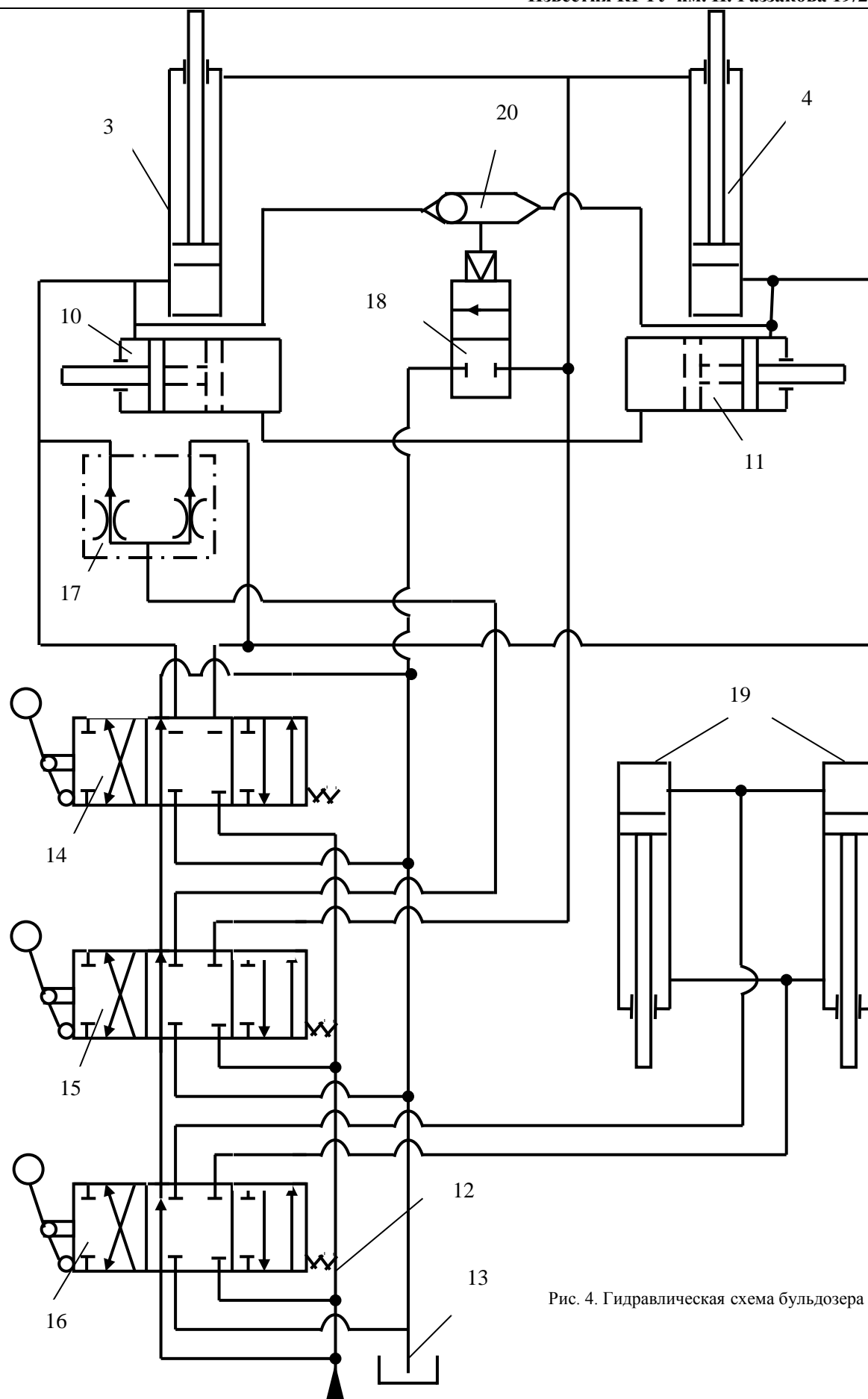


Рис. 4. Гидравлическая схема бульдозера

Вынос отвала в сторону (рис. 3), осуществляется включением гидрораспределителя 14 в позицию *A* (рис. 4). Жидкость поступает в штоковую полость гидроцилиндра 10 и поршневую полость гидроцилиндра 3. Шток гидроцилиндра 10 выдвигается до упора, перемещая отвал влево, одновременно шток гидроцилиндра 3 выдвигается на всю длину. При этом шток гидроцилиндра 11 выдвигается на величину выдвижения штока гидроцилиндра 10 и жидкость, вытесняемая из поршневой полости гидроцилиндра 10, поступает в поршневую полость гидроцилиндра 11, а из штоковой полости последней жидкость вытесняется через гидрораспределитель 14 на слив. Для возврата отвала в исходное положение все указанные операции проводятся в обратной последовательности. Гидроцилиндры 19 служат для подъема и опускания рабочего оборудования посредством гидрораспределителя 16.

Выводы:

1. На основании информации, полученной научно-технической литературой и данных о горных дорогах республики сформулированы основные требования к рабочим органам машин для расчистки горных дорог от завалов, образуемых от стихийных бедствий;
2. Предлагаемый управляемый отвал бульдозерного оборудования обеспечивает безопасность работы в зимнее время, особенно на участках дорог, где склоны гор крутые, лавиноопасные, а также при дорожно-ремонтных и строительных работах;
3. Применение бульдозерного оборудования с управляемым отвалом при работе на опасных участках горной дороги при очистке снежных и грунтовых масс вблизи крутого склона повышает безопасность работы машиниста.

Список литературы

1. Баловнев В.И. Моделирование процессов взаимодействия со средой рабочих органов дорожно-строительных машин / В.И.Баловнев – М.: Высшая школа, 1981. – 335 с.
2. Зимнее содержание автомобильных дорог / Г.Л.Бялобжевский и др. – М.: Транспорт, 1983. – 197 с.
3. Карабан Г.Л. Машины для содержания и ремонта автомобильных дорог и аэродромов / Г.Л.Карабан, В.И.Баловнев, И.А.Засов – М.: Машиностроение, 1975. – 368 с.
4. Тургумбаев Ж.Ж. Бульдозер-террасер / Ж.Ж. Тургумбаев и др. А.с. № 1640293 (СССР). 1991. БИО № 13.
5. Тургумбаев Ж.Ж. Бульдозерное оборудование для расчистки горных дорог от снежных и каменных завалов / Ж.Ж. Тургумбаев, С.И. Урманяев // Наука и новые технологии.-2000.- № 2.- с . 131-133

ГУМАНИТАРНЫЕ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК:551.510.42

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ РАЗВИТИЯ КЫРГЫЗСТАНА НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

Калчороев Алмас Качканакovich, доцент, к.т.н., заведующий кафедрой «Защита в чрезвычайных ситуациях и экология» КГТУ им.И.Раззакова Кыргызской Республики (+996) 54-51-76, E-mail: kalchoroev@mail.ru

Степанов Сергей Борисович, доцент кафедры «Защита в чрезвычайных ситуациях и экология» КГТУ им. И. Раззакова Кыргызской Республики (+996) 54-51-76, E-mail: stepanovs06@mail.ru

В статье рассмотрена проблема выбора стратегических целей в области сокращения рисков бедствий и передоложены пути формирования и осуществления единой государственной политики государственных органов, органов местного самоуправления, деятельности экономических и социальных структур, гражданского общества в области обеспечения комплексной безопасности, -разработки и реализации целевых программ по обеспечению комплексной безопасности Кыргызской Республики и защиты от конкретных угроз, совершенствования и развития нормативно-правовой базы обеспечения безопасности личности, общества и государства в различных сферах жизни и деятельности, принятия политических и управленческих решений органами государственной власти и органами местного самоуправления по вопросам обеспечения комплексной безопасности.

Ключевые слова: гражданская защита, управление рисками бедствий, чрезвычайные ситуации, мониторинг, стратегия, концепция, защита населения и территорий, силы гражданской защиты, национальная политика.

SAFETY DEVELOPMENT OF KYRGYZSTAN IN THE MODERN STAGE

Kalchoroev Almas Kachkanakovich, docent, c.t.s, chief of department "Safety in extreme situations and ecology". KSTU named after I. Razzakov of Kyrgyz Republic. (+996) 54-51-76, E-mail: kalchoroev@mail.ru

Stepanov Sergei Borisovich, docent of department "Safety in extreme situations and ecology". KSTU named after I. Razzakov of Kyrgyz Republic. (+996) 54-51-76, E-mail: stepanovs06@mail.ru

This article is devoted to the problem of choice strategic objectives in the field of reduction of disaster risks and extend the way of formation and implementation of unity state policy of government agency, local governments, activity of economic and social structures, civil society in the field of ensuring complex safety- development and realization of target programs on concrete for ensuring complex safety of the Kyrgyz Republic and protection against concrete threats, improvement and development of standard and legal base of safety of the personality, society and the state in various spheres of life and activity, adoption of political and administrative decisions by public authorities and local governments on security complex safety in considered.

Keywords: civil protection, risk management of disasters, extreme situations, monitoring, strategy, concept, protection of the population and territories, forces of civil protection, national policy.

Сегодня, когда наше государство переживает поистине переломный момент, как никогда крайне необходимо определить основные стратегические цели его дальнейшего развития. Пришло время определиться – какими нам быть! Одной из важнейших составляющих безопасности развития государства является обеспечение безопасности населения и территорий от чрезвычайных ситуаций.

Необходимость выбора стратегических целей в этой области обусловлена не только существующими и потенциальными источниками и факторами опасности, но также недостаточной эффективной защитой общества и окружающей его природной среды от их воздействий. Принципиальной особенностью при определении целей данной стратегии развития является выделение только тех рисков и угроз, которые представляют собой угрозу национальной безопасности и устойчивому развитию государства на средне- и долгосрочную перспективу, соответственно, на 5, 10 лет и более. Это такие сочетания вероятностей возникновения соответствующих кризисных явлений, процессов, катастрофических ситуаций и их возможных последствий, проявление которых приведет к существенному снижению уровня защищенности личности, общества и государства. Мы не должны решать только сиюминутные проблемы. Без перспективы развития нет пути вперед. Одним из перспективных путей, который намечает путь выхода из системного кризиса, является путь устойчивого развития, заключающийся в согласованном решении проблем окружающей среды и социально-экономического развития.

Исходя из этого, Стратегической целью является:

1. Обеспечение готовности единой государственной системы гражданской защиты к проведению мероприятий по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, обеспечению пожарной безопасности, а так же по защите населения, материальных и культурных ценностей на территории Кыргызской Республики от опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий.

2. Выбор указанных целей в качестве стратегических обусловлен наличием постоянной угрозы природных, техногенных, а также сохраняющихся военных опасностей и недостаточной защищенностью населения и территорий от них в настоящее время. Уровень социального риска (частоты возникновения чрезвычайных ситуаций, приводящих к поражению определенного числа людей) в Кыргызстане достаточно высок.

Ежегодно на территории республики регистрируется до 200 чрезвычайных ситуаций, ущерб от которых составляет – около 35 миллионов долларов США, в то время как их предупреждение и ликвидацию из государственного бюджета выделяется около 6 млн. долларов США в год.

На сегодняшний день, общее число жителей Кыргызстана, проживающего в зонах риска, т.е. в зонах потенциально возможного воздействия ЧС природного и техногенного характера, составляет около 3,5 млн. человек. Это составляет порядка 70% населения всей республики, в том числе в зонах высокой степени риска ЧС - до 1.5 млн. человек. Около 160 тыс. человек проживают в 80 бесперспективных и опасных для проживания населенных пунктах и подлежат отселению.

Особую тревогу вызывает тот факт, что более 3 млн. человек проживают в жилых домах, которые не в состоянии выдержать сильные землетрясения.

Под постоянной оползневой опасностью находится около 400 населенных пунктов, где проживают более 40 тысяч человек. Статистика свидетельствует о неуклонном росте оползневых процессов.

На территории Кыргызстана находится 92 объекта, в которых размещено 250 млн. м³ токсичных и радиоактивных отходов горнорудного производства, что представляет высокий риск возникновения радиационно-опасных трансграничных катастроф, в зону которых подпадают территории Кыргызстана, Казахстана, Таджикистана и Узбекистана, где проживает свыше 5 млн. человек.

Особую озабоченность вызывает проблема обеспечения пожарной безопасности. Ежегодно происходит свыше 2500 пожаров, в которых погибает до 100 человек. Среднегодовой ущерб от пожаров составляет свыше 50 млн. сомов.

Причинами этого являются ряд объективных и субъективных факторов:

- рост числа и масштабов чрезвычайных ситуаций природного характера, а также ущерба от них, что является общемировой тенденцией и связано с глобальными изменениями климата;

- недостаточный надзор за состоянием потенциально опасных объектов и соблюдением правил пожарной безопасности;

не всегда эффективное осуществление превентивных мероприятий;

- недостаточное количество сил и средств, требуемых для наблюдения за состоянием опасных природных явлений и недостаточная эффективность действий при локализации бедствий в их начальной стадии;

- несовершенство организационных и нормативных правовых актов, определяющих и регулирующих сферы ответственности, разграничение функций, структуры, состав органов управления, сил и средств на всех уровнях государственной власти и управления;

- недостаточный уровень подготовки и ответственности соответствующего руководящего состава, должностных лиц и специалистов, непосредственно связанных с решением задач в данной области, а также недостаточный уровень подготовки населения страны к действиям в условиях чрезвычайных ситуаций как мирного, так и военного времени;

- недостаточность финансовых возможностей государства, отсутствие оборонно-промышленного комплекса, ограниченный потенциал материально-технической базы гражданской обороны.

Сложившееся положение требует разработки и реализации неотложных и долгосрочных мер, направленных на повышение защищенности населения и критически важных объектов от чрезвычайных ситуаций различного характера (природного, техногенного, биолого-социального, террористического, военного), а также от чрезвычайных ситуаций, связанных с пожарами. В качестве механизма достижения цели должны выступать политические, административные, правовые, экономические и технические решения, а обратной связью в системе управления - мониторинг стратегических угроз и вызовов с передачей соответствующей информации в органы государственной власти.

Исходя из этого, основными задачами в области обеспечения комплексной безопасности населения и территории являются:

1. Создание эффективной комплексной системы ГЗ путем интеграции Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций и государственной системы Гражданской обороны.

2. Совершенствование системы комплексного мониторинга и прогнозирования природных опасностей на основе новейших технологий и дистанционных методов;

3. Проведение мер по защите населения, территорий, материальных и культурных ценностей, сохранению объектов, существенно необходимых для устойчивого функционирования экономики и выживания населения в чрезвычайных ситуациях.

4. Развитие международного сотрудничества в целях принятия совместных усилий по прогнозированию, предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций, предотвращения кризисов и конфликтов, посредством тесного взаимодействия в рамках ОДКБ, Шанхайской организации сотрудничества, МОГО, а также с соответствующими органами иностранных государств.

В рамках реализации поставленных задач предусматривается осуществление следующих мероприятий для достижения задачи по созданию эффективной комплексной

системы ГЗ путем интеграции Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций и государственной системы Гражданской обороны.

Как приоритетные направления рассматриваются:

1. Совершенствование нормативно-правовой базы в области ГЗ с учетом современных требований, в том числе в области противодействия всем видам опасностей и угроз для КР, включая терроризм, что предусматривает:

- формирование концепции ГЗ, как совокупности современных взглядов на ее формирование и применение, основанное на предшествующем опыте;

- законодательное оформление государственных установок на строительство системы ГЗ;

- закрепление способов подготовки и применения сил и средств ГЗ в уставах, руководствах, наставлениях и других нормативно-правовых актах;

- сведение совокупности положений, регулирующих гражданскую защиту, в единую целостную систему государственных установок.

- разработка Национальной стратегии по предотвращению стихийных бедствий и ликвидации их последствий.

2. Совершенствование работы по разграничению предметов ведения и полномочий в области ГЗ между органами государственной власти КР, органами государственных администраций областей, районов и органами местного самоуправления, обеспечение децентрализации управления мероприятиями по защите населения и территорий.

3. Выработка механизма финансирования мероприятий по защите населения и территорий, проводимыми местными органами власти.

4. Создание единых территориальных органов управления ГЗ (МЧС КР) в целях совершенствования управления, организации и координации деятельности всех аварийно-спасательных сил на территориях.

5. Развитие сил гражданской защиты на основе качественно новых подходов к оптимизации их состава и структуры с учетом: создания Государственной пожарно-спасательной службы ГЗ в течение трех лет, начиная с 2010 года, на базе входящих в систему МЧС Государственной противопожарной службы МЧС КР и служб спасения; реформирования отдельной спасательной бригады и батальонов в спасательные центры (СЦ), создания основы для повышения их мобильности.

6. Принятие мер по созданию пожарно-спасательных формирований, содержащихся за счет местных бюджетов. При этом увеличение количества формирований, создаваемых местными государственными администрациями, органами местного самоуправления позволит обеспечить эффективное реагирование на «местные чрезвычайные ситуации», снизить нагрузку на силы МЧС КР и снизить ущерб путем проведения аварийно-спасательных работ.

7. В рамках управляемой передачи полномочий органам местного самоуправления и в целях сохранения необходимого уровня защищенности населения и территорий, оптимизации численности Государственной противопожарной службы постепенно (до 2015 г) путем создания территориальной, ведомственной и добровольной пожарной охраны передать им часть функций ГУГПС по тушению пожаров, на основе договоров с территориальными органами власти и органами местного самоуправления.

8. Создание условий для эффективного применения авиации как средства доставки сил и средства ведения аварийно-спасательных работ путем определения мест базирования формирований в непосредственной близости от авиапредприятий, используемых на арендной основе, а также использования авиационного подразделения МЧС КР.

9. Создание и развитие единых дежурно-диспетчерских служб для повышения оперативности реагирования на чрезвычайные ситуации, интеграции ЕДДС в сеть Центра управления в кризисных ситуациях с использованием современных информационных технологий.

10. Развитие научного потенциала системы ГЗ в целях более глубокого и системного изучения существующих стратегических рисков, участия в разработке государственных программ и мероприятий по их снижению, включая решение проблем научно-методологического и методического характера. Создание в этих целях «Научно-технического и учебно-методического центра МЧС КР» на базе действующих образовательных учреждений, центров подготовки и курсов МЧС КР.

11. Оснащение подразделений государственной пожарно-спасательной службы и Спасательных Центров МЧС техникой и имуществом.

Реализация указанных задач призвана стать мобилизующим фактором развития комплексной системы ГЗ, обеспечения безопасности жизни населения, достижение более высокого уровня жизни, обеспечение благополучия, повышения международного престижа КР.

Список литературы

1. Закон Кыргызской Республики «О Гражданской защите» от 20 июля 2009 года № 239;
2. Постановления Правительства Кыргызской Республики «Об утверждении Положения о государственной системе Гражданской защиты», 22 августа 2011 года № 475;
3. Постановления Правительства Кыргызской Республики «О Межведомственной комиссии по Гражданской защите Кыргызской Республики», 30 декабря 2010 года № 344;
4. Шойгу С. К. «Основы Государственного Регулирования мероприятий по обеспечению безопасности населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера». М.;1997-136 с.
5. Хиогская рамочная программа действий на 2005- 2015 годы.

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 539.39:624.131

УСТОЙЧИВОСТЬ УПРУГИХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ИНТЕНСИВНОМ ДИНАМИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ

Курманалиев К., Султангазиева А.К., Кыргызский государственный технический университет им. И.Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

Изучено поведение конструкции оболочечного типа погруженных в идеальную сжимаемую жидкость, при действии интенсивных нагрузках. Проведено сравнение с известным аналогичным случаям в вакууме.

Ключевые слова: оболочка, пластина, стержень, процесс, формы, динамика, параметр, жидкость, волны, потенциал

STABILITY OF ELASTIC STRUCTURES UNDER INTENSIVE DYNAMIC LOADING

Kurmanaliev K., Sultangalieva A.K., Kyrgyz State Technical University. I.Razzakova, Bishkek, Kyrgyz Republic

The behavior of the shell-type design in an ideal incompressible fluid under the action of intense stress. A comparison with the similar cases known in vacuo.

Keywords: shell, plate, rod, process, form, dynamics parameter, the fluid wave potential

Поведение тонкостенных упругих конструкций (оболочка, пластина, стержень,) при динамическом интенсивном нагружении в вакууме достаточно хорошо изучено Л.И.Слепяном [1]. При проведении экспериментов интенсивное нагружение создается и в окружающей среде. Остается открытым вопрос о правомерности сравнения результатов экспериментов с идеализированной системой. Возникают естественные вопросы, совпадают ли формы выпучивания в обоих случаях и как соотносятся критические параметры выпучивания?

Изучена поведение упругих тонкостенных конструкций, погруженных в идеальную сжимаемую жидкость и находящегося в условия интенсивного динамического нагружения. Рассмотрено начальная стадия процесса, когда только начинаются волнообразовательные процессы, когда можно еще пользоваться линейной постановкой. Однако за это время волнообразования продольная волна успеваает несколько раз отразится от краев, поэтому волновой характер деформаций не учитывается [2]. Среди нормальных движений конструкции выделим основные формы выпучивания, обладающие максимальной скоростью роста. Необходимо выяснить, как параметры внешней среды влияют на эти движения. Показано, что формы выпучивания для конструкций, окруженных средой и без нее, совпадают, но при этом наблюдается увеличение критических параметров: нагрузки, времени выпучивания.

Пусть движение конструкции описываются одним разрешающим уравнением относительно прогиба $w(x_1, x_2, t)$:

$$[A^{(i)}(x_1, x_2) + N_s B_s^j(x_1, x_2) + C^{(k)}(x_1, x_2, t)]W + D^{(i)}(x_1, x_2, t)Q_0 = f(x_1, x_2, t);$$
$$Q_0 = Q(x_1, x_2, x_3, t) \quad (j=1,2).$$

Здесь I, k, j и l – порядки линейных дифференциальных операторов A, B, C, D действующих на W и Q_0 ;

Q – давление в жидкости;

x_1 и x_2 – координаты в срединной поверхности;

x_3 – нормаль, $x_3 = x_3^0$ – контактная поверхность;

N_s – большой параметр, соответствующий интенсивному продольному сжатию конструкции силой много больше критической силы Эйлера.

Рассмотрим периодические задачи по продольным координатам, а из возможных видов закрепления на краях выберем условия шарнирного опирания. Вид граничных условий не должен существенно сказываться при многоволновой форме выпучивания.

Возмущение в жидкости описывается волновым уравнением для потенциала скоростей φ :

$$\begin{aligned} \ddot{\varphi} &= C_0^2 \Delta \varphi, \\ Q &= -p_0 \dot{\varphi} \end{aligned}$$

где Δ -оператор Лапласа в системе координат x_1, x_2, x_3 ;

p_0, C_0 , – плотность жидкости и скорость звука в ней.

Нормальные скорости на контактной поверхности одни и те же.

$$\left(\frac{d\varphi}{dx_3} \right)_{x_3=x_3^0} = \dot{w},$$

А при $x_3 \rightarrow \infty$ давление жидкости стремиться к 0.

Предполагая, что вид форму потери устойчивости конструкции в вакууме и в жидкости одинаково. Это происходит, когда поверхность оболочки изгибается по форме потери устойчивости, которые являются собственными функциями для волнового уравнения (2) в рассматриваемой области.

Обозначим: m и n числа полуволн в направлениях x_1 и x_2 соответственно.

Изображения давления получим из (2).

$$Q_\theta^h = p_0 p^2 w^1 \cdot \left(\frac{dw}{dx_3} \right)_{x_3=x_3^0},$$

$$\overline{\varphi^L} = \overline{\varphi^L}(P, m, n, x_3)$$

Подставляя (3) и (4), получим изображения прогиба

$$w^L(P, m, n; p_0, C_0) = f^L(P, m, n, x_3) G^{-1}(P, m, n; p_0, C_0), \text{ где } G^{-1} = C(P, m, n) + N_s b_s(m, n) + d(m, n) Q_\theta^L$$

Здесь a, b_s, C, d полиномы от m, n, P степени которых соответствуют порядкам линейных операторов A, B_1, C, D .

Как правило, Q_θ^L - трансцендентная функций своих аргументов.

В ряде случаев, когда $Q_\theta^L = 0$, (5) удается обратить точно, причем решение имеет вид суммы экспонент. При $p_0, C_0 \neq 0$, точное обращение (5) в общем случае проблематично.

Рассмотрим случай, когда $p_0, C_0 \neq 0$, как и в случае отсутствия жидкости [2], некоторые составляющие асимптотики w можно представить в виде экспоненты с положительным показателем:

$$w \sim W \exp(L, t), \sim$$

$$L = L(m, n; p_0, C_0) > 0 \quad (6)$$

$$w^L \sim \frac{W}{P-L};$$

$$W(a, m, n; p_0, C_0) = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{d}{dP} \left[\begin{array}{cc} (P-a) & f^L(m, n, P) \\ G & (P, m, n; P_0, C_0) \end{array} \right]$$

В предложении (6) искомые величины a являются конями характеристического уравнения.

$$G(a, m, n; p_0, C_0) = 0 \quad (7)$$

Следуя [2] будем разыскивать значение.

$a = a^*(m_*, n_*, p_0, C_0)$, при происходить наибольший рост прогиба w, m_*, n_* -номера максимально растущих форм.

В том числе m, n , это операция очень проста: в противном a^* можно определить решая уравнение (7) численно.

Список литературы

1. Курманалиев К. Нестационарные волны в системе состыкованных оболочек. / К. Курманалиев// Известия КГТУ им. Раззакова .-2009. –Вып. 19. - с.111-114
2. Слепян Л.И. Нестационарные упругие волны / Л.И Слепян. - Л.- 1972.- 374 с.
3. Слепян Л.И. Интегральные преобразование в нестационарных задачах механики / Л.И. Слепян, Ю.С Яковлев Л.- 1980.- 49 С.