

9585
B 38

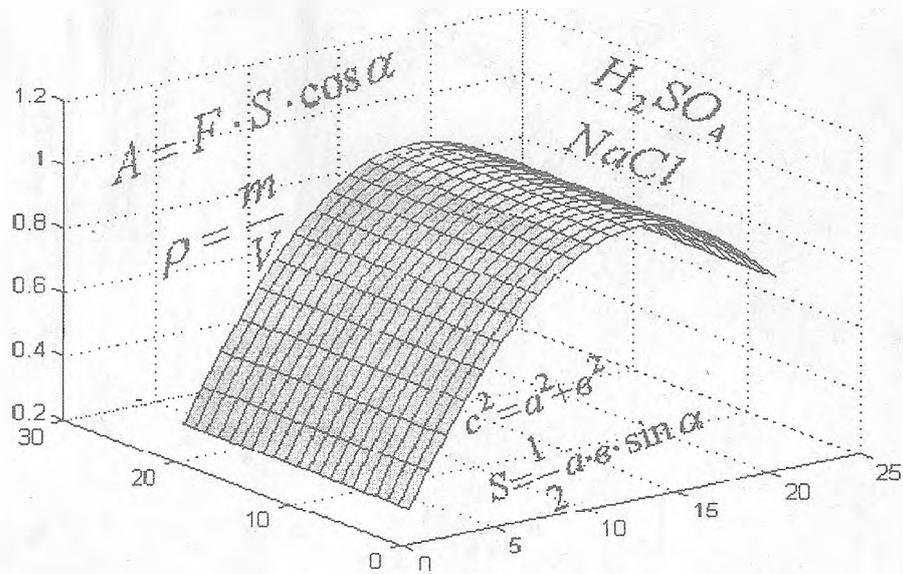
ISSN 1026 - 9045



ВЕСТНИК

ЖАЛАЛ-АБАДСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Серия: естественно-технические науки



Жалал-Абад 2001/1

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И КУЛЬТУРЫ
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

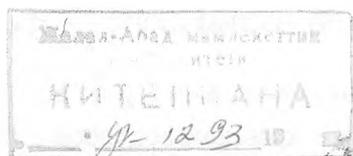
ДЕПАРТАМЕНТ ПО НАУКЕ И НОВЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ

ЖАЛАЛ-АБАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ВЕСТНИК

2001/1(04)

(Приложение к журналу «Наука и новые технологии»)



Жалал-Абад 2001

Редакционная коллегия:

Бокошов Ж.Б. –главный редактор;

Алыбаев К.С. – зам. главного редактора;

Каримов А.К. – ответственный секретарь;

Абдраимов С. А.

Асанканов А. А.

Бекболотов Т. Б.

Бримкулов У. Н.

Брудный А . А.

Жумалиев К. Ж.

Какеев А. Ч.

Ниязалиев Ш. М.

Ормонбеков Т. О.

Чотонов У.Ч.

Об одном примере сингулярно возмущенных уравнений

Пусть рассматривается задача

$$\varepsilon \dot{x}(t, \varepsilon) = A(t)x(t, \varepsilon) + \varepsilon g(t, x(t, \varepsilon)) + f(t, x(t, \varepsilon)), \quad (1)$$

$$x(t_0, \varepsilon) = x^0(\varepsilon), \quad \|x^0(\varepsilon)\| = O(\varepsilon), \quad (2)$$

где $0 < \varepsilon$ — малый параметр; $A(t) = \text{diag}[\lambda_1(t), \lambda_2(t)]$, $\lambda_1(t) = \overline{\lambda_2(t)}$ (черта означает комплексную сопряженность), $\lambda_1(t) = \cos t + i \sin t$, $i = \sqrt{-1}$; $x = \text{colon}(x_1, x_2)$, $g = \text{colon}(g_1, g_2)$, $f = \text{colon}(f_1, f_2)$ и выполнено условие:

I. Пусть $g(t, x)$, $f(t, x)$ являются аналитическими функциями по обоим аргументам в области $\Delta(x, t) = \{\|x\| \leq \delta\} \times H$ ($t = t_1 + it_2, t_1, t_2$ — действительные переменные), где $H = \{(t_1; t_2) : \pi \leq t_1 \leq 2\pi, -D \leq t_2 \leq D\}$, $0 < D = \text{const}$ достаточно большая; и удовлетворяют условиям

$$\begin{aligned} f(t, 0) &= 0, \\ \|f(t, \bar{x}) - f(t, \bar{y})\| &\leq M \|\bar{x} - \bar{y}\| \max\{\|\bar{x}\|, \|\bar{y}\|\}^{1+\beta}, \\ \|g(t, \bar{x}) - g(t, \bar{y})\| &\leq M \|\bar{x} - \bar{y}\| \max\{\|\bar{x}\|, \|\bar{y}\|\}^\beta, \\ 0 < \delta, M, \beta &= \text{const}, \quad \|x\| = \max_{1 \leq k \leq 2} \{x_k\}. \end{aligned}$$

Если задачу (1)-(2) рассмотреть на отрезке $[\pi, 2\pi]$, то присоединенная система [2] системы (1) имеет точку покоя $\bar{x} \equiv 0$. Точка покоя устойчива при $\pi \leq t < \frac{\pi}{2}$ и неустойчива при $\frac{\pi}{2} < t \leq 2\pi$. Вырожденная система имеет решение $\bar{x} \equiv 0$.

Пусть $x(t, \varepsilon)$ решение задачи (1)-(2). Поставим вопрос о предельном переходе $\lim_{\varepsilon \rightarrow 0} x(t, \varepsilon) = 0$ на отрезке $[\pi, 2\pi]$. На поставленный вопрос известные работы [2] дают положительный ответ только для отрезка $[\pi, \frac{\pi}{2}]$, а для интервала $(\frac{\pi}{2}, 2\pi]$ вопрос остается открытым.

Теорема: Пусть изучаемая задача (1) - (2) и выполнена I. Тогда для решения поставленной задачи справедлива оценка

$$\|x(t, \varepsilon)\| \leq 2c\varepsilon, \quad \pi + \delta \leq t \leq 2\pi - \delta, \quad (3)$$

$$0 < c, \delta = \text{const}.$$

Доказательство:

Задачу (1) - (2) заменим на следующее.

$$x(t, \varepsilon) = V(t, t_0, \varepsilon)x_0 + \frac{1}{\varepsilon} \int_{t_0}^t V(t, \tau, \varepsilon) [\varepsilon g(\tau, x) + f(\tau, x)] d\tau, \quad (4)$$

где $V(t, \tau, \varepsilon) = \text{diag}[-ie^{-it} + ie^{it}, ie^{-it} - ie^{-it}]$, $t_0 = \pi + \delta$, $0 < \delta = \text{const}$ не зависящая от ε .

К (4) применим метод последовательных приближений. Последовательные приближения определим следующим образом

$$x_0(t, \varepsilon) \equiv 0$$

$$x_m(t, \varepsilon) = V(t, t_0, \varepsilon)x_0 + \frac{1}{\varepsilon} \int_{t_0}^t V(t, \tau, \varepsilon) [g(\tau, x_{m-1}) + f(\tau, x_{m-1})] d\tau \quad (5)$$

$$x_m = \text{colon}(x_{1m}, x_{2m}), \quad m = 1, 2, \dots$$

Теперь основная задача заключается в оценке и доказательстве равномерной сходимости (5). Для осуществления поставленной задачи определим область $H_0 \subset H$ в плоскости комплексного переменного t и пути интегрирования для последовательных приближений.

Рассмотрим функции $A_1 = -ie^{it}$, $A_2(t) = ie^{-it}$.

Пусть $t = t_1 + it_2$, $\tau = \tau_1 + i\tau_2$, где τ_1, τ_2 — действительные переменные и

$$\text{Re } A_1(t) \equiv A_1(t_1, t_2), \quad \text{Re } A_2(t) \equiv A_2(t_1, t_2).$$

Имеем

$$A_1(t_1, t_2) = -\text{Re } ie^{i(t_1 + it_2)} = e^{-t_2} \sin t_1.$$

Так как $\frac{\partial A_1}{\partial t_2} = -e^{-t_2} \sin t_1 > 0$ в области $\{(t_1, t_2) : \pi < t_1 < 2\pi, -\infty < t_2 < +\infty\}$, то рассмотрим эту полосу.

Определенную полосу обозначим Ω . В Ω рассмотрим линии уровня

$$A_1(t_1, t_2) = C - \text{const}. \quad (6)$$

$\forall (t_1, t_2) \in \Omega : \frac{\partial A_1}{\partial t_2} > 0$. Следовательно, из (6) однозначно определяем t_2 ,

$$t_2 = \ln \frac{\sin t_1}{C}. \text{ Часть из этих кривых соединяют точки интервалов } (\pi, \frac{\pi}{2}), (\frac{\pi}{2}, 2\pi).$$

Возьмем кривую (K), соединяющую точки $(\pi + \delta; 0)$ и $(2\pi - \delta; 0)$, где $0 < \delta$ — достаточно малая постоянная, не зависящая от ε .

Имеем $C = -\sin \delta$, а $t_2 = \ln \frac{\sin t_1}{-\sin \delta}$

Аналогично рассмотрев функцию $A_2(t) = ie^{-it}$, определяем кривую

$$t_2 = \ln \frac{-\sin \delta}{\sin t_1} \quad (K^*).$$

Кривые (K) и (K*) симметричны относительно действительной оси. Область, ограниченную (K) и (K*), обозначим $H_0 \subset H$.

Определим пути интегрирования. Пути интегрирования определяются покомпонентно.

Возьмем линию уровня C_1 , соединяющую точки

$$(\pi + \delta_1; 0), (2\pi - \delta_1; 0) \quad (0 < \delta_1 < \delta).$$

Для $x_{11}(t, \varepsilon)$ путь состоит из прямолинейного отрезка, соединяющего $(\pi + \delta_1; 0)$ и $(\pi + \delta; 0)$; части C_1 , соединяющей точки $(\pi + \delta_1; 0)$, (t_1, t_2^{**}) прямолинейного отрезка, соединяющего $(t_1, t_2^{**}), (t_1, t_2) \in H_0$.

Заметим, что в этом случае часть пути интегрирования не принадлежит области H_0 . В силу I такой выбор пути интегрирования не исключается [3].

Для $x_{1m}(t, \varepsilon)$ ($m = 2, 3, \dots$) путь состоит из части кривой (K), соединяющей $(\pi + \delta; 0)$ и (t_1, t_2^*) ; прямолинейного отрезка, соединяющего $(t_1, t_2^*), (t_1, t_2) \in H_0$.

Для $x_{2m}(t, \varepsilon)$ ($m = 1, 2, 3, \dots$) путь выбирается симметричным относительно действительной оси к путям интегрирования $x_{1m}(t, \varepsilon)$ ($m = 1, 2, \dots$).

Теперь проведем оценку последовательных приближений. Оценим первые приближения.

$$|x_{11}(t, \varepsilon)| \leq 0(\varepsilon)e^{\frac{1}{\varepsilon}A_1(t_1, t_2)} + 0(1) \left| \int_{\pi+\delta_1}^{\pi+\delta} e^{\frac{1}{\varepsilon}[A_1(t_1, t_2)-A_1(\tau_1, 0)]} d\tau_1 \right| +$$

$$+ 0(1) \left| \int_{\pi+\delta_1}^{t_1} e^{\frac{1}{\varepsilon}[A_1(t_1, t_2)-C_1]} d\tau_1 \right| + 0(1) \left| \int_{t_2}^{t_1} e^{\frac{1}{\varepsilon}[A_1(t_1, t_2)-A_1(t_1, \tau_2)]} d\tau_2 \right|.$$

Первый, третий интегралы, проинтегрировав по частям и учитывая, что

$$\forall (t_1, t_2) \in H_0: \quad A_1(t_1, t_2) - A_1(\tau_1, 0) \leq 0, \quad A_1(t_1, t_2) \leq 0,$$

$$A_1(t_1, t_2) - A_1(t_1, \tau_2) \leq 0, \quad A_1(t_1, t_2) - C_1 < 0$$

получим

$$|x_{11}(t, \varepsilon)| \leq 0(\varepsilon) = C \cdot \varepsilon, \quad 0 < C - const, t \in H_0.$$

Аналогично

$$|x_{21}(t, \varepsilon)| \leq C \cdot \varepsilon, \quad t \in H_0$$

Пусть

$$\|x_m(t, \varepsilon)\| \leq \varepsilon \cdot a_m(\varepsilon), \quad t \in H_0 \tag{7}$$

где $a_m(\varepsilon)$ - некоторая положительная функция от ε , причем $a_1(\varepsilon) = C$.

$$|x_{m+1}(t, \varepsilon)| \leq |x_{11}(t, \varepsilon)| + \frac{1}{\varepsilon} \left| \int_{\pi(1)}^{t_1} e^{\frac{1}{\varepsilon}[A_1(t_1, t_2)-A_1(\tau_1, t_2)]} [g(\tau_1, x_m) - g(\tau_1, 0) + f(\tau, x_m)] d\tau \right| \leq$$

Имеем

$$\leq C \cdot \varepsilon + \frac{0(1)}{\varepsilon} \left| \int_{\pi+\delta}^{t_1} e^{\frac{1}{\varepsilon}[A_1(t_1, t_2)-C_0]} [\varepsilon^{2-\beta} \cdot a_m^{1+\beta}(\varepsilon) + \varepsilon^{2+\beta} a_m^{2+\beta}(\varepsilon)] d\tau_1 \right| +$$

$$+ \frac{0(1)}{\varepsilon} \left| \int_{t_2}^{t_1} e^{\frac{1}{\varepsilon}[A_1(t_1, t_2)-A_1(t_1, \tau_2)]} [\varepsilon^{2-\beta} a_m^{1+\beta}(\varepsilon) + \varepsilon^{2+\beta} a_m^{2+\beta}(\varepsilon)] d\tau_2 \right|.$$

Проведя вычисления, как и в предыдущих случаях, будем иметь

$$|x_{1m+1}(t, \varepsilon)| \leq C \cdot \varepsilon + C \varepsilon^{1+\beta} a_m^{2+\beta}(\varepsilon) = \varepsilon (C + C \cdot \varepsilon^\beta a_m^{2+\beta}(\varepsilon)).$$

Также

$$|x_{2m+1}(t, \varepsilon)| \leq \varepsilon (C + C \cdot \varepsilon^\beta a_m^{2+\beta}(\varepsilon))$$

Справедливость оценки (7) доказана, причем

$$a_{m+1}(\varepsilon) = C + C \varepsilon^\beta a_m^{2+\beta}(\varepsilon). \tag{8}$$

Из (7) при $\varepsilon^\beta \leq \frac{1}{(2C)^{2+\beta}}$ следует, что $\forall m \in N: \quad a_{m+1}(\varepsilon) \leq 2C$.

Тогда

$$\|x_m(t, \varepsilon)\| \leq 2C \cdot \varepsilon, \quad t \in H_0 \tag{9}$$

Теперь докажем равномерную сходимость последовательных приближений.

Пусть выполнено

$$\|x_m - x_{m-1}\| \leq \varepsilon b_m(\varepsilon), \quad b_1(\varepsilon) = C. \tag{10}$$

Пути интегрирования оставим как и в прежнем случае. Проведя соответствующие вычисления, получим

$$\|x_{m+1} - x_m\| \leq \varepsilon^{1+\beta} C b_m(\varepsilon).$$

Таким образом, функция $b_{m+1}(\varepsilon)$ определяется следующей рекуррентной формулой

$$b_{m+1}(\varepsilon) = C\varepsilon^\beta \varepsilon_m(\varepsilon). \quad (12)$$

Из (12) при выполнении условия $C\varepsilon^\beta < 1$ следует равномерная сходимость последовательных приближений (5).

Если учесть (9), то для предельной функции имеет место оценка

$$\|x(t, \varepsilon)\| \leq \varepsilon \cdot 2C\varepsilon, \quad t \in H_0. \quad (13)$$

Оценку (12) рассматривая при действительных значениях t , получим

Оценку (3). Теорема доказана.

Примечание: Можно рассмотреть, следуя [1] случай, когда δ зависит от ε . В этом случае оценка (13) видоизменяется.

Литература

1. М.И. Иманалиев, К.С. Алыбаев. Асимптотическое проведение решений сингулярно возмущенных уравнений при нарушении устойчивости точки покоя. I, II. //Исслед. по интегродифференц. уравнениям. Бишкек: Илим, 1999, Вып. 28. С. 19-24.
2. А.Б. Васильева, В.Ф. Бутузов. Асимптотическое разложение решений сингулярно возмущенных уравнений. М: Наука, 1973. С.272
3. Лаврентьев М.А., Шабат Б.В. Методы теории функций комплексного переменного. -М.: Наука, 1973. С.736

* * * * *

**Болотбаев К.Б.,
Ураимхалилова А.**

Применение математического моделирования в обучении школьного курса математики

До последнего времени понятие математического моделирования в курсе школьной математики давалось в неявном виде, в виде уравнений, неравенств и их систем. Это подтверждается анализом действующей программы (программа по математике для восьмилетней и средней школы 1985-86 уч. год). В новой программе по математике для одиннадцатилетней школы предполагается явное изучение понятия о математическом моделировании.

Идея математического моделирования использовалась в математике с древних времен. В течение трех последних столетий математики, физики, химики, биологи, инженеры все чаще использовали математическое моделирование (главным образом неявно) в изучении действительности, построении теории реальных явлений или процессов.

Рассматривая в историческом аспекте предназначение понятия математической модели, замечаем, что основная функция математической модели характеризуется составлением математических зависимостей, описываемых реальными процессами и выдачей после формального математического анализа количественных или качественных рекомендаций при изучении процессов рассматриваемых явлений.

Задача изучения реальных объектов или процессов состоит в выявлении их свойств на предмет прогнозирования, поведения и оптимального управления ими. Решение этой задачи существенно облегчается, если вместо самих объектов изучать их модели.

В настоящее время большое количество трактовок понятия «Математическая модель», различающихся как отдельными оттенками значений, так и довольно принципиальными моментами, нуждается в детальном исследовании. Главный из них — это отношение к месту, занимаемому математической моделью в познании и практической деятельности, причем на уровне приложений или же фундаментальных исследований.

Под математическим моделированием будем понимать процесс применения совокупности исследовательски уточняющихся математических понятий к изучению рассматриваемой задачи.

По характеру математических зависимостей, используемых для построения математических моделей, последние подразделяются на дискретные и непрерывные. Отмечая, что непрерывные модели являются в некотором смысле незаконными идеализациями реальной действительности, А.Н. Колмогоров пишет: «Мы предпочитаем непрерывную модель лишь потому, что она проще».

Проблема о месте математического моделирования в методике преподавания математики является относительно новой. Это объясняется тем, что представление о математическом моделировании, как идеологии приложения математики, активно формируется лишь в последние 30-40 лет, а первые методические работы появились еще позже, всего лишь 8-12 лет назад.

Математическое моделирование используется в методике преподавания математики по-разному, но в основном следующими тремя способами:

- 1) при изучении конкретных математических моделей;
- 2) при решении задач с использованием математического моделирования;
- 3) при анализе учебного материала.

Моделирование, то есть процесс изучения одного объекта с помощью другого, основанный на аналогии этих объектов, по существу всегда присутствовало на уроках математики. Например, при решении текстовых задач, при исследовании свойств функций с помощью графиков, при выполнении чертежей и составлении пространственных моделей к геометрическим задачам.

Однако до недавнего времени метод моделирования использовался в обучении неосознанно, был основан на интуиции, здравом смысле.

Одним из первых ученых, обнаруживших фундаментальное значение модели в обучении, был профессор В. Л. Гончаров. Еще в 1958-году он писал: «Идея модели весьма успешно применяется в самых разнообразных разделах элементарной математики. Использование ее делает усвоение более быстрым, прочным, эффективным, ускоряет умозаключение и процесс решения задачи. Тот, кто хотя бы мысленно пользуется моделью, имеет громадные преимущества перед тем, кто не умеет пользоваться. Неожиданно, как говорят иногда «интуитивно», полученный ответ сплошь и рядом объясняется (может быть даже и неосознанным) использованием модели».

В работе «Использование представлений о математическом моделировании в обучении математике» В.А. Стукалов приходит к выводу, что математическое моделирование является основой приложений математики, а поэтому формирование представлений о математических моделях должно быть связано, прежде всего «с богатым содержанием или приложениями, ориентированными на решение. В школьном курсе математики элементы математического моделирования способствуют решению

ряда важных педагогических задач, таких, как совершенствование прикладной направленности, формирование элементов математической культуры и общей культуры учащихся, формирование элементов диалектико-математического мировоззрения, усиление межпредметных связей.

Предлагаемые в школьных учебниках задачи по моделированию приводят лишь к статичным моделям, в то время как в реальных условиях приходится решать задачи, приводящие к динамичным моделям, т.е. моделям, которые постоянно уточняются, обновляются в зависимости от варьирования параметров моделируемого явления.

И. Я. Гальпериным выделены 3 различных типа ориентировки в процессе обучения:

1 тип отличается существенной неполнотой ориентиров, даваемых учащимся. Учитель показывает учащимся образец решения задачи нового вида, а затем ученики, ориентируясь на этот образец, фронтально и самостоятельно решают огромное число однотипных задач. Несмотря на большие затраты времени и сил, лишь отдельные учащиеся овладевают умениями в самостоятельном решении подобных задач, большинство же учеников так и не научатся безошибочно и самостоятельно решать задачи, если они отличаются от рассматриваемого образца хотя бы несущественными особенностями;

2 тип ориентировки характеризуется тем, что дается полная система указаний для безошибочного выполнения умственных и предметных действий, но эти указания даются учащимся в готовом виде и такой конкретной форме, которая пригодна лишь для ориентировки в одном частном случае;

3 тип ориентировки принципиально отличается от первых двух, при этом типе учащимся дается метод анализа объектов для самостоятельного составления полной ориентировочной основы действия.

Этот тип ориентировки для случая математического моделирования явлений может быть дан учащимся в виде следующей общей схемы:

- 1) проанализировать явление (выявить существенные и второстепенные зависимости);
- 2) ввести переменные;
- 3) построить математическую модель явления;
- 4) исследовать полученную модель;
- 5) проанализировать результаты исследования моделей;
- 6) уточнить модель (в случае не совсем точного описания).

Чтобы уточнить модель, необходимо:

- 1) интерпретировать формальное решение;
- 2) посмотреть насколько точно она удовлетворяет описываемую ситуацию;
- 3) если модель достаточно полно описывает ситуации, то решение задачи можно завершить.

Рассмотрим следующий пример – движение материальной точки, описываемой функцией $S(t)=t^2+3$ (м), на котором учащиеся обновляют умение находить приращение функции, дифференциальное отношение, учатся вычислять $\frac{\Delta S}{\Delta t}$ – среднюю скорость и V – мгновенную скорость, а также выясняют, если $S(t)=t^2+3$ (м), то какой характер имеет это движение? (равноускоренное).

Аналогично задача о прямолинейном движении формализуется понятием средней и мгновенной скорости химической реакции $m = m(t)$ и распределением массы в неоднородном стержне $m = m(t)$.

Для неявного обучения понятие математического моделирования можно использовать при изучении темы «Производная».

Изучение этой темы желательно начинать с самостоятельной работы, которая преследует две основные цели:

- 1) проверить знание предыдущей темы - приращение функций;
- 2) подготовить формальное нахождение производной функции.

Вариант I	Вариант II	Вариант III	Вариант IV
$f(x)=3x^2+4$	$f(x)=4x^2-5x$	$f(x)=3x^3$	$f(x)=\frac{5x+7}{4}$

Найти: 1. $f(x_0)$; 2. $f(x_0+\Delta x)$; 3. $\Delta f(x_0)$; 4. $\frac{\Delta f(x_0)}{\Delta x}$

И решить задачи следующего типа:

3) в неоднородном стержне масса (в граммах) распределена по закону $m(x)=2x^2+3x$, где x - длина части стержня, отсчитываемая от точки 0 - начала стержня.

- 4) найти: 1) среднюю линейную плотность всего стержня, если его длина - 35 см;
2) линейную плотность в точке, отстоящей от начала стержня на 4 см.

Затем следует рассмотреть задачи общего вида.

Например: Масса части неоднородного стержня l определяется по закону $m=f(x)$ (г). Какой физический смысл имеет $f'(x)$? Что следует понимать под средней линейной плотностью стержня на промежутке Δx ?

Решение: цель этой задачи закрепить навыки, связанные с формализацией физических понятий и интерпретацией математических объектов, $f'(x)$ - мгновенная скорость распределения массы стержня в точке x , а в физике это имеет линейную плотность стержня в точке x . Под линейной плотностью стержня на промежутке Δx следует понимать

$$\frac{\Delta f(x_0)}{\Delta x}$$

Таким образом, если у нас имеется какое-либо явление, описанием которого служит функция $y=f(x)$, то автоматически можно изучить одну из сторон этого явления, а именно скорость его течения. Каким образом?

1. $x_0, \Delta x$
2. $\Delta f(x_0)=f(x_0+\Delta x)-f(x_0)$
3. $\frac{\Delta f(x_0)}{\Delta x} = \frac{\Delta f(x_0)}{\Delta x}$ - средняя скорость изменения функции на Δx
4. $\lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta f(x_0)}{\Delta x}$ мгновенная скорость изменения функции в точке x_0

В частности, в качестве математических моделей реальных процессов могут быть использованы дифференциальные уравнения. Здесь сначала составляется дифференциальное уравнение, описывающее процесс и ставятся дополнительные условия, в которых должна удовлетворять искомая функция. При этом чаще всего приходят к задачам Коши.

Тема «Дифференциальные уравнения гармонических колебаний» способствует неявному формированию компонентов моделирования, связанных с введением

переменных и построением математических моделей явлений, показывающих, что одной моделью $f_1(t) = w_2 f(t)$ может быть описано несколько различных явлений.

Совершенствование изучения элементов математического анализа с точки зрения структуры математического моделирования может осуществляться за счет: во-первых, методики введения изучаемых математических объектов; во-вторых, методики иллюстрации (интерпретации) введенных математических понятий; в третьих, системы упражнений, направленных на формирование умений, необходимых при овладении школьным курсом начала анализа и понятием о математическом моделировании.

Таким образом, искусство математического моделирования состоит в умении «перевести» данную задачу на математический язык, перевести адекватно, не теряя основных свойств «оригинала».

Математические модели вследствие их относительной простоты прежде всего помогают понять процесс, дают возможность установить качественные и количественные характеристики состояния процессов и на основе этих характеристик предсказать дальнейшее его развитие, т.е. поведение интересующих нас «ведущих» в данном процессе величин без проведения натуральных экспериментальных исследований, в сложных случаях слишком дорогостоящих, а иногда и просто невозможных на данном развитии вычислительной техники. В последних случаях оказывается весьма перспективным проведение вычислительного эксперимента над математической моделью.

Литература

1. Актуальные вопросы формирования интереса в обучении /Под.ред. Г.И. Шукиной. М.: Просвещение, 1984С. -176 /
2. В.А. Стукалов «Использование представлений о математическом моделировании в обучении математики» М.: Просвещение, 1975.
3. Я. И. Грудинов Совершенствование методики работы учителя математики. Книга для учителя. М.: Просвещение, 1990. С.224

* * * * *

**Болотбаев К.Б.,
Тампагаров К.Б.**

Некоторые результаты решения смешанной задачи теории упругости и пластичности грунтов

При расчетах оснований сооружений практический интерес представляет решение задачи о напряженно-деформированном состоянии областей допредельного (упругого) и предельного равновесия, получившей в механике грунтов название смешанной задачи, теории упругости и пластичности грунтов [1].

Решение смешанной задачи должно удовлетворять в упругой и пластической областях одним и тем же уравнением равновесия и геометрическим уравнением, но различным в этих областях физическим уравнением, условию текучести ($\varphi = 0$) в пластической области и соответствующими граничными условиями.

В ранее нами рассмотренной задаче «О нагружении балки перемещающейся силой» были определены параметры напряженно-деформированного состояния упруго-пластического основания под конечной балкой. В данной работе рассмотрим различие

законов деформируемости при нагружении и разгрузке, которое и обуславливает приобретение грунтом пластических деформаций. В практике расчетов оснований благополучно применяется модель «деформируемого основания» с использованием уравнений теории упругости для определения напряженно-деформированного состояния грунта [2]. В принятой модели грунт представляется сплошной средой, в определенном состоянии линейно-деформируемой и переходящей в предельное (пластическое) состояние в соответствии с условием прочности Кулона. При этом физическая зависимость (обобщенного закона Гука) между векторами напряжений и векторами деформаций записывается в приращениях.

$$\{\Delta\sigma\} = \|D\|\{\Delta E\} \quad (1)$$

В грунтовой среде с неоднородным напряженным состоянием в общем случае будут существовать упругие (линейно-деформируемые) и пластические зоны и при использовании «метода конечных элементов» необходимо располагать матрицей $\|D\|$ для упругого и пластического состояний каждого конечного элемента. Ниже дан вывод матрицы $\|D^p\|$ для пластического состояния. Матрица $\|D^e\|$ для упругого состояния известна [3]. Связь между напряжением и деформацией для грунта принимается в виде диаграммы, состоящей из двух участков I и II (рис. 1а). На участке I грунт рассматривается как линейно-деформируемая среда. Учитывая, что при постепенном нагружении пластические области развиваются в условиях стесненного течения, а пластические \mathcal{E}^p и упругие \mathcal{E}^e деформации соизмеримы, представим полное приращение деформации на данном шаге нагружения в виде

$$\{\Delta\mathcal{E}\} = \{\Delta\mathcal{E}^e\} + \{\Delta\mathcal{E}^p\}, \quad (2)$$

где для плоской деформации

$$\{\Delta\mathcal{E}\}^T = [\Delta\mathcal{E}_x \ \Delta\mathcal{E}_z \ \Delta V_{xz}]$$

и аналогично для $\{\mathcal{E}^e\}$ и $\{\mathcal{E}^p\}$; T – здесь и ниже операция транспортирования.

Приращение вектора упругой деформации связано с приращениями вектора напряжения, законом Гука

$$\{\Delta\sigma\} = \|D^e\|\{\Delta\mathcal{E}^e\}, \quad (3)$$

где для такой деформации $\{\Delta\sigma\}^T = [\Delta\sigma_x \ \Delta\sigma_z \ \Delta\tau_{xz}]$;

$$\|D^e\| = 2G \begin{vmatrix} \frac{1-\mu}{1-2\mu} & \frac{\mu}{1-2\mu} & 0 \\ \cdot & \frac{1-\mu}{1-2\mu} & 0 \\ \cdot & \cdot & 0,5 \end{vmatrix}; \quad (4)$$

G, μ - соответственно модуль сдвига и коэффициент Пуассона. Все матрицы жесткости здесь и далее симметричны.

Для приращений вектора пластической деформации в теории пластичности исходят из зависимостей [4]:

$$\{\Delta \mathcal{E}^P\} = \Delta \lambda \{S\}; \quad (5)$$

$$\{\Delta \mathcal{E}^P\} = \Delta \lambda \left\{ \frac{\partial f}{\partial \sigma} \right\}; \quad (6)$$

где, $\Delta \lambda$ - малый скалярный множитель;
 $\{S\}$ - вектор девиаторных напряжений.

В случае упрочняющегося материала (рис. 1б.), следующего условию пластичности Мизеса, используется обычно зависимость (5), принимающая [4] вид:

$$\left\{ \Delta \mathcal{E}^P \right\} = \frac{3}{2} \frac{\Delta \sigma_i}{\sigma_i H'} \cdot \{S\};$$

$$H' = \frac{d\sigma_i}{d\mathcal{E}_i^P}, \quad (7)$$

где $\sigma_i, \mathcal{E}_i^P$ - интенсивность напряжений и пластических деформаций.

Таким образом, для элементов среды, находящихся на данном шаге нагружения в пластическом состоянии, имеют место зависимости:

$$\left. \begin{aligned} \{\Delta \mathcal{E}\} &= \{\Delta \mathcal{E}^e\} + \{\Delta \mathcal{E}^P\}; & \{\Delta \mathcal{E}^P\} &= \Delta \lambda \left\{ \frac{\partial f}{\partial \sigma} \right\} \\ \{\Delta \sigma\} &= \|D^e\| \cdot \{\Delta \mathcal{E}^e\} & \left\{ \frac{\partial f}{\partial \sigma} \right\}^T \cdot \{\Delta \sigma\} &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Для получения связи $\{\Delta \sigma\} = \|D^P\| \cdot \{\Delta \mathcal{E}\}$ принимаем $\{\Delta \mathcal{E}\}$ известным и выражаем $\{\Delta \sigma\}$, исключая $\{\Delta \mathcal{E}^e\}$ и $\Delta \lambda$ из уравнений системы (8).

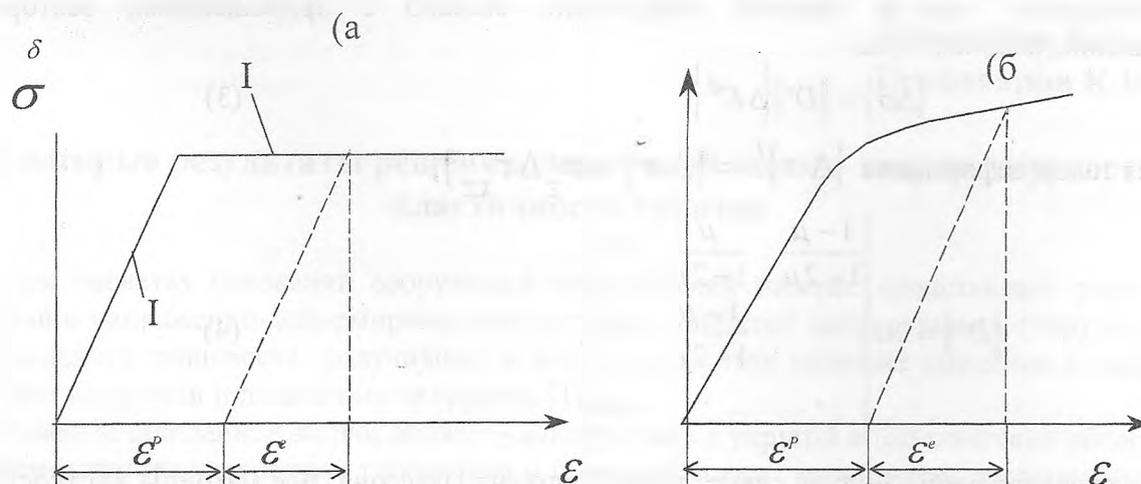


Рис. 1. Связь между напряжениями и деформациями неупрочняющегося (а) и упрочняющегося (б) материала.

В результате простых выкладок имеем,

$$\|D^p\| = \|D^e\| - \|D^e\| \cdot \|A\| \quad (9)$$

при

$$\|A\| = \frac{\begin{Bmatrix} \frac{\partial f}{\partial \sigma} \end{Bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} \frac{\partial f}{\partial \sigma} \end{Bmatrix}^T \cdot \|D^e\|}{\begin{Bmatrix} \frac{\partial f}{\partial \sigma} \end{Bmatrix}^T \cdot \|D^e\| \cdot \begin{Bmatrix} \frac{\partial f}{\partial \sigma} \end{Bmatrix}} \quad (10)$$

В настоящее время при решении смешанных задач плоской деформации для грунта используется схема идеально-пластической среды, а в качестве условия текучести принимается условие Кулона

$$f = \sqrt{(\sigma_x - \sigma_z)^2 + 4\tau_{xz}^2} + (\sigma_x + \sigma_z) \sin \varphi - 2c \cos \varphi = 0, \quad (11)$$

переходящее в частном случае идеально связного грунта в условие Сен-Венана.

Матрица $\|D^p\|$ при условии текучести Кулона получена в виде,

$$\|D^p\| = 2G \begin{Bmatrix} a - \frac{R_1^2}{2t} & b - \frac{R_1 R_2}{2t} & -\frac{R_1 R_3}{2t} \\ \cdot & a - \frac{R_2^2}{2t} & -\frac{R_2 R_3}{2t} \\ \cdot & \cdot & \frac{1}{2} - \frac{R_3^2}{2t} \end{Bmatrix}, \quad (12)$$

где

$$R_1 = \frac{\sigma_x - \sigma_z}{d} + \frac{\sin \varphi}{1 - 2\mu}; \quad R_2 = -\frac{\sigma_x - \sigma_z}{d} + \frac{\sin \varphi}{1 - 2\mu}; \quad R_3 = \frac{2\tau_{xz}}{d}; \quad a = \frac{1 - \mu}{1 - 2\mu};$$

$$b = \frac{\mu}{1 - 2\mu}; \quad b = \frac{\mu}{1 - 2\mu}; \quad t = 1 + \frac{\sin^2 \varphi}{1 - 2\mu}; \quad d = \sqrt{(\sigma_x - \sigma_z)^2 + 4\tau_{xz}^2}.$$

Условие Кулона переходит при $\varphi = 0$ в условие Сен-Венана, при этом матрица $\|D^p\|$ получается в форме (12) при:

$$t = 1, \quad d = 2c, \quad R_1 = \frac{\sigma_x - \sigma_z}{2c}, \quad R_2 = -\frac{\sigma_x - \sigma_z}{2c}, \quad R_3 = \frac{\tau_{xz}}{c}.$$

Остановимся теперь на некоторых результатах решения смешанной задачи плоской деформации для упругопластического основания.

Пусть балка длиной a , с шириной b принята абсолютно жесткой, поэтому смещения балки W всегда линейно зависят от координаты x ;

$$W = \alpha x + \beta. \quad (13).$$

В частности, были выполнены расчеты напряженно-деформированного состояния сыпучего основания [4; 5] размером в плоскости xz $2L \times H = 194 \times 45$. По данным [4], для

использованных в лотковых испытаниях глинистого грунта $\phi = 18^\circ$; $c = 7 \text{ кПа}$; $\nu = 1,85 \text{ г/м}^3$; $E_0 = 850 \text{ кПа}$, модуль объемной деформации $K = 5890 \text{ кПа}$. Коэффициент Пуассона грунта установлен нами по значениям E_0 и K ($\mu_0 = (K - E_0)/2K$), $\mu_0 = 0,424$, $2b = 30 \text{ см}$. На границах области $x = L$ и $z = H$ принято $U = W = 0$, на оси симметрии - $U = 0$, $W \neq 0$ (рис. 1). Расчеты выполнены для действия на основание в двух стадиях:

На первой стадии истории нагружения, когда приложенная по середине сила N возрастает, по всей длине балки имеется контакт с основанием ($W = s$) и происходит процесс нагружения (рис. 2). Следует отметить, что давление у краев жесткой балки при численном решении методом конечных элементов в отличие от теоретических (М. Садовский) получается конечными, обуславливая появление пластических зон при определенном среднем давлении под балкой (в нашем случае при $P_{ср} = 10 \text{ кПа}$). На большой глубине ($z = 1,5b$) появившись ранее, пластические зоны развиваются медленнее, смыкаются на оси z позже (при $P_{ср} = 40 \text{ кПа}$). При возрастании нагрузки пластические области под жесткой балкой достигают дна лотка и далее расширяются к боковым его стенкам, захватывая грунт почти на всю высоту слоя.

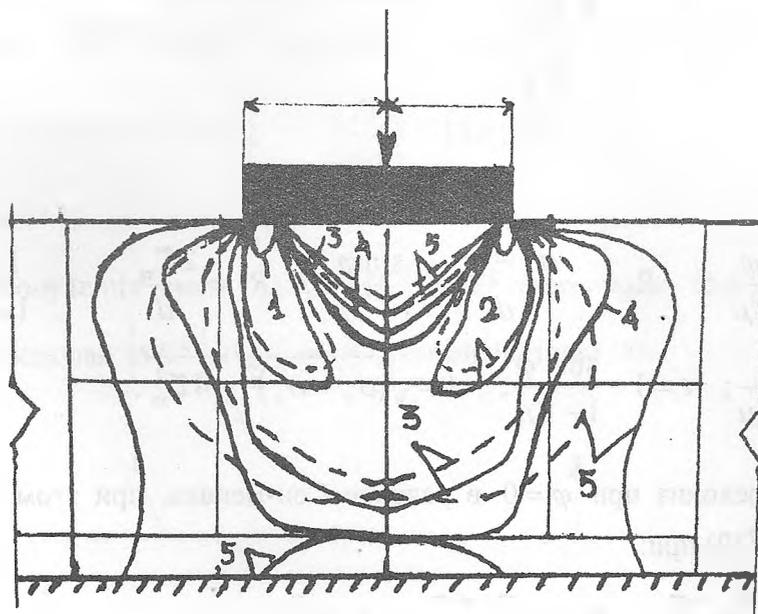


Рис. 2. Область предельного равновесия в основании 194x45.

1-5 – значения $P_{ср}$ соответственно 10; 37; 57; 80; 100 кПа. Сплошные кривые получены по решению смешанной задачи, пунктирные – по линейному.

К концу первой стадии,

$$P(x) = P_0 = \frac{N_0}{ab} \quad (14)$$

$$W(x) = S(x) = \frac{1}{Kn} \cdot P_0 \quad (15)$$

Если $P \leq P_{cp}$, то $P = K_p \cdot S - \frac{1-K}{K} P_{cp}$, (16)

где K_p, K_n – коэффициенты жесткости при разгрузке и нагрузке (аналогично коэффициенту постели в модели винклерового основания), P_{cp} – среднее давление,

$K = \frac{K_n}{K_p}; K_p + K_n = 1.$ (17)

На второй стадии сила N_0 смещается вправо к краю балки (см. рис. 3), теперь эпюра контактного давления $P(x)$ может состоять из трех участков и из двух характерных точек. Первый участок, то есть крайний левый участок отсутствия контакта балки с основанием ($0 \leq x \leq T$), соответствует упругому, левее участок разгрузки $T \leq x \leq z$ и справа участок продолжающейся нагрузки основания $Z \leq x \leq a$ – соответствует смешанному напряженному состоянию основания. Первая характерная точка $P_{cp} = 10 \text{ кПа}$ отвечает моменту зарождения пластических зон у краев балки, вторая характерная точка на рис. 3а, б) – появлению предельного состояния в данной точке основания. В зависимости от фиксируемой точки основания кривые «напряжение – среднее давление» имеют различный характер. При переходе от второго к третьему участку все кривые имеют более или менее четко выраженный излом, характер которого определяется местоположением точки основания. В частности, кривые $\sigma_z - P_{cp}$ на третьем участке регулируют наклон для точек основания на оси Z (рис. 3а) и уменьшают для точек вне балки (рис. 3б). Для точек $0 < x < a$ наблюдается как увеличение, так и уменьшение наклона третьего участка кривой $\sigma_z - P_{cp}$.

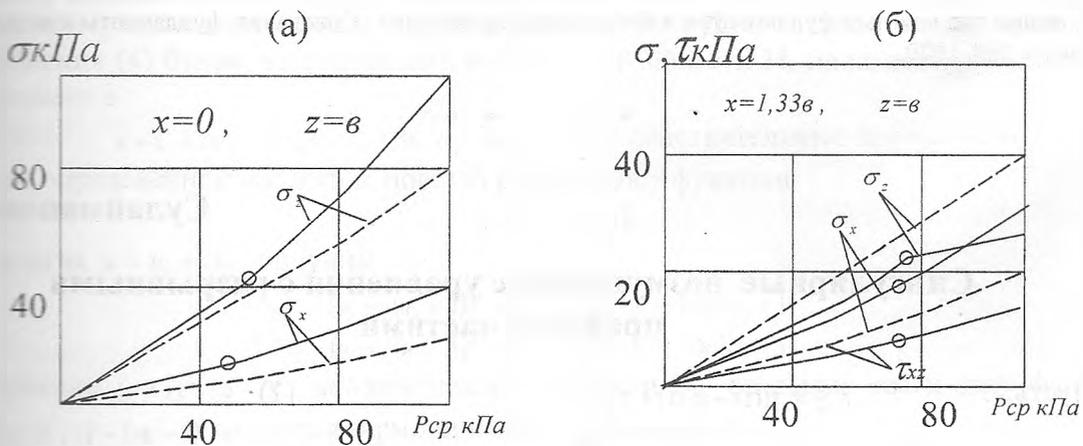


Рис. 3 Напряженное состояние основания под жесткой балкой $2a = 30 \text{ см}$.

Наличие участков и характерных точек на графиках $\sigma_y - P_{cp}$ отмечалось в экспериментах [6]. При смешанном напряженном состоянии эпюры σ_y по вертикалям в пределах жесткой балки имеют резко выраженные максимумы, чем ближе расположены к подошве балки, тем далее вертикаль от оси симметрии. В случае жесткой балки на оси симметрии $\sigma_y \text{ max}$ при $P_{cp} = 100 \text{ кПа}$ получено на глубине $Z = 1,65a$, а на вертикалях $x = \pm 0,5a$ — на $0,8a$. В пределах упругого ядра деформации имеют малые и почти постоянные значения и затем быстро возрастают при переходе в пластическую область.

Результаты расчетов для основания размером 194x45см были получены выше при заданном в исходной информации наибольшем возможном отклониении синуса угла отклонения для пластических треугольные конечные элементы от Sinφ в 5%. В этом случае решение смешанной задачи при разбивке области на 698 треугольных конечных элементов и доведение Pcp до 100кПа обеспечивалось при 50-60 шагах нагружения на ЭВМ.

Выводы:

1. Непосредственное использование решений смешанной задачи при проектировании фундаментов позволяет определять их размеры, исходя из допустимых для расчетов над фундаментной конструкцией, учитывая при этом трансформацию эпюр контактных напряжений.
2. Изложенные выше результаты показывают, что смешанная задача достаточно полно отражает напряженное состояние упруго-пластического основания. Внедрение ее в практику расчетов открывает новые возможности при проектирования оснований и фундаментов.

Литература

1. Вялов С.С., Миндич А.Л. Осадки и предельное равновесие слоя слабого грунта, подстилаемого жестким основанием Основания, фундаменты и механики грунтов. №6, 1974.
2. Вялов С.С., Миндич А.Л. Экспериментальные исследования напряженно-деформированного состояния слоя слабого грунта, подстилаемого малосминаемой толщей. Основания, фундаменты и механики грунтов. №1, 1977.
3. Горбунов – Посадов М.И. Устойчивость фундаментов на песчаном основании. Госстройиздат, 1962.
4. Ормонбеков Т. Механика взаимодействия деформируемых тел. Фрунзе: Илим, 1989.
5. Розин Л.А. Метод конечных элементов. Л: Энергия, 1971.
6. Скормин Г.А. Мальшев М.В. Экспериментальные исследования распределения напряжений в песчаном основании под круглым фундаментом в процессе роста нагрузки. Основания, фундаменты и механики грунтов. №5, 1970.

* * * * *

Сулайманова М.

Сингулярные возмущенные уравнения с разрывными правыми частями

Пусть... $\varepsilon \dot{x} = A(t)x + \varepsilon g(t) + f(t, x)$ (1)

$x(t_0, \varepsilon) = x_0$, где $t_0 \leq t \leq T$, $\varepsilon > 0$ -малый параметр, $A(t) = \text{diag}(\frac{1}{\sqrt[3]{t}} + i \frac{1}{\sqrt[3]{t^2}}, \frac{1}{\sqrt[3]{t}} - i \frac{1}{\sqrt[3]{t^2}})$ и

функции $g(t)$, $f(x, t)$ удовлетворяют условиям: I. $g(t)$ - аналитическая функция в области H , плоскости комплексного переменного t , содержащей отрезок действительной оси $[t_0, T]$, II $f(t, x)$ является аналитической по переменным x, t в области

$$\Delta(t, x, \varepsilon) = \{\|x\| < \delta\} * H^* (0 \leq \varepsilon \leq \varepsilon_0),$$

$$\|x\| = \max |x_k|, x = \text{colon}(x_1, x_2) \text{ и}$$

$$\|f(t, x) - f(t, \bar{x})\| \leq M \|x - \bar{x}\| (\|x\| + \|\bar{x}\|)^{\alpha-1} \alpha > 0$$

В данном случае оценка асимптотического поведения решения задачи (1) на $[t_0, T]$ является затруднительной. Случаи, когда собственные значения имеют точки разрыва второго рода, ранее не рассматривались.

Задачу (1) заменим следующей интегральной системой

$$x(t, \varepsilon) = V(t, t_0, \varepsilon)x_0 + \frac{1}{\varepsilon} \int_{t_0}^t V(t, \tau, \varepsilon)[g(\tau) + f(\tau, x)]d\tau \quad (2)$$

где $V(t, \tau, \varepsilon) = \text{diag} \left(\exp \frac{3}{2\varepsilon} \left[\left(\sqrt[3]{t^2} + i \right)^2 - \left(\sqrt[3]{\tau^2} + i \right)^2 \right], \exp \frac{3}{2\varepsilon} \left[\left(\sqrt[3]{t^2} - i \right)^2 - \left(\sqrt[3]{\tau^2} - i \right)^2 \right] \right)$

Сделаем следующую замену в системе (1):

$\sqrt[3]{t} = s$ и определим $\tau = s^3$. Очевидно, что существует $d\tau = 3s^2 ds$.

При $t_0 \leq t \leq T$, имеем $\sqrt[3]{t_0} \leq s \leq \sqrt[3]{T}$

Далее $\sqrt[3]{t^2} = u$, $\sqrt[3]{t_0^2} = u_0$, $\sqrt[3]{T^2} = u_1$. Система (1) с помощью приведенных замен

приводится к виду

$$x(u, \varepsilon) = \tilde{V}(u, u_0, \varepsilon)x_0 + \frac{1}{\varepsilon} \int_{u_0}^{u_1} \tilde{V}(u, s, \varepsilon)[g(s) + f(s, x)]\beta s^2 ds, \quad (3)$$

где $\tilde{V}(u, s, \varepsilon) = \text{diag} \left(\exp \frac{3}{2\varepsilon} \left[(u+i)^2 - (s+i)^2 \right], \exp \frac{3}{2\varepsilon} \left[(u-i)^2 - (s-i)^2 \right] \right)$

Полученную систему (3) изучим методом, предложенным в [1].

Применим метод последовательных приближений. Последовательные приближения определим следующим образом:

$$x_k(u, \varepsilon) = \tilde{V}(u, u_0, \varepsilon)x_0 + \frac{1}{\varepsilon} \int_{u_0}^{u_1} \tilde{V}(u, s, \varepsilon)[g(s) + f(s, x_{k-1})]\beta s^2 ds, \quad (4)$$

Оценим последовательные приближения (4). Для этого последовательные приближения (4) будем рассматривать в некоторой области H , плоскости комплексного переменного u .

Пусть $u = u_1 + iu_2$, $\tau = \tau_1 + i\tau_2$, где u_1, u_2, τ_1, τ_2 - действительные переменные.

При определенной области основную роль играют функции

$$(u+i)^2, (u-i)^2,$$

Полагая $u = u_1 + iu_2$, получим

$$(u_1 + i(u_2 + 1))^2 = u_1^2 - (u_2 + 1)^2 + 2iu_1(u_2 + 1)$$

$$(u_1 + i(u_2 - 1))^2 = u_1^2 - (u_2 - 1)^2 + 2iu_1(u_2 - 1)$$

Функции $(u+i)^2, (u-i)^2$ - аналитические в области H , реальные части этих функций $u_1^2 - (u_2 + 1)^2, u_1^2 - (u_2 - 1)^2$ являются гармоническими функциями.

Рассмотрим функции:

$$A_1(u_1, u_2) = u_1^2 - (u_2 + 1)^2$$

$$A_2(u_1, u_2) = u_1^2 - (u_2 - 1)^2$$

определим область в комплексной плоскости U , где

$$A_1(u_1, u_2) \leq 0 \text{ и } A_2(u_1, u_2) \leq 0.$$

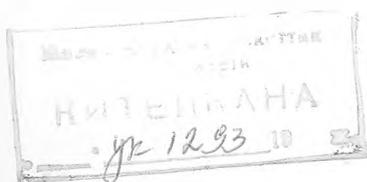
Полагая

$$u_1^2 - (u_2 + 1)^2 \leq 0, u_1^2 - (u_2 - 1)^2 \leq 0,$$

определим квадрат (K) с вершинами в точках $(-1; 0), (0; 1), (1; 0), (0; -1)$.

Таким образом, последовательные приближения будем рассматривать на (K).

Считаем $u_0 = 1$. Известно [2], что без ограничения общности считаем



$$\|x_0\| = O(\varepsilon)$$

Оценим последовательные приближения в (К). Для проведения оценки сначала определим пути интегрирования.

Рассмотрим линию уровня

$$u_1^2 - (u_2 + 1)^2 = C_0 \text{ на квадрате (К).} \quad (5)$$

C_0 определим из условия $u_2 = 0, u_1 = -1 + \delta_0, \delta_0 > 0$.

Имеем $(-1 + \delta_0)^2 - 1 = C_0, C_0 = -2\delta_0 + \delta_0^2$.

Заметим, что δ_0 может и зависеть от ε .

1. Если δ_0 не зависит от ε , то из (5) однозначно определяем кривую

$$u_2 = -1 + \sqrt{u_1^2 - C_0} \text{ которую обозначим (L).}$$

2. Если $\delta_0 = \varepsilon^\lambda (0 < \lambda < 1)$, то кривую, определяемую из (5), обозначим (L_ε) .

Рассмотрев $u_1^2 - (u_2 + 1)^2 = C_0$, определяем кривые (\dot{L}) и (\dot{L}_ε) , симметричные к кривым (L) и (L_ε) относительно действительной оси.

Область, ограниченную кривыми (L) и (L_ε) , обозначим H_1 ; кривыми (\dot{L}) и (\dot{L}_ε) обозначим H_2 . Пути интегрирования для последовательных приближений определим покомпонентно.

Пусть $x_{1k}(u, \varepsilon) = \text{colon}(x_{1k}, x_{2k})$

Путь интегрирования для x_{1k} выбирается следующим образом:

1. Если $(u_1, u_2) \in H_1$, то путь состоит из прямолинейного отрезка, соединяющего точки $(-1; 0)$, $(-1 + \varepsilon^\lambda, 0)$; части кривой (L_ε) , соединяющей точки $(-1 + \varepsilon^\lambda, 0)$ и $(u_1, u_2^*) \in L$ и прямолинейного отрезка, соединяющего точки (u_1, u_2^*) и $(u_1, u_2) \in H_1$.

2. Если $(u_1, u_2) \in H_0 \cup H_2$, то путь состоит из прямолинейного отрезка, соединяющего точки $(-1; 0), (-1 + \delta_0, 0)$; части кривой (L), соединяющей точки $(-1 + \delta_0, 0)$ и $(u_1, u_2^*) \in L$; и прямолинейного отрезка, соединяющего (u_1, u_2^*) и $(u_1, u_2) \in H_0 \cup H_2$.

Пути интегрирования для $x_{2k}(u_1, u_2)$ выбираются симметричными к путям интегрирования $x_{1k}(u_1, u_2)$. Симметричность рассматриваемых областей не исключает такой выбор путей интегрирования. Проведя вычисления как и в [1] для решения задачи (1) - (2), имеем оценку

$$\|x(t, \varepsilon)\| \leq C \cdot \omega(t), \quad (6)$$

где

$$\omega(t) = \begin{cases} \varepsilon, -1 \leq t \leq 1 - \delta_0 \\ \varepsilon^{1-\lambda}, 1 - \delta_0 \leq t \leq 1 - \varepsilon^\lambda \end{cases}$$

Таким образом, справедлива следующая теорема:

Пусть изучается задача (1)-(2) и выполнены условия I-II. Тогда для решения задачи (1)-(2) справедлива оценка (6).

Литература

1. М.И.Иманалиев, К.С.Алыбаев. Асимптотическое поведение решения сингулярно возмущенных уравнений при нарушении устойчивости точки покоя I. Исслед. по интегродифференциальным уравнениям. - Бишкек:Илим, 1999 Вып. 28. С.19-29
2. Васильева А.Б., Бутузов В.Ф. Асимптотическое разложение решений сингулярно возмущенных дифференциальных уравнений. М., 1973. С. 272
3. Лаврентьев М.А., Шабат Б.В. Методы теории функций комплексного переменного.- М., Наука, 1968

* * * * *

Уметов Э.У.

Трековые эффекты при накоплении F_1 и F_2 – центров под действием протонов в NaF

Все процессы, происходящие в твердых телах под действием ионизирующих частиц, можно разделить на два класса: процессы в треках отдельных частиц и процессы при перекрывании треков частиц. Первые определяются плотностью энергии возбуждения в треке.

При импульсном облучении твердых тел мощными пучками электронов при помощи наносекундных ускорителей в объеме кристалла создается плотность возбуждения $(10^{20}-10^{21})$ ЭВ/см³, наблюдается эффект хрупкого разрушения ионных кристаллов. Такие эффекты успешно можно использовать для изучения коагуляции F_1 центров в F_2 – центры.

Экспериментально показано, что при протонном облучении эффективность коагуляции намного больше, чем при облучении одиночным мощным импульсом электронов. Отсюда следует, что коагуляция F_1 центров в F_2 – центров. Возникновение F_2 – центров при перекрывании треков объясняет индуктивный период их накопления. Действительно, только зависимость вероятности однократного перекрывания треков протонов от их концентрации ($p=\Omega v e^{-\Omega v}$) имеет начальную скорость, отличную от нуля. Зависимости вероятностей двухкратного, трехкратного и т.д. перекрывания треков от их концентрации $p(k)=[(\Omega v)^k/k!] e^{-\Omega v}$ имеют начальную скорость, равную нулю, т. е. растут с индукционным периодом. Здесь Ω – эффективный объем трека, v – концентрация треков протонов. Рассмотрим накопление радиационных дефектов, например: F_2 – центров из некоторого числа исходных дефектов.

Концентрация последних N , объем этой реакции ω . Вероятность накопления F_2 – центра равна вероятности того, что в объеме ω окажется не менее одного дефекта, способного превратиться в F_2 центр:

$$1-\exp[-\omega(N-n)],$$

где n – текущая концентрация F_2 – центров, а $(N-n)$ – текущая концентрация исходных дефектов. Отсюда выход F_2 – центров на протон равен

$$dn/dv=(\Omega/\omega)\{1-\exp[-\omega(N-n)]\},$$

а концентрация F_2 – центров растет с концентрацией треков по формуле :

$$n=N\{1-(1/g)\text{Ln}[(e^g-1)e^{-x}+1]\}, \quad (1)$$

где $g=\omega N/\rho$, $x=\Omega v$, Ω - эффективный объем трека.

На эксперименте реализуются два случая:

- 1) $\omega N/\rho \ll 1$ при этом плотности энергии в эффективном объеме трека достаточно для превращения всех исходных дефектов в F_2 – центры; тогда их накопление происходит в результате однократного перекрытия эффективными объемами треков в объеме кристалла: $n=N(1-\exp-\Omega v)$, т. е. по закону $(1-\exp)$.
- 2) $\omega N/\rho \gg 1$, при этом плотности энергии в треке недостаточно для превращения всех исходных дефектов в F_2 – центры и накопление последних происходит в результате многократного перекрытия треков, как было показано выше, именно этот случай реализуется на эксперименте, при этом согласно полученной формуле кривая накопления имеет практически вид прямой линии, резко переходящей в насыщение в узком интервале доз. Такой вид кривой накопления на первой стадии может быть причиной резкого перехода ко второй стадии накопления F_2 – центров (рис.1).

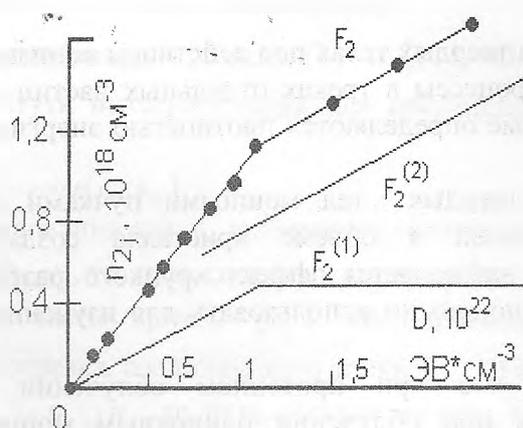


Рис. 1

3) Трековые эффекты наблюдались также в дозной зависимости эффективности коагуляции (n_2/n_1^2). Выше отмечалось, что в ряде случаев, особенно на NaF – о.с.ч., наблюдалась необычная зависимость n_2/n_1^2 от концентраций треков. Вначале крутая нисходящая ветвь, затем минимум и пологая восходящая ветвь, переходящая в насыщение (рис. 2).

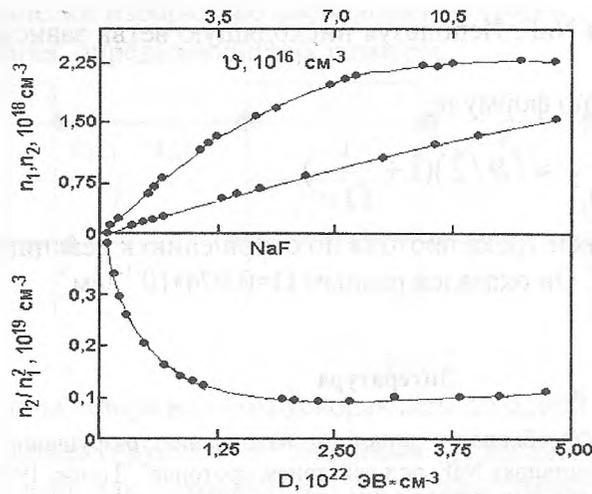


Рис. 2.

Из рисунка видно, что кинетика $F_1 \rightarrow F_2$ превращение может сильно изменяться от кристалла к кристаллу. Однако нисходящая ветвь наблюдается всегда и не зависит от конкретных особенностей процесса коагуляции. Это еще раз доказывает, что нисходящая ветвь обусловлена трековыми эффектами и согласно (1) отражает уменьшение с ростом средней концентрации треков относительно флюктуации ее пространственного распределения.

Предполагая линейное накопление F_1 – центров в начале быстрой и медленной стадии, получим для нисходящей ветви:

$$\frac{n_2}{n_1^2} \approx (\mathcal{G}/2) \left(1 + \frac{1}{\Omega v}\right),$$

v – эффективный объем реакции коагуляции (геометрически это такой объем, что если в нем окажутся два F_1 – центра, то они объединятся в $-F_2$ – центр).

Наличие насыщения у восходящей ветви зависимости n_2/n_1^2 от концентрации треков показывает, что эффективность коагуляции сохраняется в широком интервале больших доз. А постоянство n_2/n_1^2 указывает на равновесие между концентрациями F_1 и F_2 – центров, т.е. обратимость коагуляции $F_1 \rightleftharpoons F_2$ при 295⁰К. Следовательно, восходящая ветвь отражает плавный переход от малой эффективности коагуляции, характерной для быстрой стадии накопления F_1 – центров и равной $(v_1/2)$ к большой эффективности коагуляции, равной $(v_2/2)$. Так как двухстадийное накопление F_1 – центров описывается формулой :

$$n = N(1 - \exp - \Omega v) + \eta v,$$

где η – выход, F_1 – центров на протон на медленной стадии, то зависимость n_2/n_1^2 от концентрации имеет вид:

$$\frac{n_2}{n_1^2} = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{1}{\Omega v}\right) \frac{\mathcal{G}_1 N^2 (1 - \exp - \Omega v)^2 + \mathcal{G}_2 n^2 v^2}{[N(1 - \exp - \Omega v) + \eta v]^2},$$

где $\mathcal{G}_1, \mathcal{G}_2$ – объемы коагуляции F_1 – центров соответственно на быстрой и медленной стадиях. Эта формула хорошо описывает экспериментальные кривые с глубоким

минимумом, характерные для NaF. Используя нисходящую ветвь зависимости $\frac{n_2}{n_1^2}$ от концентрации треков, можно по формуле

$$\frac{n_2}{n_1^2} \approx (\mathcal{G}/2) \left(1 + \frac{1}{\Omega V}\right),$$

оценить эффективный объем трека протона по отношению к реакции накопления F_1 — центров на медленной стадии. Он оказался равным $\Omega = 0,074 \cdot 10^{-14} \text{ см}^3$

Литература

1. Э.Уметов. Диссертация "Особенности кинетики накопления, разрушения и восстановления электронных центров в кристаллах NaF под действием протонов". Томск, 1973
2. Э.Уметов, В.П. Кузнецов. Изд. вуз СССР, Физика, № 11, 1973
3. Э.Уметов. Сборник научных трудов. ФПИ, вып. 60,20, 1973

* * * * *

Алишеров А.

Оптимизация выходных характеристик пучка ионов в линейных ускорителях

При ускорении заряженных частиц до энергии, превышающей 5 Мэв, обычно используется высокочастотное ускоряющее поле, что позволяет пропустить частицы через большое число ускоряющих промежутков и, следовательно, ограничить максимальные значения напряжений в ускорителе [1]. В высокочастотном поле пучок распадается на сгустки. Частота следования сгустков совпадает с частотой ускоряющего напряжения. Поэтому такие ускорители называют резонансными. Принцип действия таких установок подробно описан в работах [1, 2, 3, 4].

В настоящей статье будем рассматривать для конкретности ускоряющую систему с пролетными трубками. На рис.1 изображена схема линейного резонансного ускорителя подобного типа [1].

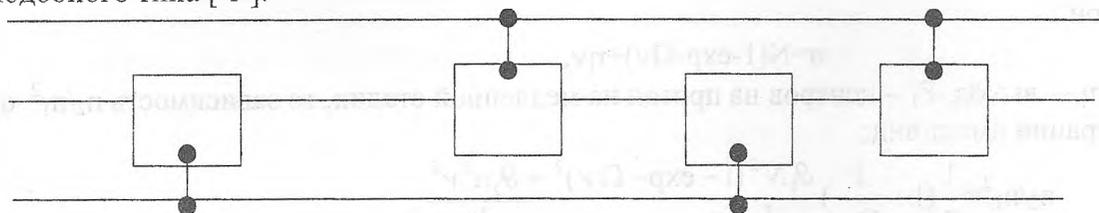


Рис.1

Это система представляет собой полый цилиндрический резонатор, нагруженный трубками дрейфа. Частицы ускоряются в зазоре между трубками дрейфа и экранируются от высокочастотного электромагнитного поля в каналах, расположенных внутри трубок.

На рис.2 схематически изображено расположение трубок дрейфа, ускоряющих зазоры и точка переключения, определяющих их размеры.

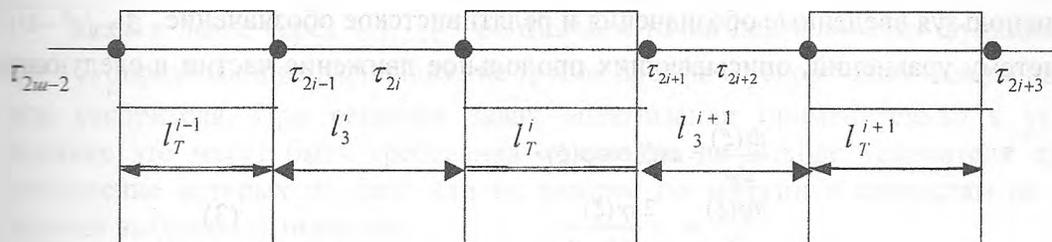


Рис.2

Здесь l_3^i – длина зазора на i -том ускоряющем не одной частицы, а пучка частиц. При этом частицы инжектируются в линейный резонансный ускоритель непрерывно, испытывая при этом как ускоряющее, так и замедляющее воздействие ускоряющего поля. Захват частиц в режим ускорения происходит благодаря процессу автофазировки [1,3]. Этот процесс приводит к тому, что частицы, удовлетворяющие определенным начальным условиям, устойчиво группируются в окрестности синхронной фазы высокочастотного поля. Остальные частицы, не попадающие в устойчивую область синхронной фазы, в среднем не отбирают энергию высокочастотного поля и выбывают из процесса ускорения [1,3].

Следует учесть, что при реализации такого процесса ускорения некоторая часть заряженных частиц может быть потеряна, поэтому ставится задача захвата наибольшего числа частиц в режим ускорения для повышения интенсивности пучка на выходе ускорителя. Для этой цели при решении задач оптимизации в линейном резонансном ускорителе с трубками дрейфа будем проводить такой выбор длины трубок, зазоров между ними и величины амплитуды высокочастотного ускоряющего поля в зазорах, чтобы выходные характеристики пучка были экстремальными. Перейдем к основным исходным уравнениям, описывающим динамику частиц в линейных ускорителях [5].

На частицу в процессе ускорения действуют силы электромагнитного поля [5,6]. Изменение импульса частицы во времени описывается выражением

$$\frac{dp}{dt} = F \tag{1}$$

где $F = e\{E + [v_0 \ B]\}$ - сила Лоренца, t - время, E - напряженность электромагнитного поля, B - магнитная индукция, e - заряд частицы.

В дальнейшем будем пользоваться основными релятивистскими соотношениями, связывающими массу m , скорость v , импульс p и полную энергию W частицы

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \beta^2}}; \quad p = m v = \frac{m_0 v}{\sqrt{1 - \beta^2}};$$

$$W_n = W_0 + W = mc^2 = \frac{W_0}{\sqrt{1 - \beta^2}};$$

$$W^0 = m_0 c^2, \quad \beta = v/c. \tag{2}$$

Здесь m_0 - масса покоя частицы, β - приведенная скорость, W_0 - энергия покоя, W - кинетическая энергия, c - скорость света.

При рассмотрении динамики частиц в ускорителе исследуем зависимость энергии частиц от пройденного расстояния. Введем следующие величины: $\gamma = W/W_0$ -

приведенная энергия, $\xi = z/\lambda$ - безразмерное расстояние, λ - длина волны в свободном пространстве.

Тогда, используя введенные обозначения и релятивистское обозначение $\beta = \sqrt{\gamma^2 - 1}/\gamma$, запишем систему уравнений, описывающих продольное движение частиц в следующем виде [5].

$$\begin{aligned} \frac{dx(\xi)}{d\varphi} &= \alpha(\xi) \cos \varphi(\xi), \\ \frac{d\varphi(\xi)}{d\xi} &= \frac{2\pi\gamma(\xi)}{\sqrt{\gamma^2(\xi) - 1}}, \end{aligned} \quad (3)$$

где $\alpha(\xi) = e\lambda E_z(\xi) \in [0, T] / m_0 c^2$ - безразмерная функция, соответствующая амплитуде напряженности ускоряющей волны; e - заряд частицы; λ - длина волны высоко частотного поля; $E_z(\xi)$ - амплитуда составляющей напряженности ускоряющего поля вдоль оси z ; $\xi = z/\lambda$, $\xi \in [0, T]$; $\varphi(\xi)$ - фаза волны, действующей на ион в точке; $\gamma(\xi) = m(\xi)/m_0$ - отношение динамической массы иона $m(\xi)$ к массе покоя m_0 в точке ξ , характеризующее энергию частицы; T - длина ускорителя.

В силу существенной нелинейности уравнений (3) исследование продольного движения заряженных частиц аналитическими методами весьма затруднительно, поэтому изучение динамики будем проводить на основе численного интегрирования системы обыкновенных дифференциальных уравнений.

Рассмотрим вопросы оптимизации ускоряюще-фокусирующего канала ускорителей тяжелых ионов с малыми токами в разных типах резонаторов. При этом ускоритель рассматривается как система управления, а распределение ускоряющего поля вдоль оси канала ускорителя служит управляющей функцией. Целью оптимизации является выбор такой структуры, которая обеспечивала бы максимальный захват частиц. Под захватом частиц, по принятой терминологии, понимается осуществляемый в ускорителе отбор заряженных частиц (из инжектируемого пучка) с определенными начальными условиями, обеспечивающим и их дальнейшее ускорение.

Предположим, что амплитуда высокочастотного электромагнитного поля в пределах каждого ускоряющего зазора является постоянной, а в трубках дрейфа поля равна нулю. Влиянием пространственного заряда пучка на движение отдельной частицы будем пренебрегать [5]. Решение оптимизационных задач для выходных характеристик пучка ионов в линейном ускорителе проводится в два этапа [5,7]. На первом этапе проведем оптимизацию продольного движения ускоряемых частиц для получения на выходе ускорителя требуемой энергии и монохроматичности, а на втором этапе будем оптимизировать выходные параметры при учете пространственной фокусировки пучка в плоскости, перпендикулярной продольной оси ускорителя.

На основании уравнений (3), которые описывают продольные движения заряженных частиц в линейном ускорителе, рассмотрим постановку задачи оптимизации.

Предположим, что начальная энергия инжекции постоянна, а начальная фаза частиц выбирается из некоторой области Ω_φ

$$\gamma(0) = \gamma_0, \varphi(0) = \Omega_\varphi = \{ \varphi(0) : a \leq \varphi(0) \leq \sigma \} \quad (4)$$

В качестве управления выбирается функция $\alpha(\xi)$, имеющая физический смысл амплитуды напряженности ускоряющего поля. Предположим, что $\alpha(\xi)$ принадлежит классу релейных функций. При этом определяем ее при помощи некоторого набора параметров $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n$ в следующем виде:

$$\alpha(\xi) = \alpha(\xi, \bar{\tau}) = \begin{cases} c_1, & \text{если } \xi \in [\tau_{2k}, \tau_{2k+1}] \\ c_2, & \text{если } \xi \in [\tau_{2k+1}, \tau_{2k+2}] \end{cases} \quad (5)$$

Здесь и далее через $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n$ обозначаем точки переключения функции управления $\alpha(\xi, \bar{\tau})$, определяющие расположение трубок дрейфа и ускоряющие зазоры на продольной оси ускорителя. При решении задач оптимизации применительно к ускорительной технике это могут быть требования получения на выходе ускорителя пучка частиц, отклонение которых по фазе или их разброс по энергии и скоростям не превосходит заранее выбранных значений.

Сформулируем несколько оптимизационных задач.

Задача 1. Требуется определить такое расположение дрейфовых трубок и ускоряющих зазоров, а также их длину, чтобы на выходе ускорителя получить пучок частиц минимальным разбросом от заданной энергии и обладающих максимальной протяженностью по начальной фазе.

При решении такой задачи необходимо максимально увеличить интервал захвата начальных фаз пучка ускоряемых частиц. В силу указанных требований, критерий качества приведенной задачи запишем в следующем виде.

$$I(\alpha(\xi, \bar{\tau})) = \min_{\tau \in \Omega} \max_{\varphi(0) \in \Omega_\varphi} [\gamma(T, \varphi(0), \bar{\tau} - \gamma_T)]^2. \quad (6)$$

При этом движение пучка частиц удовлетворяет системе уравнений (3) с начальными условиями (4).

Задача 2. Требуется определить оптимальный набор параметров $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n$, задающих структуру линейного ускорителя ионов с критерием качества вида (6) при учете ограничений на длины трубок дрейфа, ускоряющих зазоров и их относительных размеров, т.е.

$$l_k' \leq \kappa \cdot l_i', \quad i = \overline{1, N} \quad (7)$$

где l_k' - длина i -го ускоряющего зазора, l_i' - длина i -ой трубки дрейфа κ - некоторая постоянная, определяемая из технических соображений.

Разнообразие критериев качества отнюдь не ограничивается представленными задачами и может быть расширено для конкретного ускорителя при учете технических требований к реализации процесса.

Задача 1 и задача 2 были решены при помощи методов, приведенных в работах [5,3,9], и стали тестовыми для разработки более сложных алгоритмов. Составленные по этим алгоритмам программы были применены для оптимизации структуры линейных резонансных ускорителей протонов, работающих на 2π , π волне, и к ускорителям с асимметричной фазой переменной фокусировки [1,5].

Выбор оптимальных параметров $\{\tau_i^0\}_{i=1}^N$, задающих расположение и размеры трубок дрейфа и ускоряющих зазоров в резонансном ускорителе, позволяет перейти ко второму этапу оптимизации, а именно к пространственной фокусировке пучка заряженных частиц.

Рассмотрим задачу выбора ускоряющей структуры линейного ускорителя, которая обеспечивала бы одновременно ускорение частиц и фокусировку. В аксиально-симметричном случае движение пучка частиц описывается системой дифференциальных уравнений вида[5].

$$\frac{dx(\xi)}{d\xi} = \alpha(\xi) \cos \varphi(\xi),$$

$$\frac{d\varphi(\xi)}{d\xi} = \frac{2\pi\gamma(\xi)}{\sqrt{\gamma^2(\xi)-1}}, \quad \xi \in [0, T] \quad (8)$$

$$\frac{d^2r(\xi)}{d\xi^2} = \frac{\gamma(\xi)}{\gamma^2(\xi)-1} \left[-\frac{1}{2} \frac{d\alpha(\xi)}{d\xi} \cdot r(\xi) - \alpha(\xi) \cdot \frac{dr(\xi)}{d\xi} \right] \cos \varphi(\xi)$$

Изменение радиальных координат в трубках дрейфа удовлетворяет соотношениям [7]:

$$\frac{dr(\tau_{2i})}{d\xi} = \frac{dr(\tau_{2i-1})}{d\xi}, \quad r(\tau_{2i}) = r(\tau_{2i-1}) + \frac{dr(\tau_{2i-1})}{d\xi} (\tau_{2i} - \tau_{2i-1}),$$

с начальными условиями

$$\gamma(0) = \gamma_0, \quad \varphi(0) \in [a, b], \quad r(0) = r_0, \quad \dot{r}(0) = \dot{r}_0 \quad (9)$$

Здесь $r(\xi)$ – радиальная составляющая пучка частиц.

Сформулируем оптимизационные задачи выбора параметров $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n$ для системы (8) и начальных условий (9) при учете пространственной фокусировки пучка частиц.

Задача 3. Определить наилучшее расположение трубок дрейфа и ускоряющих зазоров, чтобы на выходе ускорителя получить пучок частиц с минимальными разбросами по радиусу и средней энергией при максимальном захвате частиц по фазе. Предполагается, что частицы не выходят на ограничение, определяемое апертурой ускорителя при выборе начальных условий пучка из фазового объема.

Задача 4. Требуется определить оптимальный набор параметров

$\{\tau_i^0\}_{i=1}^N$, задающий расположение трубок дрейфа и ускоряющих зазоров, чтобы увеличить поперечный захват частиц в режим ускорения при условии, что текущее значение радиальной составляющей $r(\xi)$ не нарушало соотношение $|r(\xi)| < r_{\max}$, где r_{\max} – радиус апертуры ускорителя.

Литература

1. Капчинский И. М. Теория линейных резонансных ускорителей: - Динамика частиц- М., Энергоиздат, 1982. С.240.
2. Вальднер О.А., Власов А. Д., Шальнов А.В. Линейные ускорители - М., Атомиздат, 1969. С.248
3. Власов А.Д. Теория линейных ускорителей. М., Атомиздат, 1965. С.348
4. Каретников Д. В., Сливков И.Н., Тепляков В.А., Федотов А.П., Шембель Б.К. Линейные ускорители ионов - М., Госатомиздат, 1962. С.208
5. Овсянников Д.А. Математические методы управления пучками-Л., Издательство Ленинградского университета, 1980 С.228
6. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория поля - М., Наука, 1967. С.460
7. Харченко И.И. Численный метод параметрической оптимизации с учетом фазовых ограничений.-В сб.: Вестник Киевского университета. Моделирование и оптимизация сложных систем, 1982, №1 С.90-94
8. Алишеров А.А. Условие оптимальности в задаче управления пучком траекторий.//Проблемы автоматки и управления. Бишкек, Илим, 1997. С.45-50

* * * * *

Чотонов Б.Б.,
Кыдыралиев С.К.

«Ылдамдатылган – экспрессанализ» ыкмасы менен поли жана монокристаллдык кремнийдин сапаттуулугун текшерүү

Бүгүнкү күндө жарым өткөргүчтүү материалдардын ичинен негизгиси болуп кремний эсептелет. Поли жана монокристаллдык кремнийден микроэлектроника үчүн диоддор, триоддор, транзисторлор жана электр эсептөөчү машиналардын интегралдык схемалары жасалат [6]. Бул приборлордун эффективдүү иштеши, негизинен материалдын сапаттуулугуна көз каранды. [3].

Жарым өткөргүчтүү материалдардын сапаттуулугун мүнөздөөчү негизги электрдик параметрлери болуп, төмөнкү чоңдуктар эсептелинет:

- 1) салыштырма каршылык - ρ (Ом.см);
- 2) салыштырма электрдик өткөрүмдүүлүк - σ (Ом⁻¹.см⁻¹);
- 3) электрдик каршылык -R (Ом) ж.б.

Бул параметрлерди аныктоочу негизги ыкмалар болуп, төрттүк зонд, компенсациондук жана Холлдун эффектиси эсептелет [2,5]. Бул ыкмалар мындан 30 жыл илгери иштелип чыгып, бүгүнкү күндө да колдонулууда.

Жогорудагы негизги параметрлерди аныктоодо, Холлдун эффектиси жана компенсациондук ыкмалар төмөнкүдөй кемчилик-терге ээ:

- Мисалы; 1) түзүлүшү татаал;
- 2) убакытты көп талап кылышат;
 - 3) көтөрүп жүрүүгө ыңгайсыз;
 - 4) слиткалардын формасынан көз каранды ж.б.у.с.

Учурдун талабына ылайык, жогорудагы каралып жаткан ыкмалар өндүрүштөрдө кеңири кулач жаюу менен колдонулуп келе жатышат.

Илим жана техниканын өнүгүшү менен жарым өткөргүчтүү материалдардын сапаттуулугун эффективдүү аныктоочу ыкма болуп, төрттүк зонд ыкмасы эсептелет. Учурдагы ыкма катарында убакытты үнөмдөө, так аныктоо жана автоматтык түрдө сан маанисин көрсөтүүчү артыкчылыктарына ээ [1,2].



1-сүр. Төрттүк зонд ыкмасы.

Азыркы учурда төрттүк зонд ыкмасында да төмөнкүдөй кемчиликтер пайда болууда:

- 1) түзүлүштөрү татаал
- 2) слиткалардын формасына көз каранды
- 3) баасы жогору у.с.

Бул кемчиликтерге карабастан төрттүк зонд ыкмасы өндүрүштөрдө колдонулуп келүүдө.

Мамлекеттик акционердик коом «Кристалл» заводу өндүргөн поликристаллдык кремнийинин сапатуулугун жогорудагы төрттүк зонд ыкмасынын жардамында аныкталып, анын жыйынтыгы төмөнкү таблицада көрсөтүлгөн.

Таблица 1

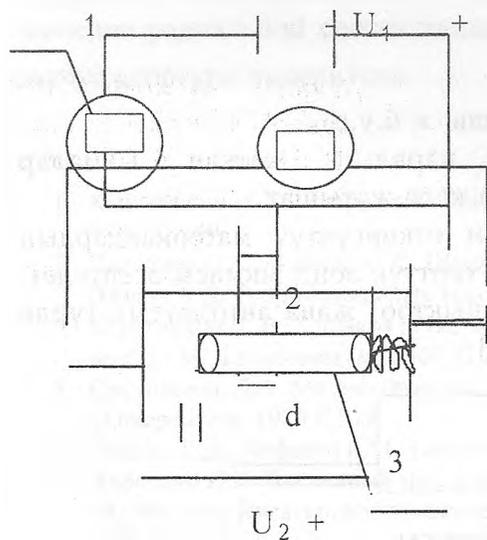
№	Өткөрү м. тиби	T (°K)	m (кг)	S (м ²)	(Ом*см)	Ом ⁻¹ см ⁻¹
1	«Р»	298	$5,8 \cdot 10^{-3}$	$3,4 \cdot 10^{-4}$	$90,3 \cdot 10^{-2}$	1,11
2	«N»	298	$5,8 \cdot 10^{-3}$	$2,4 \cdot 10^{-4}$	$31,2 \cdot 10^{-2}$	3,2

Таблицадагы айрым физикалык чоңдуктар (S,d) төмөнкү формулалардын жардамында эсептелген:

$$=1/\rho \quad (1) \quad d_p = m/abc \quad (2) \quad d_N = 4m/\sqrt{d^2h} \quad (3) \quad S_p = ab \quad (4) \quad S_N = \pi d^2/4 \quad (5) \quad [4].$$

Бул эсептөөлөрдө ток күчүн (I), чыңалуусун (U) жана токтун тыгыздыктарын (ρ) аныктоого мүмкүн эмес. Ошондуктан, жогорудагы кетирилген кемчилдиктерди жоюу үчүн, ошондой эле «Кристалл» заводунун шартына ылайыктуу, бир топ артыкчылыктарга ээ болгон методдорду ойлоп табуу учурдун талабы болуп саналат.

Ушундан улам, жаңы ыкма катары «ылдамдатылган-экспрессанализ» ыкмасы иштелип чыгып, ИП-УС.П. прибору конструкцияланды. Бул прибордун схемасы төмөндөгүчө:



- 1-өлчөөчү түзүлүш
- 2-зонддун борку
- 3-үлгү
- 4- карматкыч.

Мында, өлчөөчү зонддун борку эң жакшы электрдик байланыштарды түзүү үчүн болоттон, ошондой эле карматкычтын кысуучу бети күмүш пластинкасынан жасалган. Электрдик байланыштар мыкты болушу үчүн күмүш пластинкасы зор роль ойнойт. ИП-УС.П. приборунун техникалык мүнөздөмөсү жана анда алынган өлчөөлөрдүн жыйынтыктары төмөнкү таблицаларда көрсөтүлгөн:

Таблица 2

ИП-УС.П. приборунун жардамында алынган жыйынтыктар

Тип Про в	T °K	m кг	I A	U В	l (м)	S м ²	R Ом	P Ом.см	j А/м ²
P	298	5,8* 10 ⁻³	30* 10 ⁻³	2,3* 10 ⁻³	0,5* 10 ⁻²	3,4* 10 ⁻⁴	7,8* 10 ⁻²	52* 10 ⁻²	88,2
N	298	5,8* 10 ⁻³	50* 10 ⁻³	4* 10 ⁻³	0,5* 10 ⁻²	2,4* 10 ⁻⁴	8* 10 ⁻²	38,4* 10 ⁻²	208,3

Таблица 3

Өлчөөчү зонддун боркунун техникалык мүнөздөмөсү

Зонддордун көтөсундагы аралык (мм)	Зонддун кысуу күчү F(H)	Зонддун боркунун максималдык аянтчасы, мкм
0,5+ 0,01	1,5 - 250	100

Таблица 4

Өлчөөчү түзүлүштүн техникалык мүнөздөмөсү

Слитканын диаметри d (мм)	Слитка Узун-у l (мм)	чыңалуу U(мВ)	каршылык R(Ом)	Ток күчү. I(мА)	Өлчөөчү прибордун сезгичтиги (мВ)
1-80	1-70	1-15	1-0,01	1-150	0,02-3

Бул алынган жыйынтыктарды төрттүк зонд ыкмасынын жыйынтыктары менен салыштырып, жаңы ыкманын натыйжасында конструкцияланган ИП-УС.П. приборунун бир топ артыкчылыктары бар экендигин таблицадан көрүүгө болот.

Бул прибордун артыкчылыгы төмөнкүлөр: 1) түзүлүшү жөнөкөй; 2) колдонууга ыңгайлуу; 3) слиткалардын формасынан көз каранды эме; 4) убакыттын үнөмдүүлүгү; 5) зонддун бөркүнүн болоттон жасалышы; 6) кысуу бетинин күмүштөн жасалышы.

Корутунду

- иштелип чыккан «ылдамдатылган-экспрессанализ» ыкмасынын натыйжасында конструкцияланган ИП-УС.П. прибору, жарым өткөргүчтүү материалдардын электрдик негизги параметрлерин аныктоодо ыңгайлуу.

– төрттүк зонд жана «Ылдаматылган-экспрессанализ» ыкмалары менен текшерүүнүн натыйжаларында «Кристалл» заводу өндүргөн продукциясынын сапаттуулугу жогору жана дүйнөлүк стандартка жооп берет.

Адабияттар

1. Булкин А.Д., Якивчик Н.И. Технические оборудование и производство силовых полупроводниковых приборов. / Изд. «Знание». Москва, 1991. С.5-44
2. Городецкий А.Ф., Самойлов Е.М. и др. Основы физики полупроводниковых приборов. / изд. «Наука». Москва, 1966. С.145-161
3. Махкамов Ш., Турсунов Н.А. и др. Новые полевые и биполярные транзисторы на основе кремния, легированного серебром. //Тез.док.№1. Международной научной конференции. /Ташкент, 1994. С.139
4. Кремний поликристаллический. /Министерство металлургии. СССР 1991. С. 3-34
5. Родо М. Полупроводниковые материалы. /Изд. «Металлургия». Москва, 1971
6. Хамидов А., Зикириллаев Х.Ф. и др. Кремний диод токининг ташки тансирига сезгирлиги. //Электроника ва микроэлектроника сахосидаги долзарб муаммалар. /Ташкент, 1993. С.103-106

* * * * *

Чотонов Б.Б.

Тазалоонун ректификациялоо учурунда хлориддердин сапаттуулугун термодинамикалык эсептөөлөрдүн негизинде текшерүү

XX кылымдын аягында жарым өткөргүчтөр физикасынын дүркүрөп өсүшү илимий техниканын өнүгүшүнө алып келди. Ал эми бүгүнкү күндө негизги жарым өткөргүчтүү материал катары кремний (Si) эсептелет.

Сапаттуулугу жогору болгон кремнийдин радиотехникада, микроэлектроникада, күн энергиясын пайдаланууда жана айыл чарбачылыгында ролу өтө чоң. Ошондуктан, сапаттуулугу жакшы болгон поли жана монокристаллдык кремнийдин дүйнөлүк базар баасы өтө жогору.

Тилекке каршы поли жана монокристаллдык кремнийдин жеке өзүнө таандык болгон физика-химиялык жаратылыштарын окуп үйрөнүү, аны терең изилдөөнүн эффективдүү ыкмалары жетишсиз болгон.

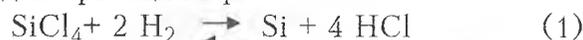
Ушундан улам, МАК «Кристалл» заводу өндүрүп жаткан продукциянын сапаттуулугун текшерүү, анын сапаттуулугун жакшыртуунун жолдорун издөө жана дүйнөлүк базарга алып чыгуу мамлекетибиздин негизги проблемаларынан болуп эсептелинет.

Жогорудагы негизги проблемалардын үстүндө Энергетика жана Электроника Институтунун «Электроника» лабораториясынын изилдөөчүлөрү эмгектенүүдө.

XX кылымдын экинчи жарымынан баштап, негизги изилдөөлөрдү жүргүзүшкөн окумуштуулар болуп төмөнкүлөр эсептелет: А.С.Медведов, Б.Ф.Ормонт, А.У.Усенов, Т.Т.Кудайбергенов.

Хлориддердин закон ченемдүүлүктөрүн түшүндүрүүдө [11] эки негизги идеяга токтолойлу:

1). Төмөнкү суммардык реакциялар



хлориддердин бөлүнүп чыгуусундагы процесстерди чагылдыра албайт.

2) Хлориддердин закон ченемдүүлүктөрүн түшүндүрүүдө кызмат кыла албайт [11].

Бул эки идеяга түзөтүү ирээтинде төмөндөгү илимий талкууларды карап көрүүгө болот:

Термодинамикалык эсептөөлөрдү жүргүзүү менен химиялык реакциялардын энергетикалык чондуктарын, заттардын өз ара айланыштарын жана химиялык процесстердин жылуулук эффектилерин (ΔH), иретсиздиктин өлчөмдөрүн (ΔS) эсептөө аркылуу заттардын касиеттерин ачып көрсөтүүгө болот [14].

Бул теориядан четтөөгө мүмкүн эмес.

Бүгүнкү күнгө чейин МАК «Кристалл» заводу өндүргөн продукциянын сапаттуулугун текшерүүдө термодинамикалык эсептөөлөр жүргүзүлгөн эмес.

Жогорудагы негизги проблемаларды чечүү үчүн, биз МАК «Кристалл» заводу өндүргөн поли жана монокристаллдык кремнийдин сапаттуулугун текшерүүдө, алгачкы терең термодинамикалык эсептөөлөрдү төмөндөгүчө жүргүздүк:

Мында, тазалоонун ректификациялоо учурунда, түрдүү температураларда химиялык реакциялардын энтальпиясын (ΔH), энтропиясын (ΔS) эсептөөгө жетиштик. Эсептөөлөр физика-математикалык моделдердин негизинде төмөндөгүчө жүргүзүлдү:

$$\Delta H_T^0 = \Delta H_{298}^0 + \int_{298}^T C_p^0 dT \quad (3)$$

$$C_p^0 = a + bT + cT^{-2} \quad (4)$$

$$\Delta S_T^0 = \Delta S_{298}^0 + \int_{298}^T C_p^0 / T dT \quad (5)$$

Бул алгачкы термодинамикалык эсептөөлөрдүн жыйынтыктарын төмөнкү графиктер түрүндө көрсөтөбүз: график 1,2.

Жогорудагы графиктердин жыйынтыктарына төмөндөгүдөй илимий талкуу жүргүзөбүз:

Мында, тазалоонун ректификациялоо учурунда каралган температураларынын ичинен 573⁰К жана 648⁰К дерде энергетикалык абалдын (ΔH) жана иретсиздиктин өлчөмдөрү (ΔS) аз болгондугун байкадык. Бул учурда трихлорсиландын (SiHCl_3) 80-90%ти кармалса [11], анда анын составындагы айрым аралашмалардын хлориддери конденсатта кармалып, кремнийдин сапаттуулугуна терс таасирин тийгизишет.

Мисалы: AlCl_3 , CaCl_2 , TiCl_4 , FeCl_3 , Pce_3 , NiCe_2 , CuCe_2 ж.б.

Ал эми калган аралашмалар сапаттуу тазаланган деген жыйынтыкка келебиз.

Температуранын жогорулашы менен энергетикалык абалдын (ΔH) жана иретсиздиктин өлчөмдөрү (ΔS) жогорулап, трихлорсилан-дын (SiHCl_3) конденсатта кармалуу проценти төмөндөп, ал эми тетрахлориданын (SiCl_4) конденсатта кармалуу проценти өсөт.

Тетрахлоридага (SiCl_4) караганда трихлорсиланды (SiHCl_3) тазалоо менен алынган кремнийдин сапаттуулугу жогору болуп эсептелинет.[11]

Корутунду

Жалпысынан МАК «Кристалл» заводунун өндүргөн продукциясынын сапаттуулугун, термодинамикалык эсептөөлөрдү жүргүзүүдө алынган графиктерге карап, жогору деген жыйынтыкка келебиз.

Экинчиден теорияга салыштырмалуу алып карасак, заводдо трихлорсиланды (SiHCl_3) өндүрүп, андан поли кристаллдык кремнийди алышат. Мындан сырткары, тазалоонун эффективдүү ыкмасы болгон ректификациялоо аркылуу тазалоосу да сапаттуулугунун жогорулашына шарт түзөт.

Ректификациялоо учурунда тандалып алынган температуралардын ичинен эффективдүүсү болуп 573°K жана 648°K дер эсептелет деген жыйынтыкка келебиз.

Адабияттар

1. П.И.Воскресенский, Л.А.Цветков, Д.А.Эпштейн /Справ.по химии/М., 1974
2. Общая химия. пос.ред.В.А.Рабиновича. Химия., Ленин-д 1978
3. В.М.Глазов Основа физической химии.М., Высшая школа 1981
4. И.Т.Гороновский, Ю.П.Назаренко, Е.Ф.Некряч Краткий справочник по химии. Киев. Наука. 1987
5. Г.А.Гошков. Руководство по физической химии. М., Выс.школа 1988
6. М.Х.Карапетьянц. Введение в теорию химических процессов. Издат. Высшая школа Москва, 1970
7. М.Х.Карапетьянц,С.И.Даракин Общая и неорган. химия.М., Химия 1981
8. Башкы ред. Карыпкулов, жооптуу редак. У.Асанов Химия кыскача энциклопедия. Бишкек, 1997
9. Гл.ред.И.А.Кнунянц Хим.Энцик-я. Т.2 изд.Советск.энцик-я. Москва, 1990
- 10.Т.Т.Кудайбергенов,К.Р.Рысмендиев,У.А.Асанов Жалпы химия жана элементтердин химиясы. Бишкек, 1994
- 11.С.А.Медведев Введение в технологию полупроводниковых материалов. Издат. Выс. Школа М., 1970
- 12.Л.Н.Николаев Физическая химия учебник для вузов.М., Выс.шк. 1979
- 13.Б.П.Никольский Гл.ред. Справочник химика Т. № 1 Ленинград, 1963
- 14.Б.Ф.Ормонт. Введение в физическую химию и кристаллохимию М., 1968
- 15.В.А.Рабинович,З.Я.Хавин Краткий химический справочник Изд. Химия Ленинград.отд. 1977 и 1991
- 16.Е.Д.Рохов Мир кремния М., Химия, 1990
- 17.Ж.П.Сюше Физическая химия полупроводников Изд. Металлургия Москва, 1969
- 18.Я.А.Угай Введение в химию полупроводников М., Выс.школа, 1975
- 19.Я.А.Угай Общая химия Издат. Выс.школа, 1977

* * * * *

Жайлообаев Н.Ж.

**Синтез структуры устройства квазиоптимальной
аналоговой низкочастотной обработки ДЧМ сигналов с
использованием линейных согласованных фильтров с
дополнительными нелинейными элементами**

В настоящее время в помехоустойчивых системах передачи дискретной информации (СПДИ) широкое применение находит использование сложных шумоподобных сигналов [1,2,3]. Из различных видов сложных шумоподобных сигналов наиболее перспективным является использование дискретных частотно-модулированных (ДЧМ) сигналов.

ДЧМ сигналы вследствие своих структурных особенностей позволяют более эффективно бороться против импульсных, структурных и узкополосных помех, чем другие виды шумоподобных сложных сигналов [3,5].

С использованием этих структурных особенностей ДЧМ сигналов в работах В.Н. Власова и Бенджиамина [4,5] построены фильтры, которые получаются включением в определенные точки аналоговых линейных согласованных фильтров (ЛСФ) с дополнительными нелинейными элементами. Эти фильтры в дальнейшем назовем ЛСФ с дополнительными нелинейными элементами (ЛСФНЭ). ЛСФНЭ ДЧМ сигналов эффективно работают относительно действия мощных структурных, импульсивных и узкополосных помех, незначительно ухудшая при этом качество обработки (1 - 2 дБ) относительно действия флуктуационной помехи по сравнению с идеальным ЛСФ [5,6]. Поэтому применяя ДЧМ сигналы и ЛСФНЭ, можно наиболее полно удовлетворить требования по достижению высокой помехоустойчивости СПДИ.

В работе автора [6] приведен синтез структуры и алгоритм работы устройства аналоговой низкочастотной обработки ДЧМ сигналов с использованием ЛСФ. Из эвристических соображений следует, что алгоритм работы устройства квазиоптимальной аналоговой низкочастотной обработки (УАО) с использованием ЛСФНЭ может быть получен из алгоритма устройства оптимальной аналоговой низкочастотной обработки с использованием ЛСФ, заменой в последнем алгоритмов работы ЛСФ на соответствующие алгоритмы ЛСФНЭ. Полученный таким образом алгоритм описывается выражением

$$g_0 \begin{matrix} s_0 \\ s_1 \end{matrix} g_1 \quad g_i = \sqrt{(Y')^2 + (Y'')^2}, \quad i = 0,1, \quad (1)$$

$$Y' = Y_{cct}(\tau) + Y_{svt}(\tau), \quad Y'' = Y_{scf}(\tau) + Y_{csf}(\tau),$$

где g_i - отклики различных каналов УАО;

$$\begin{aligned} Y_{cct}(\tau) &= \sum_{\nu} \tilde{Y}_{cct}(\tau), & Y_{svt}(\tau) &= \sum_{\nu} \tilde{Y}_{svt}(\tau) \\ Y_{scf}(\tau) &= \sum_{\nu} \tilde{Y}_{scf}(\tau), & Y_{csf}(\tau) &= \sum_{\nu} \tilde{Y}_{csf}(\tau) \end{aligned} \quad (2)$$

- отклики различных ЛСФНЭ в каналах УАО;

$$\tilde{Y}_{\text{cos}}(\tau) = \int_{t_{\tau_0}}^{(k+1)\tau_0} \tilde{Y}_{\text{cos}}(t) \cdot S_{\text{cos}}(t-\tau) dt, \quad (3)$$

$$\tilde{Y}_{\text{sin}}(\tau) = \int_{t_{\tau_0}}^{(k+1)\tau_0} \tilde{Y}_{\text{sin}}(t) \cdot S_{\text{sin}}(t-\tau) dt,$$

$$\tilde{Y}_{\text{cos}}(\tau) = \int_{t_{\tau_0}}^{(k+1)\tau_0} \tilde{Y}_{\text{cos}}(t) \cdot S_{\text{cos}}(t-\tau) dt,$$

$$\tilde{Y}_{\text{sin}}(\tau) = \int_{t_{\tau_0}}^{(k+1)\tau_0} \tilde{Y}_{\text{sin}}(t) \cdot S_{\text{sin}}(t-\tau) dt,$$

- отклики ЭСФ различных ЛСФНЭ:

$$\begin{pmatrix} S_{\text{cos}}(t) \\ S_{\text{sin}}(t) \end{pmatrix} = a \begin{pmatrix} \cos \\ \sin \end{pmatrix} \left[\frac{(2\alpha_N - N - 1)}{2} \Delta\omega_0(t - k\tau_0) \right] \quad (4)$$

- импульсные реакции ЭСФ; a - коэффициент усиления ЭСФ;

$$\bar{Y}_{\text{cos}}(\tau) = \text{sgn} \left\{ Y_{\text{cos}}(\tau) = \int_0^{\tau_0} X_c(t) \cdot S_{\text{cos}}(t-\tau) dt \right\},$$

$$\bar{Y}_{\text{sin}}(\tau) = \text{sgn} \left\{ Y_{\text{sin}}(\tau) = \int_0^{\tau_0} X_c(t) \cdot S_{\text{sin}}(t-\tau) dt \right\},$$

$$\bar{Y}_{\text{cos}}(\tau) = \text{sgn} \left\{ Y_{\text{cos}}(\tau) = \int_0^{\tau_0} X_s(t) \cdot S_{\text{cos}}(t-\tau) dt \right\},$$

$$\bar{Y}_{\text{sin}}(\tau) = \text{sgn} \left\{ Y_{\text{sin}}(\tau) = \int_0^{\tau_0} X_s(t) \cdot S_{\text{sin}}(t-\tau) dt \right\}, \quad (5)$$

- отклики ЭСФ в различных ЛСФНЭ после ограничителей: $\text{sgn } x$ - функция, характеризующая работу амплитудного ограничителя в

ЛСФНЭ, $Y_{\text{cos}}(\tau)$ и $Y_{\text{sin}}(\tau)$ - отклики ЭСФ до ограничителей;

$$\begin{pmatrix} X_c(t) \\ X_s(t) \end{pmatrix} = \sum_{n=1}^N V_n \begin{pmatrix} \cos \\ \sin \end{pmatrix} \left[\frac{(2\alpha_n - N - 1)}{2} \Delta\omega_0(t - k\tau_0) \right] + \begin{pmatrix} \eta_c(t) \\ \eta_s(t) \end{pmatrix} \quad (6)$$

- синфазный ($X_c(t)$) и квадратурный ($X_s(t)$), составляющие входные смеси группового низкочастотного сигнала и флуктуационной помехи

$$\begin{pmatrix} S_{\text{cos}}(t) \\ S_{\text{sin}}(t) \end{pmatrix} = \epsilon \begin{pmatrix} \cos \\ \sin \end{pmatrix} \left[\frac{(2\alpha_N - N - 1)}{2} \Delta\omega_0(t) \right] \quad (7)$$

- импульсные реакции ЭСФ; ϵ - коэффициент усиления ЭСФ.

Структурная схема квазиоптимальной низкочастотной УАО с использованием ЛСФНЭ аналогична структуре устройства оптимальной низкочастотной УАО с использованием ЛСФ, если в последних вместо ЛСФ включить соответствующие ЛСФНЭ (см. рис. 1), а их алгоритмы работы приведены в работе автора [7].

Структурные схемы различных ЛСФНЭ, включенные в квадратурные и синфазные каналы УАО - ЛСФНЭ_{cci}, ЛСФНЭ_{ssi}, ЛСФНЭ_{csi} и ЛСФНЭ_{scli}, приведены в работах автора [7].

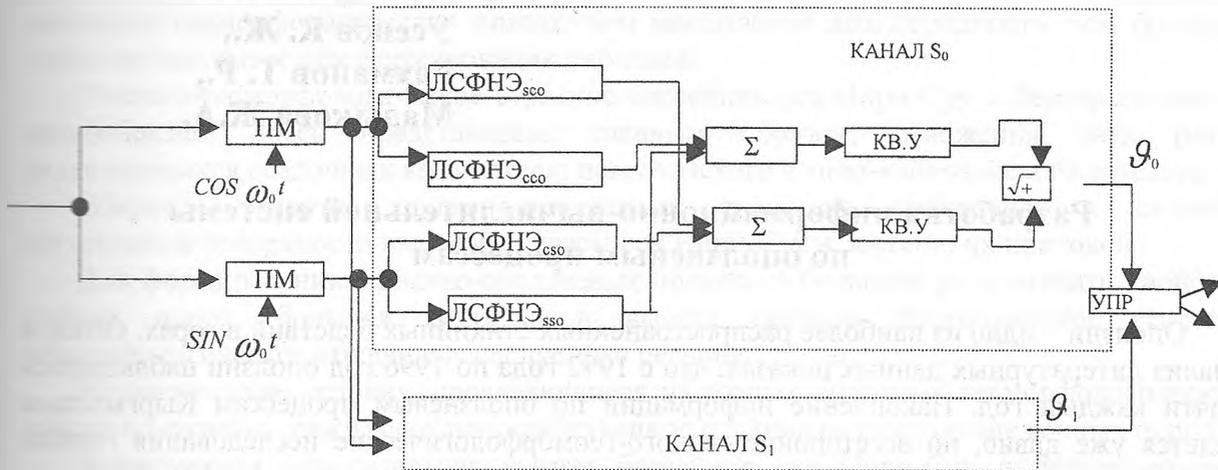


Рис.1. Структура устройства аналоговой оптимальной (квазиоптимальной) низкочастотной обработки, реализованной на ДЧМ сигналов.

Литература

1. Варакин Л.Е. Теория систем сигналов. – М., Сов.радио, 1978. С.304
2. Кух Ч. и Берифельд М. Радиолокационные сигналы. Теория и применение.: Пер. с англ. /под.ред. Кельзона В.С. – М., Сов. радио, 1981. С.567
3. Под ред. Пестрякова В.Б. Шумоподобные сигналы в системах передачи информации. – М., Сов. радио. 1973. С.424
4. Бенджамин. Последние достижения в технике генерирования и обработки радиолокационных сигналов. – Зарубежная радиоэлектроника, 1975, №7 С. 22-48.
5. Власов В.Н. ДЧМ сигналы и их применение в радиотехнических системах. – Диссерт. к.т.н. – Московский технический университет информатики и связи, 1976
6. Жайлообаев Н. Синтез структуры устройства оптимальной аналоговой низкочастотной обработки ДЧМ сигналов с использованием линейных фильтров.- Вестник Жалал-Абадского государственного университета, 2000, №1
7. Жайлообаев Н. Исследование приема сложных ДЧМ сигналов с использованием гибридных (цифро-аналоговых) фильтров. – Московский технический университет информатики и связи, 1981.

**Кожогулов К. Ч.,
Усенов К. Ж.,
Рахманов Т. Р.,
Мадыкова Ж. А.**

Разработка информационно-вычислительной системы по оползневым процессам

Оползни – одно из наиболее распространенных стихийных бедствий в горах. Обзор и анализ литературных данных показал, что с 1992 года по 1996 год оползни наблюдались почти каждый год. Накопление информации по оползневым процессам Кыргызстана ведется уже давно, но всесторонние геолого-геоморфологические исследования горных оползней и их влияние на геоэкологическую ситуацию началось недавно [2]. Особенно это было ощутимо при смещении обвально-оползневых масс в 1994 г в районе Кара-Джыгач долины реки Майлуу-Суу, в 1995 г. в районе Оган-Талаа в пределах бассейна реки Кара-Ункур.

Образование оползней является природным процессом, но его развитие может ускорить «неразумная» хозяйственная деятельность человека, так, например, выполнение сельскохозяйственных работ вдоль склона, распашка эрозийно опасных склонов, низких пойм рек и др. приводит к возникновению оползневых процессов.

Основные закономерности формирования и развития склоновых явлений, их приуроченность к массивам пород разного строения и состояния следует рассматривать как качественные и приближенные количественные критерии для оценок устойчивости склонов, прогноза процессов.

Одним из ключевых объектов комплексных исследований оползневых процессов являются бассейны рек Кок-Арт, Кара-Ункур, Майлуу-Суу, Яссы, Кара-Кульджа, Тар, Ййри-Суу, Зергер.

До сих пор об обвально-оползневых процессах Кыргызской Республики в целом и, в частности, рек Ййри-Суу и Зергер имелись весьма скудные и отрывочные сведения.

Бассейны рек Ййри-Суу и Зергер характеризуются большим разнообразием комплексов пород, тектонических структур, геоморфологических и сейсмических условий, четкой климатической поясностью, разнообразием типов и парагенетических сочетаний горных обвалов и оползней.

В пределах бассейнов рек Ййри-Суу и Зергер широко развиты обвально-оползневые процессы. Они значительно осложняют освоение горных территорий, наносят огромный материальный, экономический и социальный ущерб народному хозяйству, приводят к катастрофическим последствиям, как было, например, при смещении обвально-оползневых масс объемом 3,8 млн. м³ по длине реки Зергер (1993г.), в Тосое (1993г.), в Комсомоле (1993г.). В районе бассейна реки Ак-Терек длина оползневых тел достигала более 6 км, ширина примерно колебалась от 20 до 30 м.

Формирование горных обвально-оползневых процессов определяется многими факторами, в первую очередь литологией горных пород, геологическими структурами, климатическими условиями, а также гидрогеологическими, почвенно-растительными антропогенными и др.

Приуроченность тех или иных форм рельефа зависит от неоднородности литологического состава горных пород, слагающих тот или иной участок,

направленности и интенсивности проявлений экзодинамических процессов на разных высотных геоморфологических поясах, чем масштабнее неоднородность, тем большее значение оно имеет при формировании оползней.

Геолого-геоморфологическое строение бассейнов рек Ийри-Суу и Зергер сложно и разнообразно. Здесь представлены, главным образом, отложения двух резко различающихся осадочных комплексов: палеозойского и мезо-кайнозойского возраста.

Широкое развитие оплывно-оползневых процессов приурочено к склонам ступенчатой поверхности высокой террасы рек Ийри-Суу и Зергери, их притоков.

Для формирования оплывно-оползневых процессов большую роль играют: свойства горных пород, большая крутизна и высота склонов, благоприятное геолого-геоморфологическое строение исследуемого региона.

Климатические условия, проявляющиеся на разных высотных геоморфологических поясах по-разному, оказывают непосредственное влияние на разрушение горных пород.

Значительная относительная высота бассейнов рек Ийри-Суу и Зергер создает климатическую дифференциацию на склонах гор. Здесь наблюдается отчетливо выраженная климатическая поясность. В соответствии с этим изменяются характер и направление современных экзодинамических процессов.

Текущие воды – один из важнейших физико-географических факторов экзодинамического процесса. Они играют большую роль в изменении и формировании рельефа суши. На всем протяжении реки происходит размыв горных пород, скорость и глубина которого зависят от целого ряда причин: скорости водного потока, уклона дна, литологического состава горных пород. Иногда размыв усиливается на одних участках русла и ослабевает на других. Мощный водный поток, превращенный в грозную силу после ливневых дождей, легко размывает рыхлые породы (глины, песка и др.), прорезает каньоны и ущелья в кристаллических породах (известняках, сланцах и др.). Реки играют также большую роль в перераспределении вещества на поверхности Земли. Они несут с гор на равнины огромное количество обломочных материалов.

Начиная с первой декады марта по май месяцы, на рр. Ийри-Суу и Зергер происходят весенне-летние паводки и в питании рек наибольшую роль играют сезонные снега и ледники, отчасти подземные воды и кратковременные ливневые дожди. В связи с этим водный режим этих рек характеризуется затяжным весенне-летним половодьем. Наивысший расход воды р. Ийри-Суу составил $6,80\text{ м}^3/\text{сек}$, а р. Зергер – $7,64\text{ м}^3/\text{сек}$.

Из этих данных видно, что на реках Ийри-Суу и Зергер участие ливневых дождей в формировании максимального расхода воды очень велико. В результате ливнево-селевых потоков реки выработали на пойме ряд новых русел. В отдельных местах, где развиты осыпные шлейфы и конусы выноса, наблюдается на склонах гор оживление оплывно-оползневых процессов.

Также подземные воды выполняют определённую физико-географическую работу. Они растворяют породы, подмывают склоны гор, переносят растворенные вещества из одних участков земной коры в другие и отлагают их в порах и пустотах горных пород.

Подземные воды на речных террасах по долинам рек Ийри-Суу и Зергер и их притоков занимают значительную площадь, воды выклиниваются в эрозионных врезках, образуя оползни, осложняя без того сложную экологическую обстановку региона.

Оползневые смещения приурочены к определенным сезонам года, так как их активизация сопряжена прежде всего с интенсивностью питания подземными и поверхностными водами. Например, анализ оползней на юге Кыргызстана за 5 лет показал, что 85 % их смещений приходится на февраль – май, 4% – на летний период, 9%

– на осень. Действительно, оползни в регионе возникают в весенний и летний периоды, которые характеризуются благоприятными условиями увлажнения склонов гор, что обуславливает водонасыщение горных пород, особенно покрытых суглинками.

Наиболее оползнеопасными участками региона являются предгорья, речные долины рек Зергер и ее притоков: Ничке-Сай, Курган-Демик, Кутурган, Кара-Джыгач, Талды-Суу, где по берегам речных долин расположены населенные пункты: Зергер, Кара-Джыгач, Дехкан, Кутурган, Ак-Терек, Ничке-Сай и др.

Для разного типа оползней наибольшее гидростатическое и гидродинамическое давление создают напорные воды, которые залегают под менее проницаемыми породами, предрасположенными к смещению. Эти воды оказывают на них взвешивающее давление, особенно в основании склона. Примером в этом отношении являются многочисленные оползни огромных объемов в бортах долин рек Ййри –Суу, Зергер и Талды-Суу в пределах юго-западного склона Ферганского хребта. В данном регионе, когда с ноября по апрель месяцы выпадает 60-75% осадков среднегодовой нормы, весной всегда наблюдается активизация оползней.

Землетрясение является важным фактором возникновения оползневых процессов, с которым связано обычно их катастрофическое проявление. Как правило, все землетрясения от семи баллов и выше сопровождаются обвально-оползневыми явлениями катастрофического характера. Повсеместное развитие оползней и обвалов наблюдалось, например, во время Сусамырского землетрясения 1992 года (с силой до 10 баллов), когда сейсмические колебания вывели из состояния равновесия крупные массивы выветренных и разрушенных горных пород. Существенное влияние на развитие оползней оказывают даже слабые землетрясения. В таких случаях они являются как бы толчком, спусковым механизмом уже подготовленного к обращению массива. Так, например, на левом склоне долины реки Ак-Терек после землетрясения в марте 1995 года образовался крупный оползень катастрофического характера на абсолютной высоте 1812м.

Долина реки Ак-Терек, где произошел оползень сейсмического характера, сложен мощной толщей делювиальных отложений. При этом объем оползневого тела составил 12 млн. м³. Им было перекрыто русло реки Ак-Терек на протяжении более 7 км, высота стенки срыва составила более 25–27 метров, ширина оползневых тел составила 35–40м. Под завалом было погребено 4 дома.

Наибольшую опасность для объектов народного хозяйства представляют не только сами сейсмические явления, сколько оползни и обвалы, образующиеся после землетрясения своей внезапностью, массовостью и значительными масштабами сейсмогравитационных явлений. Иногда оползни, срываясь в русла и поймы горных рек, перекрывают их. В результате образуются естественные плотины и водоемы; последние переполняются, плотины прорываются и на реках довольно часто наблюдаются селевые паводки – наводнения.

Воздействие сейсмичности на образование обвалов и оползней разного масштаба оказывается различно. Эффект землетрясения особенно существен, когда на горном склоне большие массивы горных пород ранее были дислоцированы, а в дальнейшем сильно разрушены экзогенными процессами и подготовлены к смещению. В этих случаях при определенном пространственном соотношении разрывов и крупных трещин различного размера с ориентировкой крутого склона, сейсмические толчки могут вызвать единовременные обвалы и оползни объемом в многие сотни кубических метров. Так, например, на левом берегу Зергер Токтогульское землетрясение 18 августа 1992

года (силой более 9 баллов) вызвало обвально-оползневое явление объемом 253 тыс. м³ на отметках 1500-1620м над уровнем моря.

Тосойская трагедия всем известна. Она произошла в 1994 году в весенний период. В результате этого катастрофического природного явления погибли 50 человек и несколько домов остались под земляной массой оползневого процесса. Цветущее селение превратилось в могилу. Данная трагедия происходила на левом склоне долины р. Зергер на абсолютной высоте 1300м в районе ур. Кургандемик (на северном склоне). Из имеющихся материалов следует указать, что формирование оползня началось еще весной 1993 года Сусамырского землетрясения. Объем оползневого тела составил более 3,5 млн.м³, стенки срыва достигали 15-17м, ширина колебалась в пределах 40-45м.

Оползни-потоки образуются в лесовых породах, которые относятся к группе структурно-неустойчивых пород, способных при интенсивном увлажнении и определенном напряженном состоянии уменьшать свою прочность и разрушаться: это вызывает просадку пород и последующее их смещение по склону речных долин.

Наблюдения, проведенные в бассейне реки Зергер (устье) показали, что в результате развития овражной эрозии вскрываются водоносные горизонты, и начинается процесс оползней. При определенном сочетании условий, в частности, при сильном увлажнении склоновых отложений дождевыми и тальными водами, оползневые смещения могут начаться и при участии сравнительно слабых землетрясений – порядка – 3-4 баллов.

Исследования, проведенные на юго-западном склоне Ферганского хребта, показали, что за 1968-1995 гг. оползни наблюдались в течение 5 лет, т.е. повторяемость в среднем через 5,5 лет: соответственно за 1968-1970 гг. в течение 1 года, за 1985-1990 годы в течение 1 года, за 1991-1995 в течение 3 лет. Естественно, что стихийные катастрофические природные явления наносят существенный ущерб народному хозяйству республики. Ущерб от проявления оползней можно существенно снизить. Для этого необходимо комплексное обследование. Для решения этой проблемы необходимо тесное сотрудничество специалистов многих областей, занимающихся исследованием оползневых процессов. Необходима общая информационно-вычислительная система, которая включала бы в себя математические модели оползневых процессов и численные методы их решения. Также информационно-вычислительная система должна включать методы для прогнозирования оползней и носить справочный характер.

Основным моментом при решении геомеханических задач численными методами является: выбор модели среды, адекватно описывающей механические и физические процессы, происходящие в массиве горных пород. В настоящее время при решении задач применяется целый ряд моделей и критериев прочности горного массива.

Важной проблемой в оценке состояния склона является расчет устойчивости, который включает оценку напряженного состояния и выбор метода расчета.

Наша задача заключается в создании общей информационно-вычислительной системы, которая включала бы в себя:

1. СУБД по оползневым процессам;
2. Математические модели оползневых процессов и численные методы их решения, т. е. создание пакета прикладных программ на современном языке программирования;
3. Графический редактор для разбиения области на треугольные элементы на основе метода конечных элементов.

Одной из важных практических задач при исследовании возникновения и развития оползневых процессов является создание компьютерной системы управления базами данных (СУБД). Разработанная СУБД на MS Access используется для хранения и редактирования обширной информации по оползневым процессам на территории Кыргызстана. Назначение базы данных – это автоматизация предоставления пользователям всей необходимой информации об оползнях[1].

При компьютерном моделировании разрабатывается численная модель. Компьютер обрабатывает информацию и производит большой объем вычислений на основе метода конечных элементов. Основная идея метода конечных элементов состоит в дискретизации рассматриваемой области, т.е. в аппроксимации дискретными элементами. Дискретизация сплошной среды в виде элементов, связанных конечным числом узловых связей, позволяет сохранить свойства среды при определении напряженно-деформированного состояния каждого элемента. Как правило, вручную трудно проделать эффективную дискретизацию области, поэтому необходимо разработать графический редактор.

Создание графического редактора обуславливает автоматизированную разбивку области на треугольные элементы и подготовку исходных данных.

Метод дает возможность учесть реальные свойства среды, такие, как анизотропия и слоистость, наличие ослабленных областей, трещин, а также учесть реальную геометрию сооружений.

По разработанной модели можно прогнозировать напряженно-деформированное состояние массива горных пород и определить устойчивость склонов.

Полученные данные позволяют разработать мероприятия по строительству защитных сооружений оползнеопасных участков склонов. Только вовремя принятые меры способны снизить материальный ущерб от оползневых процессов.

Литература

1. Усенов К. Ж., Порсина М.А., Шерматов С.А. Access 7.0. База данных «Оползневые процессы»// Вестник ЖАГУ (приложение к журналу «Наука и новые технологии»). Жалал-Абад 2000. С.52-59
2. Айтматов И.Т., Кожоголов К.Ч., Никольская О.В. «Геомеханика оползневых процессов». Б: 1999. С. 206

* * * * *

Усенов К.Ж.,
Кожогулов К.Ч.,
Каштанов А.Г.,
Мадыкова Ж.А.

Разработка графического редактора для автоматического разбиения области на треугольные элементы

1. Актуальность

Для решения наиболее сложных задач механики сплошной среды, механики грунтов и горных пород, теории теплопроводности и фильтрации используются различного рода численные реализации алгоритмов решения. К числу, по-видимому, наиболее эффективных методов, получивших за последнее время широкое распространение, относится метод конечных элементов (МКЭ). В основу метода конечных элементов положена идея замены исследуемой области сплошной среды или ее части дискретными элементами треугольной, прямоугольной или изопараметрической формы. Строится связь «сила – перемещение» для каждого элемента из совокупности конечного числа элементов. Дискретизация сплошной среды в виде элементов, связанных конечным числом узловых связей, позволяет сохранить свойства среды при определении напряженно-деформированного состояния каждого элемента. Наличие конечного числа узловых связей дает возможность ввести соотношения между силами, приложенными к узловым точкам, и вызываемыми ими перемещениями. Это соотношение представляется матрицей жесткости элемента. В отличие от метода конечных разностей аппроксимация, положенная в основу метода конечных элементов, имеет явно выраженную физическую природу. Последнее дает возможность для широкого обобщения и позволяет вести прямой контроль за поведением конструкции в процессе счета.

На конкретных примерах показывается, что в отличие от аналитических методов, в которых приходится прибегать к идеализации свойств среды и схематизации геометрических форм сооружений, метод конечных элементов позволяет значительно приблизить расчетную схему к реальному объекту. Метод дает возможность учесть реальные свойства среды, такие, как: анизотропия и слоистость, наличие ослабленных областей, трещин, а также учесть реальную геометрию сооружений.

В настоящее время методом конечных элементов пользуются при решении самых разнообразных задач математической физики. Для решения нелинейных задач с использованием метода конечных элементов предлагается использовать «пошаговый» метод. Описывается последовательность итерационного процесса при решении упругопластических задач. Большие возможности метода конечных элементов проявились в механике грунтов и горных пород с их многообразием механических свойств материалов и условий нагрузки.

Основная идея метода конечных элементов состоит в том, что искомую непрерывную величину перемещения точек деформированного тела аппроксимируют дискретной моделью, которая строится кусочным набором простейших функций, заданных над ограниченными конечными подобластями (элементами). С помощью такой процедуры интегрирование дифференциальных уравнений сводится к решению системы линейных алгебраических уравнений.

В процессе дискретизации сначала область разбивается на элементы, а затем происходит нумерация элементов и узлов. Процедура нумерации проста и не составит труда, но она усложняется в связи с нашим желанием повысить эффективность вычислений. Эффективность вычислений зависит от нумерации узлов, то есть от ширины полосы матрицы жесткости.

II. Постановка задачи

Разбиение области на элементы представляет собой первый шаг на пути к решению задачи методом конечных элементов. В большинстве случаев конструирование сети элементов производится вручную и представляет собой очень трудоемкую операцию. При этом трудоемкость заключается не только в разбиении области на элементы, нумерации узлов и элементов, вычислении координат каждого узла, но и в необходимости определения для каждого элемента номеров окружающих его узлов. Все это требует, в конечном счете, задания большого объема вводимой информации. В силу этого, оправданы усилия на разработку приемов автоматизации конструирования сетей конечных элементов для получения эффективной дискретизации области и значительного сокращения объема вводимой информации. Причем наиболее выгодным является задание узлов с помощью мыши, чем с клавиатуры, так как это значительно увеличит скорость ввода и облегчит труд пользователя.

Мы поставили своей задачей автоматизировать процесс разбиения. Данная задача была разбита на три этапа или шага:

1. Разбиение области на элементы;
2. Нумерация элементов и узлов;
3. Вывод конечных результатов.

В данное время остановились на разработке вычислений в плоскости. Данный этап является очень важным при решении второго и третьего шагов, так как начальные параметры задаются на этом этапе. На втором этапе происходит вычисление, используются данные, введенные в текстовый файл.

При решении задачи следует придерживаться следующих правил:

1. реализовать метод масштабирования;
2. программа должна работать в графическом режиме;
3. должны быть выведены оси координат;
4. на графике ось ординат OY должна возрастать снизу вверх;
5. при вычислении ось ординат OY должна возрастать сверху вниз;
6. должен быть осуществлен диалоговый режим;
7. работа в программе, в основном, должна производиться с помощью мыши;
8. при вводе узла должны быть выведены номера столбца и строки;
9. осуществить метод перемещения;
10. при перемещении должны выводиться: порядковый номер узла, номер строки и столбца;
11. свойства типов элементов должны быть пронумерованы;
12. при вводе свойств текущий элемент должен быть выделен;
13. программа должна отражать действия пользователя;
14. сохранение файла данных должно осуществляться в последнюю очередь;
15. файл записи данных должен быть текстовым.

III. Результаты

Для нерегулярной разбивки области на треугольные элементы нами был создан графический редактор, в котором учтены вышеперечисленные задачи, причем значительно усовершенствованы и облегчены следующие этапы:

- ввод координат узлов с помощью мыши;
- наглядное разбиение области на элементы;
- нумерация узлов, при которой достигается максимальная эффективность вычислений;
- в отличие от предыдущих программ наш редактор осуществляет добавление узлов, при котором происходит перенумерация узлов и элементов и сохраняется эффективность вычислений;
- задание параметров элемента (его свойств).

Кроме этого, учтена возможность редактирования положения узлов, что имеет значительное преимущество, так как при необходимости можно переместить узлы на новое место. Также нами учтена возможность добавления новых узлов, это тоже имеет значительные преимущества, так как иногда приходится разбивать область на более мелкие элементы.

Изначально идет регулярное разбиение на строки и столбцы, затем происходит нумерация узлов и элементов. Далее использовано нерегулярное разбиение, так как в столбцах может присутствовать различное количество узлов. После добавления узла нумерация производится заново, при этом не «теряется» эффективность разбиения. Нажав правую кнопку мыши, можно осуществить ввод свойств элемента. При этом использовано численное разделение. За каждым числом закреплены соответствующие свойства, которые вводятся в начале программы, а это также значительно ускоряет работу. Текущий элемент закрашивается красным цветом, поэтому наглядно видно, какому элементу задаются свойства. При нажатии номера типов свойств текущий элемент приобретает соответствующие этому номеру свойства. Если же номер не зарегистрирован, то компьютер ждет повторного ввода номера. После ввода типов элементов происходит запись в текстовый файл.

IV Вывод

1. Разработан алгоритм автоматизированного разбиения области на элементы.
2. На основе разработанного алгоритма создан графический редактор, предназначенный для решения плоской задачи в механике грунтов и горных пород методом конечных элементов.
3. Программа составлена на языке Турбо-Паскаль и предназначена для широкого круга пользователей, так как работает в режиме MS-DOS и сохраняет свою работоспособность даже на более поздних версиях ЭВМ.

* * * * *

Абдраимов С.,
Аширалиев А.

Об основных тенденциях развития бурильных машин в условиях Кыргызской Республики

Кыргызская Республика располагает огромными запасами полезных ископаемых, значительные объемы которых расположены в месторождениях, имеющих крепкие горные породы с коэффициентом крепости по М.П.Протоdjяконову 6 ед. и выше.

Для проведения геологоразведочных работ с целью уточнения их запасов и рациональных схем их разработки, подготовки месторождения для промышленной добычи и для осуществления собственной добычи, а также переработки этих полезных ископаемых требуется техника для разрушения крепких горных пород.

Современная практика показывает, что эффективным способом разрушения крепких горных пород является способ буровзрывной отбойки при проходке подземных выработок и добыче руд, буроклиновое отделение блоков при добыче ценных строительных и декоративных камней.

Известно, что бурение шпуров является одной из наиболее трудоемких и энергоемких операций. Так, по данным [9,19] от общих трудовых затрат на все работы производственного цикла бурение шпуров и скважин составляет 25-40%, также 55-60% стоимости всех проходческих работ при буровзрывном способе приходится на долю буровых работ. Доля энергозатрат при бурении шпуров и скважин также составляет до 40% потребляемой энергии за один технологический цикл буровзрывной технологии.

По данным [2], ежегодный объем пробуриваемых шпуров и скважин по крепким и выше средней крепости пород в республиках бывшего СССР составлял около 20 млн. шпурометров. Из них: около 10% приходилось на долю предприятий Кыргызской Республики.

Предполагается, что в связи с интенсивным освоением месторождений полезных ископаемых в Кыргызской Республике и началом строительства железных, автомобильных дорог и гидротехнических сооружений в горных регионах объемы буровых работ в Республике могут увеличиться в десятки раз. Следовательно, объемы пробуриваемых шпуров и скважин, а значит и объемы трудовых и энергозатрат, требуемых в процессе их бурения, огромны и становятся сопоставимыми с объемами по бывшей СССР. В связи с этим для научно-исследовательских учреждений Республики, занимающихся горной и горнодобывающей направлениями, одной из актуальных проблем является решение вопроса создания высокоэффективных бурильных машин и агрегатов, обеспечивающих высокую производительность бурения при минимально возможных энергозатратах. Для решения конкретных вопросов данной проблемы проведено множество исследовательских работ, результаты которых показывают, что исследование вопросов данной проблемы проводится по следующим крупным направлениям:

1. Создание универсальных машин, обеспечивающих рациональные режимы бурения с широкими адаптируемыми характеристиками, в зависимости от физико-механических свойств буримых пород.

2. Классификация физико-механических свойств горных пород и рекомендация простых в эксплуатации машин с конкретными параметрами, обеспечивающими

рациональные режимы бурения для конкретного месторождения, исходя из результатов исследования динамики взаимодействия бурильной машины и обрабатываемой среды.

3. Создание принципиально новых бурильных механизмов, имеющих высокие коэффициенты полезного действия по сравнению с существующими.

По первому направлению проведено множество научно-исследовательских работ, по результатам которых создан ряд классов универсальных буровых агрегатов, обеспечивающих рациональные режимы бурения в широком диапазоне физико-механических свойств горных пород. Но практика показывает, что создание и содержание таких универсальных буровых агрегатов не всегда приносит ожидаемый эффект вследствие низкой их надежности и дороговизны. Второе и третье направления мало изучены, но являются более перспективными.

Поэтому проведение научно-исследовательских работ по этим двум направлениям для условий Кыргызской Республики является весьма актуальным. То есть, для нашей Республики наиболее эффективным является создание более дешевых специализированных машин с рациональными характеристиками, определяемыми путем исследования динамики взаимодействия бурильной машины с обрабатываемой средой, удовлетворяющей требованиям горных пород конкретного месторождения или мест, где проводятся буровые или буровзрывные работы.

Также перспективным является создание новых типов машин, имеющих более высокий коэффициент полезного действия и менее затратных в изготовлении.

Для решения задач второго направления бурильную машину необходимо рассматривать как систему кинематически, гидравлически (пневматически) взаимосвязанных механизмов во взаимодействии с обрабатываемыми горными породами, имеющими различные физико-механические свойства. Следовательно, необходимо составить схему уравнений движения бурового инструмента, учитывающего выше приведенные условия, и решать их совместно с применением ЭВМ с целью определения рациональных режимов бурения для конкретного вида горных пород известных месторождений.

Экспериментальные исследования внутренних процессов ручных бурильных перфораторов, более мощных буровых агрегатов и закономерности их взаимодействия с обрабатываемой средой проводились в работах [3,4, 5, 6]. В этих работах проводились глубокие экспериментальные исследования по разрушению крепкой и средней крепости пород буровыми инструментами, и на их основе даны рекомендации об области применения различных способов бурения.

Теоретические исследования бурильных машин с применением математического моделирования проведены в работах [7,8]. В этих исследованиях разработаны математические модели каждого из основных узлов бурильной машины, и исследована динамика их взаимодействия.

Более глубокие теоретические исследования, включая составление математических моделей элементов бурильной машины, динамику их взаимодействия, как между собой и обрабатываемой средой с использованием ЭВМ, проведены в работах [7,9,10]. Решение задач второго направления должно базировать на результатах этих исследований в их развитии.

Третье направление требует разработки машин и механизмов нового принципа действия. Одним из таких механизмов можно считать ударные и вращательные механизмы на основе механизмов переменной структуры, конструкции которых разработаны по результатам научно-исследовательских работ, проводимых в Институте

машиноведения НАН КР и Инженерной академии Кыргызской Республики. Особенностью ударных узлов на базе механизмов переменной структуры являются: простота его конструкции и технологичность изготовления, так как в его конструкции отсутствуют высокоточные пары типа «поршень-гильза», имеющиеся в гидравлических и пневматических бурильных машинах; более высокий коэффициент полезного действия в связи с непосредственным преобразованием энергии без промежуточных элементов.

В настоящее время созданы опытные образцы ударных механизмов ручных отбойных молотков, которые в перспективе могут быть эффективно применены при разработке новых бурильных молотков и даже более мощных механизмов, применяемых при создании буровых агрегатов.

Таким образом, для удовлетворения требования всевозрастающих объемов буровых работ научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы должны проводиться по 3 направлениям:

- обоснование параметров и создание универсальных буровых агрегатов с широкими возможностями регулирования характеристик в зависимости от физико-механических свойств горных пород;
- изучение динамики процесса взаимодействия бурового агрегата с обрабатываемой средой, определение условий рациональных режимов бурения и создание специальных буровых агрегатов, удовлетворяющих требованиям физико-механических свойств горных пород конкретного месторождения полезных ископаемых или места проведения буровзрывных работ;
- создание бурильных машин нового принципа действия, имеющих высокие к.п.д. и не имеющих в конструкции элементы, требующие высокоточные обрабатывающие операции в процессе их изготовления.

Литература

1. Малевич Н.А. Горнопроходческие машины и комплексы. М.; Недра, 1980. С. 384.
2. Аширалиев А. Разработка и внедрение телескопических падающих механизмов многофункциональных буровых агрегатов. Дисс. на соиск. уч. степени канд.тех.наук, Фрунзе, 1989. С. 224
3. Шнайнер Л.А., Петров О.П., Якушев В.П. и др. Механические и абразивные свойства горных пород, М., 1958, «ГНТИНГТЛ». С.3
4. Алимов О.Д., Исследование процессов разрушения горных пород при бурении шпуров, Томск, 1960, ТПИ. С.89
5. Алимов О.Д., Басов И.Г., Горбунов В.Ф., Маликов Д.Н. Бурильные машины. – М., Госгортехиздат, 1960. С. 2670
6. Алимов О.Д. Дворников Л.Т. Бурильные машины. – М., Машиностроение, 1976. С.295
7. Алимов О.Д., Манжосов В.К., Еремьянц В.Э. Ударное распространение волн деформаций в ударных системах, М: Наука, 1985. С. 323
8. Манжосов В.К., Абдраимов С. Невенчанная Т.О. Крутильные колебания в трансмиссиях буровых машин. Фрунзе, Илим, 1982. С. 167
9. Абдраимов С., Невенчанная Т.О., Орлова Е.П., Алгоритмы и программы решений задач динамики механизмов на ЭВМ, Фрунзе, Илим, 1990. С. 220
10. Мартыненко Л.М. Взаимодействие систем механизмов устройств и их математические модели. Дисс. на соиск. учен. степени канд. техн. наук, - Фрунзе, 1987. С. 387

* * * * *

Аширалиев А.

Об одном методе укрепления оползневого тела путем инъектирования

Известно [1], что оползни возникают в результате геологического процесса, проявляющегося в вертикальном и горизонтальном смещениях масс горных пород вследствие нарушения их устойчивости, т.е. первоначального равновесия по различным причинам.

Независимо от морфологии, формы поверхности скольжения и других факторов динамика оползневого процесса происходит по диаграмме, указанной на рис. 1.

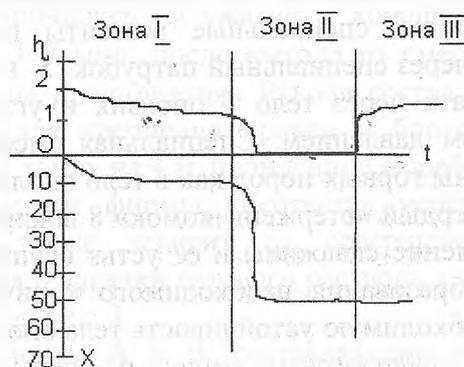


Рис. 1. Качественная взаимосвязь устойчивости оползневого тела и сдвижения масс горных пород: η – коэффициент устойчивости склона или откоса, X – сдвижение масс горных пород M , t – время, сек, зона I – начало образования оползневого процесса, зона II – происхождение самого оползневого процесса, зона III – завершение оползневого процесса [1].

В данной работе рекомендуются инженерные методы «лечения» оползня именно в зоне I, т.е. до момента происхождения скачкообразного сдвижения массы горной породы, составляющей тело оползня.

Однако, с целью получения надежного эффекта от инженерного метода укрепления оползневого тела и определения типа инженерного метода необходимо предварительно определить причину возникновения оползня путем проведения расчета устойчивости склона или откоса, где образовалась опасность оползневого процесса, изучить предполагаемый механизм оползня. Методика расчета устойчивости склона, откоса и формы оползневых тел приведена в работе [1], которую можно применять для конкретного местообразования оползня.

Для предотвращения оползня в настоящее время широко применяются следующие мероприятия и их сочетания [1]:

- лесомелиоративные работы;
- дренаж обводненных горных пород;
- перераспределение масс горных пород;
- закрепление масс горных пород подпорными и анкерными сооружениями;
- искусственное изменение свойств горных пород;
- проведение профилактических работ и др.

Каждое из этих мероприятий имеет свои достоинства и недостатки и требует отдельные глубокие исследования. Все методы, кроме 5, в практике применялись и апробированы в горной и горнодобывающей промышленности. Поэтому в нашем случае подробно рассмотрен метод, указанный в п.5.

В рассматриваемой части исследований сделано допущение, что известны причины, результаты расчетов устойчивости, формы, параметры плоскости скольжения оползня и рекомендуются конкретные предложения по укреплению (лечению) оползневого тела путем локального инъецирования определенных участков плоскости скольжения с переходом в неподвижное основание.

Данный метод относится к методу изменения свойств горных пород искусственно с помощью химических веществ. Принципиальная схема укрепления показана на рис.2: а – общий вид; б – местный разрез одной скважины для инъецирования. Процесс укрепления происходит следующим образом: специальные реагенты подводятся в смеситель 3, где, размешиваясь, подаются через специальный патрубок 5 в скважину 7, пробуренную с помощью бурового агрегата через тело 1 оползня и углубленную в стационарную основу 2 под определенным давлением. Специальная смесь в жидком состоянии под давлением затекает в трещины горных пород как в тело оползня 1, так и в основание 2, затем, затвердевая, создает твердый «стержень-комоч» 8 вокруг скважины, сшивая тело оползня к основанию. Уплотнение скважины и ее устья осуществляется с помощью специальных пробок 4 и 6. Образования необходимого количества таких «стержней комков» будут обеспечивать необходимую устойчивость тела оползня.

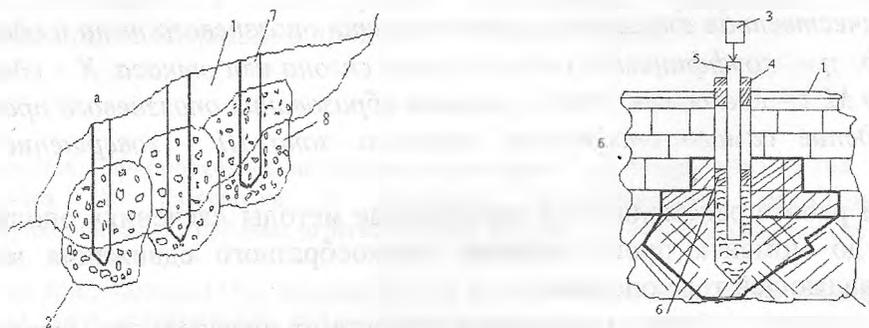


Рис.2. Схема укрепления оползня методом инъецирования горных пород: а – общий вид; б – местный разрез скважины для инъецирования; 1 – тело оползневого; 2 – основание; 3 – смеситель; 4,6 – уплотнитель; 5 – патрубок; 7 – скважина; 8 – «стержень-комоч».

В предлагаемом инженерном методе укрепления оползневых тел с использованием эффекта инъецирования горных пород «лечение» осуществляется благодаря адгезионным свойствам реагентов.

В данной части работы изучен мировой опыт крепления горных пород методом инъецирования и проведен анализ свойств инъецирующих химических веществ.

Анализ адгезионных и других свойств химических реагентов показывает, что самыми перспективными являются синтетические вещества на основе полиуретана. В бывших странах СССР широко применялись эпоксидные смолы ЭД-5 со специальными отвердителями типа УП-583 и ускорителями отвердевания типа УП-606/2 и инертными наполнителями в виде песка [2], т.е. смеси были четырехкомпонентными. Такие смеси имели плохую вязкость, и возникали трудности при заполнении трещин горных пород.

По данным [3], имеется опыт германской фирмы «Геотекта» по укреплению неустойчивой кровли транспортного туннеля в Швейцарии путем перекачки быстро твердеющих реагентов через трещины горных пород, создавая тем самым «панцир черепахи» над кровлей туннеля. Нами предлагается укрепление оползневого тела к стационарной основе, используя данный эффект – создания «стержня-комка» вместо панциря. Данный этап посвящен анализу некоторых физических свойств химвеществ и принципиальной схеме оборудования, применяемого в процессе закачки инъектирующих материалов.

Исследованиями специалистов фирмы «Геотекта» был найден оптимальный состав синтетических веществ для инъектирования горных пород, который запатентован и условно назван «Контра». Химический состав данного материала является «ноу-хау», но известно, что 63% составляет полиуретан. Данный материал после затвердевания имеет высокую прочность на сжатие и хорошую упругость. Время затвердевания данного материала 3÷7 мин. после выхода из смесителя. По данным фирмы к 1991 г. расход «Контры» на предприятиях Руколя составлял 25÷35 тыс. тонн в год. Средний расход материала для крепления кровли и бортов подземных выработок среднего сечения составлял 1 тонну на 4 м. пройденной выработки.

По данным фирмы «Геотекта» успех применения инъектирующего материала «Контра» также зависит от совершенства гидростанции, предназначенной для смешивания и закачки готового раствора в трещины горных пород. Схема гидростанции приведена на рис. 3.

Компоненты А и В, составляющие «Контру», из специальных емкостей 4 и 5 всасываются соответственно насосами 3 и 2, приводимыми пневмодвигателем 1. Далее компоненты А и В подаются через отдельные каналы в смеситель 6, где образуются смесь «Контра» в жидком состоянии, которая под давлением 4-7 атм. подается во внутреннюю полость анкера-трубы и через зазор между анкером и стенкой шпура протекает в щели горной породы, образуя монолитный комок вокруг шпура. Мощность гидростанции – 8 кВт, производительность – 10 л/мин.

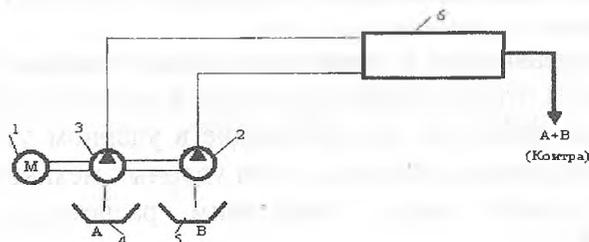


Рис. 3. Схема гидростанции для закачки инъектирующих веществ:
1 – двигатель приводной, 2, 3 – гидронасосы, 4, 5 – емкости для компонентов, 6 – смеситель.

Таким образом, предлагаемый нами способ лечения оползневых тел с использованием метода инъектирования горных пород является одним из перспективных. При использовании данного метода наиболее эффективными являются реагенты на основе полиуретана типа «Контра» германской фирмы «Геотекта». Для осуществления закачки реагентов по трещинам горной породы требуются гидростанции с двухпоточным насосом, смесителем и полыми анкерами, конструкции которых необходимо разработать или приобрести у фирмы «Геотекта» (Германия).

Литература

1. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Инженерная геодинамика. Л., Недра, 1997. С. 479
2. Мельников В.Ш. Анкерская крепь. – М., Недра, 1980. С.252
3. Проспект фирмы «Геотекта», Дортмунд, 1990

* * * * *

**Джуматаев М.С.,
Текеев М.Д.,
Абдырахманов И.А.**

Динамика ударного механизма

Известны схемы ударных механизмов, разработанных на основе механизмов переменной структуры. Они представляют собой обычный шарнирно-четырёхзвенный рычажный механизм, на продолжении коромысла которого располагается ударная масса. Удар происходит в момент выстраивания всех звеньев в линию [1]. Однако ударные машины, созданные на основе таких схем, имеют ряд недостатков, наиболее существенным из которых является восприятие ударных нагрузок опорой коромысла и соединением коромысла-шатуна, что явилось причиной поломок механизма.

Для устранения этих недостатков нами предложен ряд технических решений, позволяющих разгрузить опору коромысла и соединение коромысла-шатуна [2]. Одна из схем такого решения приведена на рис.1.

Особенностью этой схемы по сравнению с ранее известными схемами является наличие свободного хода ударной массы относительно коромысла в момент соударения с инструментом. Поэтому динамические процессы, происходящие в ударном узле, будут соответственно отличаться от ранее описанных известных схем ударных механизмов.

Для описания движения ударной массы представим расчетную модель, показанную на рис.2.

Уравнение движения ударной массы описывается следующей формулой:

$$m \cdot \ddot{x} = F,$$

где

m - масса бойка;

F - сила, действующая на бойку со стороны коромысла.

$$\dot{x}_1^+ = -k_1 \dot{x}_1^- \quad \text{при } x_1 = 0 \quad x_1 < 0;$$

$$\dot{x}_1^+ = -k_2 \dot{x}_1^- \quad \text{при } x_1 = l \quad x_1 > 0;$$

\dot{x}_1^+, \dot{x}_1^- - скорость ударной массы соответственно до и после соударения;

k_1, k_2 - коэффициенты восстановления скорости ударной массы при ударе соответственно об инструмент и об ограничитель (гаситель);

$x_1 = 0$ и $x_1 = l$ - соответственно положения ударного сечения инструмента и ограничителя.

Первое из этих условий означает, что при соударении ударной массы об инструмент (положение ударного сечения соответствует координате $x_1 = 0$) происходит восстановление скорости с коэффициентом восстановления k_1 .

В процессе работы взаимодействия коромысла с ударной массой сила

$$F = \begin{cases} 0 & \varphi < 0, \\ F_m & \varphi_{\max} \leq \varphi \leq 0, \\ 0 & \varphi_{\max} < \varphi. \end{cases}$$

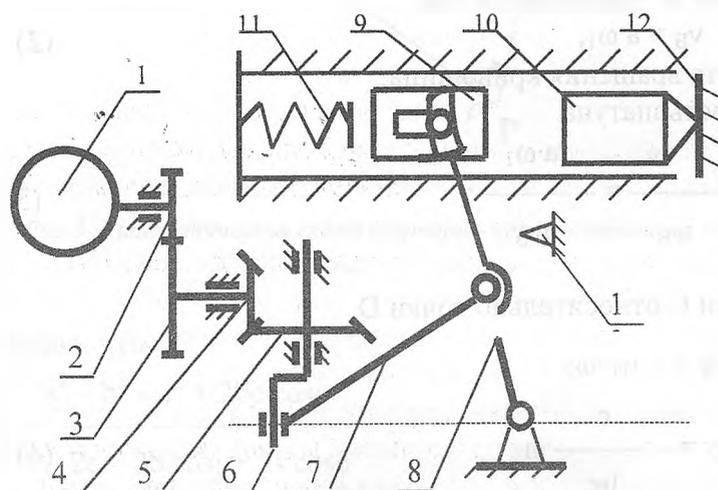


Рис. 1. Кинематическая схема электромеханического отбойного молотка с кинематической развязкой приводного и ударного механизма.

1 – коллекторный электродвигатель; 2 – зубчатый вал электродвигателя; 3 – зубчатое колесо; 4 – коническая зубчатая шестерня; 5 – коническое зубчатое колесо; 6 – кривошип; 7 – шатун; 8 – коромысло с кулачковой ветвью; 9 – ударная масса; 10 – инструмент; 11 – пружина; 12 – обрабатываемая среда; 13 – упор.

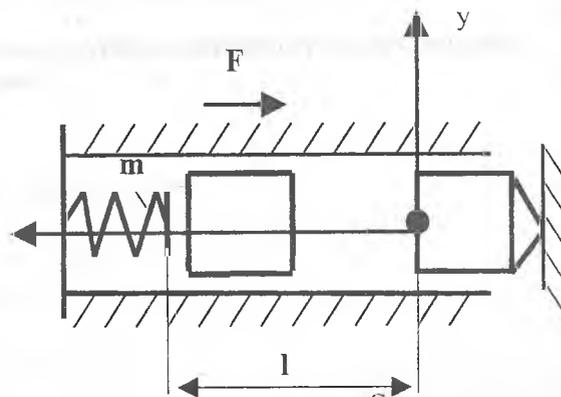


Рис. 2. Расчетная модель ударного механизма.

Из принципа работы механизма преобразования вращательного движения в поступательное известно, что момент на коромысле M_2 , служащего в качестве ведущего звена для ударной массы, связан с моментом на кривошипе M_1 , как:

$$M_2 = i_{31} \cdot \eta \cdot M_1 \quad (1)$$

где i_{31} – передаточное отношение между кривошипом и коромыслом;

η – к.п.д. шарнирно-четырёхзвенного механизма.

Передаточное отношение механизма i_{31} определим из схемы шарнирно-четырёхзвенного механизма, представленного на рис.3 и используемого в качестве ударного механизма электромеханического отбойного молотка.

Как видно из рис.3, мгновенный центр P вращения шатуна определяется как пересечение направлений кривошипа AB и коромысла CD .

Скорость точки B определяется как

$$v_B = a \cdot \omega_1, \quad (2)$$

где ω_1 – частота вращения кривошипа.

Угловая скорость шатуна

$$\omega_2 = \frac{v_B}{r_{PB}} = \frac{a \cdot \omega_1}{r_{PB}}; \quad (3)$$

Скорость точки C относительно точки D

$$v_C = \omega_3 \cdot c = - r_{PC} \cdot \omega_2$$

отсюда

$$\omega_2 = - \frac{c}{r_{PC}} \cdot \omega_3 \quad (4)$$

Приравняв (2) и (3), имеем

$$- \frac{a}{r_{PB}} \cdot \omega_1 = - \frac{c}{r_{PC}} \cdot \omega_3,$$

отсюда

$$\omega_3 = \frac{a}{c} \cdot \frac{r_{PC}}{r_{PB}} \cdot \omega_1, \quad (5)$$

где

$$i_{31} = \frac{a}{c} \cdot \frac{r_{PC}}{r_{PB}} \text{ – передаточное отношение между кривошипом и коромыслом.}$$

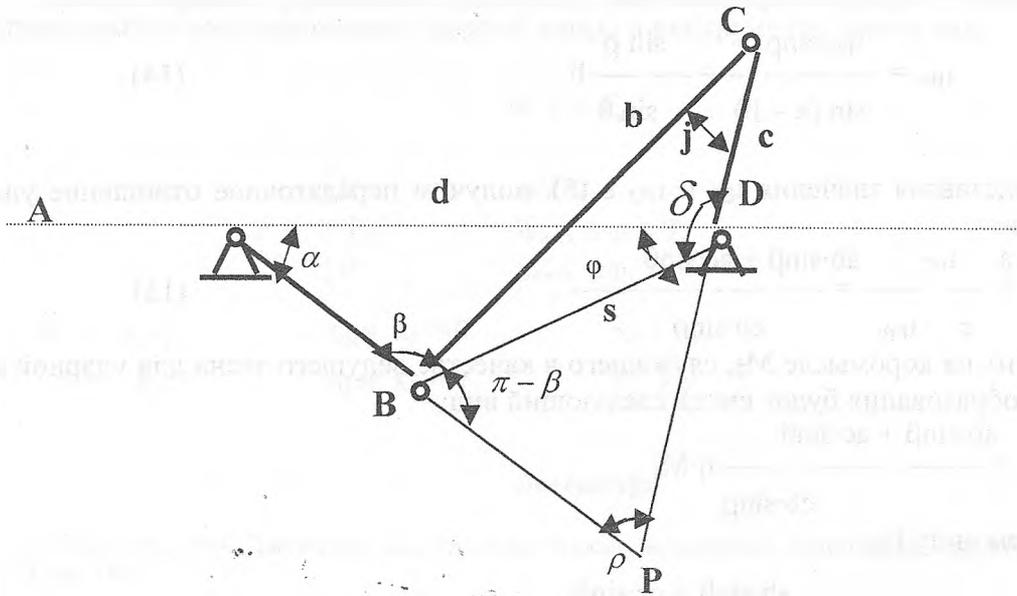


Рис.3. Кинематическая схема шарнирно-четырёхзвенного механизма.

Из рис.1 видно, что

$$v_{PD} = \frac{s^2 - b^2 - c^2 + 2bc \cdot \cos j}{2c - 2b \cdot \cos j + 2s \cdot \cos \delta}, \quad (6)$$

где

$$\cos j = \frac{v - k + 2ad \cdot \cos \alpha}{2bc}. \quad (7)$$

$$\delta = \arccos \frac{c^2 + s^2 - b^2}{2cs}. \quad (8)$$

Из того же рис.1 определяем $\varphi, \beta, \theta, j$ и ρ :

$$\varphi = \arcsin \left(\frac{a \cdot \sin \alpha}{c} \right), \quad (9)$$

$$\beta = 180^\circ - (\alpha + \varphi + \theta) \quad (10)$$

$$\theta = \arcsin \left(\frac{c \cdot \sin \delta}{b} \right), \quad (11)$$

$$j = 180^\circ - (\theta + \delta) \quad (12)$$

$$\rho = 180^\circ - (\pi - \beta + j) = \beta - j \quad (13)$$

Из подобия ΔBCD и ΔBPD имеем

$$v_{BP} = \frac{v_{PD} \cdot \sin \rho}{\sin(\pi - \beta)} = \frac{\sin \rho}{\sin \theta} \cdot b. \quad (14)$$

Подставляя значения v_{BP} и v_{PD} в (5), получим передаточное отношение ударного механизма:

$$i_{31} = \frac{a}{c} \cdot \frac{v_{PC}}{v_{PB}} = \frac{ab \cdot \sin \beta + ac \cdot \sin \theta}{cb \cdot \sin \rho}. \quad (15)$$

Момент на коромысле M_2 , служащего в качестве ведущего звена для ударной массы, после преобразования будет иметь следующий вид:

$$M_2 = \frac{ab \cdot \sin \beta + ac \cdot \sin \theta}{cb \cdot \sin \rho} \cdot \eta \cdot M_1.$$

Определяем силу F_2 :

$$F_2 = \frac{ab \cdot \sin \beta + ac \cdot \sin \theta}{cb \cdot \sin \rho \cdot l_2} \cdot \eta \cdot M_1.$$

Из рис.4 видно, что $l_2 = l_1 / \cos \varphi$. Тогда сила F_m

$$F_m = \frac{M_2 \cdot \cos \varphi}{l_1}. \quad (16)$$

Подставляя значение M_2 в уравнение (16), получим:

$$F_m = \frac{ab \cdot \sin \beta + ac \cdot \sin \theta}{cb \cdot \sin \rho \cdot l_1} \cdot \eta \cdot M_1. \quad (17)$$

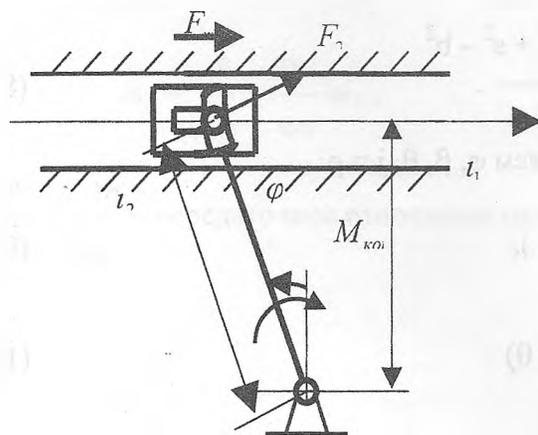


Рис. 4. Расчетная схема ударного механизма.

Таким образом, уравнение движения, описывающего процесс взаимодействия шарнирно-рычажного механизма, ударной массы и инструмента, имеет вид:

$$m \cdot \ddot{x} = F_m$$

$$\text{где } F = \begin{cases} 0 & \varphi < 0, \\ F_m & \varphi_{\max} \leq \varphi \leq 0, \\ 0 & \varphi_{\max} < \varphi. \end{cases}$$

$$\begin{aligned} \dot{x}_1^+ &= -k_1 \dot{x}_1^-, & \text{при } x_1 = 0 & \quad x_1 < 0; \\ \dot{x}_1^+ &= -k_2 \dot{x}_1^-, & \text{при } x_1 = l & \quad x_1^- > 0; \end{aligned}$$

Литература

1. С.Абдраимов, М.С.Джуматаев. Шарнирно-рычажные механизмы переменной структуры. Бишкек, Илим, 1993
2. М.С.Джуматаев, И.А.Абдырахманов, М.Д.Текеев. Кинематические схемы ударных машин на основе МПС с последовательной развязкой приводного и исполнительного механизмов /Повышение эффективности транспортных, строительно-дорожных машин и оборудования в условиях высокогорья. Сб. научн. тр. Бишкек, КГУСТА, 1999
3. И.И.Артоболевский. Теория механизмов и машин. М., Наука, 1988

* * * * *

**Каримов А.К.,
Кудайназаров И.У.,
Омошев Э.А.**

Кривошипно-ползунные механизмы переменной структуры регулируемым ходом

При структурном анализе механизмов мы используем термины и определения, принятые в государственных стандартах и установленные АН СССР в области теории механизмов и машин [1].

Структурная схема – схема механизма, указывающая звенья и характер их взаимосвязи (виды кинематических пар).

Структурные признаки – свойства устройства, характеризующие их составные части и связи между ними. Структурные признаки определяют число и геометрию звеньев, их взаиморасположение и вид взаимных сочленений.

Механизмы переменной структуры – механизмы, в которых происходит мгновенное изменение числа звеньев, кинематических пар и их подвижности, геометрических размеров, инерционных и упругих параметров звеньев, кинематических передаточных функций отдельных контуров механических цепей, вырождение и последующее восстановление структуры цепей [2].

Исполнительный механизм – устройство, выполняющее непосредственно требуемую технологическую операцию. Регулируемый ход механизма – устройство, в котором при движении или остановке может быть изменена величина хода или смещены границы хода при неизменной его величине.

Входное звено – звено, которому сообщается движение, преобразуемое механизмом в требуемое движение других звеньев. Выходное звено – звено, совершающее движение, для выполнения которого предназначен механизм.

Звено восстановления – рычажные, электромеханические, пневматические, упругие или комбинированные устройства, кинематические цепи или звенья, оснащенные кинематическими парами, предназначенными для управления структурой или кинематическим состоянием исполнительных механизмов.

Конверсионное звено – звено исполнительного механизма, за счет изменения закона движения или состояния которого происходит изменение структуры механизма.

Кинематическое соединение – кинематическая цепь, конструктивно заменяющая в механизме кинематическую пару.

В кузнечно-персовых машинах в качестве исполнительных механизмов используются кривошипно-ползунные механизмы. Рассмотрим возможные движения исполнительного механизма механогидравлического пресса [3]. Механизм состоит из кривошипа 4, шатуна 5, плунжера 6, ползуна 7, гидроцилиндра 8, поршня 10, управляемого крана 9, уравнивателей 13. В зависимости от положения управляющего крана 9 механизм может совершать движения двух видов (рис.1).

При открытом кране 9 между полостями гидроцилиндра 8 и ползуна 7 вращательное движение входного звена 4 преобразуется в возвратно-поступательное движение плунжера (ползуна) 6, выходное звено – ползун 7 удерживается в верхнем положении неподвижно. При закрытом кране 9 вращательное движение входного звена 4 преобразуется в возвратно-поступательное движение выходного звена 7.

В технической литературе данный исполнительный механизм принято называть кривошипно-ползунным механизмом со сдвоенным ползуном [4]. В этом механизме за счет наличия или изменения степени подвижности кинематической связи между вспомогательным и основным ползуном обеспечивается управление кинематическим состоянием выходного звена без остановки входного звена и разрыва кинематической цепи исполнительного механизма.

Кинематическая цепь, состоящая из плунжера 6, гидроцилиндра 8, рабочей жидкости, поршня 10 и полости ползуна 7 образует кинематическое соединение с переменной подвижностью. Степень подвижности кинематического соединения изменяется управляемым краном 9.

В процессе преобразования вращательного движения входного звена в поступательное движение выходного звена происходит изменение степени подвижности числа подвижных звеньев, смещение границы хода выходного звена и исполнительного механизма. Выходное звено-ползун 7 является конверсионным звеном, а кинематическое соединение с переменной подвижностью является звеном восстановления.

Поэтому рассматриваемый исполнительный механизм следует назвать кривошипно-ползунный механизм переменной структуры с регулируемым ходом, с гидравлическим кинематическим соединением.

Рассмотрим возможные движения механизма, предложенного в работе [5]. Исполнительный механизм состоит (рис.2) из входного звена 4, шатуна 5, верхнего ползуна 7, кинематической цепи, из звеньев 8, 9, 10, 11, 12 и цилиндра 12, образующих

рычажное кинематическое соединение звеньев 6 и 7. В зависимости от состояния кинематического соединения звеньев 6 и 7 механизм может совершать два вида движения.

При разрыве кинематического соединения вращательное движение входного звена 4 преобразуется в возвратно-поступательное движение верхнего ползуна 6, выходное звено 7 удерживается неподвижно в верхнем положении.

При восстановлении кинематического соединения вращательное движение входного звена 4 преобразуется в возвратно-поступательное движение выходного звена 7. Кинематическое соединение обеспечивает смещение границы хода выходного звена при неизменной его величине.

В процессе движения рассматриваемого механизма происходит разрыв и восстановление кинематического соединения, смещение границы хода выходного звена, изменение числа подвижных звеньев. Выходное звено-ползун 7 является конверсионным звеном, а восстанавливаемое кинематическое соединение является звеном восстановления.

Поэтому рассматриваемый исполнительный механизм следует назвать кривошипно-ползунный механизм переменной структуры с регулируемым ходом, с рычажным кинематическим соединением.

Заключение

1. Исполнительные механизмы в виде кривошипно-ползунных механизмов со вдвоенными ползунами являются механизмами с двумя степенями свободы, в процессе преобразования движения изменяется число подвижных звеньев, смещаются границы хода выходного звена при неизменной его величине, поэтому они являются кривошипно-ползунными механизмами переменной структуры с регулируемым ходом.
2. Кривошипно-ползунные механизмы переменной структуры с регулируемым ходом могут быть:
 - гидравлическим кинематическим соединением;
 - рычажным кинематическим соединением;
 - восстанавливаемым кинематическим соединением;
 - комбинированным кинематическим соединением.
3. Преобразование движения, изменение структуры кривошипно-ползунного механизма осуществляется наличием или состоянием кинематического соединения выходного звена.

Литература

1. Крайнев А.Ф. Словарь-справочник по механизмам. – М., Машиностроение. 1987. С.560
2. Кожевников С.А. Классификация механизмов переменной структуры. Анализ и систематизация моделей. – Киев, Институт механики АН УССР. Деп. отчет № 01811013750, 1982
3. Кожевников В.А., Кожевников А.А., Колениченко И.С. и др. Механогидравлический пресс. АС СССР 336170, Бюл. № 17, 1972
4. Алимов О.Д., Монжосов В.К., Абдраимов С., Алмаатов М.З., Парышкура М.И. Обзор и анализ существующих схем и классификаций пресс-автоматов. В кн. Теория, расчет и конструирование высокопроизводительных механических пресс-автоматов. – Фрунзе, Илим. 1984. С. 104 -115
5. Кожевников В.А., Кожевников А.А., Колениченко И.С. и др. Ползун пресса. АН СССР 343866, Бюл. № 21, 1972
6. Кожевников В.А., Посайдин Ю. И., Гаврилов К.И. и др. Ножницы. АН СССР 806467, Бюл. № 7, 1981

* * * * *

Кривошипно-рычажные механизмы переменной структуры с изменяемым положением стойки

Если в процессе движения исполнительного механизма необходимо изменить состояние или границы перемещения выходного звена без разрыва кинематической цепи, т.е. без разрыва передачи движения, используются так называемые «регулируемые ход механизмы». Рассмотрим механизм, приведенный на рис. 1. 1, стр. 3753.

Механизм состоит из кривошипа 1, шатунов 2,3 и 5, ползуна 4, коромысла 6 и червячной передачи 7. Кривошипно-коромысловый механизм OABC последовательно соединен с коромысловым-ползунным механизмом СВД, входным звеном-кривошипом 1, выходным звеном-ползуном 4.

Особенностью механизма является то, что стойка коромысла 5, кинематическая пара в точке С выполнены изменяемым положением посредством червячной передачи 7. В процессе движения механизма точка С перемещается относительно точки Е с помощью червячной передачи 7 на требуемую величину и фиксируется. В результате изменяется положение кинематической пары в точке С, служащей стойкой коромысла 5, что приводит к изменению величины перемещения выходного звена 4. При этом остановка механизма в целом не требуется, изменение параметров, т.е. изменение структуры механизма происходит без разрыва кинематической цепи исполнительного механизма.

Механизмы, изменяющие кинематические параметры выходного звена, т.е. структуру, при изменении положения стойки без разрыва кинематической цепи (без остановки механизма) приведены в [2, рис. 2.91; рис. 8.19-8.24]. На рис.8.20, 8.22 и 8.21 [2] приведены структурные схемы рычажных механизмов, в которых происходит изменение кинематических параметров выходного звена в виде ползуна. В качестве примера рассмотрим рычажный механизм (рис.2) изменяемым положением стойки и выходным звеном в виде ползуна, приведенного в [2.Рис.819]. Механизм состоит из кривошипа 1, шатуна 2, коромысла 3, шатуна 4, ползуна 5. Стойка в кинематической паре С выполнена в виде эксцентрика. Во время движения механизма без разрыва кинематической цепи за счет изменения положения стойки С изменяется ход ползуна 5 на требуемую величину.

В приборах и машинах используются механизмы с регулируемым углом качания выходного звена. На рис. 3 приведена структурная схема механизма с регулируемым углом поворота выходного звена [2, рис.8.24]. Механизм состоит из кривошипа 1, шатунов 2 и 3, коромысел 4 и 5, изменяемой стойки 6. Во время движения, изменяя положение стойки 6 независимым приводом или вручную, без разрыва кинематической цепи можно изменить угол поворота выходного звена, коромысла 4.

На рис. 4 приведена структурная схема кривошипно-коромыслового механизма с условно жесткой стойкой [2, рис. 8. 84]. В этих механизмах изменение положения стойки без разрыва кинематической цепи и остановки механизма приводит к изменению угла поворота выходного звена при перегрузках. Механизм состоит из кривошипа 1, шатуна 2, коромысла 3 и подвижной стойки 4. Требуемое положение стойки 4 определяется упругими элементами, пневмоцилиндром или гидроцилиндром. При перегрузках происходит смещение стойки С, изменяются кинематические параметры механизма. При устранении перегрузки стойка С занимает исходное положение, происходит восстановление кинематических параметров.

Рычажные механизмы, изменяющие кинематические параметры выходного положения стойки одного из звеньев механизма используются в качестве исполнительных механизмов безмуфтовых кузнечно-прессовых машин. На рис. 5 приведена структурная схема исполнительного механизма безмуфтового пресса, предложенного в работе [3]. Механизм состоит из кривошипа 1, шатунов 2 и 8, коромысла 3, ползуна 4, опоры 5, системы рычагов 6 и пневмоцилиндра 7. Положение стойки С регулируется пневмоцилиндром 7 через систему рычагов 6, без остановки входного звена 1 и разрыва кинематической цепи исполнительного механизма, что позволяет исключить муфты-тормоза и обеспечивает управление работой пресса.

На рис. 6 приведена структурная схема исполнительного механизма безмуфтового пресса, предложенного в работе [4]. В этом механизме изменение кинематических параметров выходного звена-ползуна осуществляется пневмоцилиндром 5.

Механизмы, в которых происходит изменение структурных и кинематических параметров без разрыва кинематической цепи и остановки входного звена, являются механизмами переменной структуры. В рассмотренных механизмах изменение структуры происходит за счет изменения положения стойки одного из присоединительных звеньев.

На рис. 7 приведена обобщенная структурная схема механизма переменной структуры с изменяемым положением стойки и регулируемым углом поворота выходного звена. Механизм состоит из кривошипа 1, шатунов 2 и 3, конверсионного звена 4, звена восстановления 5 и механизма включения 6,7. Вращательное движение кривошипа 1 преобразуется на различные углы поворота конверсионного звена-коромысла 4 в зависимости от положения стойки Е звена восстановления – коромысла 5.

На рис. 8 приведена обобщенная структурная схема механизма переменной структуры с изменяемым положением стойки и регулируемой границей хода выходного звена. Механизм состоит из кривошипа 1, шатунов 2 и 4, конверсионного звена, ползуна 5, звена восстановления 3 и механизма включения 6,7.

Вращательное движение кривошипа 1 преобразуется в поступательное движение конверсионного звена-ползуна 5 с регулируемой границей в зависимости от положения опоры С звена восстановления – коромысла 3.

Заключение

1. Рычажные механизмы с регулируемыми величинами перемещения выходного звена за счет изменения положения стойки одного из присоединительных звеньев являются механизмами переменной структуры.
2. Кривошипно-рычажные механизмы переменной структуры с изменяемым положением стойки могут быть регулируемым углом поворота выходного звена; регулируемой границей перемещения выходного звена.

Литература

1. Словарь – справочник по механизмам. /сост. А.Ф.Крайнев.-2-е изд.– М., Машиностроение, 1987. С.560
2. Механизмы: Справочник /сост.С.Н.Кожевников, Я.И.Есиленко, Я.М.Раскин. – 4-е изд.– М., Машиностроение, 1976. С. 784
3. А.с.730603 СССР. М.Кл. В1/06. Пресс механический открытый / К.Н.Богоявленский, В.А.Кожевников, Л.Б.Аксенов, И.З. Мансуров, А.А.Кожевников (СССР).- 3 с.:ил.
4. А.с.795964 СССР. М.Кл. В 30В1/06. Пресс механический открытый / К.Н.Богоявленский, В.А.Кожевников, Л.Б.Аксенов, И.З. Мансуров, А.А.Кожевников (СССР). - 2 с.:ил.

* * * * *

Сооронбаев М.Р.

Альтернативные геометрические модели процесса инсоляции с экраном

При проектировании гражданских и промышленных зданий в архитектуре требуется решать задачи, связанные с инсоляцией: огромное положительное бактерицидное воздействие прямого солнечного света вызывает необходимость обеспечить нормированный инсоляционный режим как в помещениях, так и на территории застройки.

В настоящее время режим помещений и территорий застройки в СНГ устанавливается, как известно, нормативами, согласно которым должна быть обеспечена заданная минимальная, в общем случае непрерывная, продолжительность инсоляции их в весенне-осенний период года в зависимости от географической широты местности: 1/южнее 48° с.ш. ≥ 2 часа в день на период с 22.02. по 22.10; 2/48 – 58° с.ш. $\geq 2,5$ часа – с 21.03 по 22.09; 3/севернее 58° с.ш. ≥ 3 часа – с 22.04 по 22.08. (1) В результате нарушения этих и других нормативных требований инсоляции отдельные помещения не получают достаточной инсоляции или получают ее в избытке, что вызывает в летнее время перегрев помещений и соответственно перерасход электроэнергии на регулирование микроклимата. Не совершенна методика их расчета, а, следовательно, в нормативных документах недостаточно четко проработаны принципы нормирования инсоляции, а также не всегда есть точные исходные данные для расчета солнцезащиты [2].

Существует ряд графических методов по расчету инсоляции и солнцезащиты: солнечные карты, инсоляционные графики, отличающиеся простотой и наглядностью по сравнению с аналитическими методами, но аналитические – самые точные. В основе солнечных карт лежит построение траекторий движения солнца на горизонтальной плоскости или на развертке небосвода, в последние годы появились отдельные работы по построению условного хода тени на развертке вертикальной /Ю. Крутиков – МИСИ/ и наклонной /С.Орёл – КИСИ/ цилиндрической поверхности. Большинство этих методов приспособлено главным образом для расчета инсоляции горизонтальных и вертикальных плоскостей.

При большом разнообразии форм, применяемых в архитектурном проектировании, описанные методы окажутся мало эффективными для расчета инсоляции их поверхностей. Кроме того, ортогональные графические изображения небесной сферы, показывающие положение солнца в различное время года, дают неточные результаты [3]. Использование других аппаратов /равнопромежуточные, стереографические и т.п./ проектирования, на основе их построение самих солнечных карт и решение инсоляционных задач вызывает большие трудности. При решении этой проблемы очень важен поиск новых путей и методов расчета инсоляции и солнцезащиты. Редко встречаются методы, ориентированные на автоматизацию и компьютеризацию расчета, для выполнения всех вычислительных и графических операций. Это позволило бы эффективно применять созданные методики в САПР ОС.

С этой целью предлагаются новые альтернативные многофункциональные пространственные геометрические модели процесса инсоляции, позволяющие получать самые различные солнечные карты, на которых решается комплекс задач по расчету инсоляции и солнцезащиты. Кроме этого, в зависимости от требуемой точности поставленную задачу можно решить несколькими способами: графический /простой, наглядный/, аналитический /точный/. Аналитические описания предлагаемых геометрических моделей являются одним из основных требований, ориентированных на использование ЭВМ.

Альтернатива применения предлагаемых моделей – это, в первую очередь, выход из положения использования только небесной сферы, которая долгие годы лежала в основе построения солнечных карт; во-вторых, расширение возможностей автоматизированного расчета инсоляции и солнцезащиты, реализация их на новом техническом уровне.

Конструктивными элементами /табл.1/ предлагаемых геометрических моделей являются:

- а.* экран – поверхность – различные геометрические поверхности;
- б.* плоскости горизонта – касательные плоскости к земной поверхности соответствующей широты и места строительства;
- в.* круговой конус лучей, образованный солнечными лучами, проходящими через исследуемую точку в течение суток [4];
- г.* системы координат: – *Г.* Экваториальная прямоугольная декартова;

Д. Горизонтальная.

Таблица 1

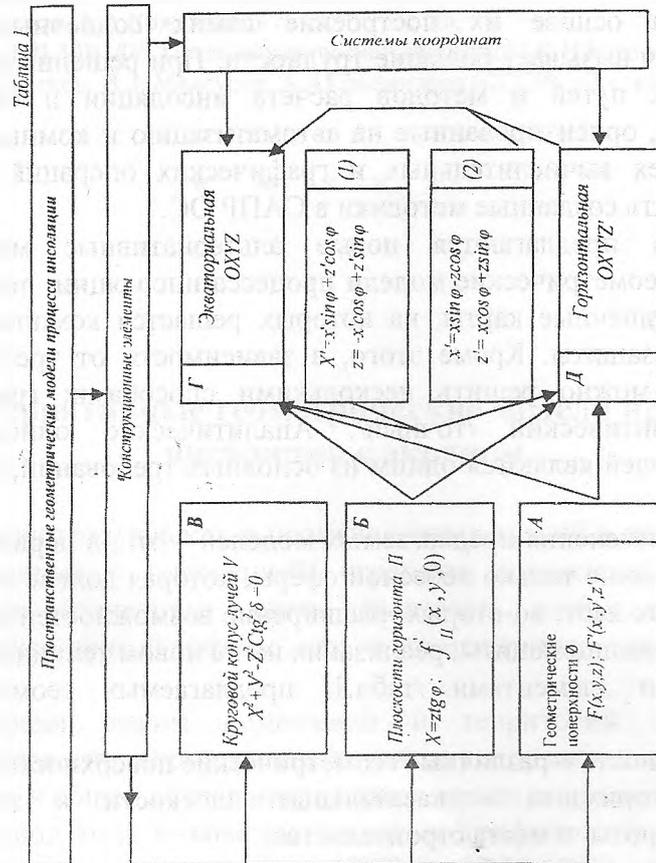
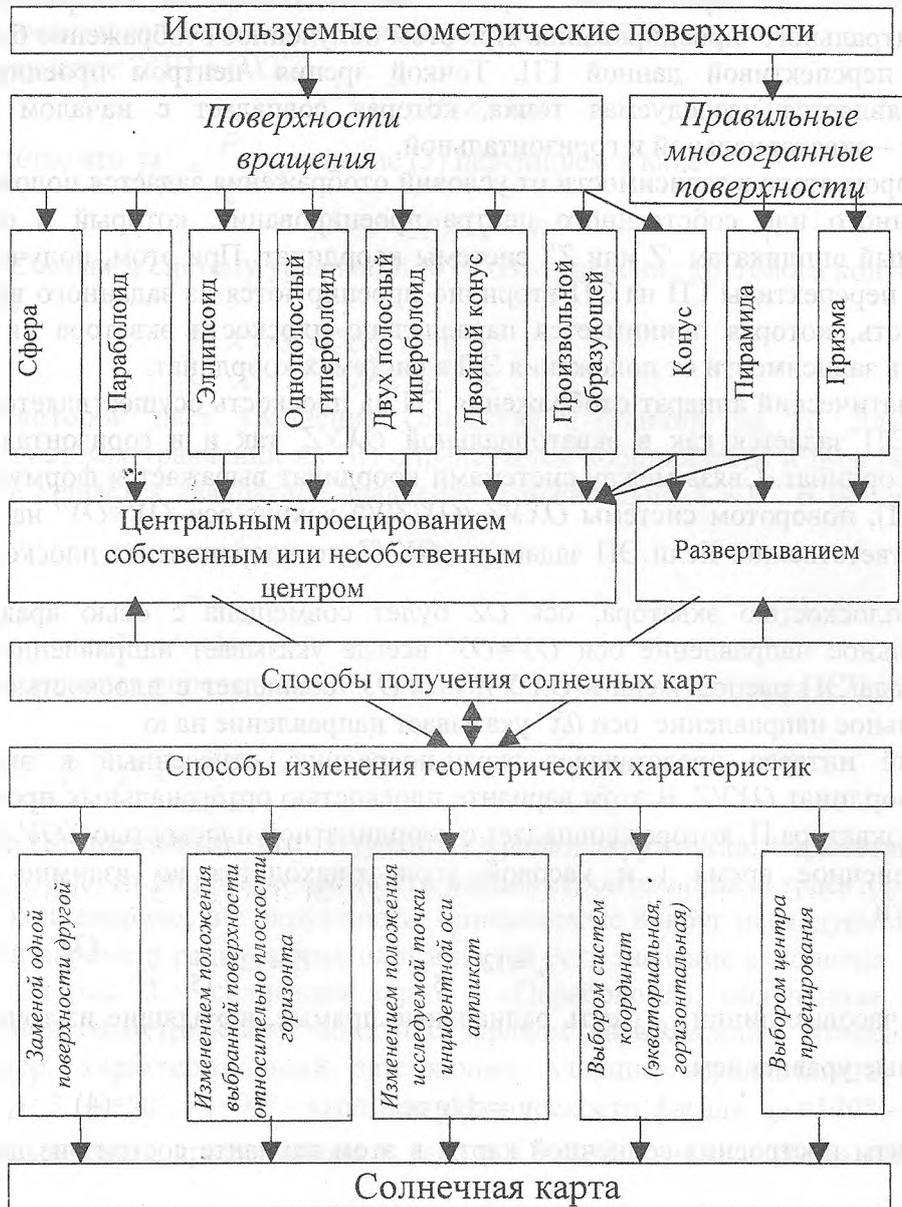


Таблица 2



В качестве «экрана-поверхности» /ЭП/ можно использовать геометрические поверхности, в частности, поверхности вращения второго порядка и правильные многогранники. При изменении положения конструктивных элементов данной модели возможны различные способы изменения ее геометрических характеристик, что отражено в табл. 2, показывающей особенности получения солнечных карт. Также представлены виды используемых геометрических поверхностей. Отметим, что формы получаемых солнечных карт зависят не только от положения конструктивных элементов, но и от изменения положения исследуемой точки инцидентной оси вращения геометрических поверхностей, выбора систем координат параметров ЭП, что подтверждает альтернативность предлагаемых геометрических моделей.

Построения солнечных карт выполняются последовательно в два этапа путем отображения геометрического пространства /ГП/ на плоскость через посредник ЭП в следующем виде. На первом этапе ГП, как точечное множество, отображается на ЭП по закону центрального проецирования. При этом полученное отображение будем называть экранной перспективой данной ГП. Точкой зрения /центром проецирования/, как правило, является исследуемая точка, которая совпадает с началом двух систем координат – экваториальной и горизонтальной.

На втором этапе в зависимости от условий отображения задается положение второго несобственного или собственного центра проецирования, который в общем случае инцидентный аппликатам /Z или Z'/ системы координат. При этом, полученные на первом этапе перспективы ГП на ЭП вторично проецируются из заданного второго центра на плоскость, которая принимается параллельно плоскости экватора либо плоскости горизонта в зависимости от положения ЭП в системах координат.

Математический аппарат отображения ГП на плоскость осуществляется следующим образом. ЭП задается как в экваториальной $OXYZ$, так и в горизонтальной $OX'Y'Z'$ системе координат. Связь между системами координат выражается формулами (1) и (2) (см. табл. 1), поворотом системы $OXYZ$ ($OX'Z'Y'$) вокруг оси $OY=OY'$ на угол, равный $\pi/2 = \varphi$ соответственно. Если ЭП задана в $OXYZ$, то координатная плоскость XOY совпадает с плоскостью экватора, ось OZ будет совмещена с осью вращения Земли. Положительное направление оси $OY=OY'$ всегда указывает направление на запад. В случае, когда ЭП расположена в $OX'Y'Z'$ – $X'OY'$ совпадает с плоскостью горизонта, а положительное направление оси OX' указывает направление на юг.

Особый интерес представляет экран-посредник, отнесенный к экваториальной системе координат $OXYZ$. В этом варианте плоскостью ортогональных проекций служит плоскость экватора П, которая совпадает с координатной плоскостью XOY . Кроме того, в $OXYZ$ солнечное время t и часовой угол τ находятся во взаимно однозначной зависимости

$$t_g = 12 - \frac{\tau_g}{15}, \quad t_s = 12 + \frac{\tau_s}{15} \quad (3)$$

Тогда часовые линии (v_n) есть радиальные прямые, исходящие из точки К $(0,0,0)$ и описываемые уравнением

$$y = \pm tg \alpha x \quad (4)$$

Алгоритм построения солнечной карты в этом варианте состоит из двух основных этапов:

- кривые суточного хода Солнца для характерных дат – 22 числа каждого месяца в течение всего года, $(v_{\delta'})$ свободным параметром является склонение (проекции линий пересечения двух основных квадратик: экран-посредник (ЭП) и круговой конус лучей V);
- определение линии горизонта, которая является результатом пересечения плоскости горизонта $P' \equiv X'OY'$ с поверхностью ЭП;

Их наглядность и информативность в большей степени зависят от параметра H_n – расстояния от вершины ЭП до плоскости экватора П. Поэтому при построении солнечных карт, входящих в этот вариант, выбор оптимального значения H_n является необходимым и обязательным условием. Особенно это касается случая, когда ЭП является сферой или эллипсоидом.

На рис.1 представлен экран-посредник параболоид (ЭПП-II).

Уравнение ЭПП в $OXYZ$

$$X^2 + Y^2 = 2P(Z + H_n) \quad (5)$$

с учетом того, что $H'_n = \frac{P}{2}$, уравнение (5) перепишем в виде

$$X^2 + Y^2 - 2PZ + P^2 = 0 \quad (6)$$

1. Составим систему уравнений (6) и (B)-уравнение кругового конуса лучей (см табл. 1)

$$\begin{cases} X^2 + Y^2 - Z^2 \operatorname{ctg}^2 \delta = 0 \\ X^2 + Y^2 - 2PZ + P^2 = 0, \end{cases}$$

решение которой дает уравнение семейства $U\delta$ линий на Π . Для решения составленной системы уравнений из (B) определяется координата Z и подставляется её значение в (6). Решается квадратное уравнение относительно $X^2 + Y^2$. В результате чего получим:

$$X^2 + Y^2 = \frac{P^2}{\operatorname{ctg}^2 \delta (2 + \operatorname{ctg}^2 \delta \pm 2\sqrt{\operatorname{ctg}^2 \delta + 1})} \quad (7)$$

2. Линия горизонта определяется из уравнения плоскости горизонта и $X = Z \operatorname{tg} \varphi$ и (6) имеем вид

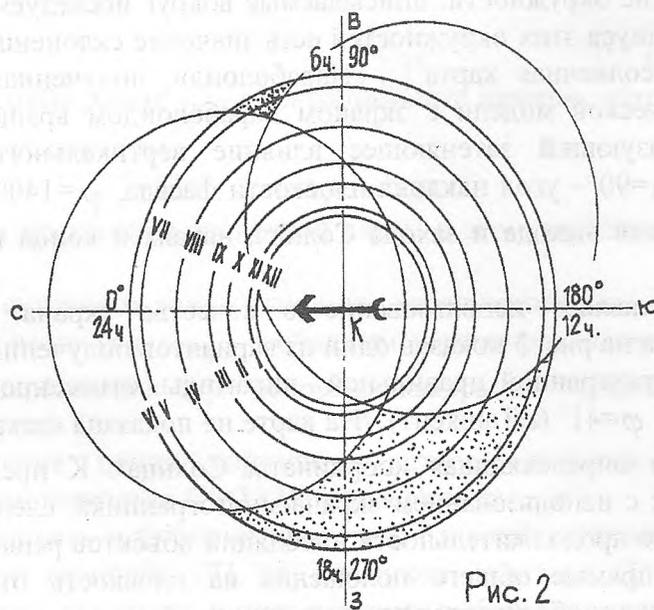
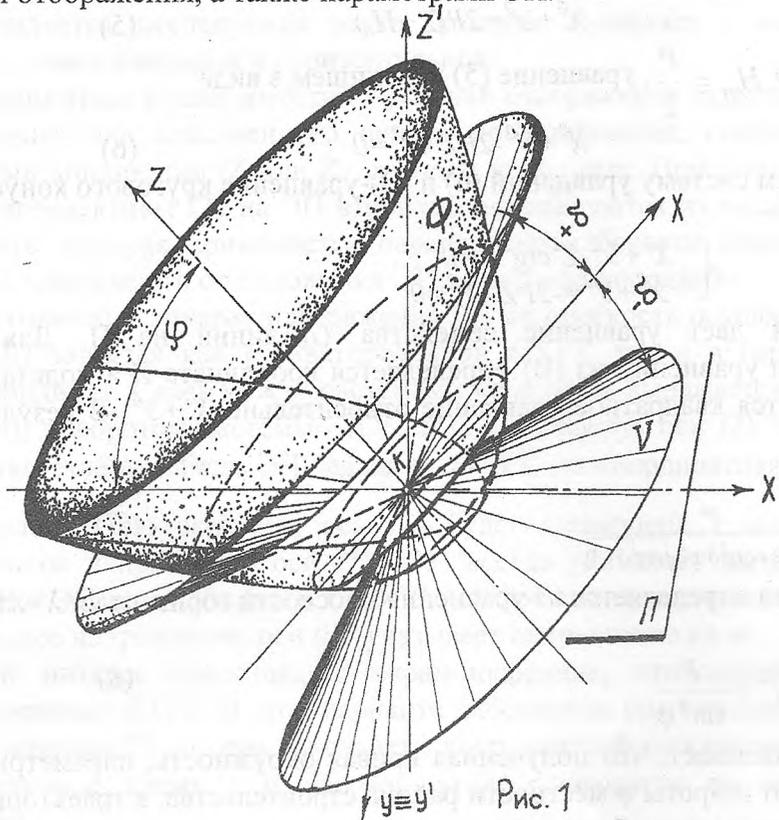
$$\left(X + \frac{P}{\operatorname{tg} \varphi}\right)^2 + Y^2 = \frac{P}{\sin^2 \varphi} \quad (8)$$

Уравнение (8) показывает, что полученная кривая окружность, параметры которой $S_{\text{ц}}$ и r зависят только от широты φ местности района строительства, а траектория Солнца по месяцам – концентрические окружности, описываемые вокруг исследуемой точки К. Определяющий параметр радиуса этих окружностей есть значение склонения δ Солнца любой даты. На рис. 2 – солнечная карта «Параболоид», полученная на основе пространственной геометрической модели с экраном параболоидом вращения. Также показан пример, характеризующий затеняющее влияние вертикального фасада с параметрами $\rho=3$, $\varphi=50^\circ$, $\mu=90^\circ$ – угол наклона плоскости фасада, $\psi=140^\circ$ – ориентир фасада и показывающий время выхода и захода Солнца, начала и конца инсоляции в течение года.

Особый интерес представляет использование в качестве экрана правильных многогранников. Для примера на рис. 3 показан один из вариантов получения солнечных карт с использованием четырехгранной правильной пирамиды, отнесенной к системе $OXYZ$ координат для широты $\varphi=41^\circ$ (г.Ташкент). /На карте не показана сетка, состоящая из четырех дуг гипербол и определяющая координаты Солнца/. К преимуществам солнечных карт, полученных с использованием экрана-многогранника, следует отнести то, что задача по определению продолжительности инсоляции объектов решается проще, так как пространственные прямые общего положения на плоскость отображаются прямыми или ломаными, также отображаются часовые линии.

Предлагаемые альтернативные геометрические модели позволяют решать комплекс инсоляционных задач, в том числе определение продолжительности инсоляции любой произвольной точки инцидентной исследуемым объектом с учетом затеняющего влияния

окружающих их элементов. При этом аналитические описания этих моделей дают возможность создать комплекс программного обеспечения ЭВМ для реализации расчетных и графических работ. Кроме этого, вышеизложенные модели позволяют получать новые графические отображения ГП на плоскость, с заранее заданными условиями отображения, а также параметрами ЭП.



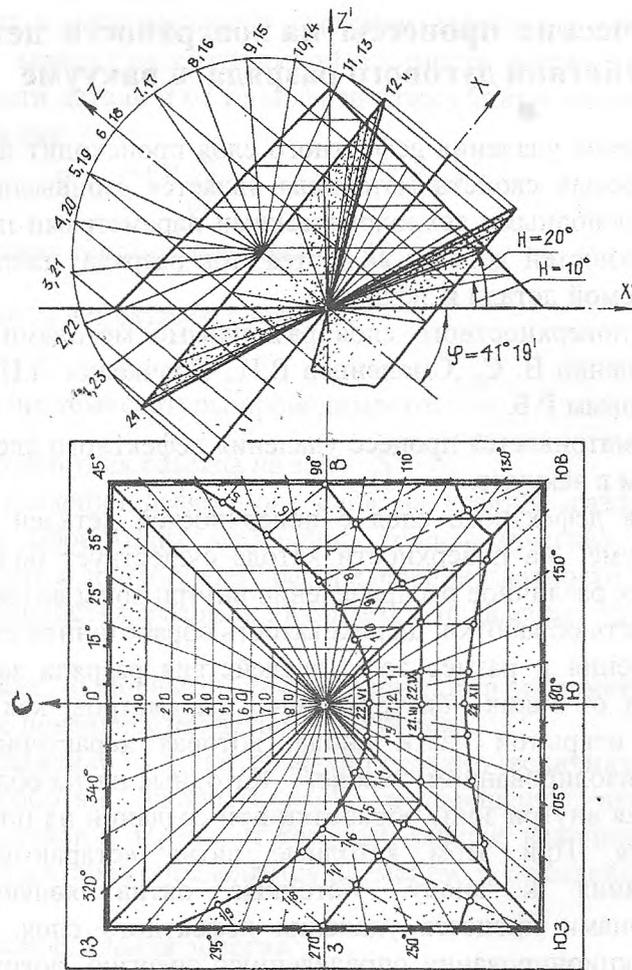


Рис 3

Литература

1. Дроздов В.А., Гусев Н.М., Строительная светотехника. Современное состояние и перспективы развития – М., Стройиздат, 1982. С.96
2. Инструкция по проектированию солнцезащитных устройств для гражданского и промышленного строительства в Узбекской ССР, РСН22-81. - Ташкент, 1981. С.58
3. Харкнесс Е., Мехта М.1. Регулирование солнечной радиации в зданиях. М, Стройиздат, 1984. С.176
4. Подгорный Л. Я. К вопросу автоматизации инсоляционных расчетов. В кн. Прикл. геометрия и инж. графика. К. Будивельник, 1981, вып. 31. С. 12-15

* * * * *

Сартов Т.Э.,
Молдобаев С.М.,
Мырзалиева А.Б.

Макроскопические процессы на поверхности деталей при воздействии дугового разряда в вакууме

Как известно, в процессе удаления дефектного слоя происходит изменение свойств материала. Одним из важных свойств материала является его высокая коррозионная стойкость к влажности. Основными технологическими параметрами процесса удаления дефектного слоя с поверхностей деталей являются: ток разряда, напряжение, скорость перемещения обрабатываемой детали и экрана.

Проблема удаления поверхностного слоя различными методами рассматривалась многими авторами: Коваленко В. С., Смоленцев В.П., Волчкевич Л.И., Эстерлис М.Х., Сартовым Т.Э., Нагайбековым Р.Б.

В данной статье рассматривается процесс удаления дефектного слоя с поверхностей деталей дуговым разрядом в вакууме.

В процессе удаления дефектного слоя с поверхностей деталей и использования дугового разряда в вакууме на поверхности катода существует большое количество катодных пятен, имеющих различное распределение внутри зоны воздействия разряда и влияющих на равномерность обработки, шероховатость обработанной поверхности.

Вид этого распределения и размер зоны воздействия разряда зависят от многих факторов, в том числе и от таких конструктивных параметров, как межэлектродное расстояние, площадь с открытой части анода, которая характеризуется размером щелевого паза на электроизолированном экране. Катодные пятна обладают свойством хаотического перемещения внутри зоны обработки при создании на поверхности катода эквипотенциального поля. При этом катодные пятна «стараются» занять зону наименьшего расстояния к аноду. Катодные пятна являются основными функциональными единицами процесса удаления дефектного слоя. Катодные пятна выделяют при своем функционировании определенную энергию, логично представлять плотность катодных пятен на поверхности как плотность мощности. Плотность мощности зависит от тока J разряда, напряжения U и площади S^1 зоны воздействия разряда на поверхности обрабатываемой детали и определяется следующим выражением

$$q = \frac{KJU}{S^1},$$

где K – доля катодной мощности, $K = 0,5: 0,56$.

Плотность распределения мощности внутри зоны воздействия имеет вид нормального распределения.

$$q(x) = q(x)_{\max} \exp\left(-\frac{4x^2}{s^1}\right),$$

где s^1 – ширина зоны воздействия разряда

$q(x)_{\max}$ – максимальная плотность мощности в центре зоны

x – текущая координата

При уменьшении межэлектродного расстояния (расстояние от поверхности катода до электроизолированного экрана) значение S^1 стремится приблизиться к значению S

– целевого паза в экране. Если зона воздействия разряда S^1 равна значению S , то можно по некоторым допущениям считать, что плотность распределения

$$q(x) = \text{const} \\ \text{анод(+)} \quad \text{катод}$$

распределение мощности внутри зоны воздействия.

Это приводит к равномерности удаления дефектного слоя с поверхности детали. Значение q_{max} зависит от критической плотности потока для разрушения дефектного слоя на поверхности детали и от теплофизических контактов материала дефектного слоя. Она определяется как

$$q_{\text{max}} = LP \sqrt{\frac{a}{t_b}} \left(\frac{B_T}{M^2} \right),$$

где L – удельная теплота испарения; $\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$

P – плотность дефектного слоя; $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

a – коэффициент температуры проводимости $\frac{\text{м}^2}{\text{с}}$

t_b – время воздействия разряда на зону S^1

В процессе удаления дефектного слоя на границе раздела основного металла и дефектного слоя происходит изменение теплофизических свойств материала. Это изменение приводит к другому виду распределения плотности потока, и при постоянстве временных характеристик разряда начинается плавление, затем испарение основного металла.

Таким образом, основными технологическими параметрами процесса удаления дефектного слоя с поверхностей деталей являются:

ток разряда, напряжение U , которые определяют величину мощности, вводимой на поверхность обработки, скорость V перемещения относительно друг друга, обрабатываемой детали и экрана, от которого зависит величина энергии на поверхности дефектного слоя и которая определяется временем t_b воздействия разряда на площадку S^1 .

Плотности распределения энергии:

$$q^1 = \frac{RJU t_b}{S^1}$$

Выбор скорости перемещения U зависит от необходимой производительности Q удаления дефектного слоя. Для заданного Q выбирается скорость V и перемещения электроизолированного экрана в зависимости от конструктивных параметров устройств и размеров изделия. И уже по известному значению скорости U перемещения экрана подбираются значения режимных параметров процесса ($J U$) в зависимости от теплофизических констант дефектного слоя и его толщины. Рассмотрим влияние режимных параметров на интенсивность обработки. Ток J разряда на поверхности определяется суммой токов J_n , протекающих через отдельные катодные пятна:

$$n = \frac{J}{J_n},$$

где n – количество пятен, существующих на поверхности,

J_n – ток через пятно.

Таким образом, с увеличением тока J разряда увеличивается количество n пятен, одновременно существующих на обрабатываемой поверхности. Чем больше катодных

пятен присутствует на поверхности, тем интенсивнее идет процесс удаления дефектного слоя с поверхности детали.

Время существования пятна на одном месте в зависимости от теплофизических параметров и толщины Z , дефектного слоя определяется из модели катодного пятна дугового разряда в вакууме дефектного слоя. При этом за t_1 принималось время достижения фронтом плавления основного металла.

Интенсивность Q удаления дефектного слоя определяется как

$$Q = \frac{2JU_c}{L} \sqrt{\frac{C}{\pi\lambda}} \frac{1}{\rho t_1}; \quad \frac{M^2}{C}$$

Интенсивность обработки зависит от мощности и от времени.

Выводы.

1) Сильное влияние на интенсивность удаления дефектного слоя оказывают ток J разряда и время t_1 существования пятна на одном месте: с увеличением J растет интенсивность обработки, а с увеличением t_1 интенсивность обработки падает.

2) Для толщины дефектного слоя до $Z = 10$ мкм время существования пятна на одном месте лежит в пределах $10^{-6} \dots 10^{-5}$ с, а с увеличением Z наблюдается рост времени t_1 и при $Z = 20: 25$ мкм достигает 10^{-4} с.

Литература

1. Нагайбеков Р.Б., Коваленко В.С. Исследование эрозии катода. Технология и оборудование электрофизических и электрохимических методов обработки материалов. Киев, Высшая школа. 1983. С. 176.
2. Смоленцев. В. П. Технология электрохимической обработки внутренних поверхностей. Москва, Машиностроение, 1978. С. 176. Её роль в существовании катодных пятен вакуумных дуг. Ташкент, 1974. С. 16.
4. Пат. 2214590 (ФРГ) Способ вакуумного испарения металлов и устройство для его осуществления.

* * * * *

Курамаева Т.А.

Задача синтеза оптимального управления с распределенными параметрами для параболических систем

На современном этапе развития науки и техники, в условиях формирования рыночной экономики к системам автоматического управления предъявляют все более разнообразные и жесткие технико-экономические требования. Круг управляемых объектов и технологических процессов, работающих в режиме автоматического управления все более расширяется. В различных производственных процессах системы автоматического управления должны обеспечивать наивысшую производительность и качество при минимальном расходе сырья, топлива и энергии.

Во многих технологических процессах требуется обеспечить высокую точность работы системы или агрегата, высокое быстродействие, требуется наилучшим образом приближаться к некоторому заданному режиму или состоянию при минимальном расходе имеющихся в распоряжении средств.

Многие производственные и энергетические системы работают в режимах, при которых недоиспользуются значительные возможности, заложенные в них, и не достигаются показатели, которые могли бы быть достигнуты.

Поэтому возникает острая необходимость создания таких методов управления и проектирования, которые позволили бы максимально использовать все потенциальные возможности систем и создать оптимальную систему в каком-либо заранее заданном смысле.

Теоретической основой решения такого класса задач являются специально разработанные математические методы для решения таких задач. Наиболее известные из них – принцип максимума Л.С. Понтрягина [1], вариационные методы [2], градиентные методы [3], метод динамического программирования Р. Беллмана [4], проблема моментов [5].

Применению этих методов в решении перечисленных выше задач для случая, когда динамика управляемого объекта или процесса описывается линейным дифференциальным уравнением или системой дифференциальных уравнений с обыкновенными производными (такие управляемые системы называются системами с сосредоточенными параметрами), а критерий качества является квадратичным по управлению и состоянию (линейно-квадратичные задачи) посвящено большое количество работ. В настоящее время теорию оптимального управления для линейно-квадратичных систем с сосредоточенными параметрами можно, по-видимому, считать завершённой.

Однако на практике, в большинстве технических приложений приходится иметь дело с системами, имеющими распределённые в пространстве параметры. Движения таких систем описываются дифференциальными уравнениями в частных производных, интегральными и интегро-дифференциальными уравнениями, а иногда и более сложными функциональными соотношениями. Разработка методов теории оптимального управления для систем с распределёнными параметрами является гораздо более трудной проблемой, чем для систем с сосредоточенными параметрами.

Важное место в теории оптимального управления системами с распределёнными параметрами занимают процессы диффузии, тепло и масса переноса, динамика которых описывается уравнениями или системами уравнений параболического типа.

Такие процессы распространены очень широко и встречаются в различных областях науки и техники, таких, как экология, энергетика, ирригация и многих других.

Задачи построения оптимального программного управления для таких процессов, динамика которых описывается линейными уравнениями параболического типа, а качество процесса оценивается квадратичным функционалом, изучены достаточно полно.

Основными методами, используемыми при решении этих задач, были: принцип максимума Л.С. Понтрягина и L - проблема моментов [6].

Задачи построения синтезирующего оптимального управления изучены меньше. Это объясняется резко возрастающей сложностью её решения, связанной с необходимостью решения нелинейных интегро-дифференциальных уравнений типа Риккати.

Долгое время оставались малоисследованными и системы динамики, которые описываются уравнением параболического типа, имеющего не классическое, а

обобщенное решение, понимаемое в смысле соответствующего интегрального тождества.

Разработанные профессором А.И. Егоровым [7,8] методы получения уравнения Беллмана для случая, когда уравнение динамики управляемого объекта имеет обобщенное решение, привлекли внимание многих исследователей к решению задач синтеза для уравнений параболического типа.

При этом, однако, остался неисследованным большой класс задач, особенно важных в прикладном отношении, это класс задач с различного рода особенностями. К таким особенностям можно, например, отнести вид функционала качества, малый параметр, входящий в уравнение системы в той или иной форме (регулярные и сингулярные возмущения), различного рода ограничения, перекладываемые на те или иные параметры системы, наличие разнотемповых движений управляемой системы и т.д.

Методы исследования задач оптимального управления системами с особенностями, динамика которых описывается уравнением параболического типа, разрабатываются в институте автоматики НАН КР под руководством члена-кор. НАН КР, д.т.н., профессора Шаршеналиева Ж.Ш. [9-13].

Решение задач построения синтезирующего оптимального управления для слабоуправляемой системы, динамика которой описывается уравнением параболического типа.

Слабоуправляемыми системами называются [6-12] системы, в которых управления входят в уравнения динамики системы с коэффициентами, являющимися малыми параметрами. Если малый параметр приравнять к нулю, то такая система становится неуправляемой, поэтому они и называются слабоуправляемыми.

Однако, ввиду того, что движение такой системы рассматривается на большом временном интервале, то даже малые воздействия и возмущения могут привести к существенному изменению фазовых переменных.

Такая ситуация характерна для многих экологических систем, в которых малые изменения концентрации вредных примесей за длительный временной интервал могут привести к экологическим катастрофам, для систем автоматического управления гидротехническими сооружениями, процессами тепло - масса переносе и многих других.

Итак, пусть динамика управляемого процесса описывается внутри области $Q = \{0 \leq t \leq T, \Omega\}$, уравнением

$$\frac{\partial u(t, x)}{\partial t} = Lu(t, x) + \mu f(t, x, u(t, x)) p(t, x) \quad (1)$$

$$\text{с начальными } U(0, x) = U_0(x), \quad x \in \Omega \quad (2)$$

и граничными условиями

$$\sum_{j=1}^n a_j \frac{\partial u(t, x)}{\partial x_j} \cos(n, x_j) + h(x) \quad \text{и} \quad (t, x) = \varphi(x), \quad x \in \Gamma \quad (3)$$

здесь Ω ограниченная область n -мерного евклидова пространства E^n с границей Γ , n - единичный вектор с нормами к Γ ,

$$\text{а} \quad Lu(t, x) = \sum_{i,j=1}^n \frac{\partial}{\partial x_i} (a_{ij}(x) \frac{\partial u(t, x)}{\partial x_j}) + \sum_{i=1}^n s_i(x) \frac{\partial u(t, x)}{\partial x_i} + c(x)u(t, x), \quad x \in \Omega$$

$a_{ij}(x), b(x), c(x), h(x), \varphi(x)$ - заданные вещественные функции;

$f(t, x, u(t, x))$ - заданная, вообще говоря, нелинейная функция своих аргументов;

$0 < \mu \leq 1$ - малый параметр;

$p(t, x)$ - управляющая функция, $p(t, x) \in L_2(\Omega)$

Предполагается, что L - эллиптический оператор в области Ω , а начально-краевая задача (1) - (3) имеет единственное решение.

Качество управляемого процесса оценивается функционалом

$$I[p] = \int_{\Omega} u^2(T, x) dx + \mu \int_0^T \int_{\Omega} p^2(t, x) dx dt \quad (4)$$

Сформулируем задачу оптимального управления.

Найти управление $P(t, x)$, зависящее от состояния системы, которое вместе с соответствующим ему решением начально-краевой задачи (1) - (3) минимизирует функционал (4).

Уравнения Беллмана для сформулированной задачи оптимального управления имеют вид

$$\min_p \left\{ \frac{\partial S[t, x]}{\partial t} + \mu \int_{\Omega} p^2(t, x) dx \right\} = 0 \quad (5)$$

Если решение уравнения Беллмана (5) искать в виде интегральной квадратичной формы

$$S[t, u] = \int_{\Omega} \int_{\Omega} K(t, s, x) u(t, x) u(t, s) dx ds + \int_{\Omega} \varphi(t, x) u(t, x) dx + \eta(t) \quad (6)$$

где $K(t, s, x)$, $\varphi(t, x)$ и $\eta(t)$ пока неизвестные функции, то оптимальное управление будет иметь вид:

$$P_0(t, x) = -\frac{1}{2} \left\{ \varphi(t, x) f(t, x) + \int_{\Omega} N(t, s, x) f[t, s] u(t, s) ds \right\}, \quad (7)$$

где $N(t, s, x) = K(t, s, x) + K(t, x, s)$.

Неизвестные функции $K(t, x, s)$, $\varphi(t, x)$ и $\eta(t)$ определяются из соотношений

$$\begin{aligned} & \frac{\partial K(t, s, x)}{\partial t} + \sum_{j=1}^n \frac{\partial}{\partial x_j} (a_j(x) \frac{\partial K(t, s, x)}{\partial x_j}) - \sum_{j=1}^n \frac{\partial}{\partial x_j} (b_j(x) K(t, s, x)) \\ & + c(x) K(t, s, x) + \sum_{j=1}^n \frac{\partial}{\partial s_j} (a_j(s) \frac{\partial K(t, s, x)}{\partial s_j}) - \sum_{j=1}^n \frac{\partial}{\partial s_j} (b_j(s) K(t, s, x)) + \\ & + c(s) K(t, s, x) = \frac{\mu}{2} \int_{\Omega} N(t, s, x) N(t, y, x) f(t, s) f(t, y) dy, \quad (8) \\ & \frac{\partial \varphi(t, x)}{\partial t} + \sum_{j=1}^n (a_j(x) \frac{\partial \varphi(t, x)}{\partial x_j}) - \sum_{j=1}^n \frac{\partial}{\partial x_j} (b_j(x) \varphi(t, x)) + c(x) \varphi(t, x) = \frac{\mu}{2} f[t, x] \int_{\Omega} N(t, y, x) f[t, y] dy \end{aligned}$$

$$\dot{\eta}(t) = \frac{\mu}{4} \left(\int_{\Omega} \varphi^2(t, x) f^2[t, x] dx + \int_{\Omega} \int_{\Omega} N(t, s, x) \varphi(t, s) f[t, s] \varphi(t, x) f[t, x] dx ds \right)$$

с начальными в момент $t=T$ условиями $K(T, x, s) = \delta(s-x)$, $\varphi(T, x) = 0$, $\eta(T) = 0$ и соответствующими граничными для функций $K(t, x, s)$ и $\varphi(t, x)$ условиями.

Если решение системы уравнений (8) искать в виде рядов по степеням малого параметра μ , то для определения первых коэффициентов слагаемых рядов получим

системы линейных дифференциальных уравнений, решение которых не вызывает затруднений.

Таким образом, задача построения синтезирующего оптимального уравнения решена полностью.

II. задача

Известно, что решение задач синтеза оптимального управления для систем с распределенными параметрами неразрывно связано с решением линейных интегро-дифференциальных уравнений Риккати, что сопряжено со значительными математическими и вычислительными трудностями. Для решения этих уравнений применяют обычно приближенные методы решения.

Однако эффективная реализация алгоритмов построения численного синтезирующего оптимального управления весьма трудоемка, а получение оценок скорости сходимости затруднительно, а в некоторых случаях просто невозможно.

Поэтому актуальной задачей является разработка методов решения задач синтеза, позволяющих избежать эти трудности и определять синтезирующее оптимальное управление с помощью линейных уравнений.

Для управляемых объектов с сосредоточенными параметрами широкое распространение получили методы исследования задач управления по критерию обобщенной работы, разработанные А.А.Красовским и его учениками [14 - 15].

Решенная задача построения синтезирующего оптимального управления для объектов, динамика которых описывается начально-краевой задачей (1) - (3), а критерий качества является критерием обобщенной работы и имеет вид:

$$I_1[p] = \int_{\Omega} u^2(T, x) dx + \mu \int_0^T \int_{\Omega} p^2(t, x) dx dt + \mu \int_0^T \int_{\Omega} P_0^2(t, x) dx dt, \quad (9)$$

где $P_0^2(t, x)$ пока неизвестное оптимальное управление.

Распространяя методику А.А. Красовского на нашу задачу, получим для определения оптимального управления систему линейных интегральных уравнений, совпадающих с системой уравнений (8) при $\mu=0$, т.е. совпадающими с уравнениями первого приближения для задачи I.

В дальнейшем предполагается исследовать задачи синтеза для управляемых объектов и систем, динамика которых описывается начально-краевой задачей (1) - (3), а качество управления оценивается функционалом

$$I[u] = \int_{\Omega} u^2(T, x) dx$$

Специфика этой задачи заключается в том, что функционал качества не является квадратичным по управлению, что вносит дополнительные трудности в решение задачи оптимального управления.

Литература

1. Понтрягин Л.С., Болтянский В.Г., Гамкрелидзе Р.В., Мищенко Е.Ф. Математическая теория оптимальных процессов. - М., Наука, 1986
2. Гельфонд М.М., Фомин С.В. Вариационное исчисление: Физматгиз, 1961
3. Васильев Ф.П. Численные методы решения экстремальных задач. - М., Наука, 1988
4. Беллман Р. Динамическое программирование: - М., ИЛ. 1959
5. Красовский Н.Н. Теория управления движением: - М., Наука, 1968
6. Бутковский А.Т. Методы управления систем с распределенными параметрами - М., Наука, 1975
7. Егоров А.И. Оптимальная стабилизация систем с распределенными параметрами. Материалы международной конференции IFIP по технической оптимизации, Новосибирск, 1974

8. Егоров А.И. Оптимальное управление тепловыми и диффузионными процессами. М., Наука, 1978
9. Оптимизация и устойчивость систем с распределенными параметрами. – Фрунзе, 1980
10. Оптимальный синтез в системах с распределенными параметрами. – Фрунзе, Илим, 1982
11. Синтез оптимального управления системами с распределенными параметрами. – Фрунзе, Илим, 1985
12. Оптимальный синтез в системах с распределенными параметрами. – Фрунзе, Илим, 1989
13. Кирьян С.В., Шаршеналиев Ж.Ш. Синтез оптимального управления распределенной колебательной системой. Труды XI Международной Байкальской школы – семинара Иркутск, Байкал 5-12 июля 1998 том 3, Иркутск 1998
14. Красовский А.А. Системы автоматического управления полетом и их аналитическое конструирование М., Наука 1973
15. Красовский А.А., Буков В.Н., Шендрик В.С. Универсальные алгоритмы оптимального управления непрерывными процессами. М., Наука 1987

* * * * *

**Кокумбаева К.А.,
Токтогулов С.Т.**

К вопросу о снижении технических потерь в электроснабжении Жалал-Абадской области

Надежное снабжение промышленных предприятий и населения Жалал-Абадской области электрической энергией непосредственно связано с проблемами снижения технических потерь в электроснабжении.

Известно, что часть выработанной электроэнергии расходуется в электрических сетях на создание электрических, магнитных полей и является причиной технического расхода на её передачу, обычно называют техническими потерями. Ибо полезно отпущенная потребителям энергия меньше, чем энергия, отпущенная в сеть.

Основной причиной, вызывающей возрастание технических потерь, является непрерывный рост нагрузок электрических сетей, связанный с естественным ростом нагрузок потребителей и отставанием темпов прироста пропускной способности сети от темпов прироста потребления электроэнергии и генерирующих мощностей, от большой протяженности воздушных линий. Вместе с тем в Жалал-Абадской области по сравнению с прошлыми годами остановлены промышленные предприятия, т.е. уменьшились потребители реактивной мощности, это привело также к уменьшению напряжения в сети среднего напряжения, недогрузке трансформаторов и как следствие к дополнительным потерям. [4]

Для снижения технических потерь электроэнергии в электрических сетях Жалал-Абадской области целесообразно провести определенные виды технических мероприятий.

1. Поддержание напряжения в нужном уровне.

Для того, чтобы поддержать напряжение в нужном уровне, в электрических сетях необходимо ввести в работу трансформаторы с регулированием под нагрузкой (РПН) и установку дополнительных трансформаторных подстанций (ТП).

Основная цель ввода в работу трансформаторов с РПН – обеспечение требуемого качества напряжения у потребителей. Соответствующим эффектом в данном случае является снижение потерь электроэнергии в сетях.

Трансформаторы с РПН по сравнению с трансформаторами с переключением без возбуждения (ПБВ) имеют более широкие возможности регулирования напряжения в узлах сети, в этом их главное преимущество. Если с помощью трансформаторов с ПБВ осуществляется в основном сезонное регулирование напряжения, т.к. это связано с отключением трансформаторов, то трансформаторы с РПН позволяют регулировать напряжение в течение суток. При этом, за счет уменьшения ступеней повышается плавность регулирования.

Установка дополнительных ТП производится в основном с целью разгрузки находящихся в эксплуатации перегруженных трансформаторов. Мероприятия выполняются в основном с целью разгрузки находящихся в эксплуатации перегруженных трансформаторов. Однако, в отдельных случаях замена или установка дополнительного трансформатора может оказаться целесообразной только с целью снижения потерь.

2. Оптимизация режима работы электрических сетей за счет строительства новых линий и подстанций.

Ввод в эксплуатацию новых линий и подстанций осуществляется с целью разгрузки существующих сетей и присоединения к энергосистеме новых потребителей электроэнергии. При этом соответствующим эффектом является, как правило, снижение потерь в сетях.

3. Экономичный режим работы трансформаторов на трансформаторных подстанциях.

Мероприятие осуществляется отключением трансформаторов малых нагрузок. Отключение одного из параллельно работающих трансформаторов целесообразно, когда происходящее при этом снижение потерь холостого хода оказывается большим, чем увеличение нагрузочных потерь из-за перераспределения суммарной нагрузки между меньшим числом трансформаторов.

4. Равномерная загрузка фазных проводов ЛЭП 0,4 кВ одинаковым током.

К трехфазным сетям городов и сел подключается большое количество однофазных электроприемников, присоединяемых между одной из фаз и нулевым проводом. Токи фаз I_A , I_B , и I_C оказываются в той или иной степени неодинаковыми, это приводит к возникновению технических потерь в линии. Из этого следует, что надо равномерно распределять потребители по фазам.

5. Замена незагруженных трансформаторов на трансформаторы меньшей мощности.

Данная замена производится, если прогнозируемый на 4-5 лет вперед коэффициент загрузки в режиме наибольших нагрузок меньше нижнего предела экономически целесообразных нагрузок. Установка меньшего по мощности трансформатора не приводит к его перегрузке в нормальном и в аварийном режиме.

6. Увеличение коэффициента активной мощности ($\cos \varphi$).

Повышение коэффициента активной мощности электроустановок – важная задача, т.к. низкий $\cos \varphi$ приводит к перерасходу металла на сооружении электрических сетей, увеличению потерь электроэнергии, недоиспользованию мощности и снижению

коэффициента полезного действия первичных двигателей и генераторов электростанций и трансформаторов электрических подстанций.

Повышение коэффициента мощности может быть осуществлено так называемым естественным (без применения специальных устройств) и искусственным (с применением компенсирующих устройств) способами.

7. Реконструкция линий с заменой проводов на большие сечения.

Мероприятие находит применение в основном в распределительных электрических сетях 380 В и 6-10 кВ. Замена проводов осуществляется преимущественно с целью повышения пропускной способности перегруженных линий, замены физически изношенных проводов линий при их капитальном ремонте, замены стальных проводов на сталеалюминиевые и т.п. Снижение потерь энергии в этом мероприятии является попутным эффектом.

8. Переход на высокое напряжение.

Мероприятие применяется в основном для повышения пропускной способности электрических сетей или их участков в тех случаях, когда нагрузка сетей достигла предельных для действующего номинального напряжения значений.

Потери в линии обратно пропорциональны квадрату напряжения. Исходя из этого вытекает, что чем меньше напряжение, тем больше потери или наоборот. [1]

Необходимо отметить, что в службе технических потерь Жалал-Абадского ПЭС составляют комплексный план мероприятий (по 8 пунктам) по снижению технических потерь электроэнергии в сетях 0,4-35 кВ, где каждый РЭС Жалал-Абадской области сдает отчеты по выполнению мероприятий ежемесячно, на основании которых осуществляются расчеты технических потерь электроэнергии в следующем порядке.

Потери в линиях электропередачи

Для расчета электроэнергии на её транспорт в линиях электропередачи необходимы следующие данные:

1. Данные по линиям.

1.1. Длина линии в км.

1.2. Марка провода и количество проводов в фазе (в случае изменения марки проводов по длине, линии указать марку провода по каждой его длине).

1.3. Потери на корону (для линий напряжением 220 кВ и выше) выписка из проекта или расчетные потери.

Указанные данные согласовываются со смежными предприятиями электрических сетей, утверждаются руководителями предприятий и направляются в адрес энергонадзора за 2 месяца до ввода объекта.

В случае осуществления приема-передачи объектов указанные данные должны быть приложены к акту.

2. На основании паспортных данных:

2.1. Определяются по справочным материалам удельно активное сопротивление r_0 (Ом на 1 км) – активное сопротивление линии $R=r_0 \cdot l$, где l – длина линии;

в случае выполнения проводов с расщепленной фазой активное сопротивление рассчитывать

$$R=r_0/n \text{ (Ом /км), где } n \text{ – число проводов в фазе.}$$

3. Активная энергия Σa (кВтч) и реактивная энергия Σp (кВар) принимаются по расчетным счетчикам.

В случае отсутствия счетчика реактивной энергии $\cos\varphi_{cp}$ принимается равным 0,9 ($\operatorname{tg}\varphi_{cp}=0,48$)

$$\mathcal{E}_p = \mathcal{E}_a \cdot \operatorname{tg}\varphi_{cp}$$

4. Средний ток в линии определяется по формуле:

$$J_{cp} = \frac{\sqrt{\mathcal{E}_a^2 + \mathcal{E}_p^2}}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot T_n} \text{ (A)}$$

где T_n -число часов работы линии за расчетный период;

U_n -номинальное напряжение линии, кВ.

5. Потери активной энергии во всех трех фазах линии определяются следующим образом:

$$\mathcal{E}_a = 3 \cdot J_{cp}^2 \cdot R_s \cdot T_n \cdot 10^{-3}$$

Подставляя в формулу значение J_{cp} , получаем

$$\mathcal{E}_a = \frac{\sqrt{\mathcal{E}_a^2 + \mathcal{E}_p^2}}{U_n^2 \cdot T_n} \cdot R_s \cdot 10^{-3}$$

6. Общие потери на линии будут равны сумме активных потерь и потерь на корону.

[2]

Потери в двухобмоточном трансформаторе.

Для подсчета потерь электрической энергии в трансформаторе необходимы следующие данные:

а) каталожные или паспортные:

номинальная мощность трансформатора S_H , кВА, потери активной мощности в стали трансформатора при номинальной нагрузке $\Delta P_{ст} = \Delta P_{xx}$, кВт, потери в меди $\Delta P_{кз}$, кВт.

При расчете потерь по методике в приводимой ниже последовательности определяются:

а) активная \mathcal{E}_a (кВтч) и реактивная \mathcal{E}_p (кВарч) энергии, учтенные по расчетным электросчетчикам;

б) средневзвешенный коэффициент мощности $\cos\varphi_{cp}$ по формуле

$$\operatorname{tg}\varphi_{cp} = \mathcal{E}_p / \mathcal{E}_a$$

и затем по тригонометрическим таблицам находят $\cos\varphi_{cp}$.

В случае отсутствия счетчика реактивной энергии $\cos\varphi_{cp}$ принимать равным 0,9;

в) коэффициент загрузки

$$K_3 = \frac{\mathcal{E}_a}{S_H \cdot T_n \cdot \cos\varphi_{cp}}$$

где T_n -число часов работы трансформатора за расчетный период.

Если трансформатор отключается на праздничные или выходные дни, указанное время должно быть уменьшено на время отключения трансформатора.

г) потери энергии в трансформаторе по формуле:

потери активной энергии, кВтч,

$$\Delta \mathcal{E}_a = \Delta P_{xx} T_n + \Delta P_{кз} \cdot K_3^2 \cdot T_n \quad [3]$$

Потери в трехобмоточном трансформаторе

Для подсчета электрической энергии в трехобмоточном трансформаторе необходимы следующие данные:

а) каталожные или паспортные данные:

номинальная мощность трансформатора S_n , кВА, мощность обмоток высшего, среднего и низшего напряжений $S_{BH} \cdot S_{CH} \cdot S_{HH}$ кВА (в паспорте или каталоге дана в процентах и номинальной мощности).

Потери активной мощности в стали трансформатора ΔP_{xx} , кВт,

Потери мощности в меди обмоток высшего, среднего и низшего напряжений при полной их нагрузке $\Delta P_{BH} \cdot \Delta P_{CH} \cdot \Delta P_{HH}$, кВт

Потери в трехобмоточном трансформаторе определяются:

а) активная энергия (кВтч), прошедшая через обмотки высшего

$$\mathcal{E}_{aBH} = \mathcal{E}_{aCH} + \mathcal{E}_{aHH},$$

среднего \mathcal{E}_{aCH} , низшего \mathcal{E}_{aHH} напряжений и реактивная энергия, которая учитывается за месяц по расчетным электросчетчикам;

б) средневзвешенный коэффициент мощности на сторонах высшего, среднего и низшего напряжения $\cos \varphi_{срBH}$, $\cos \varphi_{срCH}$, $\cos \varphi_{срHH}$.

в) коэффициент загрузки каждой обмотки трансформатора

$$K_{BH} = \frac{\mathcal{E}_{aBH}}{S_{BH} \cdot T_n \cdot \cos \varphi_{BH}}$$

$$K_{CH} = \frac{\mathcal{E}_{aCH}}{S_{CH} \cdot T_n \cdot \cos \varphi_{CH}}$$

$$K_{HH} = \frac{\mathcal{E}_{aHH}}{S_{HH} \cdot T_n \cdot \cos \varphi_{HH}},$$

где \mathcal{E}_{aBH} , \mathcal{E}_{aCH} , \mathcal{E}_{aHH} – активная энергия, прошедшая за месяц через обмотки высшего, среднего и низшего напряжений кВтч, S_{BH} , S_{CH} , S_{HH} , номинальная мощность обмоток высшего, среднего и низшего напряжений кВА, $\cos \varphi_{срBH}$, $\cos \varphi_{срCH}$, $\cos \varphi_{срHH}$ – средневзвешенный коэффициент мощности на стороне высшего, среднего и низшего напряжений, T_n – полное число часов работы трансформатора (принимается такое же, как и у двухобмоточного трансформатора).

г) потеря активной энергии в трансформаторе, кВтч,

$$\mathcal{E}_a = \Delta P_{xx} T_n + (\Delta P_{BH} \cdot K_{BH}^2 + \Delta P_{CH} \cdot K_{CH}^2 + \Delta P_{HH} \cdot K_{HH}^2) \cdot T_{раб}$$

где $T_{раб}$ – число часов работы трансформатора в месяц с номинальной нагрузкой, которое принимается таким же, как и для двухобмоточного трансформатора. Расчетный средневзвешенный коэффициент определяется так же, как и для двухобмоточного трансформатора. [3]

Таким образом, решение проблем снижения технических потерь в электроснабжении Жалал-Абадской области сводится к решению технических мероприятий, указанных нами выше. Однако выбор тех или иных видов мероприятий прежде всего зависит, в частности, от отставания в темпе прироста пропускной способности сети по сравнению со схемой развития, или опережающего роста нагрузок, которые могут быть обусловлены восстановлением отдельных промышленных предприятий.

Из всего сказанного, можно сделать вывод о необходимости разработки и внедрения эффективных технических мероприятий по уменьшению потерь в сетях, приводящих их к реконструкции, которые в конечном счете будут способствовать снижению технических потерь в электроснабжении Жалал-Абадской области.

Литература

1. В.Н.Казанцев, В.Э.Ворошницкий, Ю.С.Железко, «Потери электроэнергии в электрических сетях», М., 1978
2. В.И.Идельчик «Электрические системы и сети». М., Энергоатомиздат. 1989
3. В.Н.Казанцев, С.П.Гребник, «Структурный анализ потерь энергии в сетях и мероприятия по их снижению». СПО. М., 1989
4. «Энергетик» № 11, ноябрь, 2000

* * * * *

Дуйшов С. Д.

Исследования влияния органических заполнителей на физико-механические свойства фиброблока

Физико-механические свойства строительных материалов зависят от свойств сырьевых материалов. Поэтому для получения качественного фиброблока необходимо определить оптимальное содержание исходных материалов.

Исходя из этого, проведены исследования по изучению влияния содержания исходных сырьевых материалов на физико-механические свойства фиброблока.

В проведенных исследованиях использованы суглинки Толойконского месторождения. В качестве наполнителя использовали воздушную известь Опшского АО «Ак-Таш», в качестве химической добавки использовали гидроксид натрия, а в качестве органического заполнителя – измельченную солому.

Известно, что формирование грунтоблоков с органическими заполнителями имеет цель восприятие сжимающих напряжений, сопротивление к образованию трещин, улучшение теплоизоляционных и деформационных свойств и т.п [1].

Исходя из этого, для органо-грунтовых фиброблоков, содержащих различных размером волокно соломы необходимо найти оптимальное значение.

Учитывая вышеизложенное, при определении оптимального значения расхода органического заполнителя исследовали различный состав фибросмесей с содержанием соломы 2,5%, 5%, 7,5%, 10%, 12,5%, 15% от массы грунта. При этом содержание извести и гидроксида натрия составляло соответственно 5% и 3% от массы грунта. Изготовлены образцы-кубики 100x100x100 мм для определения физико-механических свойств. При определении прочности на сжатие образцы испытывались на гидравлических прессах в соответствии с требованиями ГОСТ 530-95.

При изготовлении органо-грунтового фиброблока с содержанием расхода соломы до 10% происходит значительный прирост прочности на сжатие. При увеличении расхода соломы от 7,5 до 10% стабилизируется, а с дальнейшим увеличением расхода соломы

прочность на сжатие снижается. Максимальная прочность органо-грунтового фиброблока наблюдается при содержании соломы 10% и составляет 6,8 МПа (рис1).

Содержание соломы как органического заполнителя должно оказать значительное влияние на другие свойства органо-грунтовых фиброблоков.

Учитывая, что одним из основных свойств практически любого строительного материала является все же его средняя плотность, нами проведены исследования по определению влияния расхода соломы на среднюю плотность органо-грунтового фиброблока (рис.2).

Как видно из данных рис.1, средняя плотность органо-грунтовых фиброблоков в значительной мере определяется содержанием соломы. Высокая плотность образцов имеется при содержании 0...5% соломы. Увеличение расхода соломы приведет к снижению плотности образцов. Оптимум расхода соломы составляет 7,5...10%, так как дальнейшее увеличение содержания приведет к снижению значения плотности всего на 5...10%.

Таким образом, оптимальное содержание соломы (7,5...10%) позволяет с одной стороны в 1,2...1,5 раза увеличить прочность на сжатие и снижать среднюю плотность от 1600 до 1300 кг/м³.

Вместе с этим оптимальное содержание соломы в составе органо-грунтового фиброблока проявляется в том, что наличие в композиционном материале большого числа поверхностей раздела (рис 3), которые являются тормозом на пути распространения трещин, а также увеличивают пластические деформации, обусловленные высокой пластичностью органических волокон.

Из рис.3 видно, что при влиянии растягивающих усилий на образец, их принимает в основном органический заполнитель, где можно судить о роли органического заполнителя (содержание, его длина L_f и эквивалентный диаметр d_f) при образовании трещин органо-грунтового фиброблока [2]. Отсюда видно, что образованная трещина шириной раскрытия δ , пересекает волокно соломы, направленное разными углами φ_f к нормальной плоскости трещин, которые сопротивляются на пути распространения и раскрытия трещин. Поэтому необходимо изучить влияние длины и диаметра органического заполнителя на прочность при сжатии органо-грунтового фиброблока.



Рис.1 Зависимость предельной прочности при сжатии фиброблока от содержания органического заполнителя

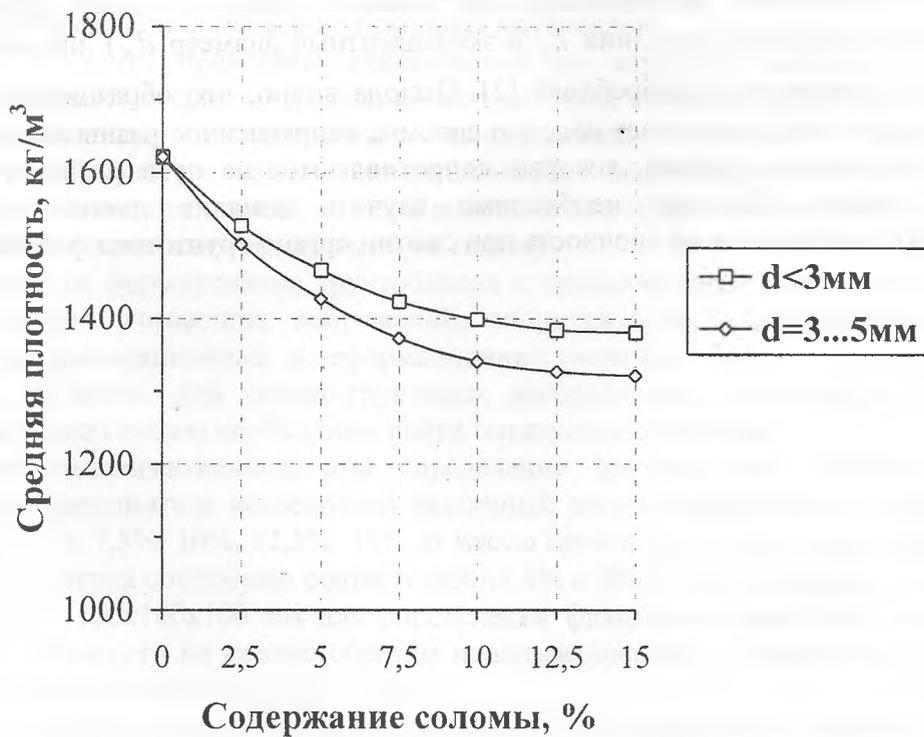


Рис.2 Зависимость средней плотности фиброблока от содержания органического заполнителя

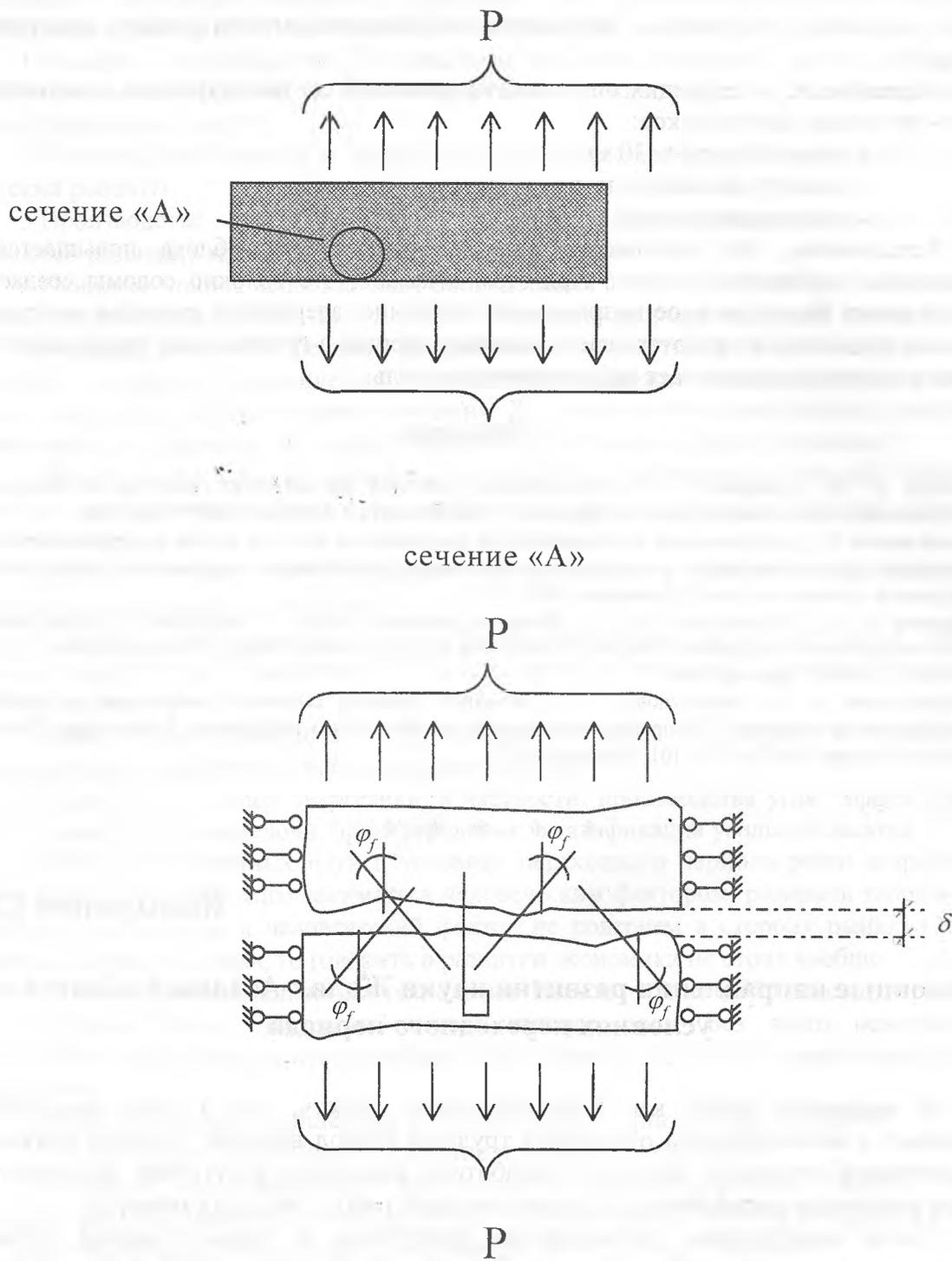


Рис.2. Схема растянутого фиброблокaс трещинами

На основании полученных результатов исследований можно сделать следующие выводы:

1. Определение следующих оптимальных значений соответствующих компонентов органо-грунтовых фиброблоков:

- длина соломы +- 30 мм;
- диаметр волокна соломы -3-5 мм;
- содержание соломы 7,5-10 %

2. Установлено, что прочность, стойкость трещин фиброблока повышается с увеличением содержания соломы. При этом доказано, что волокно соломы создает в рабочей смеси более сложное напряженное состояние, сдерживает развитие внутренних трещин и практически предотвращает появление трещин в грунтоблоке, при проявлении трещин волокно соломы играет деформирующую роль.

Литература

1. Сеитов Б. М., Дуйшоев С. Д. «Исследование влияния органических волокон на прочность изготовленных из глиносырцевых материалов» //Сборник научных трудов ОшТУ, Ош, 1996
2. Вылегжанин В. П. «Деформация и напряжение при растяжении и местном изгибе сталефибробетонных элементов после образования в них трещин» Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук, Ленинград, 1984. С.22
3. Касимов И. К., Абдыкалыков А. А. «Влияние реологий смеси и дисперсности составляющих композиционных материалов» /Теория и технология бетона и железобетона. Сборник научных трудов ТАСИ. С. 50-57, Ташкент, 1988
4. Абдыкалыков А. А., Ассамунова В. Т., «Влияние природы сырьевых материалов на свойства безобжигового кирпича. // Вопросы строительства и архитектуры Республики Узбекистан. Сборник научных трудов ТАСИ. С. 97-101, Ташкент, 1997

* * * * *

Кыдыралиев С.К.

Основные направления развития науки Жалал-Абадской области в условиях переходного периода

В настоящее время как Жалал-Абадская область, так и наша республика переживает в экономическом отношении трудный период времени. Главной причиной экономической трудности является безработица населения, отсутствие производства товаров народного потребления как для внутреннего рынка, так и для экспорта.

После приобретения независимости республики в Жалал-Абадской области открылись ряд высших учебных заведений и институты национальной академии наук. Наряду с подготовкой молодых специалистов для республики эти учреждения должны готовить зрелых научных работников и должны решить насущные научные проблемы нашей области. Развитие науки должно быть подчинено прежде всего интересам развития экономики, а также общества в целом. В настоящее время наука должна служить для развития промышленности и сельского хозяйства путем производства товаров народного потребления из местного сырья как для внутреннего рынка, так и для экспорта. Самое главное, организация рабочих мест для безработных. Анализ

современного состояния экономики показывает, что приоритетными направлениями развития науки для нашей области являются следующие:

1. Развитие ореховодства. Производство из ореха лекарства, масла, мебели и других товаров для экспорта. В этом направлении должны работать биологи, химики, лесники, фармакологи и др.

2. Производство цветных и других металлов из местных руд (Чаткальский, Тогуз-Тороуский районы).

3. Производство электроэнергии. Наряду с использованием больших ГЭС необходимо развивать малые гидроэлектрические станции.

4. Наиболее полное использование оборудования ГАО "Кристалл" (г. Таш-Кумыр) как для производства кремния, так и для производства кислорода, водорода, азота и т.д.

Например, стоимость бензина непрерывно повышается, и никто не сможет ее остановить. Дешевый экологический чистый водород можно использовать в качестве топлива для двигателей внутреннего сгорания. Для этого необходимо решить проблему взрывоопасности водорода. Это является общечеловеческой научной проблемой.

5. Производство краски, сварочных электродов, парфюмерных изделий, биогаза, удобрения, лекарственных средств, изделий легкой промышленности и других изделий из местного сырья.

6. Развитие технологий бродильного производства, в частности, производства спирта, винных изделий для экспорта.

7. Развитие технологии таких сельскохозяйственных растений, как хлопок, табак, пшеница, кукуруза, рис и виноград. По возможности производить готовые продукции для потребления.

8. Развитие животноводства и производства товаров на экспорт из продуктов животноводства, эффективное использование пастбищ.

9. Развитие топливной энергетики, в частности, производства угля. Эффективное использование угольной мелочи, брикетирования, и газификация угольной мелочи.

10. Роль общественных наук в условиях переходного периода резко возрастает. Общественные науки должны заниматься человеческим фактором, раскрыть творческий потенциал человека. Если человеческий фактор не повернем в сторону рынка, т.е. не изменим сознание человека, то говорить о развитии экономики не стоит вообще.

11. Развитие информационных технологий. Использование ЭВМ и международной информационной связи "Интернет" играет важную роль. Без этого невозможно разрабатывать новые конкурентоспособные технологии производства товаров народного потребления.

12. Восстановление изношенных деталей автотракторного парка области.

13. Развитие экологии. Предупреждение природных катастроф.

14. Научное обеспечение конкурентоспособности выпускаемых товаров таких старых заводов, как Майлуу-Суйский электро ламповый завод, на мировом рынке путем обновления выпускаемой продукции и модернизации их цехов и участков.

Самая главная проблема - это проблема финансирования. Сегодня государством финансируются только насущные потребности науки, как заработная плата и другие необходимые затраты в очень малом объеме. Наряду с государственным финансированием можно заработать средства для науки путем открытия малых предприятий в отдельных институтах и кафедрах. Например, для кафедр технологического направления это не представляет большого труда (кафедры технологии бродильного производства, химических технологий или хлебопекарного

производства). Необходимо широко использовать результаты дипломного проектирования с одновременной подготовкой дипломников к рыночным отношениям.

Вывод

На данном этапе развития наука должна обеспечить дальнейшее развитие общества путем разработки технологии производства экспортных товаров народного потребления из местных материалов и организации рабочих мест для безработного населения.

* * * * *

НАШИ АВТОРЫ

- Абдраимов С. - д.т.н., профессор, член – корр. НАН КР, академик МИА, президент ИА КР
- Абдырахманов И.А. - м.н.с. институт машиноведения НАН КР
- Алишеров А. - к.ф. – м.н., доцент
- Алыбаев К.С. - к.ф. – м.н., доцент
- Аширалиев А.М. - к.т.н., доцент, член – корр. ИА КР
- Болотбаев К. - к.ф. – м.н., доцент
- Джуматаев М.С. - д.т.н., профессор, член – корр. НАН КР, ИА КР
- Дуйшеев С.Д. - старший преподаватель ЖАГТИ
- Жайлообаев Н.Ж. - к.т.н., доцент, академический Советник ИА КР
- Каримов А.К. - к.т.н., доцент, член – корр. ИА КР
- Кожогулов К.Ч. - д.т.н., профессор, член–корр. НАН КР, академик ИА КР
- Кокумбаева К.А. - преподаватель
- Кыдыралиев С.К. - д.т.н., профессор, член – корр. ИА КР
- Кудайназаров И.У. - директор КТК ЖАГУ
- Курамаева Т.А. - старший преподаватель
- Мадыкова Ж.А. - преподаватель
- Молдобаев С.М. - старший преподаватель КИФ ЖАГУ
- Мырзалиева А.Б. - преподаватель КИФ ЖАГУ
- Омошов Э.А. - преподаватель
- Рахманов Т.Р. - к.г.н., доцент
- Сартов Т.Э. - к.т.н., доцент, директор ЦИТ КГНУ
- Сооронбаев М.Р. - к.т.н., доцент
- Сулайманова М. - аспирант
- Тампагаров К. - старший преподаватель ТТФ ЖАГУ
- Текеев М.Д. - аспирант ТТФ ЖАГУ
- Токтогулов С.Т. - старший преподаватель
- Уметов Э.У. - к.ф. – м.н., доцент
- Усенов К.Ж. - к.т.н., доцент
- Ураимхалилова А. - старший преподаватель
- Чотонов Б.Б. - аспирант

СОДЕРЖАНИЕ

1.	Алыбаев К.С. Об одном примере сингулярно возмущенных уравнений.....	3
2.	Болотбаев К.Б., Ураимхалилова А. Применение математического моделирования в обучении школьного курса математики.....	6
3.	Болотбаев К.Б., Тампагаров К.Б. Некоторые результаты решения смешанной задачи теории упругости и пластичности грунтов.....	10
4.	Сулайманова М. Сингулярные возмущенные уравнения с разрывными правыми частями...	16
5.	Уметов Э.У. Трековые эффекты при накоплении F_1 и F_2 – центров под действием протонов в NaF.....	19
6.	Алишеров А. Оптимизация выходных характеристик пучка ионов в линейных ускорителях.....	22
7.	Чотонов Б.Б., Кыдыралиев С.К. «Ылдамдатылган – экспрессанализ» ыкмасы менен поли жана монокристаллдык кремнийдин сапаттуулугун текшерүү.....	27
8.	Чотонов Б.Б. Тазалоонун ректификациялоо учурунда хлориддердин сапаттуулугун термодинамикалык эсептөөлөрдүн негизинде текшерүү.....	30
9.	Жайлообаев Н.Ж. Синтез структуры устройства квазиоптимальной аналоговой низкочастотной обработки ДЧМ сигналов с использованием линейных согласованных фильтров с дополнительными нелинейными элементами.....	33
10.	Кожоголов К.Ч., Усенов К. Ж., Рахманов Т. Р., Мадыкова Ж.А. Разработка информационно-вычислительной системы по оползневым процессам.....	36
11.	Усенов К.Ж., Кожоголов К.Ч., Каштанов А.Г., Мадыкова Ж.А. Разработка графического редактора для автоматического разбиения области на треугольные элементы.....	41
12.	Абдраимов С., Аширалиев А. Об основных тенденциях развития бурильных машин в условиях Кыргызской Республики.....	44
13.	Аширалиев А. Об одном методе укрепления оползневого тела путем инъектирования.....	47
14.	Джуматаев М.С., Текеев М.Д., Абдырахманов И.А. Динамика ударного механизма.....	50
15.	Каримов А., Кудайназаров И., Омошев Э.А. Кривошипно – ползунные механизмы переменной структуры регулируемым ходом.....	55
16.	Каримов А. Кривошипно-рычажные механизмы переменной структуры с изменяемым положением стойки.....	58
17.	Сооронбаев М.Р. Альтернативные геометрические модели процесса инсоляции с экраном.....	60
18.	Сартов.Т.Э., Молдобаев.С.М., Мырзалиева.А.Б. Макроскопические процессы на поверхности деталей при воздействии дугового разряда в вакууме.....	68
19.	Курамаева Т.А. Задача синтеза оптимального управления с распределенными параметрами для параболических систем.....	70
20.	Кокумбаева К.А., Токтогулов С.Т. К вопросу о снижении технических потерь в электроснабжении Джалал-Абадской области.....	75
21.	Дуйшеев С. Д. Исследования влияния органических заполнителей на физико-механические свойства фиброблока.....	80
22.	Кыдыралиев С.К. Основные направления развития науки Джалал-Абадской области в условиях переходного периода.....	84
23.	Наши авторы.....	87
24.	Содержание.....	88

Редакторы:

**Кадырмятова Н.Ш.
Молдоболотова А.Б.**

Технический редактор

Миназова А.И.

**Компьютерная
верстка и макетирование**

Атамбекова А.Н.

Сдано в набор 03.04.2001., подписано в печать 10.06.2001.

Формат 60x84 1/16 Тираж 500 экз. 6 п.л.

Типография Жалал-Абадского государственного университета
Г.Жалал-Абад ул.Ленина -57 ЖАГУ тел: 55022