

ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени В. В. КУЙБЫШЕВА

**ДОКЛАДЫ
VII НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ,
ПОСВЯЩЕННОЙ 40-летию ВЕЛИКОЙ
ОКТЯБРЬСКОЙ СОЦИАЛИСТИЧЕСКОЙ
РЕВОЛЮЦИИ**

Выпуск 2

ИЗДАТЕЛЬСТВО ТОМСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
Томск — 1957

ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени В. В. КУЙБЫШЕВА

ДОКЛАДЫ
VII НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ,
ПОСВЯЩЕННОЙ 40-летию ВЕЛИКОЙ
ОКТЯБРЬСКОЙ СОЦИАЛИСТИЧЕСКОЙ
РЕВОЛЮЦИИ

Выпуск 2

Математика
Механика
Физика твердого тела
Радиофизика
Спектроскопия
Химия



ИЗДАТЕЛЬСТВО ТОМСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
Томск — 1957

1-848826

Ответственный редактор
проф. Б. Г. Иоганзен

Математика

О КОМПАКТНОСТИ МНОЖЕСТВ В ПОЛУУПОРЯДОЧЕННЫХ ПРОСТРАНСТВАХ

З. И. КЛЕМЕНТЬЕВ

Кафедра математического анализа Томского университета

Доказывается

Теорема. Пусть $\mathcal{U}$ есть K —пространство ограниченных элементов и X —подпространство из $\mathcal{U}$, являющееся полным относительно сходимости по норме, определенной в $\mathcal{U}$ как в K —пространстве ограниченных элементов, при этом таких, что из монотонной (O) —сходимости последовательности следует сходимост^(о) по норме, то есть из $x_n \rightarrow x$ ($x_n \in X$, $x \in X$), монотонно, следует $\|x_n - x\| \rightarrow 0$. (Следовательно $\|x_n\| \rightarrow \|x\|$). Тогда для компактности в X множества $M \subset X$, (относительно сходимости по норме), необходимо и достаточно, чтобы элементы

$$a) \bar{x} = \sup (x_1, x_2, \dots, x_n, \dots),$$

$$б) \bar{\varphi} = \lim_{n \rightarrow \infty} \sup (x_n, x_{n+1}, \dots),$$

$$a') x = \inf (x_1, x_2, \dots, x_n, \dots),$$

$$б') \varphi = \lim_{n \rightarrow \infty} \inf (x_1, x_{n+1}, \dots)$$

принадлежали бы X , какова бы ни была последовательность $\{x_n\} \subset M$.

СПЕКТРАЛЬНАЯ ТЕОРИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО ОПЕРАТОРА ЧЕТВЕРТОГО ПОРЯДКА

Н. Н. КРУЛИКОВСКИЙ

Кафедра математического анализа Томского университета

1. В работе изучается дифференциальный оператор четвертого порядка

$$L_u = \frac{d^4 u(x)}{dx^4} + p(x)u(x)$$

с особенностями функции $p(x)$ на концах интервала (a, b) . Изучение указанного оператора производится методами спектральной теории линейных операторов в гильбертовом пространстве.

2. Несмотря на то, что спектральная теория дифференциальных операторов в течение последнего десятилетия получила значительное развитие в трудах советских и зарубежных математиков (М. Г. Крейн, Б. М. Левитан, М. А. Наймарк, И. М. Глазман, И. М. Раппопорт, Титчмарш, Кодаира, Левинсон и другие), многие вопросы, относящиеся к дифференциальным операторам высших порядков, остаются мало изученными. К таким вопросам прежде всего относятся: проблема единственности спектрального разложения, определение индекса дефекта и дальнейшие исследования спектра в зависимости от поведения коэффициентов дифференциального оператора при

$$x \rightarrow a \text{ и } x \rightarrow b.$$

3. Теорема разложения для изучаемого оператора получена различными методами с целью изучения возможности каждого метода.

4. На основании результатов М. А. Наймарка об индексах дефекта для операторов с одним сингулярным концом устанавливаются некоторые теоремы об индексах дефекта для дифференциальных операторов с двумя сингулярными концами.

5. Рассматриваются различные пути для исследования вопросов единственности спектрального разложения. Сделаны попытки обобщить результаты, известные для операторов второго порядка, на изучаемый класс операторов четвертого порядка.

К ВОПРОСУ О НАМАГНИЧИВАНИИ ТРУБ В ОДНОРОДНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Г. А. БЮЛЕР

Кафедра общей математики Томского университета

Рассматривается вопрос о времени становления постоянно-го магнитного поля в цилиндрах и трубах при включении или выключении продольного и поперечного магнитного поля. Получено общее решение для двухслойного цилиндра в продольном и поперечном поле и для трехслойной пластинки в продольном поле. Решение получено методами операционного исчисления в виде контурных интегралов и рядов, быстроходящихся, если время не очень мало.

Показано: 1. Токи смещения в воздухе не оказывают существенного влияния на величину напряженности поля.

2. Законно рассмотрение мгновенного включения.

3. В случае продольного поля при радиусах порядка 10 см, время становления в цилиндре и пластинке отличаются незначительно и, следовательно, можно пользоваться простыми формулами, полученными для пластинки.

4. Время становления в поперечном поле в несколько раз меньше, чем в продольном.

Дальнейшие исследования позволят уточнить наши выводы.

ЗАМЕЧАНИЯ О НАИМЕНЬШЕМ КВАДРАТИЧНОМ НЕВЫЧЕТЕ ПО ПРОСТОМУ МОДУЛЮ

Н. В. ГОРДЕЕВ

Физико-математический факультет Бийского педагогического института

Расширенная гипотеза Римана утверждает, что все нули аналитического продолжения функции

$$L(s; \chi) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\chi(n)}{n^s},$$

лежащие правее мнимой оси, располагаются на прямой $\sigma = \frac{1}{2}$,

где $s = \sigma + it$, $\chi(n)$ — характер числа n .

Из расширенной гипотезы Римана, как показал Ю. В. Линник, следует, что наименьший невычет степени n по про-

стому модулю p (n —делитель $p-1$) имеет порядок, не превосходящий $(\ln p)^{1+\varepsilon}$, где ε произвольное положительное число.

Доказательство последнего утверждения без использования расширенной гипотезы Римана явилось бы веским аргументом в пользу этой гипотезы.

В работе доказывается следующая теорема:

Пусть N фиксированное натуральное число. Тогда множество всех простых чисел p , для которых наименьший квадратичный невычет не превосходит N , имеет относи-

тельно всех простых чисел плотность не менее $1 - \frac{1}{2^{\ln N}}$.

КОНГРУЭНЦИИ N

Р. Н. ЩЕРБАКОВ

Кафедра геометрии Томского университета

1. В работе [1] построены два проективно-инвариантных репера линейчатой поверхности L , принадлежащей данной конгруэнции. В этих реперах вершины A_1 и A_2 являются „проективными центрами“ луча, прямая $A_3 A_4$ соединяет фокусы $G_1 = A_3 + A_4$ и $G_2 = A_3 - A_4$ преобразований Лапласа луча $A_1 A_2$ при помощи фокальных сетей и называется „прямой Лапласа“, а вершины A_3 и A_4 принадлежат плоскостям $A_1 A_2 A_3$ и $A_1 A_2 A_4$, касающимся линейчатой поверхности L , соответственно, в точках A_1 и A_2 . Прямые $A_1 A_3$ и $A_2 A_4$ называются проективно-центрными касательными, а прямые $A_1 A_4$ и $A_2 A_3$ —проективными осями.

Некоторые комбинации коэффициентов α_i^k деривационных формул этих реперов являются инвариантами конгруэнции. Это даёт возможность получить новые геометрические характеристики конгруэнций $J_2 = 0$, $J'_2 = 0$ и $J_2 = J'_2 = 0$ (J_2 и J'_2 —известные инварианты конгруэнции—см. [2], § 190), а также выделить из последних класс „конгруэнций N “, свойства которых излагаются ниже.

2. Конгруэнцией N называется такая конгруэнция (не являющаяся конгруэнцией W), для всех неразвёртывающихся линейчатых поверхностей L которой выполняются условия:

$$\alpha^1_4 = \alpha^2_3 = \alpha^1_3 - \alpha^2_4 = 0.$$

Эти конгруэнции определяются с произволом пяти функций одного аргумента, причем их определение может быть

сведено к интегрированию одного дифференциального уравнения в частных производных четвертого порядка.

3. Каждая линейчатая поверхность L конгруэнции H имеет общий пучок соприкасающихся линейных комплексов и общую касательную квадрику с линейчатой поверхностью L^* соответствующих прямых Лапласа.

Каждая линейчатая поверхность L конгруэнции H образует с линейчатой поверхностью L^* расслояемую ([3], § 208) пару.

Касательные к геометрическим местам точек A_3, A_4 пересекают соответствующие проективные оси и высекают на них сложные отношения D_1 и D_2 , связанные соотношением $D_1 : D_2 = \alpha^4_3 : \alpha^4_2 : \alpha^3_4 : \alpha^2_1$.

Каждое из сформулированных в этом пункте свойств является характеристическим.

4. Конгруэнции H входят в совокупность конгруэнций Гурса, так как для инвариантов Дарбу имеем: $\kappa_{-1} = \kappa_1$, $K_{-1} = K_1$.

5. Конгруэнция H и конгруэнция её прямых Лапласа соответствуют друг другу в некотором преобразовании T ([4], стр. 177) и в некотором преобразовании S ([4], стр. 180).

ЛИТЕРАТУРА

1. Щербаков Р. Н., ДАН, 112, № 3, 1957, стр. 390—393;
2. Фиников С. П., Теория конгруэнций, М.—Л., 1950;
3. Фиников С. П., Теория пар конгруэнций, М.—Л., 1956;
4. Фиников С. П., Проективно-дифференциальная геометрия, М.—Л., 1937.

ОБ ОДНОМ КЛАССЕ ЛИНИЙ НА ПОВЕРХНОСТИ В ПРОЕКТИВНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

В. С. МАЛАХОВСКИЙ

Кафедра геометрии Томского университета

В работе рассматриваются линии Γ_λ на поверхности, вдоль которых смежные квадрики Дарбу с параметром λ пересекаются по распавшейся линии четвертого порядка C .

Если линия C распадается на две кривые второго порядка C^2 , то уравнение для определения Γ_λ принимает вид:

$$\begin{aligned}
 &\lambda^2 \{ (\omega^1)^2 + (\omega^2)^3 \} + 2 (2a + 3\lambda\alpha) (\omega^1)^2 \omega^2 + \\
 &+ 2 (2b + 3\lambda\beta) \omega^1 (\omega^2)^2 = 0,
 \end{aligned} \tag{1}$$

где a, b, α, β — инварианты поверхности. На каждой поверхности существует трехпараметрическое семейство линий Γ_λ . Если одна из линий Γ_λ является асимптотической, то вторая асимптотическая является также линией Γ_λ , причем это имеет место только при $\lambda = 0$, т. е. для квадрик Ли. Линия

$$a\omega^1 + b\omega^2 = 0 \quad (2)$$

является линией Γ_0 и называется линией распада на поверхности S . Общие линии C^2 смежных квадрик Ли Q и Q^1 могут распадаться только одновременно, причем это имеет место лишь в случае совпадения двух прямых Демуллена, т. е. когда линия распада (2) является одной из асимптотических линий поверхности S . На поверхностях Годо и только на них линия распада — неопределенна.

Плоскости α_1 и α_2 общих линий C^2 образуют вместе с плоскостями $A_0A_3A_1$ и $A_0A_3A_2$ гармоническую четверку, осью которой является первая директриса Вильчинского A_0A_3 поверхности S . Они пересекают касательную плоскость к поверхности S по касательным к линиям l_1 и l_2 .

$$\sqrt{b}\omega^1 - \sqrt{a}\omega^2 = 0 \quad (3a)$$

$$\sqrt{b}\omega^1 + \sqrt{a}\omega^2 = 0, \quad (3b)$$

образующим на поверхности S сопряженную сеть.

Развертывающиеся поверхности конгруэнции первых директрис Вильчинского высекают на исходной поверхности сеть линий, принадлежащую пучку, который определяется линиями l_1, l_2 и асимптотическими линиями поверхности.

Поверхность S тогда и только тогда сопряжена конгруэнции своих первых директрис Вильчинского, когда развертывающиеся поверхности конгруэнции высекают на поверхности S линии l_1 и l_2 . Класс таких поверхностей определяется с произволом пяти функций одного аргумента.

Для того чтобы действительная линия распада поверхности являлась линией Дарбу, необходимо и достаточно, чтобы она совпала с линией (3b).

Существует один и только один класс поверхностей, у которых все линии Γ_λ при любых λ являются линиями Дарбу. Такие поверхности входят в класс поверхностей Годо с совпадающими прямыми канонического пучка. Вполне интегрируемая система, определяющая их, интегрируется в квадратурах.

Для фиксированного $\lambda = \lambda_0$ существует семь классов поверхностей, у которых все линии Γ_{λ_0} являются линиями Дарбу. Каждый класс определяется вполне интегрируемой системой Пфаффа.

В работе рассмотрено несколько классов поверхностей со специальными свойствами линий Γ_λ , а также отдельные случаи точечного взаимно-однозначного соответствия двух поверхностей с заданными свойствами отображения линий Γ_λ .

ЛИТЕРАТУРА

1. Фиников С. П.—Проективно-дифференциальная геометрия, М.—Л., ОНТИ НКТП СССР, 1937.
2. Фиников С. П.—Теория конгруэнции М.—Л., Гостехиздат, 1950 г.
3. Фиников С. П. — Метод внешних форм Картана, М.—Л., Гостехиздат, 1948 г.

ЗАДАЧА О ТРАЕКТОРИЯХ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВТОРОГО ПОРЯДКА

И. Г. МУЛИН

Енисейский педагогический институт

В трехмерном Евклидовом пространстве E_3 существует лишь две поверхности второго порядка, каждая из которых несет на себе сеть действительных прямых, т. е. геодезических линий E_3 . Это—однополостный гиперболоид и гиперболический параболоид. Однополостный гиперболоид, например, можно считать образованным эллипсами, пересекающими некоторую прямую, лежащую на гиперболоиде, причем центры этих эллипсов лежат на оси гиперболоида, к которой перпендикулярны плоскости рассматриваемых эллипсов.

Наши эллипсоиды можно рассматривать как линии тока поля ξ касательных к ним векторов. Итак, в E_3 существуют векторные поля, линии тока которых, проходя через произвольную геодезическую E_3 , образуют поверхность второго порядка. Такие векторные поля мы назовем дважды геодезическими.

По аналогии, дважды геодезическими векторными полями в n -мерном пространстве R_n мы назовем поля, линии тока которых, проходя через произвольную геодезическую пространства R_n , образуют поверхность, несущую на себе действительную сеть геодезических линий R_n . При этом возникает задача определения в E_n всех дважды геодезических векторных полей и нахождения всех R_n , допускающих такие поля.

Исследование осуществляется методами тензорного анализа. В работе установлены необходимые и достаточные условия для того, чтобы векторное поле ξ^μ было дважды геодезическим полем в R_n . Доказано, что для произвольной поверхности второго порядка в R_n всегда существует векторное поле, линии тока которого, проходя через некоторую геодезическую в R_n , образуют данную поверхность второго порядка. Далее при

подходящем выборе начальных условий и произвольных функций, входящих в наши рассуждения, мы приходим к выводу, что всякое векторное поле, линии тока которого образуют поверхность второго порядка, является дважды геодезическим.

Получено решение системы уравнений, определяющее все дважды геодезические векторные поля в E_n .

ПАРА ПОВЕРХНОСТЕЙ В ТОЧЕЧНОМ СООТВЕТСТВИИ, ПРИ КОТОРОМ ПОВЕРХНОСТИ СОФУСА ЛИ ПЕРЕСЕКАЮТСЯ ПО РАСПАВШЕЙСЯ ЛИНИИ

Н. М. ОНИЩУК

Кафедра общей математики Томского университета

А. М. Васильев исследовал класс прямолинейных конгруэнций, у которых квадрики Ли, присоединенные к фокальным поверхностям в фокусах одного луча, касаются друг друга вдоль общей образующей. В. С. Малаховский изучил более общую задачу о точечном взаимно-однозначном соответствии, при котором квадрики Ли в соответствующих точках имеют общую образующую. В этой работе решался вопрос соответствия между поверхностями с требованием касания квадрик Ли вдоль распавшейся линии второго порядка. В настоящей работе рассматривается еще более общая задача о точечном соответствии между двумя поверхностями, при котором квадрики Ли пересекаются по распавшейся линии. Получены уравнения проблемы. Доказана теорема существования и рассмотрены некоторые частные случаи.

О НЕКОТОРЫХ ВОПРОСАХ ТЕОРИИ ФУНКЦИЙ НЕСКОЛЬКИХ КОМПЛЕКСНЫХ ПЕРЕМЕННЫХ, СВЯЗАННЫХ С РЕГУЛЯРНЫМ РАСПРОСТРАНЕНИЕМ ОДНОЙ ОБЛАСТИ НА ДРУГУЮ

Е. Н. АРАВИЙСКАЯ

Кафедра общей математики Томского университета

Рассматриваются условия возможности регулярного распространения некоторой окрестности куска аналитической поверхности

$$w = \psi(z), \quad (1)$$

принадлежащего области регулярности D , на эту область. Налагаются достаточные условия на кривизну поверхности (1).

чтобы пересечение окрестности множества $\{w = \psi(z) \cdot D\}$ с областью D было регулярно распространимо на всю область D .

Полученные результаты применяются к вопросам интегрального представления функции с заданными множествами особых точек функции.

ОБ УСЛОВИЯХ ПРЕДСТАВИМОСТИ В ВИДЕ ИНТЕГРАЛА НЕПРЕРЫВНОЙ ФУНКЦИИ СО ЗНАЧЕНИЯМИ В АБСТРАКТНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

З. И. КЛЕМЕНТЬЕВ

Кафедра математического анализа Томского университета

Пусть Y полуупорядоченное пространство счетного типа, $\omega(t) = \omega_1(t) + i\omega_2(t)$ — функция ограниченной вариации со значениями в Y , $t \in [-\infty, +\infty]$, $\lambda(t)$ — ограниченная, (0) — непрерывная функция со значениями в пространстве Y , $-T \leq t \leq +T$. Доказывается

Теорема. Для того чтобы непрерывная функция $\lambda(t)$ допускала представление в виде интеграла Стильтьеса

$$\lambda(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{iut} d\omega(t),$$

необходимо и достаточно, чтобы при любом n , любых $t_k \in [-T, +T]$ и любых вещественных c_k имело место неравенство

$$\left| \sum_{k=0}^{n-1} |c_k \lambda(t_k)| \right| \leq y_0 \sup \left| \sum_{k=0}^{n-1} C_k e^{i t_k x} \right|, \quad y_0 \in Y.$$

$$-\infty < x < +\infty$$

ОБ ОБЛАСТЯХ РУНГЕ ПЕРВОГО РОДА

Л. Я. МАКАРОВА

Кафедра общей математики Томского университета

1. Рассматривается множество Σ_0 областей регулярности, определённых следующим образом. Задается система полиномов $p_1(w, z) \dots p_n(w, z)$. В плоскости p_j задается область D_j , ограниченная конечным или бесконечным числом жордановых кривых $l_0^{(j)}, l_1^{(j)}, \dots l_{p_j}^{(j)}$, где $l_0^{(j)}$ — внешний контур, $l_1^{(j)}, \dots l_{p_j}^{(j)}$ — внутренние контуры. Если множество, удовлетворяющее условиям

$$p_j(w, z) \in D_j, j = 1, 2, \dots n$$

ограничено, то оно представляет собой область множества Σ_0 . Под областью понимается произвольное открытое множество.

Обозначим через L_j — границу области D_j . Область D ограничена гиперповерхностями $T_j (p_j(w, z) \in L_j) j = 1, 2, \dots n$. Пусть Γ_j — трехмерная часть границы области D , принадлежащая гиперповерхности T_j и $S_j = p_j(\Gamma_j)$. Относительно областей множества Σ_0 доказываются следующие теоремы.

Теорема 1. Все области множества Σ_0 являются выпуклыми относительно класса рациональных функций.

Теорема 2. Если $S_j \in l_0^{(j)}$, то область является выпуклой относительно класса полиномов.

Теорема 3. Пусть внутри контуров $l_k^{(j)}, k = 1, 2, \dots p_j, j = 1, 2, \dots n$ существуют точки α_{jk} такие, что поверхности

$$p_j(w, z) = \alpha_{jk}, k = 1, 2, \dots p_j, j = 1, 2, \dots n$$

не содержат внутренних точек области D_0 , определённой условиями

$$p_j(w, z) \in G_j, j = 1, 2, \dots n,$$

где G_j — внутренность контура $l_0^{(j)}$.

Тогда область D является выпуклой относительно класса полиномов.

2. Рассматривается множество Σ_1 областей регулярности, ограниченных аналитическими гиперповерхностями вида: $p(w, z) = c(t)$, где $p(w, z)$ — полином, относительно w, z , $p = c(t)$ — жорданова кривая. Σ_1 содержит множество Σ_0 .

Доказывается, что $\Sigma_1 - \Sigma_0$ не пусто и содержит области, выпуклые относительно класса полиномов. Даются достаточные условия выпуклости области множества Σ_1 относительно класса полиномов.

К ВОПРОСУ О РЕШЕНИИ НЕЛИНЕЙНОЙ ЗАДАЧИ ФЕРРОМАГНЕТИЗМА

Г. А. БЮЛЕР

Кафедра общей математики Томского университета

До сих пор задачи ферромагнетизма решались в предположении линейной зависимости индукции от напряженности, но такое предположение допустимо только для значений напряженности, близких к нулю. Решение задач при этом допущении дает результаты, как показывает опыт, весьма далекие от действительных. Только в работах А. Б. Сапожникова дается попытка учета нелинейной зависимости индукции от напряженности по методу малого параметра. Нами построено интегродифференциальное уравнение, которое, как нам кажется, позволит получить приближенное решение для некоторых простейших случаев. Пока что получены первые приближения для полого цилиндра, из которых уже видно, что учет нелинейности дает решение, отличное от известных раньше.

НЕКОТОРЫЕ ПРИМЕНЕНИЯ ОБОБЩЕННЫХ ФУНКЦИЙ И ИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ФУРЬЕ

Р. М. МАЛАХОВСКАЯ

Кафедра общей математики Томского университета

1. Советскими математиками И. М. Гельфандом и Г. Е. Шилловым построена теория так называемых обобщенных функций и их преобразований Фурье. Известно, что эта теория применяется для доказательства существования и единственности решения задачи Коши для дифференциальных уравнений.

2. Мы даем применения аппарата обобщенных функций для вычисления некоторых несобственных интегралов, зависящих от параметра, вида

$$\int_{-\infty}^{\infty} \frac{x^p \cos \lambda x}{P_n(x)} dx \quad \int_{-\infty}^{\infty} \frac{x^p \sin \lambda x}{P_n(x)} dx,$$

где $P_n(x) = x^n + a_1 x^{n-1} + \dots + a_n$, $a_n \neq 0$ и корни $x_1, x_2, \dots, x_n$ вида $x_k = \sigma_k + i\tau_k$, причем $\tau_k \neq 0$, $p \geq 0$, $p \leq n$.

3. Известно также, что для вычисления подобных интегралов применяется аппарат δ -функции (дельта-функция или функция Дирака). Однако эти вычисления проводятся формально, результат же проверяется непосредственно (например, с помощью теории вычетов, контурного интегрирования).

4. Применение аппарата обобщенных функций дает строгое обоснование полученных результатов и не требует их дальнейшей проверки, причем эти результаты, как нам кажется, получаются короче.

5. Рассматриваются также и другие применения теории обобщенных функций.

ТЕОРЕМА ОБ ОБЛАСТЯХ С РАЗРЕЗАМИ

Г. Д. СУВОРОВ

Кафедра математического анализа Томского университета

Пусть B' — односвязная, ограниченная область плоскости, и β — простая дуга Жордана с концами ω_0 и ω_1 , $\omega_0 \neq \omega_1$, все точки которой, кроме точки ω_0 , принадлежат области B' . Точка ω_0 принадлежит $\Gamma B'$ (границе области B'). Обозначим $B/\beta = B$. Очевидно, B — односвязная область. Приведем основные свойства β , как части границы области B , вытекающие из определений β и B и известных свойств простых жордановых дуг:

(1). Всякая точка $\omega \in \beta$, $\omega \neq \omega_0, \omega_1$ принадлежит двум и только двум простым концам области B , причём эти простые концы первого рода.

(2). Точка ω_1 принадлежит единственному простому концу, причём этот простой конец первого рода.

(3). Для всякой точки $\omega \in \beta$, $\omega \neq \omega_0, \omega_1$ можно указать сечение области B с концами в точке ω такое, что из двух подобластей области B , им определяемых, одна содержит на своей границе дугу $\overline{\omega_1 \omega} \in \beta$, а вторая не содержит на своей границе точек дуги $\overline{(\omega_1 \omega) / \omega}$.

(4). $B \cup (\beta / \omega_0)$ — односвязная область.

Перечисление свойств β можно было бы, конечно, продолжить. Ясно, что некоторые из них являются следствием других. Возникает вопрос о взаимности между этими свойствами. Точнее говоря, пусть граница односвязной ограниченной области B содержит простую дугу Жордана $\overline{\omega_0 \omega_1} = \beta$. Какие из требований (i), $i = 1, 2, 3, 4$ имеют следствием остальные? Ответ на этот вопрос следующий:

A). Одно требование (i) имеет следствием три остальных только при $i = 4$.

B). Из (i₁) следует (i₂) в случае, если $i_1 \neq 4$, только при $i_1 = 1$ и $i_2 = 3$.

C). Два требования (i₁) + (i₂) имеют следствием два остальных только в двух случаях:

а). Если i_1 или $i_2 = 4$ (следует из A) или

б). Если $(i_1) + (i_2) = (1) + (2)$.

D). Три любых требования (i) всегда имеют следствием четвертое (следует из A и C).

Интуитивно все эти результаты представляются довольно очевидными, однако, строгое доказательство некоторых пунктов не является тривиальным.

ОБОБЩЕНИЕ УРАВНЕНИЯ ТИПА ЛЕВНЕРА ДЛЯ АВТОМОРФНЫХ ФУНКЦИЙ

М. Р. КУБАЕВ

Кафедра общей математики Томского университета

1. Рассматривается автоморфная в $|w| < 1$ функция

$$z = \Phi(w, t), \quad \Phi(0, t) = 0, \quad \Phi'_w(0, t) = \exp(-t), \quad (1)$$

$$0 < t_0 \leq t \leq t_1,$$

конформно отображающая круг $|w| < 1$ на однопараметрическое семейство областей $B(t)$, получаемых из некоторой начальной $p+1$ -связной области $B(t_0)$, ограниченной окружностью $\Gamma_0: |z| = 1$ и жордановыми кривыми $\Gamma_1, \Gamma_2, \dots, \Gamma_p$, лежащими внутри Γ_0 , проведением системы разрезов по частям $C_k(t): z = \varphi_k(\tau)$, $t_0 \leq \tau \leq t$, непересекающихся и непроходящих через начало координат кривых Жордана, исходящих соответственно из точек контуров $\Gamma_0, \Gamma_2, \dots, \Gamma_p$.

2. Исходя из основного результата статьи П. П. Куфарева и автора [1] показывается, что функция $\Phi(w, t)$ удовлетворяет дифференциальному уравнению

$$\frac{\partial \Phi}{\partial t} + w \sum_{k=0}^p \sum_{n=0}^{\infty} \delta_{nk} \frac{\varphi_{nk} + w}{\varphi_{nk} - w} \frac{\partial \Phi}{\partial w} = 0 \quad (2)$$

где через $\varphi_{nk}(t)$ обозначены аффиксы точек окружности $|w| = 1$, соответствующие в отображении (1) концам разрезов $C_k(t)$, лежащим в $|z| < 1$, $\delta_{nk}(t)$ — положительные функции t и такие, что

$$\sum_{k=0}^p \sum_{n=0}^{\infty} \delta_{nk}(t) \equiv 1.$$

3. За начальную область $B(t_0)$ в рассматриваемом случае можно взять круг $|z| < 1$ с соответствующим образом P -выколотыми точками. Тогда функция $\Phi(w, t_0)$ определяется следующим образом:

$$\Phi(w, t_0) = \prod_{n=0}^{\infty} \frac{1 - a \bar{a}_n}{a - \bar{a}_n} \cdot \frac{w - a_n}{1 - \bar{a}_n w},$$

где через α_n обозначены аффиксы точек плоскости w , соответствующих началу координат области $B(t_0)$, через a — аффикс некоторой внутренней точки дуги окружности $|w|=1$, в которую переходит $|z|=1$.

Уравнение обобщается на случай произвольной системы конечного числа разрезов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Куваев М. Р. и Куфарев П. П. Об уравнении Лёвнера для многосвязных областей, Уч. зап. Томского ун-ва. 23, 1955, 19—34.

ТЕОРЕМА О СХОДЯЩИХСЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЯХ АНАЛИТИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ

Г. Д. СУВОРОВ и А. И. ПРИЛЕПКО

Кафедра математического анализа

Доказывается теорема:

Пусть в комплексной плоскости W задан произвольный континуум K , не содержащий начала координат. Существует последовательность аналитических и однолистных в круге $|z| < 1$ функций $\{f_n(z)\}$, $n = 1, 2, \dots$, $f_n(0) = 0$, $f'_n(0) > 0$, равномерно сходящаяся внутри этого круга, и точка z_0 на окружности $|z| = 1$ такие, что множество всех точек сгущения всевозможных последовательностей $\{f_n(z_n)\}$, $\lim z_n = z_0$, $|z_n| < 1$, совпадает с K .

НЕКОТОРЫЕ ЗАДАЧИ ТЕОРИИ ОДНОЛИСТНЫХ ФУНКЦИЙ

П. П. КУФАРЕВ

Кафедра математического анализа Томского университета

Доклад имеет цель охарактеризовать итоги работы кафедры математического анализа Томского университета в области теории однолистных функций, а также обсудить перспективы дальнейших исследований кафедры в этом направлении.

Результаты работ, выполненных на кафедре до 1956 г., были доложены на других конференциях в Москве и Томском уни-

верситете и на 3-м Всесоюзном математическом съезде и большей частью опубликованы.

Поэтому о них сообщается очень кратко. Более подробно освещаются в докладе итоги применения к изучению экстремальных задач теории однолистных функций предложенного докладчиком метода, объединяющего вариационный метод Г. М. Голузина и метод параметрического представления. В течение трех последних лет сотрудники кафедры исследовали простейшие экстремальные задачи для различных классов аналитических однолистных функций: для функций $f(z)$ «класса S », однолистных в круге и нормированных условиями: $S(0) \neq 0$, $f'(0) = 1$; для функций класса S , обладающих симметрией вращения; для функций класса S с вещественными коэффициентами их ряда Тейлора; для ограниченных однолистных в круге функций; для функций, отображающих круг на области, принадлежащие заданной Римановой поверхности, а также изучали некоторые задачи об относительных экстремумах.

В докладах дается перечень исследованных сотрудниками кафедры задач и результатов этих исследований, включая результаты, полученные в 1956—1957 гг. (некоторые из новых результатов более подробно будут изложены на конференции в докладах И. А. Александрова и В. В. Чершикова).

Наконец, в докладе отмечается, что хотя применение исследуемого метода в ряде задач приводит к сложным и трудным для исследования дифференциальным уравнениям, однако, по мнению докладчика, возможности применения метода к решению экстремальных задач теории однолистных функций далеко не исчерпаны и работа в этом направлении продолжается.

ОБЛАСТИ ЗНАЧЕНИЙ НЕКОТОРЫХ ФУНКЦИОНАЛОВ В КЛАССЕ ФУНКЦИЙ ОДНОЛИСТНЫХ И РЕГУЛЯРНЫХ В КРУГЕ

И. А. АЛЕКСАНДРОВ

Кафедра математического анализа Томского университета

1. В 1954 году Н. А. Лебедевым [1] была определена мажорантная область для выражения

$$\ln \frac{w^\lambda f^{1-\lambda}(w)}{f^\lambda(w)}$$

при фиксированном w из круга $W: |w| < 1$ в классе S .

Автором с помощью метода, предложенного П. П. Куфаревым [2], решена несколько более общая задача. Установлена область значений функционала

$$J = \frac{w^n f'^m(w)}{f^n(w) |f(w)|^e}$$

при фиксированном w в классе S_p , ($S_1 \equiv S$), „ p — симметричных“ функций

$$f(w) = w + a^{p+1} + a_{2p+1} w^{2p+1} + \dots$$

однолистных в W (p — целое ≥ 1).

2. На основании леммы: областью значений выражения

$$J = \ln \frac{(w - \omega) f'(w)}{f(w - f(\varphi))},$$

($w, \omega, \varphi \in W$ и фиксированы), в классе S является внутренность круга радиуса

$$\ln \frac{|1 - \varphi \bar{w}| + |w - \varphi|}{|1 - \varphi \bar{w}| - |w - \varphi|},$$

равного неевклидовому расстоянию между точками φ и w , с центром в точке

$$\ln \frac{(1 - |\varphi|^2)(w - \omega)}{(1 - w\bar{\varphi})(w - \varphi)},$$

доказывается ряд теорем о границах звездообразности и обобщенной звездообразности для функций класса S .

3. Доказана обобщающая известное предложение Р. Неванлинны теорема: круг с центром в точке $\omega \in W$ радиуса $\rho \leq R_k$, $R_k = 2 - \sqrt{3 + |\omega|^2}$, любой функцией $z = f(w)$ класса S отображается на выпуклую область. Число R_k нельзя увеличить без дополнительных ограничений на $f(w)$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. А. Лебедев. Мажорантная область для выражения $J = \ln \frac{z^\lambda f^{1-\lambda}(z)}{f^\lambda(z)}$ в классе S . Вестник Ленинградского университета № 8 (1955), 29—41.
2. П. П. Куфарев. Об одном методе исследования экстремальных задач теории однолистных функций. ДАН, 107, № 5 (1956), 633—635.

ОБ ОДНОЛИСТНЫХ ФУНКЦИЯХ С ВЕЩЕСТВЕННЫМИ КОЭФФИЦИЕНТАМИ

В. В. ЧЕРНИКОВ

Кафедра математического анализа Томского университета

1. Для класса S_g однолистных в единичном круге функций с вещественными коэффициентами выводится вариационная формула.

2. С помощью этой вариационной формулы исследуются задачи об экстремумах, зависящих как от параметра, от точки z_0 круга $|z| < 1$ простейших функционалов (например, функционала $\operatorname{Re}[e^{i\varphi} \log f'(z_0)]$, $t(z) < S_r$). Устанавливаются дифференциальные уравнения, которым удовлетворяют экстремальные функции. Из анализа этих дифференциальных уравнений делаются некоторые выводы о характере границ экстремальных областей.

3. При предположении о непрерывной зависимости экстремальных функций от параметра z_0 в некоторых частях единичного круга, устанавливаются точные оценки рассматриваемых функционалов.

4. Даются примеры функционалов, имеющих не единственные экстремальные функции. Рассматривается вопрос о связи между единственностью экстремальных функций и непрерывной зависимостью их от параметра z_0 .

НОВЫЙ ВЫВОД УРАВНЕНИЯ ТИПА ЛЕВНЕРА ДЛЯ ДВУСВЯЗНЫХ ОБЛАСТЕЙ

М. Р. КУБАЕВ

Кафедра общей математики Томского университета

1. Дается новый вывод уравнения ([1], [2])

$$\frac{\partial f}{\partial t} = -f \sum_{n=-\infty}^{\infty} \left(\frac{1 + q^{2n+1}kf}{1 - q^{2n+1}kf} - \frac{1 + q^{2n+1}k}{1 - q^{2n+1}k} \right), \quad f(1, t) = 1, \quad (1)$$

для функции $z = f(w, t)$, конформно и однолистно отображающей кольцо R_q' : $1 < [w] < q'$ на однопараметрическое семейство областей $B(t)$, получаемых из $[z] > 1$ проведением разреза вдоль некоторой кривой Жордана, уходящей одним концом в бесконечность, $k(t)$ — некоторая функция t , $[k(t)] = 1$.

2. Обозначим через D_0 круг $|z| < 1$ с выколотой точкой $z_0 \neq 0$. В основу вывода положено уравнение типа Левнера [3]

$$\frac{\partial \Phi}{\partial t} + w \sum_{n=0}^{\infty} \delta_n \frac{w^n + w}{w^n - w} \frac{\partial \Phi}{\partial w} = 0 \quad (2)$$

для функции

$$z = \Phi(w, t), \quad \Phi(0, t) = 0, \quad \Phi'_w(0, t) = \exp(-t), \quad 0 < t_0 \leq t < t_1, \quad (3)$$

конформно, но неоднолистно, отображающей круг $|w| < 1$ на однопараметрическое семейство областей $D(t)$, получаемых из D_0 проведением разреза по части кривой Жордана, исходящей из точки z_0 и не проходящей через начало.

3. Используя свойство инвариантности уравнения (2) относительно группы преобразований функции (3) и известное разложение ζ -функции Вейерштрасса, получается новое выражение для коэффициента при $\frac{\partial \Phi}{\partial w}$ в уравнении (2).

Производя затем в уравнении (2) замену

$$u = \exp\left(im \log \lambda \frac{w - \alpha}{w - \rho} + i\theta\right), \quad \Phi(w, t) = x(u, t)$$

и вводя в рассмотрение функции

$$\begin{aligned} \Psi(u, t) &= \frac{1 - \bar{z}_0 x(u, t)}{x(u, t) - z_0}, \quad g(v, t) = \\ &= \Psi(ur^{-1}e^{i\beta}, t), \quad f(v, t) = g^{-1}\{g(v, t_1)t\} \end{aligned}$$

приходим к уравнению (1).

ЛИТЕРАТУРА

1. Komatu U. Untersuchungen über konforme Abbildung zweifach zusammenhängender Bereiche, Proc. Phys.—Math. Soc. Japan, 25(1943), 1—42.
2. Голузин Г. М. — О параметрическом представлении функций однолистных в кольце, Матем. сб. 29 (1951), 469—476.
3. Куваев М. Р. и Куфарев П. П. — Об уравнении Лёвнера для многосвязных областей, Уч. зап. Томского унив. 25, 1955, 19—34.

ОБТЕКАНИЕ КРЫЛА МАЛОГО УДЛИНЕНИЯ

Г. Н. КОРЖАВИН

Научно-исследовательский институт, Новосибирск.

В докладе излагается нелинейный метод решения задачи обтекания несжимаемым потенциальным потоком крыла малого удлинения произвольной толщины и формы в плане при нулевом угле атаки.

Обычно при решении задачи обтекания крыла конечного размаха крыло заменяется соответствующей системой непрерывных источников и источников, расположенных в плоскости хорд или на поверхности крыла. Индуктивные скорости вычисляются, исходя из удовлетворения граничным условиям на поверхности крыла.

Как правило, задачу линеаризируют, что приводит к значительным ошибкам при расчете распределения давления в лобовой части и в концевых сечениях крыла, где сильно сказывается влияние поперечных потоков.

В данной работе учитываются все составляющие скорости, т. е. не используется предположение о малости возмущения. Это позволяет уточнить распределение давления в носке крыла и учесть влияние концов.

В качестве исходного элемента особенностей взят отрезок прямой, распределение интенсивностей на котором задается в виде ряда функций. Крыло заменяется непрерывным образом распределенными в плоскости хорд элементами особенностей. Чтобы вид функций, соответствующих непрерывному распределению интенсивностей на отрезках, был одинаков во всех сечениях, выбирается относительная подвижная система координат. Таким образом, общий потенциал скорости в пространстве запишется в виде интеграла от потенциала элемента особенностей, который берется по одной переменной, т. е. только по размаху крыла.

Подстановкой выражения потенциала скорости в граничные условия получается интегральное уравнение для определения закона распределения интенсивности особенностей в раз-

личных сечениях по размаху крыла. Решение этого уравнения производится методом последовательных приближений.

По найденному закону изменения интенсивности особенностей по сечениям и по размаху рассчитывается скорость в любой точке поверхности крыла и пространства.

По предлагаемой схеме могут быть рассчитаны прямоугольные, треугольные, стреловидные и другой формы в плане крылья.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ТЕЛ, ПОМЕЩЕННЫХ В ПОТОК ИДЕАЛЬНОЙ ЗАВИХРЕННОЙ ЖИДКОСТИ

В. А. ИВАНОВА

Научно-исследовательский институт, Новосибирск

Рассматривается обтекание круглого цилиндра, помещенного в канал, плоско-параллельным потоком идеальной несжимаемой жидкости.

Поток далеко перед телом имеет постоянную завихренность или линейное распределение скорости.

Находится условие устойчивости вихревой дорожки, образующейся за цилиндром, и определяется лобовое сопротивление цилиндра при этом условии.

К РАСЧЕТУ ЛАМИНАРНОГО ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ БЕЗ ПРИМЕНЕНИЯ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СООТНОШЕНИЙ

И. И. СУКОВ

Научно-исследовательский институт, Новосибирск.

Большинство существующих методов расчета ламинарного пограничного слоя основано на применении интегральных соотношений. Обычно используется одно интегральное соотношение—уравнение импульсов. Из числа таких методов наиболее точными и распространенными являются метод Лойцянского и метод Кочина и Лойцянского.

Простой приближенный метод Тарга в отличие от упомянутых методов основан на непосредственном интегрировании уравнений пограничного слоя, в которых действительное ускорение частиц жидкости заменяется ускорением для «эквива-

лентной» плоской пластинки. Тем самым исключается необходимость использования интегрального соотношения импульсов, неравносильного дифференциальному уравнению движения в пограничном слое.

С. М. Тарг распространил свой метод как на установившийся, так и на неуставившийся пограничные слои.

Данный доклад состоит из трех основных частей.

Первая часть содержит разработку предложенного автором метода расчета плоского стационарного ламинарного пограничного слоя в несжимаемой жидкости, который приводит к уточнению метода Тарга. В предлагаемом методе, имеющем много общего с методом Тарга, ускорение принимается таким, чтобы в результате решения уравнений пограничного слоя получился заданный по виду однопараметрический профиль скоростей.

Во второй части дается обобщение предлагаемого метода на установившийся осесимметричный пограничный слой в несжимаемой жидкости, а также на плоский и осесимметричный пограничные слои в сжимаемой жидкости (при отсутствии теплопередачи и равенстве числа Прандтля единице). При этом используется преобразование Степанова (переход от осесимметричной задачи к плоской задаче) и преобразование Дородницына (переход от сжимаемой жидкости к несжимаемой). Для целей сравнения проведено также распространение метода Кочина и Лойцянского на тела вращения (с применением преобразования Степанова) и дано обобщение метода Тарга на пограничный слой в сжимаемой жидкости (как для плоской, так и для осесимметричной задачи).

В третьей части рассматривается неуставившийся ламинарный пограничный слой. Для несжимаемой жидкости известны решения задач неуставившегося плоского и осесимметричного пограничных слоев методом последовательных приближений, который в случае плоской пластинки дает точное решение. Тарг, отметив недостатки этих решений при наличии градиента давления, дал более простое решение. Автор проводит обобщение метода Тарга на сжимаемую жидкость (для случая внезапного возникновения движения, при отсутствии теплопередачи и числе Прандтля, равном единице). По известным данным, для задач нестационарного ламинарного пограничного слоя в сжимаемой жидкости отсутствуют решения, аналогичные тем, которые имеются для несжимаемой жидкости.

ПРИБЛИЖЕННОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ОБ ОБТЕКАНИИ НЕКОТОРЫХ КОНТУРОВ ДОЗВУКОВЫМ ПОТОКОМ ГАЗА

Е. Д. ТОМИЛОВ

Кафедра теоретической механики Томского университета

Рассматривается обтекание контуров плоским безвихревым дозвуковым газовым потоком, имеющим в бесконечности постоянную скорость. Циркуляция считается равной нулю. В качестве обтекаемых контуров берутся близкие к окружности дуговой профиль, эллипс и некоторый овал, отличие которых от окружности характеризуется малым параметром, высшими степенями которого в ходе решения пренебрегается. Кроме того, рассмотрены некоторые другие вопросы, связанные с обтеканием эллипса.

Все задачи решены по методу Некрасова, основанному на линеаризации основного уравнения безвихревого движения газа путем применения преобразования Лежандра. Задачи решены по этому методу во втором приближении. Для всех задач получено распределение скоростей по обтекаемому контуру.

ВЛИЯНИЕ ПРОДОЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ НА СОБСТВЕННУЮ ЧАСТОТУ СВОБОДНЫХ ПОПЕРЕЧНЫХ КОЛЕБАНИЙ КРУГОВЫХ АРОК

Р. П. ЛАНКИН

Кафедра сопротивления материалов Алтайского сельскохозяйственного института

Исследуются связанные нелинейные колебания удлинения и чистого изгиба круговых стержней и арок.

При колебаниях арки испытывают осевые деформации и деформации изгиба одновременно, соответственно возникают продольные и поперечные колебания. Однако при этом они должны совершаться независимо друг от друга в силу резкого различия в порядках соответствующих им частот собственных колебаний.

Вопрос о взаимосвязанных колебаниях круговых стержней возник в связи с задачей о динамической устойчивости плоской круговой арки, несущей равномерно распределенную радиальную периодическую нагрузку.

В любой задаче динамической устойчивости следует различать основное движение, осуществимое при всех значениях параметров, и дополнительное движение, возникающее лишь при определенных соотношениях.

Первое движение относится к обычным вынужденным колебаниям, второе—к параметрически возбуждаемым колебаниям.

В работе составлены нелинейные дифференциальные уравнения динамической устойчивости плоского тонкого кругового стержня. Рассматриваются колебания удлинения и изгибные колебания в плоскости стержня. Совместное рассмотрение вынужденных и параметрических колебаний приводит к системе из двух нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных относительно радиальных U и тангенциальных W перемещений точек оси стержня.

Решение полученной системы уравнений в общем виде представляет значительные трудности, которые в настоящее время еще полностью не преодолены.

На основе приближенного метода Б. Г. Галеркина и метода малого параметра выведены формулы для определения собственных частот связанных колебаний круговых тонких стержней. Эти формулы позволяют оценить влияние колебаний удлинения на изгибные колебания неполного кольца.

Для случая замкнутого тонкого кругового кольца дано решение задачи о динамической устойчивости в нелинейной постановке.

КОЛЕБАНИЯ И ДИНАМИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ КРИВОЛИНЕЙНЫХ СТЕРЖНЕЙ

Г. М. НИКУЛИН

Кафедра сопротивления материалов Алтайского сельскохозяйственного института

В работе рассматриваются криволинейные стержни первоначально плоские и работающие при равновесии только на сжатие. Такие криволинейные стержни называются арками, к ним относятся: 1) параболическая с равномерно распределенной нагрузкой вдоль пролета арки; 2) цепная с равномерно распределенной нагрузкой вдоль оси арки; 3) круговая с равномерно распределенным нормальным давлением вдоль оси.

Колебания и динамическая устойчивость всех трех видов арок исследуются с помощью энергетического метода—метода обобщенных координат и уравнений Лагранжа II рода. Для этого вводятся смещения точек оси арки относительно непо-

движной системы координат и устанавливается условие нерастяжимости оси арки.

Далее задают последовательность приближенных собственных форм колебаний и потери устойчивости для вертикальных смещений в направлении оси ОУ с двумя, четырьмя и т. д. полуволнами, удовлетворяющих граничным условиям, чтобы получить кососимметричные деформации арки, имеющие наибольший практический интерес. За такую последовательность собственных форм можно, например, взять собственные формы колебаний или потери устойчивости прямого стержня, который имеет длину, равную пролету арки, и те же самые закрепления концов, что и у арки.

Из условия нерастяжимости при помощи простого интегрирования находится последовательность горизонтальных смещений в направлении оси ОХ с учетом граничных условий. Далее принимается, что произвольное смещение может быть разложено в ряд по данной приближенной последовательности собственных форм колебаний или потери устойчивости с двумя, четырьмя и т. д. полуволнами, чтобы получить кососимметричные деформации, а коэффициенты этого ряда берутся за обобщенные координаты.

Найдя потенциальную, кинетическую энергии и обобщенную силу от нагрузки, записываем уравнения Лагранжа II рода. Так получается система дифференциальных уравнений движения арки около положения равновесия. Из нее получаются: 1) система дифференциальных уравнений собственных колебаний, формулы для частот собственных колебаний и приближенные выражения собственных форм колебаний в 1, 2 и т. д. приближениях; 2) уравнения, позволяющие учесть влияние постоянной нагрузки на частоты собственных колебаний; 3) система уравнений статической устойчивости, формулы критических нагрузок и приближенные собственные формы потери устойчивости в 1-м, 2-м и т. д. приближениях; 4) система дифференциальных уравнений динамической устойчивости, которая приводится к одному матричному уравнению Матве.

Полученные общие уравнения применяются к числовым расчетам по составлению таблиц критических нагрузок и частот собственных колебаний в 1, 2, 3 приближениях. Этот метод применяется и к пространственной задаче.

ДИНАМИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ КРИВОЛИНЕЙНЫХ СТЕРЖНЕЙ

Р. П. ЛАНКИН

Кафедра сопротивления материалов Алтайского сельскохозяйственного
института

В основе работы лежат обобщенные зависимости теории криволинейных стержней, выведенные в нашей кандидатской диссертации: «Динамическая устойчивость круговых стержней» (Р. П. Ланкин., Обобщенные зависимости теории криволинейных стержней. Труды Алтайского сельскохозяйственного института, вып. 3, 1956 года).

Подстановка указанных зависимостей в уравнения равновесия Кирхгофа при учете приведенных и инерционных нагрузок дает уравнения динамической устойчивости плоских криволинейных стержней (арок) как тонких, так и тонкостенных. Эти уравнения представляют собою систему нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных с периодическими коэффициентами. Для исследования решения последних в общем виде переменные приближенно разделяются методом Б. Г. Галеркина, и задача приводится к системе уравнений в обыкновенных производных.

Найдены решения (приближенным методом малого параметра), определяющие границы областей неустойчивости.

В случае круговых и параболических стержней выведены формулы для построения областей неустойчивости.

Полученные результаты позволяют дать более полное представление о задачах динамической устойчивости плоских криволинейных стержней.

РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ И НАПРЯЖЕНИЙ В ТИПОВЫХ ДВУТАВРОВЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

Н. И. НАЗАРОВ

Научно-исследовательский институт, Новосибирск.

В настоящее время, в связи с ростом скоростей полета современных самолетов, а также летающих снарядов и ракет, все большее значение приобретает проблема определения температурных полей и напряжений в элементах различных конструкций. Так как точное определение нестационарных температурных полей, возникающих в телах при сверхзвуковых скоростях полета, в большинстве случаев очень затруднительно, а иногда и невозможно, то заслуживают внимания прибли-

женные методы. В качестве одного из таких методов в докладе рекомендуется метод элементарных балансов.

Вначале, с целью оценки метода, излагается решение задачи по симметричному нагреву двутаврового элемента и дается сравнение численных результатов по температурным полям и температурным напряжениям с результатами Поула и Оливера, полученными иным методом. После оценки сходимости указанный метод прилагается к расчету нестационарных температурных полей в типовых двутавровых элементах при несимметричном поверхностном нагреве. При этом рассматриваются случаи одинаковых и разных толщин полок, а также случаи, когда полка и стенка изготовлены из различных материалов.

Наряду с решениями, выполняемыми по методу элементарных балансов, в докладе затрагиваются также и вопросы непосредственного интегрирования (на основе операционного исчисления) системы дифференциальных уравнений, определяющих нестационарное температурное поле в стенке и полках типового двутаврового элемента при несимметричном поверхностном нагреве.

Результаты расчетов по обоим методам сопоставлены между собой. Излагаются результаты по исследованию влияния отдельных безразмерных параметров на температурное поле.

Вопросы несимметричного поверхностного нагрева типовых двутавровых элементов в литературе не освещены и рассматриваются в настоящем докладе, по-видимому, впервые. В выполнении работы, связанной с тематикой данного доклада, помимо докладчика и под его руководством принимали участие инженеры М. С. Поварницын и Е. В. Орлова.

РАЗВИТИЕ НЕБЕСНОЙ МЕХАНИКИ В СССР ЗА ГОДЫ СОВЕТСКОЙ ВЛАСТИ

А. М. ЛЕЙКИН

Кафедра геодезии Томского университета

1. До Октябрьской революции в нашей стране только лишь одиночки занимались вопросами теоретической астрономии и небесной механики. В дореволюционной небесной механике широко известны имена таких выдающихся ученых, как Перовщиков, Ковальский, Хандриков, Баклунд, Иванов, Жданов, Краснов, Дубяго и другие, которые своими серьезными научными исследованиями внесли существенный вклад в разработку труднейших проблем небесной механики.

2. Октябрьская революция обусловила огромный подъем всей русской науки и в том числе астрономии. Она дала возможность выделить теоретическую астрономию и небесную механику как отдельную научную дисциплину, а это в свою очередь требовало создания специальных институтов и отделов при старых обсерваториях для развития этой области астрономии.

3. Практические приложения небесной механики также стимулировали ее развитие в годы Советской власти. В 1920 г. был создан Государственный вычислительный институт, в задачу которого входило вычисление и издание астрономических ежегодников, публикация эфемерид малых планет с учетом их возмущенного движения. В 1923 г. произошло слияние Вычислительного института с астрономо-геодезическим, в результате чего образовался Астрономический институт с довольно широким профилем.

4. В 1939 г. Астрономический институт перешел в ведение Академии наук и был преобразован в Институт теоретической астрономии с возложением на него работы по теоретической астрономии и эфемеридному делу.

5. Другой крупный центр научной работы по теоретической астрономии сложился и существует в Москве в виде отдела небесной механики в Государственном астрономическом институте им. Штернберга. Значительная часть деятельности этого отдела была направлена на разработку проблем космогонии. Мы выделим те вопросы, которые непосредственно относятся к теоретической астрономии.

6. Теоретическая астрономия в первую очередь изучает вопросы, относящиеся к общим свойствам движения небесных тел. Эти вопросы составляют как бы фундамент всей небесной механики. К их числу относятся такие проблемы, как задача трех тел, общая теория возмущенного движения, методы вычисления возмущений и т. п. Здесь следует отметить ту большую роль, которую сыграл организованный в 1925 г. ленинградскими математиками семинар по изучению задачи трех тел, в котором участвовали многие ленинградские астрономы и математики. Интересные результаты были получены Марковым при изучении движения трех тел вблизи моментов соединений. Самойлова-Яхонтова изучала свойства критических точек задачи трех тел для повышения сходимости рядов, представляющих координаты. Проблема повышения сходимости рядов небесной механики разрабатывалась и в дальнейшем. Здесь следует отметить исследования М. Ф. Субботина, харьковского астронома Баженова и львовского астронома Еленевтской.

7. Московский центр небесной механики возник почти одновременно с ленинградским центром. Его основой явились идеи качественной теории дифференциальных уравнений. Эти идеи

применялись к разработке космогонических проблем, а также проблем, связанных с устойчивостью движения. С другой стороны, там же велись работы по исследованию ограниченной проблемы трех тел, осложненной добавлением некоторых факторов, например, сопротивляющейся или гравитирующей среды. Здесь необходимо отметить работы Моисеева, Рейн, Дубошина и ряда других исследователей.

8. В связи с выдвинутой О. Ю. Шмидтом новой космогонической гипотезой о происхождении Земли и планет весьма интенсивно разрабатывался вопрос захвата в проблеме n тел. Здесь следует упомянуть исследование Хильми, давшего математическое обоснование возможности захвата, а также О. Ю. Шмидта, вычислившего численный пример, подтверждающий возможность захвата. В разных вариациях этот вопрос исследовался некоторыми учеными Ленинграда, особенно Мерманом.

9. К другой группе теоретических проблем относятся проблемы, связанные с движением реально наблюдаемых небесных тел и с разработкой методов количественного решения проблем небесной механики. В этой области были выполнены серьезные исследования. Так, например, заслуживает внимания работа Н. Н. Горячева по переработке метода Альфана для вычисления вековых возмущений, работы Чеботарева, Проскурина, Маковера и других сотрудников Института теоретической астрономии АН СССР. Большой интерес представляет работа Маковера по завершению многолетних трудов ряда крупных исследователей, начиная от Энке, над созданием теории движения кометы Энке и объяснением аномалии в ее движении, связанной с колебаниями ускорения.

10. Особенно многочисленны и плодотворны были труды советских астрономов в связи с массовым открытием малых планет и созданием «службы малых планет». Здесь роль центра выполняет Институт теоретической астрономии АН СССР, успешно осуществляющий огромную работу по вычислению эфемерид, исправлению элементов и совершенствованию методов численного и аналитического типа изучения возмущенного движения небесных тел. Эта работа по своему размаху и содержанию настолько велика, что дать ей краткую характеристику почти невозможно. Сюда входит и применение счетно-аналитических машин для вычисления возмущений и эфемерид малых планет и накапливание наблюдательного материала для улучшения фундаментальных постоянных астрономии. Именно это последнее и является одной из главнейших задач небесной механики.

РАЗВИТИЕ АСТРОМЕТРИЧЕСКИХ РАБОТ В СССР ЗА 40 ЛЕТ

Г. С. ТЮТЕРЕВ

Кафедра геодезии Томского университета

Великая Октябрьская социалистическая революция создала благоприятные условия для развития советской астрономии и ее древнейшей отрасли—астрометрии.

За 40 лет Советской власти невиданно разрослась сеть астрономических учреждений и обсерваторий, значительно улучшилась их материальная оснащенность, несравненно повысился объем и значимость научных исследований, увеличилось число астрономических кадров, создано производство отечественного астрономического приборостроения.

Уже работы в первые годы Советской власти отличаются по объему и интенсивности от проводимых ранее работ. Интенсивно ведутся наблюдения и обработка многолетних рядов наблюдений. Заканчиваются и издаются знаменитые Пулковские каталоги 1915 г. С первой астрометрической конференции, проходившей в 1932 г., следует считать новое направление астрометрических работ в СССР, для которого характерно объединение и увязка тематики обсерваторий. Выдвигаются новые научные проблемы, отвечающие новым запросам науки и требованиям практики народного хозяйства страны. Ставится вопрос о проведении больших кооперативных предприятий советских обсерваторий по созданию «Каталога геодезических звезд» и «Каталога слабых звезд».

Современное развитие астрометрических работ представляется в основном в пяти видах: 1) фундаментальная астрометрия, 2) фотографическая астрометрия, 3) служба широты, 4) служба времени, 5) исследования движения и формы Луны. Фундаментальная астрономия занимается определением точных координат звезд (а также Солнца и планет) для определенного момента времени и составлением звездных каталогов. Сохраняя традиции русской школы, советские астрономы внесли много нового как по разработке новых конструкций меридианных инструментов, так по исследованию старых приборов и усовершенствованию методов наблюдений и их обработки. Советскими астрометристами (Н. П. Павлов, В. Э. Бранд) достигнуты выдающиеся успехи в создании установки для фотоэлектрической регистрации прохождения звезд.

Фотографическая астрометрия развилась лишь за годы Советской власти. По международному соглашению ряд обсерваторий фотографируют небо с целью получения фотографических каталогов звездных положений большого числа звезд, а также определению собственных движений звезд в избран-

ных площадках Каптейна. В 1930—31 гг. в Пулкове по международному соглашению фотографировалась малая планета Эрос во время ее противостояния, с целью уточнения солнечного параллакса. В настоящее время ведется фотографирование 12 малых планет, для которых изучена точная теория движений. Результаты фотографических наблюдений позволят уточнить ориентировку системы небесных координат. Фотографируются внегалактические туманности, которые послужат исходными данными (реперами) при составлении фундаментального звездного каталога слабых звезд.

Служба широт по своей организации, продуманности, точности работ занимает первое место в мире.

Служба времени, в полном смысле этого слова, возникла только после Великой Октябрьской революции. Задачи службы времени: 1) астрономическое определение точной поправки часов, 2) хранение времени, 3) передача времени.

Применение в радиослужбе кварцевых часов, электроники, фотоэлектрического метода регистрации звездных прохождений и др. нововведений резко повысило точность работы Службы за последние годы. Открываются возможности и пути для новых исследований—выяснения тонких эффектов в астрономии вообще. Исследование движения и фигуры Луны представляло всегда труднейшую задачу астрометрии. За годы Советской власти сделаны значительные успехи в изучении фигуры и физической либрации Луны, в определении координат центра массы.

В связи с постановлением VIII съезда Астрономического союза о переходе с 1960 года на эфемеридное время, изучение движения Луны становится еще более актуальным. Сущность изучения сводится к массовому получению возможно большего числа определений точных координат Луны.

Особое место в астрономии занимают работы «астрономической столицы мира» Главной Астрономической обсерватории АН СССР в Пулкове. В годы Отечественной войны фашистские варвары полностью разрушили обсерваторию. По постановлению Советского Правительства Пулковская обсерватория полностью восстановлена и возобновила работы по весьма разносторонней и широкой программе. Пулковские высокоточные наблюдения признавались и признаются всеми международными авторитетами.

Для советской астрономии характерна тесная увязка научной и производственной тематики. Результаты работ Службы широты, Службы времени, Звездные каталоги, астрономические ежегодники находят конкретное применение во многих отраслях хозяйства страны. Созданные исключительно благоприятные условия для развития астрономии в СССР открывают большие перспективы для развития астрометрии.

ПРОБЛЕМА КОЛЕБАНИЙ ШИРОТЫ

Н. А. ЗАМЯТИН

Кафедра геодезии Томского университета

1. В конце XIX столетия из астрономических наблюдений было установлено движение полюсов Земли: ось вращения Земли перемещается в теле Земли.

2. Русский астроном С. К. Костинский в конце прошлого века указал формулу, связывающую изменение широты места и координат x , y мгновенного полюса относительно среднего. Эта формула: $\varphi - \varphi_0 = x \cos \lambda + y \sin \lambda$.

3. В конце XVIII столетия Эйлер доказал теоретически, что ось вращения Земли должна совершать движение в теле Земли с периодом около десяти месяцев. Этот период был назван периодом Эйлера. Однако величина амплитуды не могла быть определена из теоретических соображений, лишь из наблюдений.

4. Первая попытка в этом направлении была сделана в 1842—1843 гг. Петерсом, который из наблюдений Полярной звезды нашел небольшие изменения в широте, согласные с периодом Эйлера. Эти исследования были повторены через 30 лет Нюренем, который установил помимо периодических колебаний также и вековое изменение широты.

5. В 1891—92 гг. Чандлер, обработав 45 разных рядов, содержащих более 33000 наблюдений, установил, что изменения широт состоят из двух членов: один с периодом в 14 месяцев, а другой—один год.

6. В 1895 г. на II международной геодезической конференции было высказано пожелание об организации международной Службы широты. В 1896 году был обсужден вопрос о выборе мест для постройки наблюдательных станций. В 1898 году было окончательно принято решение об организации международной службы широты. Были организованы на параллели $39^{\circ}8'$ шесть станций: Мицузава—Япония, Чарджуй—Россия, Карлофорте—Италия, Гейтерсбург—Восточная Америка, Цинцинатти — Средняя Америка, Укия — Западная Америка.

7. Для наблюдательных станций были изготовлены зенит-телескопы с отверстиями 68—81 мм и фокусными расстояниями 87—100 см. Для наблюдений был выбран метод Талькотта, в программу наблюдений было включено 96 звездных пар, раз-

деленных на 12 групп. Систематические наблюдения начались в 1899 г.

8. Уже в первом томе трудов Международной Службы широты, вышедшем в 1903 году, была приведена кривая движения полюса за два года наблюдений. В дальнейшем итоги наблюдений публиковались систематически.

9. Станция Чарджуй в СССР в 1919 г. вышла из строя. В 1928 г. была построена в Китабе новая широтная станция, которая в 1930 г. вступила в строй действующих станций Международной Службы широты и непрерывно ведет работу по настоящее время. В настоящее время действуют следующие пять станций: в Мицузаве, Китабе, Карлофорте, Гейтерсбурге и Укии.

10. А. Я. Орлов обнаружил из наблюдений на обсерваториях Гринвической и Карлофорте неполярные изменения широты, т. е. такие изменения широты, которые происходят не от движения полюса. Им же было обнаружено вековое изменение широты из наблюдений за 1951 г. на станциях Мицузава, Карлофорте и Укии. Всего было использовано 258672 наблюдения. В результате он нашел, что полюс Земли движется вековым движением со скоростью $0''004$ в год вдоль меридиана, расположенного на 69° к Западу от Гринвича. Эти результаты нельзя считать окончательными.

11. Так как Международная Служба широты не исключает медленных изменений широты, то международные координаты широты даются неправильно. Они неправильны в том смысле, что неизвестно к какому полюсу они относятся.

12. В 1904 г. в Пулкове был установлен зенит-телескоп и начаты систематические наблюдения. Эти наблюдения велись непрерывно до 1941 года, когда они были прерваны войной, и были возобновлены в 1948 году. На основе этих наблюдений был выполнен ряд важных работ: изучение изменений широты, определение лунно-солнечных членов в широте, определение постоянных нутаций и абберрации и др.

13. В 1926 г. А. Я. Орлов организовал обсерваторию в Полтаве, где в настоящее время изменений широты наблюдаются на двух зенит-телескопах. Полтавская программа дает возможность вести наблюдения одних и тех же звезд в продолжении около 40 лет, т. е. примерно двух нутационных периодов. Этим самым облегчается задача получения постоянной абберрации. Применяемая в Полтаве обработка сразу нескольких пар (звена) позволяет сократить время вычисления значений широты, что очень важно для практики.

14. К настоящему времени широтные наблюдения в СССР ведутся в Пулкове, Полтаве, Китабе и Казани. Все эти станции расположены в узком интервале долгот— 37° и поэтому вычисление координат мгновенного полюса по этим станциям

не может дать необходимой точности. Наилучшие результаты могут быть получены, если наблюдательные станции будут расположены на меридианах, долготы которых отличаются на 90° , что следует из формулы Костинского. В настоящее время Академия Наук СССР организует еще одну станцию на востоке страны близ Благовещенска.

15. В 1954 г. группа советских астрономов выступила с предложениями по вопросу об улучшении работ международной Службы широты. В основу предложений были положены требования: а) чтобы наблюдения Международной Службы широты давали материал не только для получения периодических, но и для получения вековых изменений широты и б) чтобы упростить способ обработки наблюдений и ускорить публикацию результатов. Советские ученые предложили внести в программу Международной Службы широты следующие изменения: а) принять новую программу из 4-х групп со средними прямыми восхождениями в 0^h , 6^h , 12^h , 18^h ; б) обрабатывать только полные наблюдения групп, т. е. когда в группе не пропущено ни одной пары. Вычислить среднее значение широты по каждому наблюдению, полученному в результате обработки наблюдений полной группы; в) для получения вековых изменений широты пользоваться только наблюдениями рекомендуемых групп со средними прямыми восхождениями в 16^h , 18^h г) для получения точных собственных движений звезд новой программы организовать наблюдения склонений этих звезд на меридианных инструментах различных обсерваторий.

Все это позволит повысить точность определений широты, связать различные программы между собой и продвинуть значительно вперед сложную проблему изучения колебаний полюса.

К ВОПРОСУ ОБ ИНТЕГРИРОВАНИИ ПЛОСКОГО ВИХРЕВОГО ДВИЖЕНИЯ ГАЗА

Ю. С. ЗАВЬЯЛОВ

Кафедра теоретической механики Томского университета

Рассматривается плоско-параллельное установившееся вихревое движение идеальной сжимаемой жидкости. Известно, что если его скорость, определяемая интегралом Бернулли, представляется в виде произведения двух функций, одной зависящей от давления и другой — от функции тока, то задача о вихревом движении сводится к задаче о потенциальном движении газа с той же системой линий тока.

Указывается более широкий класс вихревых движений, для которого такое сведение остается возможным, но при этом системы линий тока вихревого и потенциального течений уже будут различны. Для этого должно быть выполнено то условие, что отношение второй частной производной скорости по давлению к самой скорости не зависит от функции тока, а только от давления. Это условие выполняется для некоторых неадиабатических процессов течения. Для адиабатического движения оно справедливо, когда давление торможения на всех линиях тока постоянно (случай, входящий в уже известный класс). Кроме того, условие приближенно может быть выполнено для практически интересного слабозавихренного адиабатического движения при постоянном теплосодержании торможения.

Для каждого решения уравнений потенциального течения можно построить соответствующее решение вихревого движения со скоростью, удовлетворяющей указанному условию. Решение краевых задач вихревого движения без скачков уплотнения сводится к рассмотрению тех же задач для потенциального течения.

Совместно со студ. Р. Н. Роговик таким образом нами решены задачи о вихревых дозвуковых струйных течениях. При этом использовалось данное Ю. В. Рудневым обобщение точного метода Чаплыгина.

Как для до-, так и для сверхзвуковых движений дается исследование основных краевых задач с помощью приближенных общих решений, соответствующих хорошо известным решениям потенциального течения газа, получаемых при различных аппроксимациях функции Чаплыгина. Для решения, аналогичного решению С. А. Христиановича, наряду с безударными течениями, рассматриваются также краевые задачи слабозавихренных движений со скачками уплотнения, когда течение за скачком остается сверхзвуковым.

В дальнейшем предполагается рассмотреть другие решения и исследовать отвечающие им вихревые движения газа.

ВТОРОЙ ВАРИАЦИОННЫЙ ПРИНЦИП БЕЙТМАНА ПРИ ПРОИЗВОЛЬНОМ УРАВНЕНИИ СОСТОЯНИЯ

Б. Г. КУЗНЕЦОВ

Кафедра теоретической механики Томского университета

1. Задача об установившемся движении произвольного невязкого газа в некоторой области τ n -мерного пространства эквивалентна задаче об экстремуме функционала

$$I(\psi_2, \psi_3, \dots, \psi_4) = \int_{\tau} [p + \rho q^2 - f] d\tau + \int_{\sigma} f_1 d\sigma,$$

где p, ρ, q — давление, плотность и величина скорости, $f(x_1, x_2, \dots, x_4)$ и $f_1(x_1, \dots, x_4, \psi_2, \dots, \psi_4)$ заданные функции, ψ_2, ψ_3, ψ_4 — функции тока, принадлежащие классу C_0 или C_1 .

Естественные краевые задачи для функционала I эквивалентны задачам Дирихле и Неймана.

2. В случае, когда экстремум функционала I разыскивается среди функций класса C_0 , решение краевых задач, вообще говоря, не будет единственным. Для обеспечения единственности необходимо привлечь дополнительные условия, не связанные с вариационным принципом.

3. Переходя к безразмерным величинам:

$$\tilde{p} = \frac{p}{p_0}, \quad \tilde{\rho} = \frac{\rho}{\rho_0}, \quad \tilde{q} = \sqrt{\frac{\rho_0}{2p_0}} q,$$

где $p_0(\psi_2, \dots, \psi_4)$ и $\rho_0(\psi_2, \dots, \psi_4)$ — давление и плотность торможения, можно представить функционал Бейтмана в удобном для применения прямых методов виде:

$$I(\psi_2, \dots, \psi_4) = \int_{\tau} [p_0 \Phi(t) - f] d\tau + \int_{\sigma} f_1 d\sigma,$$

где $t = \rho \tilde{q}$, $\Phi(t)$ — произвольная функция. Отсюда следует, что для одних и тех же линий тока возможно бесчисленное множество течений. В частности, если $p_0 = \text{const}$, то при любом $\rho_0(\psi_2, \dots, \psi_4)$ задача может быть сведена к задаче о некотором винтовом (а в плоском случае — потенциальном) течении.

4. При решении задач газовой динамики иногда удобно взять в качестве независимых переменных некоторые функции от $\psi_2, \dots, \psi_4$. Оказывается, в этом случае теорема об инвариантности функционала при замене переменных остается справедливой.

5. Результаты работы могут быть положены в основу применения прямых методов для решения задач газовой динамики, а также для подтверждения принципа Гамильтона — Остроградского для неустановившихся движений в n -мерном пространстве.

О НЕКОТОРЫХ РЕШЕНИЯХ УРАВНЕНИЙ ЛАМЕ ПЛОСКОЙ ТЕОРИИ УПРУГОСТИ В ПОЛЯРНЫХ КООРДИНАТАХ ПРИ ОТСУТСТВИИ МАССОВЫХ СИЛ

А. Н. ЩЕПЕТЕВ

Кафедра математики Сталинского педагогического института

В работе приводятся два специальных вида решения уравнений Ламе плоской теории упругости в полярных координатах при отсутствии массовых сил.

Первое решение имеет вид:

$$\begin{cases} u = a_0(\theta) + \sum_{k=1}^{\infty} [a_k(\theta) \cos \gamma_k \rho + b_k(\theta) \sin \gamma_k \rho]; \\ v = c_0(\theta) + \sum_{k=1}^{\infty} [c_k(\theta) \cos \gamma_k \rho + d_k(\theta) \sin \gamma_k \rho], \end{cases} \quad (1)$$

где „ u “, „ v “ — перемещения, „ r “ и „ θ “ — полярные координаты, $\gamma_k = \frac{k\pi}{l}$, ($k = 1, 2, 3, \dots$), $\rho = -\frac{1}{\beta} \ln \frac{r}{a}$,

β — произвольная постоянная, l и a — постоянные,

$$\begin{cases} a_0(\theta) = a_{02} \cos \theta + a_{03} \sin \theta + a_{04} \theta \cos \theta + a_{05} \theta \sin \theta; \\ c_0(\theta) = \left(a_{03} - \frac{m}{3m-4} a_{04} \right) \cos \theta - \\ - \left(a_{02} + \frac{m}{3m-4} a_{05} \right) \sin \theta + a_{05} \theta \cos \theta - a_{04} \theta \sin \theta. \end{cases} \quad (2)$$

m — пуассоновое число,

$$\begin{aligned} a_k(\theta) &= a_{k1} e^{-\frac{\gamma_k \theta}{\beta}} \cos \theta + a_{k2} e^{-\frac{\gamma_k \theta}{\beta}} \sin \theta + \\ &+ a_{k3} e^{-\frac{\gamma_k \theta}{\beta}} \cos \theta + a_{k4} e^{-\frac{\gamma_k \theta}{\beta}} \sin \theta; \\ b_k(\theta) &= b_{k1} e^{-\frac{\gamma_k \theta}{\beta}} \cos \theta + b_{k2} e^{-\frac{\gamma_k \theta}{\beta}} \sin \theta + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & + b_{k3} e^{-\frac{\gamma_k \Theta}{\beta}} \cos \Theta + b_{k4} e^{-\frac{\gamma_k \Theta}{\beta}} \sin \Theta; \\
 c_k(\Theta) = & c_{k1} e^{-\frac{\gamma_k \Theta}{\beta}} \cos \Theta + c_{k2} e^{-\frac{\gamma_k \Theta}{\beta}} \sin \Theta + \\
 & + c_{k3} e^{-\frac{\gamma_k \Theta}{\beta}} \cos \Theta + c_{k4} e^{-\frac{\gamma_k \Theta}{\beta}} \sin \Theta; \\
 d_k(\Theta) = & d_{k1} e^{-\frac{\gamma_k \Theta}{\beta}} \cos \Theta + d_{k2} e^{-\frac{\gamma_k \Theta}{\beta}} \sin \Theta + \\
 & + d_{k3} e^{-\frac{\gamma_k \Theta}{\beta}} \cos \Theta + d_{k4} e^{-\frac{\gamma_k \Theta}{\beta}} \sin \Theta,
 \end{aligned} \tag{3}$$

причем среди коэффициентов в выражениях (3) только восемь являются независимыми, а остальные могут быть выражены через них.

Второе решение имеет вид

$$\begin{cases}
 u = A_0(\rho) + \sum_{k=1}^{\infty} [A_k(\rho) \cos \alpha_k \Theta + B_k(\rho) \sin \alpha_k \Theta]; \\
 v = C_0(\rho) + \sum_{k=1}^{\infty} [C_k(\rho) \cos \alpha_k \Theta + D_k(\rho) \sin \alpha_k \Theta],
 \end{cases} \tag{4}$$

где u и v — перемещения, r и Θ — полярные координаты,

$$\alpha_k = \frac{k\pi}{\Theta_0}, \quad (k = 1, 2, 3, \dots), \quad \rho = -\frac{1}{\beta} \ln \frac{r}{a},$$

β — произвольная постоянная, Θ_0 и a — постоянные,

$$\begin{cases}
 A_0(\rho) = A_{01} \operatorname{ch} \beta \rho + A_{02} \operatorname{sh} \beta \rho; \\
 C_0(\rho) = c_{01} \operatorname{ch} \beta \rho + c_{02} \operatorname{sh} \beta \rho,
 \end{cases} \tag{5}$$

$$\begin{aligned}
 A_k(\rho) = & A_{k1} \operatorname{ch} (1 + \alpha_k) \beta \rho + A_{k2} \operatorname{sh} (1 + \alpha_k) \beta \rho + \\
 & + A_{k3} \operatorname{ch} (1 - \alpha_k) \beta \rho + A_{k4} \operatorname{sh} (1 - \alpha_k) \beta \rho; \\
 B_k(\rho) = & B_{k1} \operatorname{ch} (1 + \alpha_k) \beta \rho + B_{k2} \operatorname{sh} (1 + \alpha_k) \beta \rho + \\
 & + B_{k3} \operatorname{ch} (1 - \alpha_k) \beta \rho + B_{k4} \operatorname{sh} (1 - \alpha_k) \beta \rho; \\
 C_k(\rho) = & C_{k1} \operatorname{ch} (1 + \alpha_k) \beta \rho + C_{k2} \operatorname{sh} (1 + \alpha_k) \beta \rho + \\
 & + C_{k3} \operatorname{ch} (1 - \alpha_k) \beta \rho + C_{k4} \operatorname{sh} (1 - \alpha_k) \beta \rho; \\
 D_k(\rho) = & D_{k1} \operatorname{ch} (1 + \alpha_k) \beta \rho + D_{k2} \operatorname{sh} (1 + \alpha_k) \beta \rho + \\
 & + D_{k3} \operatorname{ch} (1 - \alpha_k) \beta \rho + D_{k4} \operatorname{sh} (1 - \alpha_k) \beta \rho.
 \end{aligned} \tag{6}$$

Причем так же, как и в первом случае, в выражениях (6) имеется только восемь независимых коэффициентов, а остальные выражаются через них.

В граничных задачах, где параметр (γ_k или α_k) может принимать счетное множество значений, решение ищется в форме бесконечных рядов, составленных из частных решений. В тех граничных задачах, где параметр может принимать непрерывное множество значений, решение ищется в форме определенных интегралов с бесконечными пределами.

В обоих решениях произвольную постоянную β выбираем таким образом, чтобы ряды или несобственные интегралы, входящие в формулы напряжений, были сходящимися.

Разработанным методом можно решать как осесимметрические, так и несимметрические задачи плоской теории упругости в полярных координатах.

В качестве применения теоретических исследований, полученных в настоящей работе, приводятся решения семи новых граничных задач для бесконечного и конечного клина и круговой арки. Полученные напряжения и перемещения в задачах на бесконечный клин представлены в интегральной форме, а на конечный клин и круговую арку в рядах.

ТЕОРИЯ УПРУГО-ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ В ГЕОМЕТРИЧЕСКОМ ПРЕДСТАВЛЕНИИ

Г. А. ДОЩИНСКИЙ

Кафедра сопротивления материалов Томского политехнического
института

Теория упруго-пластической деформации, имеющая целый ряд важнейших технических приложений, устанавливает связь между тензорами напряжений и деформаций в любой точке деформируемого тела. При этом обычным в теории является раздельный анализ в произвольной системе координат зависимостей между шаровыми и девиаторными частями тензоров напряжений и деформаций. Подобный, до некоторой степени формальный, раздельный анализ обуславливает известную приближенность и неувязку теории с новейшими исследованиями (влияние шарового тензора на процесс пластической деформации, наличие остаточных объемных деформаций и т. п.). К недостаткам теории может быть отнесено также то обстоятельство, что ряд основных понятий (интенсивность деформаций, интенсивность напряжений и т. п.) не имеют простых наглядных геометрических образов.

Принятие исходного положения о совпадении главных направлений напряжений и деформаций (как одного из условий

минимума работы) позволяет проводить анализ основных закономерностей процесса упруго-пластической деформации в системе совмещенных главных осей координат.

Вводя понятия главных тензоров напряжений T_σ и деформаций T_ϵ , определяемых совокупностью главных напряжений и деформаций (представляемых как тензоры 1 ранга векторами), и, устанавливая зависимость между модулями этих векторов и их взаимной ориентацией, можно дать наглядную геометрическую картину, отображающую основные закономерности процесса упруго-пластической деформации.

Определяя эквивалентные по степени деформации состояния материала, одинаково работающего на растяжение и сжатие условием

$$T_\epsilon = |\bar{T}_\epsilon| = \text{const}, \quad (1)$$

приходим к условию упруго-пластической деформации в напряжениях

$$\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - k(\sigma_1 \cdot \sigma_2 + \sigma_2 \cdot \sigma_3 + \sigma_3 \cdot \sigma_1) = \sigma_s^2, \quad \left(k = \frac{4\mu - 2\mu^2}{1 + 2\mu^2} \right) \quad (2)$$

и соответствующему закону упрочнения

$$T_\sigma = A \cdot E \cdot T_\epsilon, \quad (3)$$

где: $E = E(\lambda)$ и $\mu = \mu(\lambda)$ соответственно текущие значения секущего модуля на диаграмме растяжения и коэффициента поперечной деформации,

$$A = \sqrt{\frac{1 + m^2 + n^2}{(1 + 2\mu^2)(1 + m^2 + n^2) - (4\mu - 2\mu^2)(m + n + m \cdot n)}}. \quad (4)$$

$$\left(m = \frac{\sigma_2}{\sigma_1}; \quad n = \frac{\sigma_3}{\sigma_1} \right),$$

A —коэффициент вида напряженного состояния, λ —параметр нагружения.

В процессе простого нагружения направление $\bar{T}_\sigma$ остается неизменным, а его величина T_σ меняется пропорционально параметру λ . Каждому значению T_σ соответствует определенное по величине значение T_ϵ , определяемое соотношением (3). В системе совмещенных координат $(\sigma_1; \sigma_2; \sigma_3)$ и $(\epsilon_1; \epsilon_2; \epsilon_3)$ векторы T_σ и $\bar{T}_\epsilon$ исходят из общего начала координат. В процессе нагружения $\bar{T}_\epsilon$ отклоняется от $\bar{T}_\sigma$ на переменный угол ϕ

$$\cos \phi = \frac{A \cdot [\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - 2\mu(\sigma_1 \cdot \sigma_2 + \sigma_2 \cdot \sigma_3 + \sigma_3 \cdot \sigma_1)]}{T_\sigma^2}, \quad (5)$$

оставаясь в одной плоскости, проходящей через $\bar{T}_\sigma$ и ось, равнонаклоненную к осям координат.

Проекции $\bar{T}_e$ на оси координат определяют значения главных компонентов деформации, а на ось симметрии пространства—величину объемной деформации. Проекции составляющих вектора $\bar{T}_e = \bar{T}_* + \bar{T}_\sigma$ на оси координат дают значения упругих и остаточных частей компонентов деформации.

На рассмотренной основе возможно и некоторое уточнение закономерностей теории упруго-пластической деформации.

Физика твердого тела

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСТАТОЧНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ И ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА ПРИ ТРЕНИИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ТЕЛ

К. В. САВИЦКИЙ

Лаборатория металлографии СФТИ

1. С применением методов микроструктуры, координатных сеток и косо́го среза изучалось распространение остаточных деформаций под поверхностью трения в зависимости от скорости скольжения, нормальной нагрузки (давления) и продолжительности истирания.

2. Изучалось влияние режимов трения на микротвердость и температуру трущихся поверхностей. Методом закалки фиксировалось состояние поверхностных слоев технически чистой меди при заданных режимах трения и выяснилась роль теплоты трения в изменении свойств трущихся поверхностей.

3. Исследовалось влияние номинальной площади трения на температуру поверхностных слоев при постоянном и переменном давлении.

4. Высказываются соображения о качественном соответствии влияния режимов трения на развитие пластических деформаций поверхностных слоев и приращение температур трения.

ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ТРЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ШЛЕЙФОВОГО ОСЦИЛЛОГРАФА

Н. Н. СУХАРИНА

Лаборатория металлографии СФТИ

1. Исследование температуры поверхностных слоев при различных условиях трения необходимо для более глубокого понимания физики процесса трения, что, в свою очередь, направлено на решение проблемы износостойкости металлов.

2. В данной работе температура измерялась с помощью полуприспособленной термопары. Регистрация термо- э.д.с. производилась с помощью 9-шлейфового осциллографа. Через специальные отверстия в центре образца на поверхность трения выводились концы железной и константановой проволочек. Две проволочки, образующие термопару, приваривались к боковой поверхности образца так, чтобы спаем термопары являлся его истираемый поверхностный слой. Свободные концы всех термопар соединялись с соответствующими измерительными шлейфами.

3. Использование шлейфового осциллографа совместно с методом полуприспособленных термопар дало возможность с достаточной степенью точности одновременно фиксировать на фотобумаге температуру в нескольких участках истираемого образца, а также записывать колебания температуры, происходящее за время порядка нескольких миллисекунд.

4. Результаты, полученные с помощью такого метода, свидетельствуют о том, что при трении со смазкой даже при малых скоростях и нагрузках в некоторых участках поверхности трения возникают температуры 100—120°C. При больших скоростях (300—700 м/мин) поверхность нагревается довольно значительно и в ряде случаев зафиксирована температура 600°C. В таких случаях поверхность образца приобретает высокую микротвердость (800—1200 кг/мм²).

ФАЗЫ ТРЕНИЯ И ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ЖЕЛЕЗНЫХ СПЛАВОВ

В. П. РЕВЯКИН

Кафедра ремонта машин Иркутского сельскохозяйственного института

1. Фаза трения — это такое однородное состояние процесса трения, когда величина износа зависит пропорционально от работы трения и когда механизм изнашивания материала остается одинаковым и стабильным как угодно долго.

2. При исследовании трения и износа машин необходимо учитывать физическое состояние поверхностных слоев трущихся деталей и его изменение в процессе трения; только тогда можно получить правильное объяснение механизму изнашивания в конкретных случаях.

3. Как показали наши исследования, износостойкость гальванических железных сплавов зависит от фазы трения.

4. Неодинаковые результаты изнашивания гальванических железных сплавов объясняются структурными изменениями по-

верхностных слоев истираемых сплавов и также зависимостью износа от фаз трения. При нагревании металла поверхности трения происходит его рекристаллизация и самоупрочнение: твердость и вязкость гальванического железа возрастают от теплоты трения на 40—50 %.

О ПЕРЕНОСЕ (СХВАТЫВАНИИ) МАТЕРИАЛА ПРИ ТРЕНИИ БРОНЗЫ О СТАЛЬ

Д. Н. ГАРКУНОВ

Гор. Люберцы

При трении бронзы о сталь наблюдаются следующие виды переноса материала с одной поверхности на другую:

1. Перенос стали на поверхность бронзы.
2. Перенос бронзы на поверхность стали.
3. Атомарный перенос отдельных элементов бронзы на стальную поверхность и обратно — со стальной поверхности на бронзовую. Первые два вида переноса металла являются нежелательными, т. к. при них повышается коэффициент трения, происходит повреждение и повышенный износ сопряженных деталей. При третьем виде (атомарном) переносе материала коэффициент трения не повышается, поверхности трения приобретают цвет меди с зеркальным блеском, а износ поверхностей практически прекращается.

Изучение атомарного переноса при трении бронзы о сталь производилось на машине с возвратно-поступательным движением (77МТ-1). Машина совершает 100 двойных ходов в минуту, длина хода 50 мм. Поверхность трения стального образца составляла 50×25 мм², а бронзового образца 25×2 мм².

Атомарный перенос при трении бронзы о сталь происходит при смазке спиртоглицериновой смесью, при этом на стальной и бронзовой поверхностях образуется слой бронзы, обогащенный атомами меди. При замене смазки на масло МС-20 атомарный перенос прекращается.

Характерной особенностью бронзы БрАЖМц является то, что при ней перенос материала происходит только от бронзы к стали. Это объясняет большую разницу в ее износе по сравнению с другими испытанными бронзами, при которых имеет место взаимный атомарный перенос от бронзы к стали и от стали к бронзе.

При атомарном переносе химический состав поверхностного слоя, микроструктура и параметр решетки отличаются от исходной бронзы.

Для бронзы БрАЖМц методом радиоактивных изотопов было установлено, что в слое бронзы, налипшей на стальной поверхности, цинка в 16 раз меньше, чем в исходной бронзе. Рентгеноструктурным анализом было установлено, что параметр решетки этого слоя равен $3,641 \text{ КХ}$, параметр решетки исходной бронзы равен $3,654 \text{ КХ}$, а параметр решетки меди равен $3,608 \text{ КХ}$.

Обогащение поверхностного слоя бронзы атомами меди подтвердилось также методом спектрального анализа. Взаимный перенос материала наблюдается для чистой меди, а также гальванических осадков меди с оловом. В настоящий момент возможность повышения износостойкости пары бронза—сталь за счет использования взаимного атомарного переноса материала проверяется в эксплуатационных условиях.

КРИТИЧЕСКОЕ УДЕЛЬНОЕ ДАВЛЕНИЕ — ПОКАЗАТЕЛЬ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ

Ю. В. ВОЛКОВ и З. А. ВОЛКОВА

Кафедра деталей машин Уральского политехнического института

Дискретность контакта и неравномерный износ микроучастков поверхностей трения приводит к представлению об изнашивании, как о процессе, зависящем, в первую очередь, от сопротивляемости износу—«несущей способности» наиболее нагруженных контактных площадок и, далее, от суммарной площади и расположения их на трущихся поверхностях. Целесообразно поэтому при изучении износостойкости реальных деталей, многообразных по размерам, форме и микрогеометрии поверхностей, иметь характеристики износостойкости материалов.

В докладе приведены данные исследования износостойкости некоторых марок стали и подшипниковой бронзы в условиях граничной смазки. В опытах применены образцы переменного сечения—клинья, изнашиваемые о весьма гладкую (12—13 класса чистоты) поверхность ролика из твердого сплава.

Показано наличие для каждого испытанного материала определенного критического удельного давления, которое соответствует переходу от медленного нормального износа образцов к чрезвычайно интенсивному их изнашиванию.

Показана связь критического давления при трении с механическими свойствами материала: твердостью и сопротивлением смятию при статическом нагружении образцов.

Установлена зависимость величины критического удельного давления от условий трения: скорости, нагрузки, температуры. Исследование микрошлифов образцов позволило связать эту зависимость с изменением состояния поверхностных слоев при изнашивании.

Методика работы предложена для исследований износостойкости металла, связи ее с физико-механическими свойствами, установленными при покое, а также для изучения зависимости износа от условий трения.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ЗАКАЛЕННОЙ СТАЛИ 45 В НЕКОТОРЫХ УСЛОВИЯХ ГРАНИЧНОГО ТРЕНИЯ

З. А. ВОЛКОВА и Ю. В. ВОЛКОВ

Кафедра деталей машин Уральского политехнического института

Изучалась износостойкость закаленной стали 45 в условиях граничного трения при скоростях скольжения 0,44; 0,63; 0,88 м/сек. и различных нагрузках от 10 до 200 кг. Критерием износостойкости служило критическое удельное давление, наблюдаемое в процессе приработки образцов, заточенных на клин. Производилось микроисследование поверхности трения и активных поверхностных слоев; определение температуры поверхности трения.

Было установлено следующее: а) для закаленной неотпущенной стали 45 независимо от скорости скольжения и нагрузки (в данном диапазоне режимов) максимальное критическое удельное давление соответствует температуре поверхности трения 170—200°C; при температуре около 350°C критическое удельное давление значительно снижается, а при температуре 800—900°C вновь достигает максимума; б) для стали 45, закаленной и отпущенной при температуре 185, 350 и 550°C, наибольшее критическое удельное давление наблюдается при изнашивании после отпуска 185°C, наименьшее—при изнашивании после отпуска 550°C; в) с ростом температуры на поверхности трения наблюдается появление светлых слаботравящихся пятен. При температуре поверхности трения около 500° эти новообразования составляют значительную часть поверхности, а при температуре 800° и выше поверхность трения полностью покрывается светлым слоем.

Из работы следуют выводы:

1. В исследуемых условиях изнашивания температура является наиболее существенным фактором, определяющим износостойкость стали.

2. На режимах, сопровождающихся температурой трения не свыше 350—400°C, сопротивление изнашиванию следует за изменением механических свойств стали, получаемых вследствие отпуска при различной температуре.

3. На режимах, сопровождающихся температурой трения свыше 400°, сопротивление изнашиванию растет вследствие новообразований на поверхности трения и достигает максимума при температуре трения 800—900°, когда поверхность трения полностью покрыта новообразовавшимся слоем.

ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

В. Н. КАЩЕЕВ, Г. И. КИСЕЛЕВ, Г. Д. ПОЛОСАТКИН

Лаборатория резания и трения СФТИ

1. В работе исследовался износ сталей с содержанием 0,04; 0,23; 0,57; 0,68; 1,04% углерода по методам взаимного шлифования и изнашивания в потоке абразивных частиц при температурах 20, 100, 200, 300, 400 и 500 градусов стогоградусной шкалы. Эти же стали при таких же температурах подвергались исследованию на твердость по методу вдавливания конуса и царапания этим конусом. Механические характеристики σ_B кг/мл², S_k кг/мл², A кгм, $\delta^0/0$ и $\psi^0/0$ определялись при этих же температурах.

2. Показано, что между твердостью этих сталей по методу царапания H_u и их временным сопротивлением σ_B , а также твердостью по конусу H_k имеется качественное соответствие. Это соответствие сильнее проявляется между H_u и H_k и заключается в том, что чем больше σ_B или H_k при изменении содержания углерода в стали, тем больше и твердость H_u . Это соответствие сохраняется во всем интервале температур 20—500 градусов. Износостойкость, определяемая по методу взаимного шлифования, изменяется в зависимости от содержания углерода при температурах 20—500 градусов также в соответствии с изменением временного сопротивления σ_B .

3. Износ в абразивном потоке оказывается тем меньшим, чем больше содержание углерода в стали, т. е. чем больше в ней цементитной фазы. Имеется некоторая качественная связь между износостойкостью и характеристиками прочности σ_B , S_k и A : износ при 300°C наименьший, прочность — наибольшая; большой износ при 500°C соответствует пони-

женной прочности при этой температуре. Упрочнение твердого раствора стали 15ХМ хромом и молибденом не действует так сильно при высоких температурах, как упрочнение второй фазой — цементитом.

ИЗМЕРЕНИЕ СИЛЫ ЦАРАПАНИЯ ПРИ СКОРОСТЯХ ОТ 100 ДО 700 м/сек

Г. Д. ПОЛОСАТКИН

Лаборатория резания и трения СФТИ

Разработана методика царапания металлов при скоростях 100—700 метров в секунду. Проведены опыты по царапанию дюралюминиевых и латунных образцов. Показано, что сила царапания (без инерционных сил) с увеличением скорости возрастает, достигает максимума, после чего убывает. Такой ход изменения силы царапания предположительно связывается с изменением усадки стружки.

НАКЛЕП ПОВЕРХНОСТИ ПРИ РЕЗАНИИ СО СМАЗКОЙ

А. И. ЛОСКУТОВ

Лаборатория резания и трения СФТИ

1. По данным Н. А. Плетеневой, Л. А. Шрейнера и П. А. Ребиндера, микротвердость поверхности дна лунки, высверленной в алюминии, является функцией концентрации поверхностно-активного вещества, содержащегося в смазке. При изменении концентрации стеариновой кислоты в толуоле от 0 до 8 ммоль/л микротвердость алюминия уменьшается примерно в 3 раза.

2. Предпринята попытка уточнения результатов на алюминии и проведены подобные же опыты на кадмии, цинке, меди и латуни. На всех исследованных материалах получена независимость величины микротвердости поверхности от концентрации стеариновой кислоты в трансформаторном масле. Аналогичные же результаты, за исключением алюминия, получены и для растворов олеата натрия в воде.

3. Отсутствие влияния добавок поверхностно-активных веществ, находящихся в смазке, на величину микротвердости указывает на отсутствие разрыхляющего действия поверхностно-активных веществ.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПОВЕРХНОСТНЫХ ЭНЕРГИЙ ПО МЕТОДУ СВЕРЛЕНИЯ

Л. А. КУДРЯВЦЕВА

Лаборатория резания и трения СФТИ

Метод сверления как метод определения относительных значений поверхностных энергий был предложен В. Д. Кузнецовым. По этому методу отношения поверхностных энергий двух кристаллов оказываются обратно пропорциональными угловым коэффициентам прямых, выражающих зависимость диаметра лунки от нагрузки на сверло при постоянном числе оборотов. Несколько позднее была предложена формула для определения относительных значений поверхностных энергий из отношения разностей диаметров просверленных лунок при разных числах оборотов. Однако было замечено, что эта зависимость носит криволинейный характер.

В нашей работе для кристаллов галогенидов щелочных металлов производилось определение зависимости: 1) диаметра лунки от нагрузки при постоянном числе оборотов. Оказалось, что эта зависимость в первом приближении носит прямолинейный характер только при малом числе оборотов. В этом случае отношения поверхностных энергий совпали с отношениями угловых коэффициентов прямых. 2) Зависимость диаметра от числа оборотов сверла имеет криволинейный характер, что не дает возможности производить определение относительных значений поверхностных энергий по разности диаметров.

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛА ПОВЕРХНОСТИ, ПРОЯВЛЯЮЩИЕСЯ ПРИ МИКРОСМЕЩЕНИИ

И. Р. КОНЯХИН

Кафедра сопротивления материалов Томского политехнического института

Микросмещение обуславливается упругой и пластической деформациями сдвига материала соприкасающихся поверхностей в местах истинного контакта.

При нормальном сближении двух тел также происходит деформация материала, при этом она отличается от касательной тем, что при касательном микросмещении сдвиг материала идет в сторону приложенной силы тяги, то есть в одну сторону, а при нормальной деформации материал перемещается во все стороны по радиусам.

При касательном микросмещении, кроме явлений, встречающихся при обычном деформировании, обнаруживается явление самовозврата, состоящее в том, что предварительно сдвинутое тело относительно другого и освобожденное после этого от действия тянущей силы в процессе уменьшения затем нормальной нагрузки, движется как бы само собой, причем в сторону противоположную направлению предварительного микросмещения. Это явление дает возможность проведения циклового смещения. Последнее позволяет до некоторой степени разделить сложное явление микросмещения на более простые элементы.

Обнаруженное явление гемипластичности материала, т. е. его пластичности в пределах упругости, имеет место только при наличии нормального давления. Гемипластическая деформация сдвига вызывает соответствующее гемипропрочнение, которое имеет направленный характер, т. е. материал, являющийся упругим в одном направлении, в то же время пластический в направлении обратном.

Для исследования свойств материала поверхностей соприкасающихся тел имеет значение величина коэффициента трения покоя, эта величина зависит, главным образом, только от толщины и качества вещества, составляющего промежуточный слой, находящийся между соприкасающимися телами.

Способность материала к деформации обуславливается поглощением им подведенной механической энергии и превращением ее в некоторые другие виды. Всего участвует четыре вида энергии: упруго-потенциальная, гемилатентная, латентная и тепловая. Во время микросмещения материал постепенно насыщается первыми тремя энергиями, тепловая же энергия в материале не задерживается. В конце микросмещения, когда произошло полное насыщение материала указанными тремя энергиями, материал становится неспособным к деформации; наступает равномерное микродвижение за счет переработки подведенной механической энергии в тепловую.

Способность материала к тому или иному виду деформации зависит от наличия в нем поглощенных энергий в соответствующих количествах, поэтому поглощенные энергии, содержащиеся в деформируемом веществе, являются компонентами, определяющими данное состояние материала.

ПРИРОДА «БЕЛЫХ СЛОЕВ» НА ПОВЕРХНОСТИ КАТАНИЯ ВАГОННЫХ КОЛЕС

Ю. А. СТУДЕНОК и Э. П. МАХОНЬКО

Кафедра физики РИИЖТ

1. В данной работе была поставлена цель изучить природу тормозных повреждений, проявляющихся в образовании на

поверхности катания колес «белых» весьма твердых слоев. Для практики этот вопрос является очень важным.

2. Использованные в работе методы металлографического анализа, испытания на микротвердость и данные рентгеноструктурного анализа показали, что «белые слои» не являются обычным мартенситом закалки в процессе трения. Это различие сохраняется и после дополнительных проведенных отпусков при разных температурах и после отжига.

3. Проведенные исследования, особенно рентгеноструктурный анализ, позволяют сказать, что «белые слои» являются результатом очень сложных процессов, происходящих при трении, главными из которых являются пластические деформации. Поэтому необходимо увеличить содержание углерода в колесной стали, присутствие которого тормозит развитие пластических деформаций, и тем самым снизить количество повреждений на поверхности вагонных колес.

О КОНТАКТНОМ ПЛАВЛЕНИИ КРИСТАЛЛОВ

П. А. САВИНЦЕВ и В. Е. АВЕРИЧЕВА

Кафедра физики Томского политехнического института

Описано явление контактного плавления кристаллов, образующих эвтектики. Явление объясняется с помощью гипотезы взаимодействия однородных и разнородных атомов: в твердом состоянии преобладает взаимодействие между однородными атомами, а в жидком состоянии преобладает взаимодействие между разнородными атомами. Температура контактного плавления t — температура, при которой совершается переход от одного типа взаимодействия частиц к другому типу взаимодействия.

Можно полагать, что с подобным типом взаимодействия мы встречаемся не только в эвтектических системах, но и в некоторых системах, образующих твердые растворы. Следовательно, и в этом случае можно ожидать существование явления контактного плавления. Для подтверждения сказанного проводились опыты с большим количеством пар кристаллов. Контакт кристаллов нагревался в печи и по достижении температуры t , которая на десятки и иногда сотни градусов ниже температуры плавления отдельных кристаллов, наблюдалось появление жидкой фазы.

Рентгенограммы твердых сплавов, полученных методом контактного плавления, показывают, что мы имеем дело с твердыми растворами.

Предварительная диффузия при температуре более низкой, чем t на контактное плавление влияния не оказывает.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ УПРУГОЙ И ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ ПРИ НАГРЕВЕ И РАСТЯЖЕНИИ

М. Г. ЛОЗИНСКИЙ

Институт машиноведения АН СССР

1. В докладе сообщаются результаты выполненных автором в Институте машиноведения АН СССР наблюдений в микроскоп за процессами упругой и пластической деформации металлов и сплавов при нагреве и растяжении в вакууме.

2. Эксперименты проводились на установках типа ИМАШ-5 и ИМАШ-5М, оборудованных устройствами для измерения величины деформации образцов при растяжении, а также снабженных приспособлениями для фотографирования и киносъемки отдельных стадий деформирования и разрушения одного и того же участка на поверхности образца.

3. При растяжении образцов чистого кобальта и нагреве в альфа-области (до 477°) наблюдается возникновение на полированной поверхности микрорельефа, образующегося за счет упругой деформации отдельных кристаллитов друг относительно друга. При охлаждении и разгрузке образца микрорельеф полностью исчезает. При нагреве до более высоких температур, а также при действии более высоких растягивающих напряжений, появляющийся микрорельеф сохраняется и после охлаждения образца.

4. Экспериментально установлено, что для чистого кобальта при 400° предельная величина растягивающих напряжений, позволяющая проявляться «обратимости» микрорельефа, составляет около 6 кг/мм^2 . Наши экспериментальные данные свидетельствуют о наличии упругой когерентной связи по границам отдельных кристаллитов кобальта, сохраняющейся до определенных температур и напряжений, превышение которых сопровождается сдвиговой деформацией, приводящей к возникновению микрорельефа, остающегося после охлаждения образца.

5. При растяжении образцов низколегированной стали (с содержанием углерода от 0,03 до 0,45%), а также сталей аустенитного класса, установлен различный механизм деформирования и разрушения в зависимости от температуры испытания. При температурах ниже эвкикогезивных сдвиговая деформация и начальные стадии разрушения образуются внутри зерен, а при температурах выше эвкикогезивной — разрушение происходит точно по границам зерен. Сопоставление микрофотографий, снятых в отдельные моменты опыта, с графиком «деформация—время» позволяет утверждать, что третий этап

ползучести неизменно сопровождается образованием трещин внутри или по границам зерен (в зависимости от температурного режима опыта).

6. Проведенные наблюдения за микроструктурой одного и того же участка образца, подвергаемого повторным циклам нагрева до температуры выше точки $A_{с3}$ и последующего охлаждения, показали, что возникающие при одном цикле микротрещины по границам отдельных зерен в ряде случаев «самозалечиваются» в процессе охлаждения и при повторном нагреве не возникают в этом же участке.

7. Проведенные опыты, например, на стали 45 в интервале температур $950-20^{\circ}$ и растяжении напряжениями 3 кг/мм^2 экспериментально подтвердили «самозалечивание» трещин, что и иллюстрируется сериями микрофотографий. Явление «самозалечивания» может быть объяснено возникновением схватывания при контактировании друг с другом стенок микротрещины при сближении в результате объемных изменений в процессе фазовых превращений при охлаждении, сопровождающихся увеличением объема.

8. Многократные повторные циклы нагрев—охлаждение в интервале температур фазовых превращений вызывают локальное разупрочнение отдельных зон стальных образцов. Эта закономерность может быть объяснена влиянием термических напряжений, возникающих в отдельных участках вдоль длины образцов, подвергаемых электронагреву в процессе опыта и имеющих определенный градиент температуры вдоль длины.

9. Разрушение образцов, подвергаемых повторным циклам нагрев—охлаждение, происходящее в определенных локальных участках, позволяет высказать мнение о том, что этому явлению надлежит уделять внимание в аппаратуре, отдельные детали которой подвергаются при эксплуатации повторным нагревам и охлаждениям, а также надлежит выбирать для изготовления этих деталей материал, обладающий наименьшей чувствительностью к повторным циклам нагрева и охлаждения.

ТЕМПЕРАТУРНО-СКОРОСТНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ СОПРОТИВЛЕНИЯ ДЕФОРМАЦИИ МЕДИ И ЕЕ СПЛАВОВ

М. А. БОЛЬШАНИНА, М. Б. МАКОГОН и Б. Е. ПАНИН

Лаборатория металлофизики СФТИ

1. В работе были определены сопротивления сжатию при различных степенях деформации (до 40%) меди и ее сплавов с Ni, Al и Zn (5; 10 и 15 ат. %) при 3-х скоростях деформа-

ции (6 мм/мин.; 0,05 мм/мин. и 0,005 мм/мин.) и 7 температурах (от 20 до 600°). Методом отжига при различных температурах качественно была определена устойчивость деформационных искажений, созданных в меди и ее сплавах с 10 ат. % Ni, Al и Zn при их обжати до $\approx 40\%$ при температурах 20, 200, 400 и 600° и скоростях 6 мм/мин. и 0,05 мм/мин. У сплавов Cu—Al была определена скрытая энергия деформации на различных этапах деформирования при комнатной температуре.

2. Для случая деформации при температурах выше 400° у меди и ее сплавов, начиная с некоторых степеней деформации, наблюдается падение истинного сопротивления сжатию. Это падение начинается тем раньше, чем меньше скорость и чем выше температура деформации. У сплавов Cu—Ni при прочих равных условиях указанное падение выражено в меньшей степени по сравнению со сплавами системы Cu—Al, а у последних в меньшей степени, чем у сплавов системы Cu—Zn.

3. Характер и степень влияния присадки на сопротивление деформации сплава зависит от условий испытания (температуры и скорости деформации). С увеличением температуры испытания и уменьшением его скорости коэффициенты упрочнения, равные отношению напряжения сжатия сплава к напряжению сжатия чистой меди при той же степени деформации, как правило, вначале возрастают, а затем падают. Для медноникелевых сплавов начало падения указанных коэффициентов сдвигается в сторону более высоких температур и меньших скоростей деформирования, по сравнению со сплавами систем Cu—Al и Cu—Zn. До температуры 300—400° наиболее упрочняющей для меди присадкой является алюминий, при более высоких температурах — никель.

4. Отмечается хорошее соответствие механических свойств (сопротивления деформации) и скрытой энергии деформации, выражающееся в одинаковом характере зависимости этих величин от концентрации сплава.

5. С ростом температуры деформации для меди наблюдается монотонное падение сопротивления сжатию. Интенсивность этого падения несколько возрастает с повышением температуры. У сплавов в области средних температур имеет место более слабое падение напряжений, чем у меди, а в области высоких температур сопротивления деформации резко снижаются с ростом температуры. Добавка никеля к меди сдвигает область интенсивного падения напряжений в сторону более высоких температур, чем добавка алюминия и цинка. При уменьшении скорости деформации интенсивное падение напряжений наблюдается при более низких температурах.

6. В области температур ниже температуры рекристаллизации (300—400°) и для не слишком малых скоростей деформации легирование меди никелем, алюминием или цинком в ука-

занных выше пределах приводит к уменьшению чувствительности сплавов к изменениям температур и скоростей деформации (уменьшение скоростных и температурных коэффициентов сопротивления деформации). При более высоких температурах (400—600°) и очень малых скоростях обжата относительно пониженная чувствительность сплава к изменению температуры и скорости деформации сохраняется лишь для медноникелевых сплавов. Между изменениями скоростных и температурных коэффициентов, а также коэффициентов упрочнения в одинаковых областях температур существует качественная связь.

7. Изучение механических свойств меди и ее сплавов с никелем, алюминием и цинком в области твердых растворов показало полную применимость теории упрочнения и отдыха в широкой области температур и скоростей деформации. Сопоставлением данных настоящего исследования с результатами работ по изучению закономерностей деформации легкоплавких металлов и сплавов установлена однотипность этих закономерностей. Последнее делает возможным проводить изучение физических основ пластичности металлов и сплавов при высоких температурах (в применении к проблеме жаропрочности) на модельных материалах.

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО НАКЛЕПА НА ТЕМПЕРАТУРНУЮ ЗАВИСИМОСТЬ ВОЗВРАТА МЕДИ И ЕЕ СПЛАВОВ

**М. Б. МАКОГОН, В. Е. ПАНИН, Т. С. СИДОРОВА,
Г. Г. КОНЮШИНА, А. Л. ЛАНДА, Г. В. ШИЛИНА**

Лаборатория металлофизики СФТИ

В работе исследовалось влияние температуры и скорости деформации при одинаковой ее степени на ход кривых рекристаллизации меди и ее сплавов с 10 ат. % Ni и Al. Как оказалось, температура рекристаллизации меди и ее сплавов возрастает с увеличением температуры деформации. Существование такой зависимости позволяет сделать вывод о том, что каждой температуре деформации соответствует свое поле деформационных искажений, температурная устойчивость которого в общем повышается с увеличением температуры деформации.

В согласии с данными других работ увеличение скорости деформации способствует снижению температуры рекристаллизации при одновременном расширении интервала температур рекристаллизации.

Температурная устойчивость наклепа исследованных твердых растворов на основе меди зависит от природы сплава. Прибавление никеля, увеличивающего силы связи в решетке меди, приводит к более интенсивному повышению температурной устойчивости наклепа по сравнению с прибавкой алюминия, который понижает эти силы связи.

ПРОЧНОСТЬ И СОПРОТИВЛЕНИЕ ДЕФОРМИРОВАНИЮ УГЛЕРОДИСТЫХ И ЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ НАГРЕВА И СКОРОСТЯХ ДЕФОРМАЦИИ

М. А. ЗАЙКОВ

Сибирский металлургический институт

1. Сопротивление деформированию является сложной функцией многих переменных, как химический состав металла, температурно-скоростные условия деформирования, степень деформации, контактное трение, форма и соотношение размеров очага деформации и др. Анализ условий предельного состояния в процессе пластического деформирования позволяет разделить эти факторы на две группы независимых переменных. Одна группа переменных определяет материальную связь частиц деформируемого материала и включает в себя четыре первых из вышеуказанных факторов, вторая группа переменных определяет условия напряженного состояния в очаге деформации и включает в себя остальные из перечисленных факторов.

2. Современная техника, в частности обработка металлов давлением, развивается в направлении высоких режимов обжатий, скоростей, давлений и температур, а также широкого применения новых, высокопрочных при этих условиях, сталей и сплавов. Известные данные по сопротивлению деформации металлов в этих условиях недостаточны. Теоретические и опытные зависимости разноречивы, расчетные соотношения выражены в различной аналитической форме и не охватывают основных факторов, влияющих на сопротивление металла деформации.

3. Совместное применение теории упрочнения и отдыха и основных положений термодинамики позволяет аналитически получить некоторые обобщающие уравнения, которые охватывают все основные факторы, влияющие на сопротивление металлов пластическому деформированию—химический состав, температуру, степень и скорость деформации.

4. Систематическое экспериментальное исследование сопротивления пластическому деформированию большого количества черных и цветных металлов, сплавов цветных металлов, углеродистых и легированных сталей при различных температурах—от температуры рекристаллизации до температуры плавления, — скоростях деформации от 10^{-4} до 10^2 — 10^3 1/сек. и степенях деформации от 0 до 60% показало достаточно удовлетворительную точность полученных теоретических уравнений.

ВЛИЯНИЕ ОТЖИГА И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ДЕФОРМАЦИИ НА КРИВЫЕ СЖАТИЯ МЕДИ И ЕЕ СПЛАВОВ

М. Б. МАКОГОН, В. Е. ПАНИН, Л. П. КИТАЕВА, А. Д. КОРОТАЕВ,
В. Ф. СУХОВАРОВ и Н. И. ЩЕРБАКОВА

Лаборатория металлофизики СФТИ

Работа имела своей целью установление влияния пластической деформации на течение процессов отжига в меди и ее сплавах с Ni (5, 10, 15 ат. %), Al (5, 10, 15 ат. %) и Zn — 5 ат. %. Поставленная задача решалась путем сравнения механических характеристик деформированного при комнатной температуре материала после его отжига, с одной стороны, и после его незначительной деформации при тех же температурных условиях, с другой.

Из полученных экспериментов были сделаны следующие выводы:

1. Внешнее приложенное напряжение стимулирует процессы отжига, что сказывается в снижении механических свойств наклепанных образцов и затем несколько деформированных при высоких температурах по сравнению со свойствами образцов, подвергнутых одному только отжигу при тех же температурах. При повышенных температурах наблюдается также падение кривых вторичного обжатия образцов, предварительно деформированных при комнатной температуре.

2. Стимулирующее действие нагрузки (при указанном выше способе определения) растет с ростом температуры, а при приближении к температуре рекристаллизации начинает убывать и становится равным нулю.

3. Деформация наклепанных образцов при температурах, лежащих за порогом рекристаллизации, способствует полному снятию наклепа, полученного при комнатной температуре, и, вместе с тем, приводит к возникновению новых искажений,

полностью не снимаемых во время деформации при данной температуре.

4. При прочих равных условиях интенсивность отдыха под нагрузкой у исследованных сплавов меди ниже, чем у чистой меди. С увеличением концентрации Ni и уменьшением концентрации Al в меди интенсивность отдыха снижается.

5. В сплавах с относительно пониженными силами связи (медь — алюминий) отдых протекает более интенсивно, чем в сплавах с повышенными силами связи (медь — никель).

ТЕМПЕРАТУРНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ИСКАЖЕНИЙ В МЕДИ И ЕЕ СПЛАВАХ

В. Н. ЖДАНОВА, А. П. САВИЦКИЙ и В. Н. СТОЛЯРОВА

Лаборатория металлографии СФТИ

1. Методом рентгеновского структурного анализа и измерения микротвердости получены кривые изотермического отдыха Cu и ее сплавов с Al, Zn и Ni.

2. Рентгенографическим анализом процесса рекристаллизации меди и ее сплавов.

3. На основании рентгенографических данных по исследованию начальной рекристаллизации вычислена энергия активации этого процесса. Для Cu, согласно этим вычислениям, энергия активации равна

$$28 \frac{\text{ккал}}{\text{г атом}}, \text{ для сплавов Cu — Al — } 44 \frac{\text{ккал}}{\text{г атом}},$$

$$\text{Cu — Zn } 40 \frac{\text{ккал}}{\text{г атом}}, \text{ Cu — Ni — } 52 \frac{\text{ккал}}{\text{г атом}}.$$

4. По данным измерения микротвердости, после отжига при различных температурах, подсчитана скорость разупрочнения. Большую скорость разупрочнения обнаружил сплав Cu—Zn.

О СОПРОТИВЛЕНИИ ДЕФОРМАЦИИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАКЛЕПАННЫХ ЛЕГКОПЛАВКИХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

К. В. САВИЦКИЙ

Лаборатория металлографии СФТИ

1. В работе изучалось влияние предшествующего наклепа, заданного различными видами обработки, на твердость и со-

противление вторичной деформации свинца, олова и сплавов на их основе. Исследовалось влияние промежуточных отжигов на сопротивление вторичной деформации.

2. В согласии с данными других исследователей показано, что вторичная деформация легкоплавких металлов и сплавов, предварительно деформированных до больших степеней остаточной деформации, в ряде случаев сопровождается снижением твердости и деформирующих усилий. Эффект снижения напряжений более заметен в тех случаях, когда первичная и вторичная деформации проводятся при различных схемах напряженного состояния.

3. Установлено также, что процесс трения свинца, олова и некоторых подшипниковых сплавов на их основе о стальную полированную поверхность сопровождается заметным снижением исходных значений микротвердости легкоплавких составляющих.

4. Показано, что отжиг сильно деформированных легкоплавких металлов и сплавов приводит к возрастанию их твердости и сопротивления вторичной деформации.

О ВОЗНИКНОВЕНИИ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ ТСЕН ЛИН-ЧЖАО, ХО ШОУ-АНЬ, ЧЖАН ЧЕН-КАНЬ

и Л. И. ВАСИЛЬЕВ

Институт прикладной физики АН КНР и СФТИ

1. Возникновение пластической деформации—фундаментальная проблема пластичности и прочности металлов.

2. Эксперименты с двойникованием кристаллов (М. В. Якутович, Э. С. Яковлева, Р. И. Гарбер с сотрудниками) и изучение влияния царапин на картину деформации ионных кристаллов (А. В. Степанов) показали, что развитие пластической деформации—многостадийный процесс, включающий зарождение очагов деформации и последующее ее распространение. В ионных кристаллах возникновению деформации способствует нанесение поверхностных царапин (А. В. Степанов).

3. На электрополированную поверхность монокристаллов алюминия (99, 99%), имевших одну и ту же ориентацию, наносились легкие царапины постоянной глубины. Проведено металлографическое изучение влияния присутствия царапин, их ориентации, последующего отжига, устранения царапин электрополировкой, окисления поверхности на возникновение и развитие следов скольжения при растяжении монокристаллов.

4. Следы скольжения возникают и развиваются в первую очередь вблизи царапины и лишь при дальнейшем растяже-

нии—вдали от нее. Эффект существенно зависит от ориентации царапины относительно кристаллографических осей кристалла и направления растяжения (оси образца).

5. Удаление электрополировкой поверхностного слоя, содержащего царапину, не приводит к исчезновению описанного выше эффекта.

6. Отжиг в вакууме при 550°C устраняет эффект царапины. Эксперименты показали, что это обстоятельство не может быть объяснено предположением о возникновении при отжиге тонкой окисной пленки.

7. Приведенные в тезисах 5, 6 данные показывают, что стимулирующее влияние царапины на возникновение сдвигов при растяжении обусловлено не геометрическим фактором (эффектом «надреза»), а некоторыми физическими изменениями состояния решетки в прилегающих к царапине областях кристалла.

8. В пластически растянутом монокристалле на дне царапины электронно-микроскопически обнаружены трещины. Однако нет доказательств того, что эти трещины—причина преждевременного возникновения следов скольжений.

МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ДЕФОРМАЦИИ СВИНЦА

М. А. БОЛЬШАНИНА и П. А. КОНДРАТЬЕВ

Кафедра экспериментальной физики Томского университета

1. Изучена микроскопическая картина деформации крупно- и мелко-кристаллического свинца при статическом растяжении и знакопеременном изгибе (усталостные испытания).

2. Как при статическом растяжении, так и при усталостных испытаниях деформация начинается по границам зерен, которые сначала расширяются, затем перемещаются параллельно самим себе. Расширение и перемещение наблюдается только на границах, составляющих углы, близкие к 90° с направлением растягивающей силы. Наблюдаются очень небольшие сдвиги зерен друг относительно друга.

3. При растяжении, начиная с 1%, появляются в зернах тонкие линии скольжения, не доходящие до границ зерен. При сохранении постоянства деформации линии скольжения постепенно утолщаются и растут до границ зерен. Деформация по границам зерен развивается преимущественно между зернами, в которых либо нет линий скольжения, либо линии скольжения имеются только в одном из зерен.

4. При усталостных испытаниях линии скольжения расположены так густо, что разрешаются только при большом уве-

личении. Расположение линий скольжения неравномерное, длина их, как правило, мала, они изогнуты. Наблюдаются полосы скольжения. Все это указывает на большую неравномерность деформации при усталостных испытаниях. Зерен, в которых наблюдаются линии скольжения, немного. Деформация в основном осуществляется по границам зерен, что ведет к образованию межкристаллитных трещин.

5. Сравнение микроскопического характера деформации в свинце, алюминии и жаропрочных сплавах (для последних — при высоких температурах и малых скоростях деформации) показывает общность законов течения поликристаллических материалов. Мы считаем, что можно на свинце моделировать поведение жаропрочных сплавов при высоких температурах и скоростях деформации.

О СТАТИЧЕСКОМ И ДИНАМИЧЕСКОМ ДЕФОРМИРОВАНИИ СТАЛИ

В. М. ФИНКЕЛЬ

Кафедра физики Сибирского металлургического института

В связи со стремлением современного машиностроения к внедрению высоких скоростей, важен учет скоростей деформирования и степени их влияния на механические свойства металлов.

Имеется большое количество работ, посвященных влиянию скорости деформирования на механические свойства металлов. Что же касается изменений физических свойств металла в процессе деформирования с различными скоростями, то результаты отдельных немногочисленных исследований разноречивы и единого вывода пока не существует.

В настоящей работе методом гармонического анализа формы интерференционной линии исследуются искажения кристаллической решетки и величины блоков мозаики в статически и динамически деформированных рельсовой стали и стали 3. Установлено, что при динамической деформации в стали 3, рельсовой стали блоки измельчаются интенсивнее, нежели при статической.

Искажения кристаллической решетки растут с ростом скорости деформации. При динамической деформации в рельсовой стали тепловой эффект проявляется в снижении микронапряжений, хотя твердость и искажения III рода оказываются большими. Скоростная зависимость механических свойств ста-

вится в зависимость от соотношения факторов упрочнения и отдыха, а также от поведения межкристаллитной и межблочной прослойки.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ В ТЕЛАХ ПРИ ОСАДКЕ И ПРОКАТКЕ

Н. А. ЧЕЛЫШЕВ

Кафедра обработки металлов давлением Сибирского металлургического института

1. Распределение напряжений в теле при осадке и прокатке можно определить в первом приближении на основе контактной задачи теории упругости, ибо напряжения связаны с упругим состоянием тела, а сам объем можно рассматривать состоящим из приконтактных зон.

Проведенные расчеты показывают, что напряжения по объему распределяются неравномерно. Характер распределения напряжений определяется в основном соотношением геометрических размеров очага деформации: при осадке — отношением высоты тела к его диаметру $\frac{h}{d}$, а при прокатке — отношением средней высоты пояса деформации к длине дуги захвата $\frac{h_{cp}}{l}$ и углом захвата.

На определении напряжений сказываются также условия внешнего трения на контакте. Однако изменение коэффициента трения начинает сказываться лишь после того, как на контактах возникнет скольжение частиц по инструменту, ибо в сопротивлении скольжению и проявится различие в условиях трения.

При низких очагах деформации $\frac{h}{d} < 0,05$ максимальные напряжения сосредотачиваются на контактных поверхностях, а при более высоких очагах максимум скалывающих напряжений наблюдается в некотором отдалении от контактов, то приближаясь к ним, то удаляясь в зависимости от геометрических размеров очага.

Неравномерность распределения напряжений в деформируемых телах наблюдается не только по высоте очага деформации, но также и по длине его. Наименьшие напряжения действуют в средней части очага по длине, а к концам очага они увеличиваются и максимум их приближается к контактными поверхностям.

Касаясь величины внешней нагрузки, необходимо отметить, что для наведения одних и тех же напряжений в телах с разным соотношением геометрических размеров требуется различная удельная нагрузка на контакте.

Есть такое соотношение размеров, когда удельная нагрузка имеет минимальное значение. С изменением соотношения размеров в ту или другую сторону от оптимального удельная нагрузка увеличивается. Расчеты и опыты показывают, что это оптимальное соотношение геометрических размеров соответствует тому случаю, когда высота очага деформации примерно раза в два меньше длины его ($\frac{h}{d} \approx 0,5$ или $\frac{h_{cp}}{l} \approx 0,5$ при прокатке).

2. Поскольку распределение напряжений отличается большой неравномерностью, то пластическая деформация начинается не во всех точках сразу, а имеет свои особенности в распространении по объему тела. Протекает деформация неравномерно. Всегда имеются области, где остаточная деформация отсутствует и имеет место лишь упругое формоизменение.

При высоких очагах ($\frac{h}{d} > 2$ или $\frac{h_{cp}}{l} > 3$) зоны пластической деформации не распространяются по всей высоте и ограничиваются лишь приконтактными участками, однако сами контакты при этом могут и не испытывать пластического течения. При очень низких очагах наблюдается нечто обратное: пластическая деформация охватывает контактные поверхности, слои же в центре очага деформируются только упруго.

Низкие очаги деформации склонны к образованию расслоений и разрывов, что достаточно хорошо подтверждается опытами и практикой листопрокатного производства. Высокие очаги так же приводят к появлению дефектов как внутренних, так и наружных, особенно при прокатке на больших углах захвата. В последнем случае очень часто надрывы образуются на некоторой глубине от контактной поверхности, а затем при дальнейшей прокатке выходят на поверхность в виде трещин и равин. Однако имеются и такие очаги деформации, которые способствуют хорошей проработке металла и получению изделий высоких качеств. К таким очагам относятся очаги с соотношением геометрических размеров $\frac{h_{cp}}{l} \approx 0,5$ или $\frac{h}{d} \approx 0,5$.

НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПЛАСТИЧЕСКОГО ИЗГИБА

Ю. Е. БОНДАРЕВ

Лаборатория металловедения ЗСФ АН СССР

1. При пластическом изгибе в деформацию вовлекается часть полного объема образца, называемая деформированным объемом. Деформированный объем связан с затрачиваемой работой и распределением деформаций растяжения и сжатия в сечениях волокон. До последнего времени при изучении деформированного объема упускалась из виду способность металла к относительному упрочнению, которая характеризуется равномерным удлинением. Это обезличивало одно из важнейших механических свойств и тот факт, что у образцов из разных металлов при равных углах изгиба деформированные объемы не одинаковы, не находил объяснения.

2. В результате решения задачи о пластическом растяжении конического образца было установлено, что деформированный объем зависит от геометрических размеров образца, его общей деформации и равномерного удлинения металла. При изгибе деформированный объем является функцией размеров сечения, равномерного удлинения и угла изгиба. Исследование названной функции с помощью метода анализа размерностей показало, что деформированный объем пропорционален моменту сопротивления начального сечения и зависит от отношения ширины образца к высоте, равномерного удлинения и угла изгиба.

3. При экспериментальном исследовании функции было найдено, что отношение деформированного объема к моменту сопротивления сечения по мере роста угла изгиба увеличивается у всех металлов, причем темп подъема кривых связан с равномерным удлинением. Отношение сторон сечения при прочих равных условиях влияет не монотонно. При изменении этого отношения от 0,57 до 2,33 на кривой имеется ряд максимумов и минимумов.

4. Разрушение изогнутых образцов начинается в максимально деформированном участке, в середине длины крайнего растянутого волокна. Теоретическое и экспериментальное исследование с применением метода анализа размерностей показало, что для ненадрезанных образцов максимальная деформация растяжения есть функция способности металлов к относительному упрочнению, отношения сторон сечения и угла изгиба.

5. Дальнейшее экспериментальное исследование установило следующее: а) максимальная деформация растяжения про-

порциональна углу изгиба, причем коэффициент пропорциональности закономерно возрастает с уменьшением равномерного удлинения. Вследствие этого, образцы из металлов с малым равномерным удлинением разрушаются при меньших углах; б) влияние отношения сторон сечения на максимальную деформацию обратно его действию на деформированный объем. Наиболее сильно оно у металлов с малым равномерным удлинением; в) для образцов с отношением сторон сечения 0,5; 0,7 и 1 получены эмпирические формулы для подсчета максимальной деформации растяжения.

6. Одним из важных в машиностроении является вопрос о действии на металлы надрезов. Рядом крупных работ в этой области установлено, что опасность надрезов для различных металлов не одинакова. Для исследования действия надрезов на металлы с разным равномерным удлинением были изготовлены надрезанные ударные образцы стандартных размеров. При прочих равных условиях, надрез снизил деформированные объемы у разных металлов в различной степени. С увеличением равномерного удлинения действие надреза ослабевает.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕЛЛУРА В КАБЕЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

М. А. БОЛЬШАНИНА, Т. Ф. ЕЛСУКОВА и П. А. КОНДРАТЬЕВ

Лаборатория металлофизики СФТИ

1. Нами изучено действие присадок теллура к свинцовым сплавам для кабельных оболочек на вибрационную стойкость последних и показано весьма благоприятное влияние его.

2. Мы предлагаем улучшить широко употребляемый ныне сплав $Pb + 0,5\% Sb$ для кабельных оболочек введением незначительного количества теллура (0,02—0,05%).

3. Сплав $Pb + 0,5\% Sb + 0,02\% Te$ обладает высокой вибрационной стойкостью и хорошими технологическими свойствами.

4. Химическое соединение теллура со свинцом нерастворимо в свинце и должно выделяться на границах зерен. Это ведет к измельчению структуры сплава и к ее значительно большей устойчивости по отношению к температурным воздействиям при не слишком высоких температурах (до $200^{\circ}C$). При высоких температурах ($250^{\circ}C$), когда существенную роль начинают играть диффузионные процессы по границам зерен, теллур уже не способствует сохранению мелкой структуры.

5. Поскольку при статических деформациях скольжение

происходит внутри зерна, теллур очень слабо влияет на механические свойства свинцового сплава.

6. При знакопеременном усталостном изгибе (10^6 циклов до разрушения) разрушение в свинце и его сплавах происходит по границам зерен. В этом случае влияние теллура весьма эффективно. Добавка 0,02% Fe в сплав $Pb+0,5\% Sb$ приводит к повышению вибрационной стойкости в 2 раза, а добавка 0,05% Fe — в 6 раз.

7. Подробно изучены механические свойства сплавов $Pb+0,5\% Sb$ и $Pb+0,5\% Sb+0,02\% Fe$ как при комнатной, так и при повышенных температурах (до 250°). Сняты кривые растяжения, сжатия, выдавливания через очко, изучены твердость, относительное удлинение, скорость ползучести, ударная вязкость при -180° .

8. Коррозионная стойкость свинцового сплава с теллуром не ниже, чем для сплава без теллура. Теллур затруднительно вводить в свинец. Опыт показал, что теллуристую лигатуру лучше готовить не на основе свинца, а на основе сурьмы.

9. Увеличением содержания теллура в сплаве можно повысить, если это необходимо, его механические свойства, как-то временное сопротивление, давление истечения, при этом с увеличением концентрации теллура указанные свойства растут гораздо медленнее, чем вибрационная стойкость.

К ТЕОРИИ РЕЛАКСАЦИОННЫХ ЯВЛЕНИЙ В ТВЕРДЫХ ТЕЛАХ

Т. Д. ШЕРМЕРГОР

Кафедра физики Сибирского металлургического института

Экспериментальные и теоретические работы показывают, что закон Гука даже для малых деформаций недостаточен, т. к. он не учитывает скорости деформации. Релаксационные процессы, протекающие в деформируемом образце, приводят к зависимости упругих модулей от скорости деформации. При этом далеко не всегда указанная зависимость может быть объяснена наличием одного времени релаксации. Различные релаксационные процессы протекают с различной скоростью и поэтому твердое тело характеризуется целым спектром времен релаксации.

Теоретически спектр времен релаксации может быть получен как за счет наложения граничных условий (соответствующие расчеты выполнены Зинером), так и за счет отказа от ограничения однородностью среды.

Рассматривается неоднородное изотропное неограниченное упругое тело. К нему применен метод термодинамики неравновесных состояний, предложенный Леонтовичем и развитый применительно к релаксации напряжений Финкельштейном и Фастовым. Расчет дает формулы для упругих модулей, причем последние определяются совокупностью всех времен релаксации. Обсуждается связь полученных формул с обобщенным законом Гука.

О ПРИМЕНЕНИИ УЛЬТРАЗВУКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ УСТАЛОСТИ МЕТАЛЛОВ

Е. Н. КАПУСТЯНСКИЙ

Красноярский сельскохозяйственный институт

Существующие в производственной практике методы исследования усталости материалов (с вращающимся образцом) имеют ряд существенных недостатков: длительность испытаний, громоздкость и сложность оборудования, необходимость наличия крупных образцов. Дальнейшие исследования позволили перейти к ускоренному испытанию на усталость, когда следят за появлением так называемой циклической текучести, при которой деформации образца, его температура, крутящий момент, работа, затрачиваемая на вращение образца, начинают быстро возрастать без увеличения напряжений.

Появление новых методов исследования в различных областях техники были использованы и при исследованиях усталости материалов с целью их ускорения и упрощения. Появился метод исследования усталости материалов методом непрерывного дефектоскопирования, который получил применение на практике для изучения развития трещин усталости в валах под напрессованной деталью. Несколько иная методика исследования усталости материалов была предложена в 1929 г. Остроумовым. Согласно его методике исследования усталости необходимо проводить в условиях неустановившихся колебаний, следя за изменением логарифмического декремента затуханий.

В последнее время появился так называемый резонансный метод испытания конструкций на усталость. Явление усталости можно наблюдать также в концентраторах ультразвука для обработки твердых сплавов. Чаше всего концентраторы выполняют по форме экспоненты. Для того чтобы не было усталостного разрушения, масса инструмента берется как можно меньше, а K — не более 4—5. Если K велико, наступает разрушение от усталости (т. е. при больших амплитудах возникают большие напряжения). Из приведенных примеров следует, что попытки использовать ультразвуки для исследо-

вания усталости материалов дали положительные результаты, и поэтому необходимо дальнейшее развитие этих методов.

В проводимой нами работе мы поставили задачу изучения возможности объединения метода нагружения знакопеременными нагрузками с помощью генераторов ультразвука, а также ультразвуковых методов контроля внутренних превращений материала. Для проведения этих исследований изготовлено специальное приспособление, которое позволяет помещать исследуемый образец в различные условия. Приспособление представляет собой толстостенный цилиндр, с одной стороны которого образец крепится к генератору, с другой стороны предусмотрены устройства для крепления второго конца образца или для замеров амплитуды в случае свободно колеблющегося конца образца. С помощью этого приспособления решаются вопросы теплоотвода от исследуемого образца, влияния кавитации (если производить охлаждение жидкостью) на ход испытаний, способов крепления, формы образца и т. д.

МЕТОДЫ И ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ ЧИСТОТЫ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ МАЛОГО ДИАМЕТРА

В. А. ТРУТЕНЬ

Красноярский сельскохозяйственный институт

Измерение чистоты поверхности деталей малых диаметров обычно производят на оптических приборах — двойном и интерференционном микроскопах акад. В. П. Линника, которые позволяют охватить почти все классы микронеровностей по ГОСТ 2789-51. Однако производительность этих измерений невысока, а некоторые типы деталей (с большим буртиком, малого диаметра при чистоте 7—8 класса и др.) измерять невозможно.

Из щуповых приборов могут быть использованы только некоторые профилографы. Профилометры для этой цели неприменимы, т. к. для них требуется значительная трасса. Производить измерения возможно лишь на таких приборах, которые обеспечивают простоту установки детали, доступность щупа для наблюдений, легкость установки щупа на измеряемую поверхность, малые трассы измерения. Обычно применяемые иглы непригодны вследствие того, что их практически невозможно установить для точного движения по образующей измеряемой поверхности. При измерении чистоты поверхности деталей малого диаметра на интерференционном микроскопе имеют место погрешности вследствие того, что измерения про-

изводятся на некотором расстоянии от оси детали. Так как по мере удаления от оси интерференционные полосы постепенно сближаются, то единица измерения не остается постоянной. Помимо этого, в зависимости от формы микронеровностей расстояние между одними и теми же полосами в разных точках также различно. Анализ погрешностей измерений из-за смещения полос показывает, что их величина практически не превышает 5% высоты неровностей. Значительно больших значений достигают погрешности из-за второго фактора. Суммарная относительная погрешность измерений для осей чистотой 10 ÷ 14 классов может достигать 40 ÷ 80%, что ведет к увеличению числа замеров в 2—3 раза (измерения проводились на тонкошлифованных деталях по отдельным неровностям и по $H_{ск}$; на полированных осях — по отдельным неровностям; на специальных полированных образцах с нанесенной иглой кольцевой царапиной).

Измерение микрогеометрии поверхности осей малого диаметра возможно на профилографах с помощью ножа, который позволяет легко настраивать прибор на деталь, так как некоторые перекосы последней в плоскости YZ не сказываются на точности измерений. Нож перемещается вдоль оси Y , радиус закругления лезвия 2 ÷ 5 мк. Для повышения производительности измерений разработано несколько схем базирования и конструкций приспособлений, обеспечивающих установку детали в плоскости YZ без дополнительной настройки прибора. Проанализированы и экспериментально исследованы погрешности измерений из-за поворота ножа (по оси X) — при поворотах до $\pm 5^\circ$ практически отсутствуют; из-за упругих и остаточных деформаций деталей — при стальных осях $d=0,1$ мм и 12 классе чистоты погрешность не превышает 16% и др. Сравнение профилограмм с интерферограммами дает практически полное совпадение результатов на отдельных царапинах, а подсчет $H_{ск}$ для шлифованного валика диаметром 0,5 мм показал расхождение лишь 4%.

Таким образом, точность измерений с помощью ножа сравнима с точностью измерений на интерференционном микроскопе. В то же время профилограф, снабженный ножом, обеспечивает измерение деталей 5—13 классов чистоты, более разнообразных по конструкции. При этом производительность измерений выше, чем на оптических приборах.

О ПРИРОДЕ ХЛАДНОЛОМКОСТИ СТАЛИ

В. М. ФИНКЕЛЬ

Кафедра физики Сибирского металлургического института

Общеизвестная классификация изломов, возникающих при ударном разрушении хладноломких сталей, по состоянию поверхности: изломы кристаллические, волокнистые и двухзонные не дает полного представления о механизме и физической природе хрупкости. Различие в микропроцессах, протекающих при разрушении, может быть изучено рентгенографическим путем, в частности по форме и интенсивности интерференционных пятен на рентгенограммах, снятых с поверхности излома.

Прямым рентгенографическим исследованием поверхности излома ударных образцов рельсовой стали (с присадкой V. Ti Mn), проведенным для каждой температуры испытания изломом, установлен рентгенографический критерий хладноломкости, позволяющей определить температурный интервал, в котором процессы хрупкого разрушения начинают преобладать над явлениями пластичности. Данные рентгеноструктурного исследования в сочетании со спектрографическими измерениями говорят о том, что с понижением температуры, излом преимущественно локализуется по межкристаллитным и межблочным областям.

ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРА ЗЕРНА НА УДАРНУЮ УСТАЛОСТЬ СТАЛИ 45

Г. В. ТОПОРОВ и Г. Я. СМОКОТИН

Кафедра теоретической механики Томского политехнического института

1. Большое количество деталей угольных машин (перфораторов, отбойных молотков, угольных комбайнов и т. д.) при эксплуатации подвергаются многократным ударам.

2. При проведении исследований структуры поломанных деталей, работающих в условиях ударно-циклической нагрузки, было установлено, что подавляющее большинство их имело крупнозернистую структуру.

3. В многочисленной литературе, посвященной влиянию размера зерна на мех. свойства и усталостное разрушение, не встречается работ по вопросам связи между зернистостью и сопротивлением ударно-усталостному разрушению стали.

4. Анализ данных, полученных в результате проведенной работы, позволяет сделать следующие выводы: а) сопротивление ударно-усталостному разрушению ст. 45 значительно сни-

жается с увеличением размера зерна; б) сопротивление ударно-усталостному разрушению стали 45 в нормализованном состоянии имеет почти такой же характер зависимости от размера зерна как и ударная вязкость; в) полученные данные являются подтверждением положения, ранее выдвинутого одним из авторов данной работы о том, что сопротивление ударно-усталостному разрушению зависит от двух механических характеристик — твердости и ударной вязкости; г) улучшение (закалка + высокий отпуск) стали 45 значительно повышает сопротивление ударно-усталостному разрушению по сравнению с нормализацией.

ОСТАТОЧНЫЙ АУСТЕНИТ В БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕРМООБРАБОТКИ ПО ДАННЫМ МАГНИТНОГО АНАЛИЗА

Ю. А. СТУДЕНОК

Кафедра физики РИИЖТ

1. Определение остаточного аустенита в быстрорежущей стали представляет большое значение в оценке инструментальных сталей, так как наличие остаточного аустенита в большей мере определяет режущие свойства и износостойкость инструмента.

2. Проведенная в данной работе сравнительная оценка быстрорежущих сталей Р9 и Р18 после обычной термической обработки (закалка с многократным отпуском) и после обработки холодом (охлаждение до отрицательных температур, ниже линии конца мартенситного превращения) показывает целесообразность применения обработки холодом, позволяющей обеспечить полный распад аустенита. По данным работы следует, что твердость по Роквеллу является нечувствительной характеристикой стали.

3. Использование токов высокой частоты для нагрева под закалку для указанных выше сталей дает те же результаты, что и обычный нагрев.

4. Применение магнитного анализа дает надежные результаты для оценки качества инструментальной стали как в исследовательских целях, так и для контроля в заводских условиях.

ВЛИЯНИЕ ВОДОРОДА НА ДЛИТЕЛЬНУЮ ПРОЧНОСТЬ НЕКОТОРЫХ СТАЛЕЙ

Н. П. ЧЕРНЫХ

Иркутский филиал НИИ Химмаш

Ряд технологических процессов химической и нефтеперерабатывающей промышленности, такие как синтез аммиака, получение метанола, гидрогенизация каменных углей и нефти, протекают в условиях высоких температур и давлений в присутствии водорода. Некоторые аппараты этих производств (нагревательные трубопечи, трубы и соединительная арматура) работают при температуре порядка 500° , под давлением 325 и 700 атм. Металл этих аппаратов находится в состоянии ползучести, т. е. медленной пластической деформации.

Из практики эксплуатации заводов гидрирования и синтеза аммиака известны случаи хрупкого разрушения стальных аппаратов, работавших под давлением водорода. При анализе причин разрушения было установлено, что металл аппарата стал хрупким и обезуглеродился. В связи со случаями разрушения аппаратов было проведено большое количество исследований за границей и в Советском Союзе по установлению влияния водорода на механические свойства сталей. В результате этих исследований было установлено, что водород при воздействии на сталь при высокой температуре производит разрушение карбидов, вызывает обезуглероживание, в результате чего появляются трещины, снижается прочность и вязкость.

Большинство исследователей изучали воздействие водорода на сталь путем насыщения образцов водородом при электролизе или в автоклавах. Эти методы не отражают действительной картины действия водорода на сталь аппаратов, работающих под напряжением, особенно в условиях ползучести, и поэтому характеристики прочности, полученные при этих исследованиях, не отражают реальной прочности и не могут служить данными для расчета на прочность.

В условиях воздействия агрессивной среды (водород, сероводород) ползучесть, вероятно, будет протекать более интенсивно и можно ожидать снижение срока службы аппаратов по сравнению со сроками, полученными на основании расчета по обычному пределу ползучести и длительной прочности.

В настоящее время в отечественной и иностранной литературе отсутствуют данные для расчета на длительную прочность в среде водорода.

В докладе излагается разработанная автором методика исследования на длительную прочность и ползучесть в газообразной и жидкой среде, протекающей под давлением, излагает-

ся устройство и работа установки для испытания труб на длительную прочность в производственных условиях; сообщается о результатах испытания на длительную прочность в среде водорода стали ЭИ-579 в лабораторных и производственных условиях.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

СВИДЕТЕЛЬСТВО

СВИДЕТЕЛЬСТВО о выполнении работ по испытанию труб на длительную прочность в среде водорода. Работы выполнены в соответствии с программой, утвержденной в 1978 г. на заседании Комитета по стандартизации и метрологии. Результаты испытаний приведены в отчете, прилагаемом к настоящему свидетельству.

СВИДЕТЕЛЬСТВО о выполнении работ по испытанию труб на длительную прочность в среде водорода. Работы выполнены в соответствии с программой, утвержденной в 1978 г. на заседании Комитета по стандартизации и метрологии. Результаты испытаний приведены в отчете, прилагаемом к настоящему свидетельству.

НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ, ВЫЗВАННЫХ МОЛНИЕВЫМИ РАЗРЯДАМИ

В. Е. КАШПРОВСКИЙ

Научно-исследовательский институт земного магнетизма, ионосферы
и распространения радиоволн

1. Исследование молниевых разрядов как возбудителей электромагнитных возмущений, распространяющихся в пространстве и формирующихся под влиянием этого распространения в атмосфере, представляет большой интерес для радиотехников, так как дает представление о видах и характерах спектров атмосфериков, рассматриваемых как помехи радиоприему. Одновременно установленные закономерности для спектров и форм импульсов возмущений будут являться исключительно интересным и важным материалом для исследования распространения сверхдлинных радиоволн, так как зная спектры возмущений $S(\omega)$ и наблюдая спектр атмосферика $A(\omega)$, нетрудно составить представление о спектре пространства $P(\omega)$, поскольку эти характеристики связаны между собой уравнением вида:

$$A(\omega) = P(\omega) S(\omega).$$

2. Исследуя первичные возмущения, нетрудно установить наличие вторичных явлений, сопровождающих основные процессы, которые являются источниками побочных излучений. Исследование комплекса таких возмущений дает возможность судить о молниевом разряде как о комплексном генераторе серии радиопомех с свойственными для каждого процесса индивидуальными спектрами и даже разнесенными во времени. Все эти представления дают возможность разумно строить системы помехозащитных устройств.

3. Прделанная автором доклада работа по регистрации форм электромагнитных возмущений показала, что молния может явиться источником по крайней мере 3 видов радиопомех с разными спектрами и фазным временем существования. К первому виду радиопомех, вызываемых молниевыми разря-

дами, относятся помехи, вызываемые предваряющим молниевый разряд так называемым «лидерным» процессом. В тех случаях, когда процесс развивается ступенями, т. е. когда наблюдается ступенчатый лидер, в окружающем пространстве появляется возмущение, частота которого зависит от величины ступеней, скорости распространения лидера, а также и от времени остановки на каждой ступени. Эти возмущения имеют характерные дискретные спектры, расположенные выше областей 18—20 кгц.

Вследствие того, что с развитием процесса и приближением лидера к земле число ступеней увеличивается, а пробеги укорачиваются, спектры этого возмущения смещаются в более высокую часть, оказываясь как бы модулированными по частоте. Появление этого спектра предваряет появление самой молнии. Второй процесс в молнии, так называемый обратный удар, связанный с появлением видимой молнии и перемещением в канале молнии больших зарядов, определяет появление большого импульса возмущения, характеризующегося выражением подобранной автором аппроксимации вида:

$$a = A(l^{-\alpha t} - l^{-\beta t}),$$

где A , α и β — некоторые постоянные.

Автором предложен метод экспериментального отыскания этих постоянных.

4. Исходя из приведенной аппроксимации, нетрудно получить выражение для спектральной функции этих возмущений в виде:

$$S(\omega) = \frac{1}{\sqrt{\left[1 + \left(\frac{\omega}{\alpha}\right)^2\right] \left[1 + \left(\frac{\omega}{\beta}\right)^2\right]}}$$

Исследование этой функции показывает, что спектр ее быстро убывает и в области 10 кгц компоненты этого спектра слабее в 1000 раз, чем на частоте 0,1 кгц. Специальным исследованием этой функции обнаруживается одно замечательное свойство, заключающееся в том, что если отношение β/α находится в пределах

$$4 < \frac{\beta}{\alpha},$$

то спектры мало отличаются у различных импульсов. Это различие появляется только при условии $\beta/\alpha < 2$. Это свойство функции $S(\omega)$ способствует однообразию спектров даже при различных видах и интенсивностях разрядов, что исключитель-

но благоприятно способствует исследованиям распространения весьма низких частот. Эти положения проверены путем анализа отдельных импульсов расчетом и применением специального анализатора спектра Мадера.

5. Третьим видом помех являются помехи, вызванные наличием собственных колебаний молниевоего канала, по-видимому, за счет появления отрицательных сопротивлений (падающая вольт-амперная характеристика). При этом как удалось установить автору, в некоторых случаях наблюдается появление этих колебаний у перегиба кривой $E(t)$, что связывается с какими-то особыми процессами в самом канале (очевидно, с повышением температуры канала).

6. Можно показать, что разряды молнии прекращаются задолго до израсходования зарядов облака, что объясняется появлением своеобразной неустойчивости молниевоего канала, вызванной, с одной стороны, стягиванием газового разряда в тонкий шнур, за счет взаимных сил притяжения отдельных струек газового разряда, с другой стороны, расширением канала под влиянием резкого повышения температур и давления в канале, вызванных стягиванием его в шнур. Это приводит к разрывам и прекращению разряда задолго до его естественного прекращения за счет израсходования запаса потенциальной энергии облака. Вследствие этого наблюдается появление новых разрядов сейчас же вслед за прекращением разряда по оставшейся ионизированной дорожке. Таких разрядов может наблюдаться до 20 и более. Таким образом, молниевый разряд, кроме всего прочего, можно рассматривать как огромный релаксационный механизм. В настоящее время еще не создана теория такого любопытного механизма, представляющего несомненный интерес для геофизики.

7. Автором также наблюдались своеобразные формы отдельных разрядов, попытка интерпретировать которые сделана нами в следующей форме. Облако рассматривалось как комплекс распределенных, но изолированных друг от друга отдельных зарядов. Потенциалы этих зарядов, предполагается нами, достаточно близки между собой.

При разряде на землю, происшедшему из одной области, изоляция между отдельными областями нарушается и появляются отдельные, накладывающиеся на основной разряд, дополнительные разряды, делающие форму основного разряда весьма сложной. Попытка такого разложения отдельных фотографий форм привела к вполне удовлетворительным данным. Вследствие этого автором построена модель грозового облака из отдельных конденсаторов, соединенных между собой неоновыми лампами и сопротивлениями. При разряде этой комбинации, протекающем в одной области, появляются многие миллиардные разряды на отдельных лампочках. Вслед-

ствие этого следует полагать, что радиопомехи, возникающие при разряде молнии, видимой наблюдателем, сопровождаются и даже иногда предваряются наличием множества более слабых, названных автором «миллиарными», разрядов.

Таким образом, отдельные импульсы мощных радиопомех должны происходить на фоне множества мелких радиопомех, характеризуя своеобразные статические свойства этих помех.

СТАТИСТИКА СЛОЯ E_s ПО НАБЛЮДЕНИЯМ ИОНОСФЕРНЫХ СТАНЦИЙ СССР

Н. П. БЕНЬКОВА

Научно-исследовательский институт земного магнетизма, ионосферы
и распространения радиоволн

1. Общее число зарегистрированных на ионосферной станции случаев появления слоя E_s в большей степени зависит от типа аппаратуры (мощность и диапазон станций, продолжительность измерений и т. д.) и от способа интерпретации. Нестандартное оборудование сети ионосферных станций и отсутствие унифицированной обработки материалов не позволяют определять абсолютную величину вероятности появления слоя E_s и изучать его географическое распределение. Вместе с тем данные существующей сети станций позволяют делать выводы о временных колебаниях числа E_s и о некоторых свойствах этого слоя.

2. Спорадические образования в области нижней ионосферы встречаются как ниже слоя E (E_s), так и выше его (E_2s). Статистический анализ материала показал, что число случаев E_2s значительно меньше числа E_s . Слой E_s и E_2s подчиняются примерно одинаковым закономерностям суточного, сезонного и 11-летнего распределений. Распределение числа E_s по предельным частотам отражения показывает преобладание E_s с частотами порядка 3 мггц. Встречаются частоты $f^o E_s$ превышающие 10 мггц, однако число таких случаев очень мало. Большинство наблюдаемых слоев E_s являются полупрозрачными. Число появлений экранирующего E_s сравнительно не велико (проценты или десятые доли процентов общего числа измерений, в зависимости от времени и места наблюдений).

3. Обработка наблюдения слоя E_s на ионосферных станциях СССР за 1946—1953 гг. подтвердила существование устойчивых сезонного и суточного ходов частоты появлений слоя E_s . Суточный ход в средних широтах характеризуется наличием двух максимумов — в дневные и ночные часы. Максимумы в сезонном ходе приходятся на летние месяцы.

4. Имеющиеся в настоящее время экспериментальные данные недостаточны для окончательного суждения о характере

11-летней цикличности слоя Es. Из наблюдений станций Союза за 1946—1953 гг. следует, что циклические изменения числа Es плохо коррелируют с ходом солнечной активности, не велики по амплитуде и различны в разных пунктах. В высокоширотных обсерваториях (б. Тикси) амплитуда циклических колебаний больше, причем заметна тенденция к увеличению числа Es с падением солнечной активности.

Исследование размеров облаков Es, сделанное на основании одновременных наблюдений Es на нескольких ионосферных станциях, показало, что встречаются облака Es размерами в несколько сот километров. Однако чаще наблюдаются облака много меньших размеров. Поэтому по наблюдению Es в одном географическом пункте судить о его появлении в других, отстоящих на сотни километров, не представляется возможным. Для того чтобы определить средние размеры облаков и «радиус действия» ионосферной станции, необходима организация специальной сети ионосферных станций, оснащенных однотипным оборудованием и расположенных на небольших (десятки и сотни км) расстояниях друг от друга.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ СПОРАДИЧЕСКОГО СЛОЯ E

И. И. НЕСТЕРОВА и Е. М. КУЧИНА

Кафедра радиофизики Томского университета

Теоретические и экспериментальные исследования отражения от Es показали, что спорадический слой E по структуре можно разделить на два основных типа: 1) —облачный слой и 2) —тонкий слой. Для первого типа амплитуда R отраженного от Es сигнала уменьшается очень медленно с увеличением частоты, и диапазон частот, в котором получают одновременные отражения от Es и F,—велик. Для второго типа амплитуда сигнала уменьшается быстро с изменением частоты, и диапазон частичного отражения от Es мал. Таким образом, снятие высотно-частотных характеристик и одновременная запись амплитуды отраженных от Es и F сигналов с изменением частоты дают возможность сделать выводы о структуре спорадического слоя E.

К аппаратуре для производства (R, f) — записей предъявляются более серьезные требования, чем к аппаратуре для получения (h, f) — характеристик. Во-первых, приемник должен быть точно настроен на частоту передатчика, так как амплиту-

да сигнала более критична к настройке, чем высота отражения. Во-вторых, полную (R, f) — запись необходимо производить очень быстро, т. к. величина R на каждой частоте изменяется нерегулярно со временем. При снятии высотно-частотных характеристик также желательна высокая скорость записи, но величина h изменяется гораздо медленнее, чем R . Поэтому к полуавтоматической ионосферной станции была создана приставка, которая дает возможность в течение 8 сек записать амплитуды сигналов, отраженных от слоев E_s и F , в диапазоне частот от 1 до 8 и от 1 до 16 мГц.

В работе приведены результаты, полученные при исследовании структуры спорадического слоя E на этой приставке.

АППАРАТУРА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПОГЛОЩЕНИЯ И ВЕТРОВ В ИОНОСФЕРЕ

Г. В. ВАСИЛЬЕВ

Научно-исследовательский институт земного магнетизма, ионосферы
и распространения радиоволн

Описывается аппаратура, изготовленная в НИЗМИР для измерения поглощения и ветров в ионосфере, состоящая из следующих основных частей: 1) импульсный передатчик с одновременным излучением циркулярно поляризованных волн в диапазоне 1—16 мГц; 2) два импульсных приемника; 3) контрольный двухлучевой осциллограф с системой разверток и стробирования; 4) два регистрирующих двухлучевых осциллографа с фотокамерами. Аппаратура позволяет вести регистрацию амплитуд кратных отражений от ионосферы и действующих высот слоев одновременно на двух частотах, в диапазоне 1—16 мГц, для последующего определения поглощения.

Регистрация амплитуд отраженных сигналов с трех приемных антенн, для определения скорости и направления ветров, производится также одновременно на двух фиксированных частотах. В аппаратуре применен оригинальный передатчик, состоящий из двух плавных гетеродинов с импульсной модуляцией в диапазоне 22—38 мГц, кварцевого гетеродина на 22 мГц, смесителя и общих для обоих частот широкополостного и мощного усилителей. Фильтры для получения циркулярно-поляризованной волны включены между предоконечными каскадами усилителя мощности.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ИОНОСФЕРНЫХ ПАРАМЕТРОВ

Н. П. БЕНЬКОВА и Н. И. ПОТАПОВА

Научно-исследовательский институт земного магнетизма,
ионосферы и распространения радиоволн

1. Приведен статистический анализ ежечасных значений критических частот и высот слоя F_2 ионосферы, который показал, что колебания этих параметров в невозмущенные дни носят в основном случайный характер. Обнаруженные систематические расхождения между распределениями $\Delta f^0 F_2$ и $\Delta f^1 F_2$ (отклонения мгновенных значений параметров от соответствующих медианных значений) и гауссовым распределением случайных величин объясняется неполным исключением возмущенности из рассматриваемых данных. В соответствии с этим предложено считать ионосферу спокойной, когда флуктуации ее параметров строго подчиняются закону нормального распределения. Величина дисперсии (σ), характеризующая изменчивость ионосферных параметров, имеет суточный и сезонный ход и зависит от солнечной активности.

2. Изменчивость слоев F_1 и E значительно меньше изменчивости F_2 . При точности измерения f^0 0,1 мГц и высот 10 км оценить действительные колебания параметров F_1 и E представляется невозможным. Для исследования изменений ионосферы в течение коротких интервалов времени (секунды и минуты) обработаны фото-кинозаписи высот отражений на фиксированных частотах и результаты учащенных наблюдений, проводившихся на ионосферных станциях в отдельные периоды. Получено, что значения h_1 в течение нескольких секунд остаются неизменными в пределах точности отсчета (1—2 км). В течение 5—10 минут значения $\Delta f^0 F_2$ изменяются не больше, чем на 0,2 мГц не более, чем на 20 км. Отклонения $\Delta f^0 F_2$ от среднемесячного значения имеют тенденцию сохраняться в течение 5—6 часов.

4. Пространственное распределение мгновенных значений F_2 достаточно закономерно. Одновременные отклонения ионосферных параметров одного знака и порядка величины захватывают большие области ионосферы. Для изучения количественной связи между значениями $\Delta f^0 F_2$ в разных пунктах вычислялись коэффициенты корреляции ρ между одновременными значениями $\Delta f^0 F_2$ наблюдаемыми на различных станциях. Расстояние d , на котором ρ убывает до 0,5 составляет в среднем по широте 5—7°, по долготе 20°. Значения ρ зависят от сезона и уровня солнечной активности. Из изучения функции $\rho(d)$ получены выводы о „радиусе действия“ ионосферной станции.

МАССОВЫЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОЧВ ДЛЯ СОСТАВЛЯЕМОЙ КАРТЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭТИХ СВОЙСТВ НА ТЕРРИТОРИИ СССР

В. Е. КАШПРОВСКИЙ

Научно-исследовательский институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн

1. Уже известен и часто применяется на практике способ измерения параметров почв σ и ϵ , основанный на применении формулы $\frac{\Delta W}{W} = \frac{\Delta E}{E} + \frac{\Delta I}{I} + \frac{\Delta h}{h} + \frac{\Delta r}{r} + \frac{\Delta \lambda}{\lambda}$, где W — множитель затухания, зависящий от расстояния и свойств почвы. Ошибка, определяющая точность измерения σ и ϵ , приводит к значительным неточностям значений величин σ и ϵ .

Сама величина $\frac{\Delta E}{E}$ практически не может быть определена с достаточной точностью, а измерения ее вблизи от передатчика (где она может быть измерена наиболее точно) будет зависеть от множества причин, из которых наиболее значительными будут: наличие по соседству с измеряемой антенной других антенн, металлических мачт, проводов линий электропроводки и телефона и пр., металлических заборов, жилых зданий и т. д. Кроме всего упомянутого выше, необходимо считаться с необходимостью применения специальных приборов-компараторов напряженности поля, довольно дорогих и сложных приборов. Для составления карт требуется наличие огромного парка таких приборов и целого штата специалистов, способных выбрать условия измерений с наименьшими ошибками, произвести соответствующие наблюдения и расчеты. Все это приводит к значительным затруднениям в применении данного метода и он не нашел признания при составлении карт электрических свойств почв.

2. В настоящее время известен способ, заключающийся в измерении угла наклона волнового фронта φ , связанного с параметрами почвы следующей зависимостью:

$$\varphi = \arctg \frac{E_{1z}}{E_{1x}} = \arctg \sqrt[4]{\epsilon^2 + (60\lambda\sigma)^2}.$$

Этот метод удобен тем, что в данном случае не требуется производить абсолютных измерений напряженности поля. Нам кажется, что для этого метода наиболее простым

мог бы оказаться способ измерения компонента поля, т. е. отношения $\frac{E_{1z}}{E_{1x}}$.

3. Представляет интерес метод, основанный на измерении отношения напряженности поля над поверхностью однородного полупроводника (почвы) и напряженности поля в полупроводнике на заданной глубине погружения.

4. Опыт показывает, что почва, как правило, имеет слоистое неоднородное строение, вследствие этого измерения ϵ и σ , выполненные на двух волнах λ_1 и λ_2 , определяют некоторые эффективные значения ϵ_{ef} и σ_{ef} , действительные только для данного интервала волн λ_1 и λ_2 . Вследствие этого необходимо производить измерения на нескольких частотах, организованные таким образом, чтобы имелась возможность произвести определения ϵ и σ , по крайней мере, для 3-х интервалов волн, т. е. для λ_1 и λ_2 ; λ_2 и λ_3 ; λ_3 и λ_4 . В этом случае имеется возможность установить знак тенденции изменений ϵ и σ , при применении карт для волн, на которых измерения не производились, и определить сами поправки $\Delta\epsilon$ и $\Delta\sigma$, применяя методы обычной экстраполяции. Так, в частности, при проводящей внешней части поверхности и плохопроводящей внутренней части земной поверхности (торфяники на глинистом основании) будет наблюдаться заметный рост ϵ и σ , при укорочении волн, а при засоленных глинах, находящихся под сухим песком, картина получится обратная—рост ϵ и σ при росте длин волн. Таким образом, для организации таких измерений необходимо иметь возможность приема трех-четырёх радиостанций.

5. Используя критерий выбора волн вида

$$\lambda_{max} \geq \frac{1}{120} \frac{\epsilon}{\sigma} \frac{1}{\frac{\Delta\sigma}{\delta}}.$$

и

$$\lambda_{min} \leq \frac{1}{\sigma} \frac{\epsilon}{\sigma} \frac{\Delta\delta}{\delta}.$$

где $\frac{\Delta\delta}{\delta}$ — ошибка в определении величины δ по упрощенным формулам, можно заметить, что рабочие волны должны находиться в пределах: $3000 > \lambda_p > 70,0$ м. Отсюда следует, что для намеченной цели можно применить в основном волны радиовещательных радиостанций, обладающих большой мощностью и потому слышимых в дневное время на больших расстояниях (свыше 600—700 км).

Вследствие этого для данных измерений возможно применить и приемники, приспособленные для приема вещательных радиостанций. Так как почти вся территория СССР покрыта местным средневолновым радиовещанием, причем соседние области обычно перекрываются, можно сказать, что предлагаемый метод будет действителен почти для всей территории СССР. При выборе волн в соответствии с приведенным критерием имеется возможность применения весьма простых формул для определения величин σ и ε . Эти формулы имеют вид:

$$\sigma \cong \frac{\delta_1^2 \lambda}{1200} \quad \text{для } \lambda_{p1}$$

$$\varepsilon = 3,6 \cdot 10^4 \left[\frac{\sigma}{\sigma_2} \right]^2 \quad \text{для } \lambda_{p2}$$

Применение таких упрощенных формул позволяет номографировать вычислительные операции, что чрезвычайно упрощает полевую обработку материалов измерений. В частности, автором построены номограммы линейно-логарифмического типа, с четырьмя шкалами: А — глубина погружения; Б — величина спада поля при погружении E_x/E_0 ; на В — параметр δ' ; Г — длина применявшейся волны λ и Д — величина σ и ε . Решение ищется прокладкой прямых от шкалы А к Б — через В и от В через Г к Д, где и производится отсчет искомой величины.

6. Формальная теория ошибок данного метода показывает, что основными ошибками определения σ и ε будут являться ошибки определения δ , так как вид ошибок $\frac{\Delta \sigma}{\sigma}$

и $\frac{\Delta \varepsilon}{\varepsilon}$ представлен выражениями:

$$\frac{\Delta \sigma}{\sigma} = 2 \frac{\Delta \delta_1}{\delta_1} + \frac{\Delta \lambda}{\lambda}$$

$$\frac{\Delta \varepsilon}{\varepsilon} = 2 \frac{\Delta \sigma}{\sigma} + 2 \frac{\Delta \delta_2}{\delta_2}$$

Но так как для современных радиовещательных раций точность поддержания частоты порядка 10^{-6} не является

затруднительной и легко выполнима, то основными ошибками определения δ и ε будут ошибки определения δ — $-\frac{\Delta \delta_1}{\delta_1}$ и $\frac{\Delta \delta_2}{\delta_2}$. Вследствие того, что δ практически определяется выражением вида:

$$\delta = \frac{\ln E_0/E_x}{x},$$

то $\frac{\Delta \delta}{\delta}$ будет определяться выражением вида:

$$\frac{\Delta \delta}{\delta} = \frac{\Delta [E/E_x]}{[\ln E_0/E_x]^2} + \frac{\Delta x}{x}$$

или величиной абсолютной ошибки отсчета отношения $E/E_x - \Delta [E/E_x]$ и величиной относительной ошибки определения величины x , т. е. $\frac{\Delta x}{x}$. По-видимому, основную

роль в этих вычислениях, накладывающую ограничения на возможность применения данного метода, играет величина функции $\frac{1}{[\ln E/E_x]^2}$. Влияние ее можно усмотреть из

следующей таблицы, построенной для $\frac{\Delta \sigma}{\sigma}$ и $\frac{\Delta \varepsilon}{\varepsilon}$, исходя из $\Delta [E/E_x] = 0,01$, $\frac{\Delta x}{x} = 0,01$ и для $p = E_x/E_0$, принимающего значения в пределах от 0,9 до 0,5.

Результат сводится в таблицу вида:

p	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
$\frac{\Delta \sigma}{\sigma}$	± 220	± 42	± 18	$\pm 9,5$	$\pm 6,1\%$
$\frac{\Delta \varepsilon}{\varepsilon}$	± 460	± 92	± 40	± 28	$\pm 18\%$

Отсюда следует, что для повышения точности наблюдений отношения E_x/E_0 не следует брать более чем 0,7—0,6, т. е. выбирать это отношение вполне разумно.

Приведенные данные дают возможность поставить вопрос о практической пригодности данного метода и о

его реализации в широких масштабах, привлекая для этой большой работы по составлению карты проводимости и диэлектрической постоянной территории СССР общественность, радиолюбителей, пионерские организации, туристические объединения и пр.

Возглавить эту работу должны радиоклубы ДОСААФ, а практическое руководство по переделке приемников, их изготовлению и проверке, а также по доведению до массы наблюдателей номограмм, инструкций по наблюдениям — журнал „Радио“.

Представляют большой интерес теоретические исследования в данной области таких вопросов, как влияние слоистости измеряемой почвы, отдельных неоднородностей в почве, влияние на поле в скважине такого тела как радиоприемник, влияние на отсчеты поля эффекта близости рамочной антенны к стенкам скважины и пр.

В будущем станет чрезвычайно важным вопрос об усреднении картины распределения ϵ и σ на картах, необходимые для расчетов поля. По-видимому, намечаются пути разумного выбора такого усреднения в зависимости от требуемой точности расчета поля и способа этого расчета.

ПРАКТИКА ДЕФЕКТОСКОПИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ КАЧЕСТВА ИЗДЕЛИЙ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

В. И. ЭТИНГОВ

1. Лабораторией физических методов исследования Иркутского филиала НИИ Химмаш выполняется значительный объем работ по разработке методик и внедрению производственного контроля на дефектность высоконагруженных деталей уникальных аппаратов и машин в условиях их ремонта и восстановления. Применяются следующие физические методы неразрушающего контроля: рентгеновский, гамма-лучевой, магнитный, ультразвуковой. Основные объекты исследования — оборудование особых поставок для получения искусственного жидкого топлива (реакционные аппараты, теплообменники, газосепараторы и др.), работающие при высоких температурах до 500°C и давлениях до 700 ат.

2. Ультразвуковой метод контроля является ведущим. Используется отечественная аппаратура УЗД-7; УЗД-7Н; 12-Т. Применяется импульсный эхо-метод и метод прозвучивания (теневой). Дефектоскоп настраивается перед работой по специальным эталонам. Успешно выявляются внутренние объем-

ные дефекты (флокены, трещины, зоны крупнозернистости); контроль можно вести по грубообработанной поверхности с применением специальной пленки.

3. Большой интерес представляет контроль корпусов аппаратов высокого давления, подвергнутых удару и термическому воздействию снарядами и бомбами. При контроле мест поражений наблюдается повышенное рассеяние ультразвука, что объясняется возникшими структурными неоднородностями. О наблюдаемых структурных неоднородностях в зонах поражений при ультразвуковом контроле указывается также в некоторых работах немецких физиков. В настоящее время лабораторией производится исследование в области ультразвукового структурного анализа. Исследовалось прохождение ультразвуковых колебаний в сталях при различных режимах термообработки.

4. Представляет практический интерес дефектоскопическое исследование большой группы монтажных цапф аппаратов высокого давления. В цапфах были обнаружены ультразвуковым и магнитным контролем флокены. Интересен контроль поражений корпуса одного из теплообменников. Ультразвуком обнаружены внутренние трещины в металле, образовавшиеся при сильном ударе. На строительстве Иркутской гидроэлектростанции были проконтролированы некоторые детали гидротурбин 1-го и 2-го агрегатов. Выявленные опасные трещины были выведены и детали исправлены.

5. Пятилетний опыт работ лаборатории по внедрению физических методов контроля качества деталей на промышленных предприятиях показал высокую эффективность применяемых методов при их разумном комплексном сочетании.

ВИХРЕВЫЕ ТОКИ В МАССИВНЫХ ТЕЛАХ, ДВИЖУЩИХСЯ В ПОСТОЯННОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ СОСРЕДОТОЧЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Б. Ф. КОНОНКОВ

Кафедра электромагнитных колебаний Томского университета

Вопрос о величине и направлении вихревых токов в массивных телах, движущихся с постоянной скоростью в магнитном поле сосредоточенных источников, представляет большой интерес для задач магнитного торможения и электромагнитной дефектоскопии рельсов. Вопрос этот освещен теоретически и экспериментально недостаточно.

Приводятся данные опытов, проведенных с вращающимися ободьями в поле П-образного электромагнита при окружных скоростях в пределах от 10 до 60 км/час. С помощью скользящих контактов сняты кривые распределения переферийной плотности вихревых токов и установлена основная картина их прохождения. Получены кривые распределения составляющих напряженности магнитного поля у поверхности вращающегося обода. По составляющим напряженности магнитного поля рассчитаны значения плотности вихревых токов; расчеты оказались в удовлетворительном согласии с опытом. Проведены замеры распределения магнитного потока по площади сечения вращающегося обода; обнаружен довольно сильно выраженный поверхностный эффект. Выполнен ряд исследований по выяснению картин распределения вихревых токов и магнитного поля на немагнитной вращающейся модели.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ВИХРЕВЫХ ТОКОВ В МЕТАЛЛИЧЕСКОМ ПОЛУПРОСТРАНСТВЕ

Н. В. МИРОШИН

Кафедра электромагнитных колебаний Томского университета

Проведен расчет распределения плотности вихревых токов в проводящем металлическом (немагнитном и магнитном) полупространстве при намагничивании последнего переменным полем сосредоточенного источника (точечный полюс с переменной магнитной массой). Исследования картины распределения плотности вихревых токов проведены по методу численного интегрирования. Изучено распределение плотности токов по глубине в плоскостях, параллельных границе полупространства. Рассмотрена зависимость величины и фазы плотности токов от электропроводности и магнитной проницаемости металлического полупространства и частоты намагничивающего поля источника (диапазон частот поля 50—500 пер/сек.). Картина распределения плотности вихревых токов в полупространстве характеризуется следующими моментами:

1. Плотность вихревых токов имеет резко выраженное максимальное значение на некотором расстоянии от оси источника поля; радиус кольца наибольшей плотности токов уменьшается по мере увеличения частоты (от 50 до 500 пер. сек/сек).

2. Радиус кольца с наибольшей плотностью вихревых токов увеличивается по мере удаления плоскости точек наблюдения от полюса.

3. Фаза плотности токов изменяется как в направлении радиуса кольца, так и в глубину полупространства.

4. Максимальное значение модуля плотности вихревых токов увеличивается с увеличением: частоты поля, электропроводности материала полупространства и магнитной проницаемости последнего.

РЕАКЦИЯ НА ВИТОК, ОБТЕКАЕМЫЙ ПЕРЕМЕННЫМ ТОКОМ СЛАБОПРОВОДЯЩЕГО СЛАБОМАГНИТНОГО ПОЛУПРОСТРАНСТВА

В. С. СЕМЕНОВ

Кафедра электромагнитных колебаний Томского университета

1. При решении многих практических задач из области гео-разведки переменными полями возникает вопрос о величине и характере вторичного поля от земли. С точки зрения получения общего решения данная задача не представляет какого-либо труда. Основная трудность заключается в получении формул, пригодных для практических расчетов. Известные из литературы задачи о магнитном диполе в результате или своей постановки, или особенности решения часто не могут быть практически использованы.

2. В работе автора получены приближенные формулы для расчета э. д. силы, наведенной в виток поисковой рамки за счет: 1) протекания в земле вихревых токов; 2) за счет наличия у земли слабых магнитных свойств.

3. При выводе формул существенным образом использовалось то обстоятельство, что для слабopодящих сред, какими являются почвы, и для невысоких частот параметр $k_1 = |k|a$, где K —волновое число и A —радиус рамки, меньше единицы.

4. Анализируя полученные при сделанных допущениях формулы, можно сделать вывод, что компонента э. д. с., обусловленная вихревыми токами, носит активный характер, в то время как э. д. с., обязанная своим происхождением наличию у земли магнитных свойств, имеет характер реактивный.

Из этих же формул следует, что наличие у земли даже очень слабых магнитных свойств существенным образом сказывается на величине и структуре наведенной в витке э. д. с.

МАТЕРИАЛЫ ПО ВЫЯВЛЯЕМОСТИ ИСКУССТВЕННЫХ ДЕФЕКТОВ В МАССИВНЫХ ТЕЛАХ, ДВИЖУЩИХСЯ В ПОСТОЯННОМ ПОЛЕ СОСРЕДОТОЧЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Б. Ф. КОНОНКОВ

Кафедра электромагнитных колебаний Томского университета

Вопрос о физических процессах, обеспечивающих обнаружение дефектов в рельсах при использовании вагонов-дефектоскопов, освещен недостаточно. В связи с указанным обстоятельством автором проделан ряд опытов на стальных ободьях, вращающихся с окружной скоростью 10—60 км/час и имеющих искусственные дефекты. Одной из задач этих опытов является выяснение роли вихревых токов при обнаружении дефектов.

Автором получены осциллограммы поля рассеяния дефектов типа поперечного, вертикально-продольного и горизонтально-продольного разрезов в ободе при различных ориентировках искательной катушки относительно полюсов П-образного электромагнита. Получены также осциллограммы для вихревых токов на целых участках обода и на участках дефектных. Показано заметное влияние дефекта на форму этих осциллограмм, резко уменьшающееся при запаивании дефекта. Путем запаивания разрезов с поверхности установлено наличие весьма заметного влияния вихревых токов на выявляемость дефектов по величине и форме магнитного поля рассеяния.

Установлены области междуполюсного пространства электромагнита, где выявляемость дефектов наибольшая. Проведены опыты с выявляемостью искусственных дефектов в немагнитном ободе.

К ВОПРОСУ О ВЫЯВЛЯЕМОСТИ ПОЛУОТКРЫТЫХ ЛОКАЛЬНЫХ ДЕФЕКТОВ

Н. В. МИРОШИН

Кафедра электромагнитных колебаний Томского университета

«Полуоткрытыми дефектами» нами названы дефекты, открывающиеся на недоступную для непосредственного обследования сторону изделия. Примером полуоткрытых дефектов являются: коррозионные истончения с внутренней стороны стенок

труб, котлов и обшивок, несимметрия при истончении части стенок пустотелых отливок, оболочек и т. д.

Рассматривается задача об обнаружении в пластинке при намагничении ее в продольном однородном поле «локальных» полукруглых дефектов, т. е. полукруглых дефектов, которые представляют единичные очаги сферической и цилиндрической формы. В случае намагничивания пластины постоянным магнитным полем использован предложенный автором совместно с А. Б. Сапожниковым приближенный метод поля от локального полукруглого дефекта сферической и цилиндрической формы.

Сравнения результатов расчета поля рассеяния от «полукруглых» с выявляемостью «полных» дефектов (т. е. сферы и цилиндра) внутри (в середине) пластины с двойной толщиной показали, что выявляемость полукруглого дефекта лишь немного меньше выявляемости соответствующего полного дефекта. Имеется качественное соответствие расчетов с данными опыта.

Опытным путем оценена выявляемость локального полукруглого дефекта при намагничении пластины переменным (50 пер/сек) однородным полем.

Выявляемость полукруглого дефекта в пластине заданной толщины при намагничении ее однородным переменным полем значительно выше выявляемости «скрытого» дефекта, расположенного внутри (в середине) той же пластины. При переменных полях наблюдается значительно больше «электромагнитных помех», чем при постоянных полях; очень хорошо выявляются при переменных полях локализованные наклепы.

О РОЛИ ФАЗЫ ПЕРЕМЕННОГО ПОЛЯ ПРИ ВЫЯВЛЕНИИ ДЕФЕКТОВ В РЕЛЬСАХ

Н. В. МИРОШИН

Кафедра электромагнитных колебаний Томского университета

Выявляемость дефектов в рельсах с помощью искателя системы (типа) СФТИ определяется электродвижущей силой дебаланса в искательной системе. Электродвижущая сила дебаланса определяется изменениями результирующего магнитного поля при переходе искателя с целого участка рельса на дефектный. Изменение результирующего поля обусловлено изменением амплитуды и фазы вторичного поля (поля от намагниченного рельса).

Автором проведены исследования параметров электродвижущей силы дебаланса на дефектах разного типа на установке с двухструнным комплексным мостом. Результаты измерений показали, что не только амплитуда, но и фаза электродвижущей силы дебаланса изменяется на дефектах; изменение фазы характерно для типа дефекта. На трещинах фаза изменяется на величину, близкую 180 град., на других изъянах изменение фазы меньше 180 градусов.

Предлагается способ использования фазовых изменений индуктивной электродвижущей силы для повышения чувствительности и избирательности дефектоскопной аппаратуры по отношению к остроопасным дефектам в рельсах. Рассматриваются варианты дефектоскопов с фазочувствительным индикатором и частично раскомпенсированным искателем.

ОБТЕКАНИЕ ПОСТОЯННЫМ ТОКОМ ПЛАСТИНЫ С ПОПЕРЕЧНЫМ ДЕФЕКТОМ, ИМЕЮЩИМ ПРИЗМАТИЧЕСКИЙ ПРОФИЛЬ

Г. А. БЮЛЕР

Кафедра электромагнитных колебаний Томского университета

Решается задача нахождения потенциала электрического поля постоянного тока, протекающего через пластину с симметрично расположенным относительно ее средней плоскости дефектом (непроводящим), имеющим призматический профиль. Задача сводится к нахождению функции, отображающей полосу с вырезом в виде многоугольника на полосу без выреза; эта функция является комплексным потенциалом поля. Искомая функция находится в параметрической форме $Z = f_1(t)$, $W = f_2(t)$.

Функция $f_1(t)$, как правило, представляет собой комбинацию эллиптических интегралов и только в частном случае, когда многоугольник вырождается в сжатую трещину, она выражается через элементарные функции; этот случай поддается численному анализу.

Рассмотрены случаи прямоугольного и клиновидного выреза. Численные расчеты в этом случае довольно сложны, но после выделения особенностей они поддаются вычислению при помощи обычных квадратных формул. Анализ двух последних случаев позволяет сделать выводы о влиянии ширины раскрытия дефекта на величину и распределение потенциала поля на поверхности пластинки.

ПРЕДЕЛЬНЫЕ МОЩНОСТИ, ПЕРЕДАВАЕМЫЕ ПО ОТКРЫТОЙ ЛИНИИ ТИПА ОДИНОЧНОГО ПРОВОДА

М. С. БОБРОВНИКОВ

Кафедра радиофизики Томского университета

Вдоль круглого цилиндрического провода, покрытого слоем диэлектрика, могут распространяться поверхностные волны. Амплитуда этой волны в радиальном направлении быстро убывает, и практически все поле концентрируется в некоторой цилиндрической области, коаксиальной с проводом, без излучения в боковом направлении.

Обычные закрытые стандартные волноводы при передаче больших уровней мощности (порядка 10 мвт в импульсе при $\lambda = 10$ см) уже становятся непригодными, т. к. создаются градиенты электрического поля порядка электрической прочности воздуха (30 кв/см). По-видимому, выгодно в этом отношении должна отличаться открытая линия типа одиночного провода, поскольку энергия здесь локализуется в несколько большем объеме, чем в закрытом волноводе.

Исходя из этих соображений, проведено рассмотрение передачи предельной мощности по регулярной части цилиндрического провода радиуса «а» с идеальной проводимостью покрытого слоем диэлектрика толщиной $(b-a)$. Поле в диэлектрике и в свободном пространстве выражается в виде цилиндрических функций. Предельной мощностью P_{max} назовем такую мощность, при которой наступает электрический пробой воздуха.

Поток мощности вдоль провода можно записать в виде:

$$P_{max} = 2\pi^2 \sqrt{\frac{E_0}{\mu_0}} \frac{E_{max}^2}{\lambda \xi^2 h} \frac{\Gamma(b\xi)}{[H_1^{(1)}(ib\xi)]^2} \text{ ватт,} \quad (1)$$

где

$$\Gamma(b\xi) = \frac{(b\xi)^2}{2} \left\{ -\frac{2i}{b\xi} H_0^{(1)}(ib\xi) H_1^{(1)}(ib\xi) - [H_0^{(1)}(ib\xi)]^2 - [H_1^{(1)}(ib\xi)]^2 \right\}.$$

λ — длина волны в см, $\xi = \sqrt{h^2 - k^2}$, $k = \frac{2\pi}{\lambda}$

h — постоянная распространения,

$H_0^{(1)}$, $H_1^{(1)}$ — функция Ханкеля,

b — радиус провода с диэлектрическим покрытием,

$E_{max} = 30 \text{ кв/см.}$

В выражении (1) остается неизвестной одна постоянная h , которая определяется параметрами и находится из уравнения:

$$\frac{i\xi \epsilon H_0^{(1)}(i b \xi)}{\eta H_1^{(1)}(i b \xi)} = \frac{I_0(b \eta) H_0^{(1)}(a \eta) - I_0(a \eta) H_0^{(1)}(b \eta)}{I_1(b \eta) H_0^{(1)}(a \eta) - I_0(a \eta) H_1^{(1)}(b \eta)}, \quad (2)$$

где J_0, J_1 — функции Бесселя и $\eta = \sqrt{k^2 \epsilon - h^2}$.

Решение этого уравнения в общем случае представляет определенные трудности. Упрощение можно провести для проводов малого радиуса или очень большого по сравнению с длиной волны. Для практически интересного случая как раз приходится рассматривать решение уравнения (2) в общем случае. Были составлены номограммы для вычисления постоянной распространения h , которую всегда можно быстро найти по известным a, ϵ, E, λ . Например, для провода радиусом $a=1,9$ см, $\epsilon=2$ см, $E=3$ при длине волны 10 см предельная мощность составляет 43 мвт, при этом 90% всей энергии концентрируется вокруг провода в радиусе 17 см.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН В ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЕ ИЗ ПРОВОДЯЩИХ ПЛАСТИН

В. В. КОЛПАКОВ

Кафедра радиофизики Томского университета

1. В работе рассматривается распространение электромагнитных волн в безграничной периодической структуре, состоящей из ячеек прямоугольного сечения, которые образованы пересечением двух взаимно перпендикулярных систем из плоскопараллельных равноудаленных тонких проводящих пластин. Такая среда является по существу искусственным диэлектриком с потерями, электромагнитными свойствами которого можно варьировать, изменяя параметры структуры.

2. Задача решается с помощью приближенных граничных условий, которые получены в работе. Поле в структуре представляется в виде суперпозиции плоских волн, амплитуда которых является периодической функцией двух координат. Дисперсионное уравнение, полученное в работе, решается графически, приводятся кривые зависимости постоянных распространения и затухания от отношения длины волны к периоду структуры и сопротивления пластин на квадрат поверхности.

ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ЛИНЗЫ ЛЮНЕБЕРГА

В. Г. МЫШКИН

Кафедра радиофизики Томского университета

1. Трудности оптико-геометрического расчета линзы Люнеберга ставят задачу построения ее строгой—электродинамической теории.

2. В излагаемой работе проведен электродинамический расчет модифицированной цилиндрической линзы Люнеберга, облучаемой элементарным источником.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРОБОЯ В ВОЛНОВОДЕ НА ЧАСТОТЕ 9300 МГЦ

Г. В. ГРОЗИН и Л. М. БЕЗМАТЕРНЫХ

Кафедра радиофизики Томского университета

В имеющейся литературе по СВЧ пробоям воздуха в волноводе приводятся противоречивые данные о зависимости пробойной мощности от частоты повторения и длительности импульсов. В правильном определении этих зависимостей существенную роль играет методика определения пробойной мощности. Состояние разряда в волноводе характеризуется вероятностью пробоя в импульсе δ , $\delta = \frac{N_{пр}}{N}$. $N_{пр}$ — число пробоев за единицу времени. N — полное число импульсов за единицу времени. Предложена простая методика определения δ .

За пробойную мощность принимается мощность, при которой $\delta \rightarrow 0$

Проведенные измерения показали:

1. δ зависит от мощности, проходящей по волноводу.
2. При постоянной мощности и длительности импульса τ δ не зависит от частоты повторения — F .
3. При постоянной мощности δ зависит от длительности импульса.
4. $P_{пр}$ не зависит от F в интервале 100—2000 гц.
5. $P_{пр}$ не зависит от τ в интервале 0,5—6 мк/сек. Эти результаты позволяют судить о времени формирования СВЧ

разряда при атмосферном давлении. Поскольку P_{no} не зависит от τ до $\tau = 0,5 \mu\text{сек}$, то, очевидно, время формирования меньше этой величины.

ОТРАЖЕНИЕ ПЛОСКОЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ВОЛНЫ ОТ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ИЗ ПРОВОДЯЩИХ ПЛАСТИН

В. В. КОЛПАКОВ

Кафедра радиофизики Томского университета

1. В работе рассматриваются вопросы отражения плоской электромагнитной волны от периодической структуры, состоящей из ячеек прямоугольного сечения, образованных пересечением тонких пластин конечной проводимости, помещенной на металлической подложке.

2. Задача решается с помощью приближенных граничных условий и сводится к решению системы интегральных уравнений на плоскости комплексного переменного.

3. Выражение для коэффициента отражения представляется в виде быстро сходящегося ряда. Первый член ряда дает коэффициент отражения для полубесконечной периодической структуры. Следующее приближение отличается от выражения для коэффициента отражения от слоя однородного диэлектрика наличием двух коэффициентов, появляющихся вследствие искажения плоской волны у поверхности периодической структуры. Численный расчет показывает, что при вычислении бесконечных произведений достаточно ограничиться двумя первыми сомножителями.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО СТАТИСТИЧЕСКОГО КРИТЕРИЯ И КРИТЕРИЯ НЕЙМАНА-ПИРСОНА

П. П. БИРЮЛИН и Т. С. ГОЛОВАНОВА

Кафедра радиофизики Томского университета

В последние годы в связи с задачами радиолокации усиленно разрабатывается проблема обнаружения слабых сигналов на фоне помех. Наряду с другими методами большое место занимают статистические методы обнаружения. Некоторые из них сводятся к испытанию статистической гипотезы

о присутствии сигнала вместе с шумом против гипотезы о присутствии чистого шума. При выборе одной из этих гипотез при конечном времени испытания могут возникать ошибки двух родов:

1. Ошибка первого рода происходит тогда, когда принимается гипотеза о присутствии сигнала вместе с шумом, в то время как присутствует только один шум.

2. Ошибка второго рода происходит тогда, когда принимается гипотеза об отсутствии сигнала, в то время как он присутствует. Вероятности этих ошибок обозначаются, соответственно, через α и β . Для каждой задачи на основе проведенных измерений существует множество критериев по выбору той или иной гипотезы. Среди этих критериев есть один, который в соответствии с особенностью постановки задачи решает ее наилучшим образом. Такой критерий называется оптимальным.

По методу испытаний Неймана-Пирсона фиксируется число испытаний и вероятность ошибки первого рода α , вероятность же ошибки второго рода β минимизируется. Получающийся при этом критерий есть критерий Неймана-Пирсона. По методу последовательного анализа фиксируют вероятность α и β и требуют минимального среднего числа испытаний, необходимых для принятия решения в пользу той или иной гипотезы.

В литературе известно сравнение этих методов для частного случая, когда отношение сигнала, поступающего на приемник к его пороговому значению, равно единице.

В настоящей работе проводится сравнение метода Неймана-Пирсона с методом последовательного анализа для различных значений сигнала при фиксированном пороговом значении и вероятности ошибки первого рода.

К ВОПРОСУ О РАСЧЕТЕ ЦЕПЕЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ В ТРИОДНЫХ ГЕНЕРАТОРАХ СВЕРХВЫСОКИХ ЧАСТОТ

Э. С. ВОРОБЕЙЧИКОВ

Кафедра электромагнитных колебаний Томского университета

Триодные генераторы сверхвысоких частот на металлокерামических лампах находят широкое применение в радиотехнических устройствах. В связи с этим возникает необходимость проведения расчета такого рода генераторов. Существующие в настоящее время методы позволяют рассчитать резонансные частоты, приближенно определить эквивалентное сопротивление колебательной системы, но не дают возмож-

ность заранее решить вопрос об оптимальном режиме генератора; последнее обусловлено отсутствием методов расчета цепей обратной связи, параметры которых определяются путем кропотливого опытного подбора.

Автором была предпринята попытка дать метод расчета цепей обратной связи в триодных СВЧ генераторах.

На практике находят применение цепи обратной связи со связью между катодно-сеточной и анодно-сеточной цепями генератора через посредство электрического поля (емкостная), через посредство магнитного поля (индуктивная) и с помощью обоих полей одновременно (смешанная или комбинированная). Емкостными элементами связи могут служить штыри или окна в общей стенке резонаторов, а также трамбоны с емкостными элементами на концах и междуэлектродные емкости лампы. Индуктивными — узкие поперечные щели (по отношению к току петли. Смешанная связь осуществляется с помощью окон, штырей с петлями, колец.

Поскольку оказывается возможным путем применения эквивалентных схем приводить один вид связи к другому, авторами проведен расчет цепей обратной связи в последующих случаях: 1) связь между резонаторами с помощью окон; 2) связь между резонаторами с помощью петель и штырей; 3) кольцевая связь между резонаторами. Полученные расчетные формулы позволяют определить параметры элементов связи (геометрические размеры и место их расположения) по заданной величине коэффициента обратной связи в длинноволновой части диапазона волн. Эксперимент проведен на генераторах, в которых используются специальные лампы.

Методика измерения коэффициента обратной связи была основана на том, что напряженность электромагнитного поля в резонаторах генератора пропорциональна напряжениям между электродами лампы. Это позволило провести измерения как с помощью возбуждения колебательной системы негенерирующего генератора внешним сигналом, так и на генерирующем генераторе.

В результате проведенной работы явилась возможность ориентировочного расчета цепей обратной связи в генераторах сверхвысоких частот на металлокерамических лампах, используемых в схеме с общей сеткой.

ИЗМЕРЕНИЕ МАЛЫХ УХОДОВ НЕСУЩЕЙ ЧАСТОТЫ РАДИОИМПУЛЬСОВ

Н. К. ГОРДИЕНКО

Кафедра электромагнитных колебаний Томского университета

1. Работа посвящена в основном разработке методики измерения малых уходов несущей частоты (порядка 10 кгц) коротких радиоимпульсов от импульса к импульсу. Такая методика представляет большой интерес, в частности, для проверки стабильности частоты магнетронных передатчиков когерентно-импульсных радиолокационных станций. Эксперименты показывают, что малые уходы частоты не сопровождаются заметными изменениями амплитуды импульсов. Это позволяет не производить амплитудного ограничения сигнала и использовать простую измерительную установку, состоящую из дискриминатора частоты сантиметрового диапазона и осциллографа.

2. В предлагаемой установке используется дискриминатор частоты интерференционного типа. Высокочастотный импульс поступает на балансный фазовый детектор по двум каналам — через канал с задержкой (время задержки порядка одной десятой длительности импульса) и через регулируемый градуированный фазовращатель, с помощью которого производится балансировка схемы. В результате изменения несущей частоты от импульса к импульсу амплитуда видеоимпульсов на выходе фазового детектора также изменяется от импульса к импульсу. Надлежащая частотная градуировка установки позволяет определить уходы частоты по измеренной разности амплитуд соседних (во времени) видеоимпульсов.

3. При обеспечении достаточно хорошего согласования высокочастотных элементов схемы методика является абсолютной, т. е. частотная градуировка установки может производиться без применения каких-либо частотноизмерительных приборов. Такая градуировка может быть выполнена с помощью используемого в установке фазовращателя.

4. Показано теоретически и экспериментально, что с помощью описанной установки может также производиться оценка величины ухода частоты на протяжении одного импульса и определяться направление этого ухода.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРИОДНОГО ГЕНЕРАТОРА СРЕДНЕВОЛНОВОЙ ЧАСТИ САНТИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА

Э. С. ВОРОБЕЙЧИКОВ

Кафедра электромагнитных колебаний Томского университета

В связи с разработкой специальных конструкций электронных ламп в последнее время появлялась возможность создания генераторов, работающих в средневолновой части сантиметрового диапазона. Применение коаксиальных резонаторов в таких генераторах нецелесообразно, поэтому используются связанные между собой отрезки волноводов.

Исследование работы генератора указанного диапазона сводится, таким образом, к изучению возбуждения системы связанных волноводов электронным потоком и нахождению условий, при которых возникающие колебания поддерживаются в системе без действия внешней силы.

Проведенный автором анализ включает в себя решение следующих задач:

1. Возбуждение электронным потоком волновода, закороченного на одном конце и связанного с передающим волноводом с помощью диаграммы—на другом.

2. Связь двух полых резонаторов с помощью окон, имея в виду связь катодно-сеточного и анодно-сеточного резонатора.

3. Определение условий, при которых в системе, состоящей из двух резонаторов, связанных между собой и возбуждаемых электронным потоком, выполняются условия самовозбуждения.

Полученные соотношения позволяют определить по заданной длине волны геометрические размеры резонаторов, а также размеры и расположение окон связи. Кроме того, имеется возможность ориентировочного расчета оптимального режима генератора.

НЕКОТОРЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В СОЗДАНИИ ПРИБОРОВ СВЧ ДИАПАЗОНА С ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИМ УПРАВЛЕНИЕМ

В. А. КАБУЛЯНСКИЙ

За последние годы в области электроники СВЧ наблюдается особенно бурное развитие ламп с бегущей волной, с обратной волной и других приборов с новыми принципами управления. В то же время некоторые пути развития ламп с управляющей сеткой продолжают занимать видное место.

Основными направлениями являются:

1. Создание все более мощных триодов и тетродов дециметрового диапазона.

2. Создание приемно-усилительных и маломощных генераторных триодов сантиметрового диапазона, соответственно с минимальными внутриламповыми шумами и максимальным коэффициентом полезного действия. В этих областях определенные успехи достигнуты и коллективом ОКБ.

При разработке ламп обеих упомянутых групп имеется явно выраженная тенденция базироваться на металло-керамических конструкциях. Это объясняется рядом достоинств керамики по сравнению со стеклом и большими технологическими и конструктивными преимуществами металло-керамических систем.

Проведенная модернизация отечественной серии МКЛ позволила расширить область применения и повысить их надежность. В настоящее время электрические параметры и эксплуатационные данные отечественных дециметровых металло-керамических триодов не уступают широко применяемым за границей различным маячковым лампам.

Разработанные триоды ГИ-14Б и СГ-1Б позволили довести полезную мощность серии МКЛ в дециметровом диапазоне соответственно до 150 квт в импульсном и 400—500 ватт в непрерывном режимах.

В области мощных ламп с управляющей сеткой дециметрового диапазона в современной мировой электронике имеются два направления: а) создание тетродов, работающих в схемах на катодной или сеточной основах, причем лучшие практические результаты достигнуты на металло-керамических тетродах для схем с катодной основой. Они на частотах до 1000 мгц имеют мощности свыше 15 квт при удовлетворительных КПД и ширине полосы. Имеются металло-керамические усилительные тетроды, обеспечивающие 1—2 квт в дециметровом диапазоне при работе в схемах на сеточной основе при коэффициенте усиления по мощности 5—6 и ширине полосы более 6 мгц. Решающим фактором в получении требуемой полосы частот является стремление обеспечить такую конструкцию тетрода, при которой возможна работа на первом узле напряжения. Другим средством увеличения полосы является применение полуволновых контуров специальной конструкции, обеспечивающих уменьшение нагруженной добротности выходного контура; б) мощность дециметровых триодов доводится до 1—2 и более квт. Несмотря на меньшую ширину полосы, достижимую на триодах, и большие потери в сеточных цепях, мощные триоды имеют ряд эксплуатационных преимуществ над тетродами.

В области приемно-усилительных и маломощных генераторов триодов СВЧ практически достигнутые рабочие частоты значительно превзошли ранее предсказывавшиеся пределы.

Наиболее ярко выраженным направлением в стремлении получить большие мощности на более высоких частотах является создание СВЧ триодов, работающих с большими плотностями тока с катода, большими мощностями, рассеиваемыми на сетке, и, естественно, меньшими расстояниями между электродами. Еще 5 лет тому назад триоды, обеспечивающие 1—3 ватта на 4000 мггц, казались трудно осуществимыми. В настоящее время такие приборы становятся реальностью, причем, широкое применение керамики позволяет повышать рабочие температуры, а, следовательно, и мощности при более точном выполнении размеров, т. е. удастся увеличивать плотности энергии без увеличения относительных габаритов ламп.

Достижения в области приемно-усилительных ламп характеризуются низкими уровнями шумов триодов. Так, созданы триоды, обеспечивающие на частоте 1200 мггц коэффициент шума около 9 дб и коэффициент усиления 16 дб. Этим успехам в значительной степени способствуют новые технологические процессы, в частности, комплекс процессов, используемых за границей и у нас, в лампах титано-керамической конструкции.

Прочная оболочка таких ламп образуется титановыми и керамическими дисками, последние служат изоляторами между электродами. Применение специально разработанной форстеритовой керамики, изготавливаемой методом горячего литья, имеющей близкий к титану коэффициент расширения в широком диапазоне температур позволяет получать спай высокой надежности. Прогрев арматуры, откачка и пайка ламп производятся под вакуумным колпаком без применения штангеле. В таких лампах используется тонкоструктурная сетка рамочного типа, а расстояние между катодом и сеткой в горячем состоянии составляет 15—40 мк.

Для обеспечения высоких значений КПД в генераторах сантиметрового диапазона наряду с необходимостью использования высокоэффективных катодов, улучшением геометрии триодов и получением высоких параметров, в частности (S/c), значительное внимание при конструировании самих ламп уделяется потребности увеличения резонансного сопротивления контуров. Применение так называемых промежуточных контуров позволяет значительно повысить резонансные сопротивления выходных систем по сравнению с контурами типа $3 \lambda/4$. При переходе к волнам короче 7—8 см лампе либо необходимо придавать форму, допускающую приближение емкости связи с промежуточным контуром к междуэлектродному

пространству, либо предусматривать создание такого контура внутри лампы.

Достижения в конструировании триодов СВЧ дают основание рассчитывать на создание и освоение в производстве в ближайшие несколько лет как за границей, так и в СССР триодов сантиметрового диапазона. При этом на частотах 4000—5000 мГц полезная мощность сможет быть доведена до 10—15 Вт при КПД 10—15%. На частотах 8000—10000 мГц кажется реальным создание триодов с мощностью до 200—300 мВт при КПД до 2—3%.

КОНСТРУИРОВАНИЕ ГЕНЕРАТОРОВ САНТИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА

А. С. МЕЛЬНИЧЕНКО

Появление электровакуумных приборов сантиметрового диапазона вызывает необходимость разработки соответствующих колебательных систем. В этом диапазоне конструктивное выполнение колебательной системы сильно влияет на качество работы генератора.

Основными факторами, определяющими работу генератора СВЧ, являются: 1) тип колебательной системы; 2) качество контактов, соединяющих лампу с контуром, и короткозамыкающих поршней, 3) правильный выбор типа и величины обратной связи.

Коллективом лаборатории радиоизмерений за последние годы проведена большая работа по созданию генераторов сантиметрового диапазона на металлокерамических лампах. Основное внимание было уделено созданию специальных колебательных систем, разработке метода определения качества контактов измерения резонансного сопротивления и выбора конструкции обратной связи.

1. С уменьшением длины волны размеры контуров уменьшаются и работа на первом узле становится невозможной. Переход на второй узел приводит к снижению резонансного сопротивления и, следовательно, к ухудшению выходных параметров генератора. Если вблизи первого узла напряжения поставить специальную шайбу, то контур разделится на две части. Энергия первого контура только частично переходит во второй — промежуточный, из которого отбирается в нагрузку. Поскольку напряжение во втором контуре уменьшается, то уменьшаются и потери, что приводит к увеличению резонансного сопротивления. Такие генераторы с промежуточным контуром имеют более высокий КПД и уменьшенные габа-

риты. Для широкополосного усиления целесообразно применять так называемый генератор с полуволновым контуром. Анодный контур такого генератора состоит из двух четвертьволновых линий — одной с высоким реактивным сопротивлением, другой — с низким; к последней непосредственно подключается выходная линия.

2. Влияние конструкции контактов на резонансное сопротивление контура нами определялось по измеренной добротности контура с каждым типом контакта. Ненагруженная добротность изменялась в зависимости от типа контактов (дисковые, четвертьволновые, емкостные). Лучшие результаты дают четвертьволновые гальванические и емкостные короткозамыкатели. Широкое практическое применение получили емкостные короткозамыкатели из оксидированного алюминия.

3. Устойчивая работа автогенератора обеспечивается правильным выбором типа и величины обратной связи. Заслуживает внимания связь по кольцевому зазору в общей стенке контуров. В генераторах с такой связью достигнуто увеличение КПД и рабочей частоты при устойчивой работе. Диапазон перекрытия по частоте составляет 50—60% без подстройки связи.

К ВОПРОСУ О КОНТАКТНОМ ЗАЖИГАНИИ РТУТНОЙ ДУГИ

И. М. ЦИНМАН

1. Исследовалось явление возбуждения дуги при замыкании электрической цепи между ртутным катодом и вольфрамовым или молибденовым электродами.

2. Величина возбуждения зависит от параметров разрядной цепи (величины емкости, сопротивления) и от температуры поджигающего электрода.

3. Температурная зависимость напряжения возбуждения имеет минимум при температуре зажигающего электрода порядка 550°C, что соответствует положению температурного максимума частоты обратных зажигания в приборах со ртутным катодом.

4. Наименьшее напряжение возбуждения дуги с емкостью в цепи зажигания равной 2000 μF и при температуре поджигающего электрода порядка 550°C имело значение 1,8 вольт.

5. В момент замыкания электрической цепи между ртутным катодом и поджигающим электродом наблюдается появление электронной и ионной эмиссии, природа которой подлежит дальнейшему исследованию.

6. Полученные зависимости величины напряжения возбуждения дуги от параметров цепи зажигания могут быть объяснены исходя из автоэлектронной природы возбуждения катодного пятна на ртутном катоде.

УСТАНОВЛЕНИЕ КОЛЕБАНИЙ В ИМПУЛЬСНОМ МАГНЕТРОНЕ В ПРИСУТСТВИИ СИНХРОНИЗИРУЮЩЕГО СИГНАЛА

Ф. М. КЛЕМЕНТЬЕВ и В. В. ДЕГТЯРЕВ

Кафедра электромагнитных колебаний Томского университета

Процессы установления колебаний в импульсных автогенераторах оказывают значительное влияние на когерентность колебаний от импульса к импульсу. Время установления колебаний в системе в значительной степени зависит от начальных значений амплитуды и фазы колебаний в генераторе.

Флюктуационный характер этих величин в начале колебаний приводит к перемещению фронта высокочастотного импульса во времени и, таким образом, — к ухудшению когерентности колебаний от импульса к импульсу. В присутствии внешнего сигнала начальные значения фазы и амплитуды будут определяться не только шумами, но и синхронизирующим сигналом. При сравнительно «больших» значениях внешнего сигнала роль шумов в «образовании» начальных значений амплитуды и фазы колебаний уменьшается, что приводит к усилению когерентности колебаний.

Решение задачи проведено авторами при наличии аналитического выражения для динамической характеристики магнетрона, т. е. для зависимости электронной проводимости системы от высокочастотного напряжения на контуре. Эта зависимость найдена из анализа электронных процессов в магнетроне. Решение в том виде, как оно дано авторами, приводится впервые.

На основе анализа решения уравнений получен ряд выводов относительно установления фазы и амплитуды.

Установлено, в частности, что величина амплитуды внешнего сигнала оказывает существенное влияние на время установления амплитуды и фазы колебаний.

Предполагается существование оптимального значения амплитуды внешнего сигнала, при котором его синхронизирующее действие максимально. При других значениях амплитуды внешнего сигнала (меньших или больших оптимального) его эффективность уменьшается.

РАБОТА ГЕНЕРАТОРА С КРИСТАЛЛИЧЕСКИМ ТРИОДОМ НА ЧАСТОТАХ ВЫШЕ КРИТИЧЕСКОЙ

В. Н. ДЕТИНКО

Кафедра электромагнитных колебаний Томского университета

1. Создание генераторов очень высоких частот на кристаллических триодах часто связано с необходимостью использования диапазона, лежащего за пределами критической частоты кристаллического триода. Основным расчетным параметром, определяющим поведение кристаллического триода в этом диапазоне, служит коэффициент усиления по току короткого замыкания коллекторной цепи. Известные аналитические выражения для этого параметра сложны и поэтому неудобны для расчета генератора. В предлагаемой работе дается простая формула для расчета коэффициента усиления по току на частотах выше критической.

2. Дается линейная теория генератора на плоском триоде с индуктивной обратной связью. Показано, что при малой величине емкости коллекторного перехода такой генератор может работать вплоть до частоты, в 9—10 раз превышающей критическую.

3. Показывается, что частотный потолок генерации сильно зависит от величины емкости коллекторного перехода: чем больше эта емкость, тем ниже частотный потолок.

4. Амплитуда генерируемого сигнала зависит от величины сопротивления базы и сопротивления эмиттерного перехода: сопротивление последнего должно быть меньше сопротивления базы. Сопротивление базы в свою очередь должно быть как можно меньше.

5. На основании проведенного анализа делается о том, что наиболее приемлемыми для генерации очень высоких частот являются кристаллические триоды со структурой типа $p-i-p$ и $p-p-i-p$.

ПЕРЕСТРОЙКА ЧАСТОТЫ ОБЪЕМНЫХ РЕЗОНАТОРОВ С ПОМОЩЬЮ ФЕРРИТОВ

В. В. ДЕГТЯРЕВ И Ф. М. КЛЕМЕНТЬЕВ

Кафедра электромагнитных колебаний Томского университета

Зависимость магнитной проницаемости феррита от величины внешнего подмагничивающего поля позволяет осуществить электрическую перестройку частоты объемных резонаторов сантиметрового диапазона. Эффективность того или иного

способа помещения феррита в резонатор удобно характеризовать безразмерным параметром F , представляющим собою произведение из добротности резонатора на относительный диапазон перестройки частоты. Проведенный методами теорий возмущений расчет показал, что при взаимно ортогональной ориентации подмагничивающего и высокочастотного магнитного поля параметр F в несколько раз больше, чем при параллельной ориентации названных полей. Однако в последнем случае перестройка осуществляется при более слабом внешнем поле. Эксперименты качественно подтверждают теоретические выводы. В заключение указывается, что современные ферриты не позволяют получить для параметра F значения, большего нескольких десятков. Формулируются требования, которым должен удовлетворять феррит, пригодный для использования в широко-диапазонных и высокособотных резонаторах.

МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИЕ ШИРОКОПОЛОСНЫЕ ТЕТРОДЫ СВЧ

В. М. БРАСЛАВЕЦ

Среди многочисленных типов электровакуумных приборов с электростатическим управлением, выпускаемых отечественной промышленностью, до последнего времени отсутствовали триоды или тетроды с мощностью порядка нескольких сотен ватт в дециметровом диапазоне волн, потребность же в этих приборах для различных отраслей народного хозяйства (радиопередающие устройства СВЧ диапазона, телевидение, высокочастотный нагрев диэлектриков и др.) очевидна.

В указанном диапазоне частот металлокерамические лампы имеют существенные преимущества перед стеклянными или металлическими лампами, а в верхней части диапазона конструкция металлокерамических ламп зачастую оказывается единственно возможной.

В генераторах с независимым возбуждением большая величина проходной емкости сетка-анод ограничивает использование трехэлектродных ламп, применение же различных схем нейтрализации встречает значительные трудности вследствие индуктивности выводов ламп и монтажных приборов. Схема с заземленной сеткой также не может привести к полному устранению влияния проходной емкости.

Электростатическое экранирование — наиболее простой и совершенный способ резкого уменьшения отрицательного действия проходной емкости. Применение тетродов позволяет получить уменьшенные по сравнению с триодами значения вы-

ходной емкости, а также использовать более низкие анодные напряжения, что особенно важно в случае необходимости получения широкой полосы усиливаемых частот. Эти основные преимущества тетродов, несмотря на более сложное устройство, привели к их широкому распространению в генераторах СВЧ с независимым возбуждением.

Для триодов и тетродов СВЧ возможны как плоская, так и цилиндрическая система электродов. Плоская система более предпочтительна на частотах выше 3000 мГц. Цилиндрическая конструкция находит применение в лампах большой мощности, так как при этом удается достигнуть меньших габаритных размеров ламп и контуров, уменьшить удельные мощности рассеивания на электродах, значительно улучшить условия охлаждения электродов ламп.

Основные проблемы, возникшие при разработке тетрода для усиления мощности в ОКБ завода п/я 92, связаны как с конструкцией самой лампы, так и с требованиями, предъявляемыми к контурам и контурным элементам. Одним из наиболее сложных вопросов в тетроде является разработка технологии сеток. Использование электронно-лучевого принципа для уменьшения токов экранирующей сетки и динаotronного эффекта, с одной стороны, и необходимость рассеивания достаточно большой мощности,— с другой, привели к разработке технологии штамповки «цельной» сетки, при которой как витки сетки, так и их держатели изготавливаются из одного и того же материала, причем между витками и держателями отсутствуют сварные или какие-либо другие переходные соединения, что исключает возникновение нежелательных деформаций сеток при их разогреве.

Повышенные требования к механической прочности сеток обеспечиваются применением прямоугольной формы сечения витков, при этом следует отметить, что существующие формулы для расчета электростатического коэффициента усиления при круглом или квадратном сечении в случае прямоугольного сечения являются неприемлемыми. При прямоугольном сечении витков сетки явление «провисания» не наблюдается при шаге сетки в два раза превышающем расстояние катод-сетка.

Основными схемами использования тетродов является схема с общей сеткой или с общим катодом; для получения большого коэффициента усиления при относительно узких полосах схема с общим катодом дает лучшие результаты, в случае необходимости получения более широкой полосы частот предпочтительнее схема с общей сеткой. Однако, для любой схемы необходимо стремиться к максимальной величине произведения усиления на ширину полосы.

Ширина полосы в схеме с общей сеткой определяется, главным образом, полосой выходного резонатора, так как вы-

ходной катодно-сеточный контур сильно нагружен входной проводимостью лампы. Для получения широкой полосы усиливаемых частот необходимо уменьшать нагруженную добротность выходного контура, или, что то же, стремиться к работе выходного контура на колебаниях типа $\lambda/4$. Но работа выходного контура на колебаниях $\lambda/4$ с мощными генераторными лампами из-за большой величины сосредоточенной емкости C_{ag_2} не всегда возможна, так как первый узел напряжения помещается внутри лампы. При переходе к колебаниям типа $3/4 \lambda$ нагруженная добротность и, следовательно, ширина полосы при одинаковой выходной мощности уменьшается, по крайней мере, в два раза. Для обеспечения требуемой ширины полосы при невозможности работы на первом узле напряжения нецелесообразно применять полуволновой выходной контур или прямоугольный волноводный резонатор вместо коаксиального, в последнем случае трудно избавиться от мешающих волн.

МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО СМЕЩЕНИЯ ЧАСТОТЫ МАГНЕТРОНА

В. В. ДЕГТЯРЕВ и Т. Л. ЛЕВДИКОВА

Кафедра электромагнитных колебаний Томского университета

Измерение электронного смещения частоты магнетрона (ЭСЧ) встречается на практике ряд затруднений, связанных, в основном, с необходимостью исключения температурного влияния на частоту. Известные методы измерения ЭСЧ или недостаточно точны, или громоздки.

Авторами предлагается простой способ измерения ЭСЧ. Анодный ток магнетрона модулируется колебаниями прямоугольной формы с частотой в несколько десятков герц. Глубина модуляции может изменяться, однако, средний ток, а следовательно, и температура анодного блока, остаются при этом постоянными. Эффект ЭСЧ наблюдается на экране анализатора спектра.

В качестве модулирующего устройства используется электронная лампа, включенная последовательно с магнетроном. Внутреннее сопротивление лампы изменяется путем подачи модулирующего напряжения на одну из сеток. Мощность, рассеиваемая в лампе, невелика, вследствие малого динамического сопротивления магнетрона. При работе магнетрона в импульсном режиме колебания прямоугольной формы могут

быть поданы непосредственно на экранную сетку выходной лампы импульсного модулятора.

Предлагаемый метод может быть использован также для целей стабилизации анодного тока и частоты магнетрона.

ОПТИМАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ СРАВНИТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ПРУТКОВ С ПОМОЩЬЮ ПЕРЕМЕННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Б. И. БЕЛИКОВ

Кафедра электромагнитных колебаний Томского университета

В устройствах, предназначенных для контроля полуфабрикатов (в частности, прутков) с помощью переменного магнитного поля, как правило, остается открытым вопрос о том, насколько выгодна частота применяемого поля с точки зрения получения максимальной четкости в работе контрольного прибора (структуроскопа). В настоящей работе высказываются соображения по вопросу о выборе оптимальной частоты намагничивающего поля для контроля цилиндрических прутков при осевом намагничивании последних.

Рассмотрена дифференциальная схема контроля и схема с последовательным замещением контролируемого образца эталонным; получены соответствующие этим схемам выражения для относительных значений разницы в магнитных потоках. Результаты расчетов представлены в форме кривых в функции от аргумента $x = a\sqrt{4\pi \cdot 10^{-9} \omega \mu}$, где a — радиус прутка) при различных значениях отношения $h = (\alpha\sigma/\sigma)$: $(\alpha\mu/\mu)$. Кривые характеризуются, вообще говоря, наличием двух экстремумов.

Анализ кривых позволил дать некоторые рекомендации в смысле получения при магнитном анализе наибольшей эффективности.

Проведена серия опытов, имевших целью установить условия, при которых расчетные данные, полученные для идеализированных схем, достаточно близки к осуществимым на практике. Выявлены основные моменты, недоучет которых может привести к серьезным ошибкам.

МАТЕРИАЛЫ ПО ТОКОВОЙ ДЕФЕКТОСКОПИИ

А. Б. САПОЖНИКОВ и С. Б. РЫЖИНСКИЙ

Кафедра электромагнитных колебаний Томского университета

Обнаружение дефектов в металлических изделиях, в частности — в рельсах, за счет искажения структуры электрического поля постоянного тока, пропускаемого через изделие, является одним из эффективных, но мало освещенных методов физического контроля.

В работе приводятся приближенные расчеты, позволяющие дать численную оценку искажению электрического поля тока, протекающего через цилиндр с симметричным относительно оси последнего малым дефектом; искажение поля рассматривается на поверхности цилиндра.

Приводятся данные опытов, проведенных с электролитическими моделями для симметричного и несимметричного (нерасчетного) расположения дефекта; приводятся также результаты экспериментов с электролитической моделью рельса.

Спектроскопия

О ВЛИЯНИИ НЕКОТОРЫХ ВТОРИЧНЫХ ПРОЦЕССОВ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ИЗЛУЧЕНИЯ В ТЛЕЮЩЕМ РАЗРЯДЕ

Н. А. ПРИЛЕЖАЕВА

Кафедра оптики и спектроскопии Томского университета

1. Так называемые вторичные процессы, к которым следует отнести удары второго рода, ступенчатые процессы, каскадные переходы, рекомбинацию и реабсорбцию, начинают существенно влиять на интенсивность излучения тлеющего разряда с повышением давления газа и плотности тока. Задачей данной работы является получение приближенных критериев, позволяющих оценивать влияние последних четырех перечисленных процессов. Влияние ударов второго рода, как усиливающих, так и тушащих излучение, было рассмотрено нами ранее¹⁾.

2. Влияние процессов ступенчатого возбуждения рассматривается для того случая, когда между верхним возбужденным уровнем (2) и нижним уровнем (0) расположен один промежуточный уровень (1), посредством которого осуществляются ступенчатые процессы. Применение принципа детального равновесия для случая, когда уровень (1) является метастабильным, дает для относительного изменения интенсивности за счет ступенчатых процессов

$$\frac{\Delta I}{I} = \frac{\alpha_{01}}{\alpha_{02}},$$

где α_{01} и α_{02} — вероятности возбуждения уровней (1) и (2) электронным ударом.

Для не метастабильного промежуточного уровня получаем

¹⁾ Н. А. Прилежаева, Доклад на 10 Всесоюзном совещании по спектроскопии, г. Львов, 1956 г.

$$\frac{\Delta I}{I} = \frac{\alpha_{01} + \alpha_{02}}{\alpha_{02}} \frac{\alpha_{12} n_e}{A_{10}},$$

где α_{12} — вероятность перехода с уровня (1) на уровень (2) при электронном ударе, n_e — концентрация электронов и A_{10} — вероятность спонтанного излучения с уровня (1).

3. Влияние каскадных процессов на интенсивность излучения рассматривается как результат увеличения заселенности уровня (1) за счет спонтанных переходов на этот уровень с уровней (2), (3), (4),... При этом допущено, что уровни (1), (2), (3),... заселяются только с нижнего уровня за счет электронных ударов с вероятностями $\alpha_{01}, \alpha_{02}, \dots$, и что каскадные переходы не сказываются на заселенности уровней (2), (3), (4),...

Тогда относительное увеличение интенсивности излучения с уровня (1) будет:

$$\frac{\Delta I}{I} = \frac{A_{21}}{A_{21} + A_{20}} \cdot \frac{\alpha_{02}}{\alpha_{01}} + \frac{A_{31}}{A_{32} + A_{31} + A_{30}} \cdot \frac{\alpha_{03}}{\alpha_{01}} + \dots$$

4. Для оценки влияния процессов рекомбинации рассматривается увеличение заселенности i — того возбужденного уровня за счет рекомбинации положительных ионов с электронами в это состояние. Расчет по схеме, аналогичной предыдущим, дает

$$\frac{\Delta I}{I} = \frac{\alpha_r n^+}{\alpha_{0i} n_0},$$

где α_r — вероятность рекомбинации, n^+ и n_0 — концентрации ионизованных и нормальных атомов.

5. Учет влияния реабсорбции проводится в соответствии с теорией Ладенбурга в предположении доплеровского контура излучаемой линии. Делается допущение о том, что реабсорбцию можно не учитывать в том случае, когда она уменьшает интенсивность линии не более чем на 5%. Это допущение позволяет найти предельную допустимую концентрацию атомов на уровне, на котором заканчивается рассматриваемый переход. Для перехода с уровня i на уровень k эта предельная концентрация будет:

$$n_k = 8,6 \cdot 10^{28} \frac{g_k}{g_i A_{ik} \lambda_{ik}^3 (\text{\AA})} \sqrt{\frac{T \lambda_{ik}}{M}},$$

где g_i и g_k — статистические веса соответствующих уровней, λ_{ik} — длина волны линии, M — молекулярный или атомный вес излучающего газа.

6. В работе проводится анализ полученных соотношений, дается численная оценка влияния всех рассмотренных элементарных процессов и проводится сравнение с имеющимися в литературе экспериментальными данными.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ПОЛОС МОЛЕКУЛЫ СО В СМЕСИ С Аг В ПОЛОЖИТЕЛЬНОМ СТОЛБЕ ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА

И. И. МУРАВЬЕВ

Кафедра оптики и спектроскопии Томского университета

1. В практике спектрального анализа газов приходится иметь дело с различного рода смесями молекулярных газов. Причем, свечение отдельных компонентов анализируемых смесей сильно зависит от их состава.

В данной работе была поставлена задача — исследовать поведение интенсивности полос молекулы СО в смеси с аргонном. Исходя из некоторых характеристик (потенциал ионизации, потенциал возбуждения и др.) указанных молекул, можно было ожидать, что добавление к чистому СО определенных порций аргона должно повести за собой увеличение электронной температуры и других условий разряда, что в свою очередь должно сказаться определенным образом на поведении интенсивности полос молекулы СО при изменении процентного содержания аргона в смеси.

2. В работе были исследованы молекулярные полосы, принадлежащие 7 системам, из которых три синглетные и четыре триплетные. Поведение интенсивности молекулярных полос СО изучалось в зависимости от процентного состава смеси СО+Аг при постоянном общем давлении смеси и постоянном значении силы тока и от изменения силы тока при постоянном процентном составе смеси и постоянном общем давлении. Исследовались следующие пробы:

СО — 100%,	Аг — 0%,	СО — 60%,	Аг — 40%,
СО — 90%,	Аг — 10%,	СО — 40%,	Аг — 60%,
СО — 80%,	Аг — 20%,	СО — 20%,	Аг — 80%.

При общих давлениях смеси в мм Hg столба: 1,8; 1,5; 1,2; 0,8; 0,5; 0,2 и силе тока 80 ма. Смесь 60% СО+40% Аг исследовалась при общем давлении 0,8 мм Hg столба при изменении силы тока от 30 ма до 180 ма.

3. Для измерения электронной температуры был использован оптический метод измерения по относительной интенсивности линий атома водорода (H_α и H_β), для этого в пробу вводилось 10—15% водорода от общего давления. В результате измерения электронной температуры оказалось, что она значительно увеличивается с увеличением процентного содержания Ag в пробе (для $P_{\text{общ.}} = 1,8$ мм Hg столба для чистого CO электронная температура равна 15.000°K , а для смеси 20% CO + 80% Ag равна 25.000°K , а для $P_{\text{общ.}} = 0,2$ мм Hg столба изменяется от 33.000°K , до 43.000°K и меньше изменяется при изменении силы тока и постоянных других условиях (изменению силы тока в интервале 30 ма—180 ма соответствует изменение электронной температуры в интервале 23.000°K — 17.000°K).

4. В результате измерения относительных интенсивностей молекулярных полос CO, оказалось, что увеличение % содержания Ag в смеси оказывает большее влияние на триплетные системы полос, чем на синглетные, что можно объяснить изменением электронной температуры и влиянием вторичных процессов.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗБУЖДЕНИЯ ВРАЩАТЕЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ НЕКОТОРЫХ ДВУХАТОМНЫХ МОЛЕКУЛ В ТЛЕЮЩЕМ РАЗРЯДЕ

В. Н. ЕЛИЗАРЬЕВА

Кафедра оптики и спектроскопии Томского университета

1. В настоящей работе перед нами стояли две задачи: 1) Выяснить сохраняется ли при возбуждении молекул электронным ударом правило отбора $\Delta J = \pm 1$ которое имеет место при возбуждении молекул под действием света. В этом случае болцмановское распределение молекул по вращательным состояниям, которое имеет место для нормального состояния молекул, должно сохраниться и для всех возбужденных состояний. 2) Проверить экспериментально равна ли вращательная температура в тлеющем разряде температуре нейтрального газа и найти ее зависимость от давления газа и силы разрядного тока.

2. Для решения этих задач проведены определения значений вращательной температуры в тлеющем разряде из распределения интенсивности по вращательным линиям полос (0—3) $4059 \text{ \AA}$ второй положительной системы азота (переход

$C^3\pi - B^3\pi$), $(0-2)$ 5198 Å системы Ангстрема окиси углерода (переход $B^1\Sigma - A^1\pi$) и $(0-1)$ 4216 Å фиолетовой системы CN (переход $^2\Sigma - ^2\Sigma$) в смесях газов $N_2 + H_2$, $CO + H_2$, $N_2 + CO + H_2$ в интервале давлений от 0,5 до 6 мм рт. ст. при постоянном значении силы разрядного тока, равном 0,1 а, а также с изменением силы разрядного тока в интервале от 0,025 до 0,175а при постоянном давлении газа, равном 1 мм рт. ст.

3. Во всех случаях при графическом построении зависимостей $\lg \frac{I}{I_1}$ от $F'(j')$ мы получили прямые линии. Следовательно, в положительном столбе тлеющего разряда молекулы N_2 , CO и CN, как в нормальном, так и в возбужденном состояниях, распределены по вращательным уровням в соответствии с законом Больцмана.

4. Сопоставление значений вращательных температур, определенных по полосам спектра молекул N_2 и CO при одинаковых условиях возбуждения, но разных составах газа, показывает, что в пределах ошибок эксперимента, эти значения температуры совпадают. Следовательно, смесь газов в разряде можно характеризовать единой вращательной температурой. Это обстоятельство можно объяснить только тем, что при возбуждении молекулы электронным ударом их распределение по вращательным состояниям практически не изменяется и, следовательно, вращательная температура, определенная из вращательной структуры полос спектра этих молекул, равна температуре газа.

5. Для молекулы CN наблюдается два температурных интервала, из которых первый, найденный из низких вращательных состояний, близок к температурам, найденным по полосам спектра молекул N_2 и CO, а второй значительно их превышает. Таким образом, при наличии химических процессов вращательные температуры могут не отражать температуру нейтрального газа.

6. С ростом давления газа в указанном интервале при постоянной силе разрядного тока, равной 0,1а, температура газа возрастает от 560 до 1100°K; с ростом силы разрядного тока от 0,025а до 0,175а при постоянном давлении газа, равном 1 мм рт. ст., температура газа возрастает от 460 до 720°K. Возрастание температуры газа с ростом давления газа и с ростом силы разрядного тока объясняется возрастанием мощности, превращаемой в тепло в объеме газа, которая определяется происходящими в разряде элементарными процессами.

7. Значения вращательной температуры, найденные в разряде переменного тока, мало отличаются от значений темпе-

ратур, полученных при соответствующих условиях в разряде постоянного тока. Из этого следует, что теория элементарных процессов в положительном столбе, по-видимому, применима и к плазме разряда переменного тока.

ВЛИЯНИЕ СТУПЕНЧАТЫХ ПРОЦЕССОВ НА ВОЗБУЖДЕНИЕ АТОМА РТУТИ

Т. В. ВИЛЕНСКАЯ

Кафедра экспериментальной физики Томского университета

1. Настоящая работа была поставлена с целью выяснения оптических правил запрета на возбуждение атома ртути электронным ударом, на примере его ступенчатого возбуждения, значительно расширяющего возможные комбинации уровней. Атом ртути был выбран в качестве объекта исследования потому, что он имеет метастабильные состояния $6^3P_{0,2}$ и есть данные относительно прямого возбуждения атома ртути электронным ударом и ступенчатого возбуждения светом.

2. Для выяснения роли квантовых характеристик уровня в его возбуждении и сравнения эффективного сечения возбуждения уровня с вероятностью соответствующего оптического возбуждения были выбраны спектральные линии (таблица), исходящие с различных уровней атома.

Т а б л и ц а

Период	Å
$7^3S_1 \rightarrow 6^3P_{0,1,2}$	4046
	4358
	5461
$7^1S_0 \rightarrow 6^3P_1$	4077
$8^1S_0 \rightarrow 6^1P_1$	4916
$7^3D_2 \rightarrow 6^1P_1$	4339
$7^1D_2 \rightarrow 6^1P_1$	4347
$8^1P_1 \rightarrow 7^3S_1$	6072
$9^1P_1 \rightarrow 7^1S_0$	6234
$9^1P_1 \rightarrow 7^3S_1$	5675

3. В основу экспериментального исследования влияния ступенчатых процессов на интенсивность спектральных линий положено исследование зависимости относительной интенсивности спектральных линий от силы разрядного тока. Исследования проводились в тлеющем разряде с накалимым катодом при давлениях 0,01; 0,1 и 1 мм рт. ст. Сила разрядного тока менялась от 5 до 50 мА. На одной пленке фотографировались спектры при различных значениях силы тока и одинаковой экспозиции. Интенсивность каждой спектральной линии

при силе тока 5 мА принималась за единицу, к ней относилась интенсивность этой же линии при других значениях силы тока.

4. По характеру роста относительной интенсивности спектральных линий в зависимости от силы разрядного тока проводилась оценка участия ступенчатых процессов в заселении уровней, на которых начинаются эти спектральные линии.

5. Для оценки эффективных сечений возбуждения измерены электронная температура и концентрация электронов методом зондов.

6. Установленные в результате выполненного исследования закономерности в поведении интенсивности спектральных линий ртути с током могут быть объяснены, если принять, что на интенсивность спектральных линий влияют ступенчатые процессы возбуждения электронным ударом через состояния $6^3P_{0,2}$, подчиняющиеся оптическим правилам запрета.

7. Установлено, что с ростом давления растет интенсивность спектральных линий ртути, начинающихся на тех уровнях, в заселении которых принимают участие ступенчатые процессы, а интенсивность линий с уровней, в заселении которых ступенчатые процессы не принимают участие в соответствии с оптическими правилами запрета, — падает.

К ВОПРОСУ ТЕРМИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ ДУГОВОГО РАЗРЯДА

О. П. СЕМЕНОВА

Кафедра оптики и спектроскопии Томского университета

1. Применение термической теории для описания процессов возбуждения и ионизации в дуговом разряде, протекающем при атмосферном давлении, встречает ряд затруднений, связанных с 1) взаимосвязью между процессами ионизации отдельных составляющих дугового газа, 2) зависимостью температуры от состава дугового газа, выражающей собой механизм саморегулировки в дуге и 3) наличием в дуге радиального распределения температуры. Выяснение перечисленных затруднений и является целью настоящей работы.

2. Выполнено теоретическое рассмотрение термической ионизации многокомпонентного газа, получена связь между эффективным ионизационным потенциалом газа и его составом: концентрациями N_i и ионизационными потенциалами V_{ii} отдельных составляющих:

$$e^{-V_{i\phi|km}} = \sum (1 - x_i) \frac{N_i}{N} e^{-V_{i|km}} \quad (1)$$

Показано, что из-за наличия взаимосвязи между процессами ионизации отдельных компонент, прежнее представление Манкопфа об эффективном ионизационном потенциале, как о среднем арифметическом ионизационном потенциале газа, неправильно; кроме того эффективный ионизационный потенциал зависит от температуры. Впервые показано, что из-за наличия взаимосвязи между процессами ионизации отдельных составляющих многокомпонентного газа, абсолютные интенсивности спектральных линий и вид зависимости их от температуры может очень сильно зависеть от общего состава газа. В зависимости от состава газа функции температурного возбуждения спектральных линий очень сильно отличаются от их вида для однокомпонентного газа, что приводит к влиянию третьих компонент на интенсивности спектральных линий.

3. В результате экспериментального исследования, установлена линейная зависимость между температурой дуги и ионизационным потенциалом элемента, вводимого в виде соли в угольные электроды. В результате теоретического рассмотрения установлены зависимости $X_{рез}$ от T для различных составов дугового газа. Сопоставление экспериментально установленных температур для различных составов с значением результирующей степени ионизации соответствующих этим температурам, приводит к выводу о приблизительном постоянстве $X_{рез}$ для различных составов дугового газа в дуге при постоянстве силы тока. Специально выполненные экспериментальные исследования зависимости $X_{рез}$ от состава дугового газа, основанные на оценке $X_{рез}$ из относительной интенсивности ионной и атомной спектральных линий Mg , а также из ширины линии Mg 4352 Å, подтвердили вывод о приблизительном постоянстве $X_{рез}$ для различных составов дугового газа. Таким образом, можно считать, что изменение температуры дуги при изменении состава дугового газа (механизм саморегулировки) происходит до такого значения, которое обеспечивает постоянство результирующей степени ионизации.

4. Использование формулы Саха и формулы Больцмана для описания соответственно степени ионизации дугового газа и интенсивностей спектральных линий, излучаемых в дуге, осложняется наличием радиального распределения температуры в дуге. В результате специального рассмотрения показано, что для оценки степени ионизации по формуле Саха необходимо использовать значение T , определенное из соотношения интенсивностей атомных спектральных линий, на которые не влияют процессы ионизации и реабсорбция. Такими линиями

могут служить либо линии с высокими потенциалами возбуждения, а следовательно, излучаемые атомами с большими потенциалами ионизации, либо линии, излучаемые ионами. Для описания интенсивностей спектральных линий, излучаемых небольшими примесями с помощью закона Больцмана, необходимо использовать температуры, найденные из относительных интенсивностей излучаемых атомами с близким значением ионизационного потенциала, что позволяет учесть влияние ионизационного потенциала этих примесей и общего состава дугового газа на их излучение.

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПАРООБРАЗОВАНИЯ И СВЕЧЕНИЯ ВЕЩЕСТВА В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ДУГЕ

А. И. ЧЕРНЕНКО

Институт геологии Восточно-Сибирского филиала АН СССР

1. При количественном спектральном анализе связь между интенсивностью спектральных линий и концентрацией определяемого элемента в образце устанавливается с помощью целого ряда сложных и малоизученных процессов. Среди них важная роль принадлежит парообразованию вещества и выходу его паров из плазмы разряда. Закономерности этих процессов наименее изучены. В настоящей работе сделана попытка рассмотреть некоторые из них.

2. Изучение кинетики парообразования вещества было проведено для простейшего и наиболее распространенного способа спектрального анализа, когда вещество помещается в кратер угольного электрода. Для качественного и количественного исследования закономерностей парообразования было применено рентгенографирование электродов дуги при одновременном фотографировании спектра разряда.

3. Последовательное рентгенографирование электродов дуги дает возможность получать детальные сведения качественного характера (восстановление металлов в кратере электрода, диффузия вещества через стенки электрода, перенос материала на верхний электрод).

4. Количественные измерения производились путем измерения на рентгенограммах диаметров королька, образующегося в кратере электрода. Рентгенографирование электродов производилось при этом последовательно с интервалом времени, равном 1 сек. В ряде опытов при этом производилось одновременное измерение температуры электрода.

5. Произведенные измерения дали возможность установить основные закономерности процесса парообразования вещества из кратера дугового электрода. Средняя скорость испарения находится в простой зависимости от удельной теплоты парообразования

$$V_{cp} = C \frac{M}{\Delta H} \frac{d^{2/3}}{\alpha (T_2 - T_1)},$$

где M —молекулярный вес вещества,

ΔH —молярное изменение теплосодержания при парообразовании,

d —плотность вещества,

α —коэффициент полной теплопередачи,

T_2 и T_1 —температура электрода и образца.

Изменение скорости испарения во времени происходит по закону:

$$V = c \cdot e^{-\frac{\delta}{t}} \frac{1-b}{b} (t_n - t),$$

где t_n —полное время испарения образца, δ и b —величины, зависящие от вещества и условий разряда. Последнее соотношение позволяет интерпретировать кривые изменения интенсивности спектральных линий при испарении образца из кратера электрода.

6. Одновременное измерение скорости испарения и интенсивности спектральных линий исследуемого элемента показывает, что между этими величинами имеет место довольно сложная зависимость, которая в настоящее время не может быть полностью интерпретирована.

МЕТОДЫ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБ

О. Ф. ЧЕСНОКОВ

Сибирский геофизический трест

Принятая в настоящее время в лабораториях Министерства геологии и охраны недр методика спектрального анализа не удовлетворяет требованиям производства. Метод испарения проб из кратера угольного электрода имеет целый ряд известных недостатков, из-за которых получается низкая воспроизводимость результатов анализа.

Метод просыпки (продувки) порошковых проб в плазму горизонтальной «обрывающейся» дуги переменного тока, предложенный В. В. Недлером и А. К. Русановым, устраняет большинство недостатков старого метода, обеспечивает высокую воспроизводимость результатов анализа и повышает чувствительность определения подавляющего большинства элементов. Например, чувствительность определения Te —0,01%, Bi , W , Cd , Li , As , Re , Hg , Tl —0,001%, B , Ga , Au , Co , Sn , Sr , Ag , Pb —0,0003%.

Высокая воспроизводимость результатов при использовании просыпки позволяет получать более надежные результаты при количественных методах анализа геологических проб. Как показал опыт, при количественном анализе металлометрических проб, в качестве внутреннего стандарта может быть использован фон спектрограммы. В этом случае намного повышается производительность труда, т. к. исключается подбор и введение внутреннего стандарта и другие операции. Составленные методики количественного определения 34 элементов дают вполне удовлетворительные результаты.

Спектрохимические методы анализа золотосодержащих и гидрохимических проб с использованием просыпки позволяют определять содержание золота в концентрации 0,06 г на тонну и открывать следы тяжелых металлов в гидрохимических пробах. Определяемые элементы из обогащенной пробы переносятся на определенный носитель, что обеспечивает постоянство основного состава пробы. Метод просыпки очень перспективен для целей визуального анализа с использованием стилоскопа или стилометра, так как интенсивность спектральных линий во время горения дуги остается постоянной.

Предложенный В. Г. Тепляковым метод инъекции обеспечивает равномерную подачу пробы в разряд «обрывающейся» дуги, в результате чего достигается еще более лучшая воспроизводимость результатов анализа, повышается чувствительность определения и уменьшается влияние основного состава пробы на результаты анализа. Работы по исследованию возможностей предложенного метода продолжаются.

ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ И ФОТОДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА (ФДЭ) В ЦИНКСУЛЬФИДНЫХ ФОСФОРАХ

Ф. И. ВЕРГУНАС

Кафедра общей физики Горьковского университета

1. Люминесценция кристаллофосфоров состоит из процессов двух видов — оптических и полупроводниковых. Сведения

о первых процессах получаются на основании оптических, о вторых—на основании электрических исследований одних и тех же образцов.

2. В результате изучения зависимостей ФДЭ от частоты электрического поля, интенсивности возбуждающего света и температуры получены сведения о кинетике фосфоресценции в $\text{ZnS} - \text{Cu} - \text{фосфорах}$. Показано, что послесвечение этих фосфоров следует бимолекулярной реакции с неравным числом рекомбинирующих партнеров. Показано, что скорость релаксации светосуммы и концентрации свободных электронов разная.

3. Путем изучения зависимости ФДЭ от частоты электрического поля показано, что ФДЭ в одних фосфорах обусловлен электронами проводимости, в других—электронами, локализованными на уровнях прилипания.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА (ФДЭ) в $\text{ZnS} - \text{ФОСФОРАХ}$

П. Е. РАМАЗАНОВ

Кафедра физики диэлектриков Томского университета

1. Одновременное изучение электрических и оптических свойств наиболее хорошо исследованных фосфоров на основе ZnS способствует выяснению механизма полупроводниковых процессов, происходящих в кристаллофосфорах, и их связи с оптическими процессами.

2. Исследование ФДЭ, наблюдаемого у всех кристаллофосфоров, в случае $\text{ZnS} - \text{фосфоров}$ затруднено тем, что последние обычно готовятся в виде мелкокристаллических порошков.

3. ФДЭ порошковых сульфидных фосфоров, по мнению одних авторов, объясняется изменением проводимости кристаллов при возбуждении за счет увеличения концентрации свободных электронов в зоне проводимости, другие же авторы относят его к действительному изменению диэлектрических свойств кристаллов, связанному с наличием локализованных электронов.

4. Одним из аргументов в пользу последней точки зрения может быть «замораживание» ФДЭ при низких температурах, аналогичное «замораживанию» фосфоресценции.

5. Исследование остаточного ФДЭ (наблюдаемого после 20-минутного затухания фосфора в темноте) у $\text{ZnS} - \text{Cu}, \text{Fe}$ в зависимости от температуры T показывает наличие максимального остаточного изменения емкости конденсатора с фосфором

ΔC при T вблизи $0^\circ C$ и максимального остаточного изменения тангенса угла диэлектрических потерь $\Delta \text{tg} \delta$ — вблизи $-50^\circ C$, тогда как светосумма, оставшаяся в фосфоре при этих температурах, составляет лишь незначительную долю от запасаемой при более низких T .

6. Такое поведение остаточного ФДЭ трудно связать как с проводимостью кристаллов, так и с электронами, связанными с локальными уровнями, ответственными за фосфоресценцию. Можно предположить, что ФДЭ у $ZnS-Cu$, Fe связан с электронами, локализованными на очень глубоких уровнях и не участвующими в фосфоресценции.

7. Разрабатывается методика выращивания монокристаллов и поликристаллических прозрачных пленок ZnS .

8. Исследование ФДЭ на монокристаллах и таких пленках позволит исключить влияние неоднородности фосфора как диэлектрика и может дать более надежные сведения о явлениях, происходящих в фосфорах типа ZnS .

ОБ ИЗМЕНЕНИИ ТИПА ТУШЕНИЯ ЦИНКСУЛЬФИДНЫХ ФОСФОРОВ ПОСЛЕ ВЫКЛЮЧЕНИЯ ВОЗБУЖДЕНИЯ

Н. Л. ГАСТИНГ

Кафедра общей физики Томского университета

Исследовано: 1) температурное тушение, 2) затухание после свечения и 3) разгорание свечения во время возбуждения фосфоров $ZnS-Cu$ и $ZnS-Cu, Co$ ($Cu - 10^{-4}$ г/г, $Co - 10^{-1}$ г/г) в области тушения.

Из кривой температурного тушения определена энергия активации U , необходимая для безизлучательных переходов электронов из основной зоны на основной уровень активатора. Из температурного хода постоянной времени экспонент, полученных по кривым разгорания и затухания, также были определены соответствующие энергии активации.

Из сравнения полученных значений энергий было сделано заключение, что тип температурного тушения меняется: из внешнего мономолекулярного в момент возбуждения переходит в бимолекулярный после выключения возбуждающего света.

К ВОПРОСУ О ЗАКОНЕ ЗАТУХАНИЯ ЦИНКСУЛЬФИДНЫХ ФОСФОРОВ

Л. Р. РАБОТКИНА

Кафедра оптики и спектроскопии Томского университета

Исследовано затухание послесвечения фосфоров ZnSCu (10^{-4} г/г, 950°C) и ZnSCu (10^{-4} г/г, 950°C , освоб. от O_2) в области, где фосфоресценция обусловлена рекомбинацией ионизованных центров и электронов, освобожденных с уровней локализации одного сорта.

По кривым термовысвечивания найдено, что фосфор ZnSCu (10^{-4} г/г, 950°C , без O_2) имеет два сорта уровней локализации, и исследования проводились в области температур 203°K — $434,5^\circ\text{K}$, соответствующей второму более глубокому сорту уровней локализации. Фосфор ZnSCu (10^{-4} г/г, 950°C) также имеет два сорта уровней локализации, и исследования проводились в области температур от 169°K до 457°K , где проявляются уровни локализации одного сорта.

1. В области действия уровней локализации одного сорта измерены кривые затухания фосфоресценции двумя методами: а) фосфоры возбуждались при данной температуре до насыщения, и измерялось затухание фосфоресценции; в) фосфоры возбуждались при температуре 113°K и до температуры, соответствующей случаю (а), светосумма, накопленная фосфором, высвечивалась при нагревании образца со скоростью, равной скорости нагревания при термовысвечивании, затем нагревание прекращалось, и измерялось затухание.

2. В области температурного гашения кривые затухания описывались формулой $I = I_0 e^{-pt}$, где $p = p_0 e^{-\varepsilon/kT}$ — вероятность термического освобождения электронов с локальных уровней. Из температурного хода параметра P определялась глубина уровней локализации ε и параметр P_0 вычислялся по формуле $P_0 = \frac{1}{t_0} e^{\varepsilon/kT}$, t_0 — время, когда интенсивность фосфоресценции по сравнению с начальной уменьшится в „ e “ раз. Глубина локальных уровней определялась из анализа кривых термовысвечивания по формулам, предложенным Урбахом и Антоновым-Романовским.

3. Экспериментальные кривые затухания построены в координатах $\lg I$, $\lg t$ и $\lg I$, $\lg(1 + pt)$. Кривые затухания в координатах $\lg I$; $\lg t$ не дают прямолинейной зависимости ни в случае (а), ни в случае (в). Кривые затухания, измеренные методом (а), не дают прямолинейной зависимости ни в координатах $\lg I$, $\lg(1 + pt)$, как этого требует элемен-

тарный закон затухания, предложенный Э. И. Адировиче-
Это дает возможность предположить, что в процессе зату-
хания принимают участие электроны с уровней локализации
нескольких сортов, но не одного. Кривые затухания, снятые
методом (в) в координатах $\lg I$, $\lg(1+pt)$, хорошо уклады-
ваются на прямую и соответствуют тем теоретическим кривым
затухания Э. И. Адировича, для которых параметр

$$\gamma = \frac{A_2}{A_1} < 1.$$

4. Проведен расчет параметра γ по формуле $\gamma = 1 - \alpha p$.

$$\text{где } \alpha = \frac{n_1^2/I_1 - n_2^2/I_2}{n_1 - n_2},$$

I_k и n_k — интенсивность фосфоресценции и светосумма
в момент времени t_k ($k=1,2$). Из рассмотрения кинетики
процесса фосфоресценции, как и из формулы, параметр $\gamma < 1$.

5. В работе обсуждается вопрос однозначности интенсивности
фосфоресценции в зависимости от накопленной фосфором
светосуммы.

6. Полученный материал позволяет сделать вывод о том,
что в общем случае экспериментальные зависимости $\lg I$;
 $\lg t$ — криволинейны, и только зависимости $\lg I$; $\lg(1+pt)$ —
прямолинейны.

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ КИНЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЦИНКСУЛЬФИДНЫХ КРИСТАЛЛОФОСФОРОВ

Ю. Л. ЛУКАНЦЕВ

Кафедра общей физики Киргизского заочного педагогического института

1. Работа посвящена исследованию уровней локализации
электронов, а также определению отношения вероятностей
захвата и рекомбинации электронов в $ZnS \cdot Cu$ (10^{-4} г/г,
 $1100^\circ C$, $NaCl$) и $ZnS \cdot CuCo$ ($5 \cdot 10^{-5}$ г/г Cu , 10^{-6} г/г Co) —
фосфорах.

2. Исследование уровней локализации электронов произведе-
но двумя оптическими методами: методом термического вы-
свечивания и методом анализа кривых затухания фосфорес-
ценции вблизи и в области температурного тушения, предло-
женным Ф. И. Вергунас.

3. Применение метода термического высвечивания позволило установить условия эксперимента, при которых в кинетике свечения принимали участие электроны, освобождаемые только с одной системы уровней локализации, т. е. позволило установить условия, при которых фосфор вел себя в известном смысле слова как идеальный кристаллофосфор. Метод позволил определить глубину уровней локализации несколькими независимыми способами.

4. В результате анализа кривых затухания фосфоресценции установлено, что повышение температуры ведет к изменению закономерностей затухания. При сравнительно низких температурах практически вся светосумма высвечивается по гиперболическому закону, и лишь начальные стадии затухания аппроксимируются экспонентой. В этой области температур наклон прямых в координатах $\lg I$, $\lg t$ от температуры практически не зависит. В области температурного тушения по мере повышения температуры растет доля экспоненциального участка в затухании. Затухание по мере увеличения температуры ускоряется, что проявляется в увеличении наклона прямых, в координатах $\lg I$, t . Ослабление интенсивности возбуждающего света приводит к уменьшению наклона гипербол и к появлению экспоненциальных участков при более высоких температурах. Эти закономерности затухания фосфоресценции исследованных фосфоров, а также закономерности затухания светосуммы и проводимости, изученные нами в фосфоре $ZnS.Cu$ согласуются с элементарным законом затухания Адировича, дополненным учетом тушения бимолекулярного типа.

5. Энергетическая глубина уровней локализации была определена различными способами, являющимися следствиями указанных методов. Результаты определения достаточно удовлетворительно совпали между собой (так, для $ZnS.Cu$ точность определения составила 10%).

6. Для определения основного параметра фосфоресценции γ отношения вероятностей захвата и рекомбинации электронов был применен новый метод, основанный на использовании элементарного закона затухания Адировича. Определение γ производилось для каждого фосфора в широком температурном интервале. Обнаружено, что в области вблизи температурного тушения люминесценции имеет место рост γ с температурой, в области температурного тушения — падение γ , т. е. функция $\gamma - \gamma(T)$ проходит через максимум. В ходе уменьшения при температурах в области далекого температурного тушения γ принимает значения, достаточно близкие к нулю. Этим значениям γ соответствуют процессы затухания, целиком описываемые экспонентой. Обнаруженная температурная зависимость может быть объяснена, если предположить, что для процесса локализации электрона требуется

энергия активации, а вероятность процесса рекомбинации складывается из вероятностей рекомбинации с излучением и без излучения, причем последняя является определенной функцией температуры.

7. Температурная зависимость γ была снята для каждого фосфора при различных интенсивностях возбуждающего света. Во всех случаях сохранился описанный температурный ход γ . В пределах ошибок, допускаемых при определении γ , значения этого параметра, соответствующие определенным температурам при различных интенсивностях возбуждения (вплоть до $E = 0,07E_{\text{пл}}$) совпадают. Совокупность полученных результатов свидетельствует в пользу плодотворности использования элементарного закона затухания Адировича с учетом тушения бимолекулярного типа для описания закономерностей затухания, а также для количественного определения некоторых важных в кинетике свечения количественных характеристик цинксulfидных кристаллофосфоров.

Основным результатом работы следует считать обнаруженную зависимость параметра γ от температуры. Эта зависимость может быть положена в основу объяснения изменения закономерностей затухания послесвечения при переходе в область температурного тушения люминесценции.

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРОВ ПОГЛОЩЕНИЯ НИТРОАНИЛИНОВ и НИТРОФЕНОЛОВ

В. И. ДАНИЛОВА, Н. П. ПРОТОПОПОВА и Л. И. ПОРОШИНА

Лаборатория спектроскопии Сибирского физико-технического института

1. В данной работе были исследованы спектры поглощения веществ, содержащих противоположные по своим свойствам группы NO_2 , NH_2 и OH (различные изомеры). Изучались спектры поглощения нитроанилинов в парах и в растворах в H_2O , CCl_4 диоксана, щелочи (NaOH), HCl и спектры поглощения нитрофенолов—в парах и в диоксана. Данная работа составляет часть общего исследования, целью которого является построение схем электронных уровней, выяснение характера взаимного влияния атомных групп при их различном пространственном расположении, выяснение характера взаимодействия этих молекул со светом.

2. Исследование спектров поглощения в парах и в растворах производилось на кварцевом спектрофотометре СФ-4 и на спектрографе с малой дисперсией. Чистота исследуемых веществ и растворителей проверялась по температурам плавления и кипения. Загрязнения удалялись перегонкой и перекри-

сталлизацией. При этом получены следующие результаты (см. таблицу 1).

Таблица 1

Раствори- тель	H ₂ O	Диоксан	HCl	NaOH в 1 N растворе	CCl ₄	Пары	Раствори- тель	Диоксан	пары
вещество							вещество		
ортонитро- анилин	3970	4110	2590	4170	3760	3600	ортонитро- фенол	3485	3450
метанитро- анилин	3630	3960	2620	3570	3450	3125	метанитро- фенол	3215	2970
паранитро- анилин	3750	3525	2610	3830	3360	2875	паранитро- фенол	3155	2690

Исследование спектров поглощения нитроанилинов в растворе щелочи производилось при изменении концентрации NaOH от 1 N до 0,0001 N с целью обнаружения таутомерных превращений в нитроанилинах.

3. Сопоставление наших данных с физико-химическими свойствами этих веществ и с данными других авторов позволяет сделать следующие выводы: а) из таблицы 1 видно, что области поглощения нитроанилинов в парах и в растворах значительно смещены в длинноволновую часть спектра по сравнению со спектрами нитрофенолов; б) смещение области поглощения нитроанилина в растворе HCl в коротковолновую область обусловлено образованием нового соединения солянокислого нитроаналина, область поглощения которого находится около 2600 Å; в) растворение нитроанилинов в щелочном растворе вызывает смещение спектра у ортонитроанилинов и паранитроанилинов в длинноволновую область на 100—200 Å и на 80 Å в коротковолновую область для метанитроанилинов по сравнению с водой. Очевидно, в данном случае молекулы нитроаналинов претерпевают какие-то более существенные изменения, а не просто электростатическое взаимодействие; г) различное влияние на спектр (как это видно из таблицы 1) оказывают растворители CCl₄, диоксан и H₂O. Сравнение с данными при растворении в гексане и в парах позволяет сделать вывод о наличии внутримолекулярной водородной связи у ортонитроанилина и у ортонитрофенола, сильного электростатического взаимодействия и образования межмолекулярной водородной связи у пара-изомеров и более слабого у мета-изомеров.

СПЕКТРАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМЫ АНИЛИН-НИТРОБЕНЗОЛ

В. Д. ГОЛЬЦЕВ

Кафедра оптики и спектроскопии Томского университета

1. Вопрос относительно образования комплекса анилин-нитробензол изучался неоднократно, но окончательного решения еще не получил. Некоторые исследователи на основании своих экспериментальных данных сделали вывод о том, что при смешивании анилина с нитробензолом образуется комплекс состава 1:1, другие — отрицают возможность образования комплекса.

2. Мы исследовали эту систему спектральными методами в ультрафиолетовой и видимой областях спектра. Оказалось, что взаимодействие между анилином и нитробензолом не находит отражения в ультрафиолетовых спектрах поглощения. Появляющиеся поглощения в видимой области спектра зависят от температуры. Если исключить возможность окисления анилина кислородом воздуха, то повышение температуры вызывает заметное ослабление поглощения света. Этот факт свидетельствует в пользу образования комплекса. Исследования спектров поглощения методами, основанными на непрерывном изменении концентрации одного из компонентов, также свидетельствуют в пользу образования комплексов. Эти исследования позволили установить состав образующихся комплексов, а также константу равновесия и спектры поглощения. Оказалось, что в небольших концентрациях образуется комплекс состава 1:1 с константой равновесия порядка 0,02 л/моль, а также в очень малых концентрациях комплекс состава 2:1, т. е. на 2 молекулы анилина одна молекула нитробензола.

3. Мы также исследовали температурную зависимость тушения флуоресценции анилина нитробензолом и нашли, что повышение температуры раствора смеси анилина с нитробензолом в гексане незначительно уменьшает тушение флуоресценции анилина нитробензолом, что также свидетельствует в пользу комплексообразования.

4. Проведенные нами рентгеноструктурные исследования показали, что быстрое охлаждение смеси анилин — нитробензол приводит к образованию бесструктурного переохлажденного твердого раствора, а медленное замораживание вызывает кристаллизацию смеси, по-видимому, сопровождающуюся разрушением комплексов.

ИНФРАКРАСНЫЕ СПЕКТРЫ ПОГЛОЩЕНИЯ РАСТВОРОВ НИТРОАНИЛИНОВ

З. А. ШМАКОВА

Кафедра оптики и спектроскопии Томского университета

1. Изучение спектров сложных молекул в инфракрасной области дает возможность выяснить механизм внутримолекулярного и межмолекулярного взаимодействия отдельных групп атомов в разных изомерах. В связи с этим данная работа была поставлена с целью исследования спектров поглощения растворов трех изомеров нитроанилина в CCl_4 .

2. Для исследования были приготовлены растворы нитроанилина в CCl_4 при разных концентрациях (в зависимости от их растворимости в CCl_4). Кривые поглощения исследовались на спектрометре ИКС-6 в области $0,7\text{--}2,5\text{ }\mu$ (область проявления первого обертона частоты колебаний связи N—H). Чистота исследуемых объектов и растворителя контролировалась по точкам плавления и кипения. Были приведены исследования температурной зависимости полос поглощения в интервале температур от комнатной до 70°C .

3. В результате исследования получены полосы поглощения, которые сведены в таблицу 1.

*Положение полос поглощения нитроанилинов
при различных концентрациях*

Таблица 1

Концентрация $\frac{\text{г}}{\text{л}}$	Ортонитроанилин				Метанитроанилин			Паранитроанилин
	0,1	0,05	0,01	0,005	0,01	0,004	0,001	0,002
Положение полос в микро- ронах (μ)	2,1 2,03 1,97 1,47 1,44 1,65	2,03 1,97 1,47 1,44 1,69	2,0 1,97 1,47 1,44 1,69	2,03 1,97 1,47 1,44 1,69	1,97 1,48 1,69	1,97 1,48 1,69	1,97 1,48 1,69	1,97 1,48 1,69

Отождествление и рассмотрение полученных полос поглощения позволяет сделать следующие выводы: а) о существовании внутримолекулярной водородной связи в ортонитроанилине (об этом свидетельствует факт расщепления полосы $1,45\text{ }\mu$ на две полосы $1,47\text{ }\mu$ и $1,44\text{ }\mu$ в этом изомере); б) предположение о существовании межмолекулярной водородной связи (полоса $1,97\text{ }\mu$ неизменно повторяется во всех трех изомерах); в) и о том, что в интервале температур от комнатной до 70°C никаких изменений в положении полос поглощения не наблюдается.

ДОСТИЖЕНИЯ СОВЕТСКИХ ХИМИКОВ ПО ИЗУЧЕНИЮ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

В. В. СЕРЕБРЕННИКОВ

Кафедра неорганической химии Томского университета

Увеличивающийся за последнее время интерес к р. з. *) элементам и их соединениям связан, прежде всего, с наличием достаточных запасов их минералов, с ростом потенциальных сырьевых ресурсов и с разработкой эффективных методов техники их разделения. Последнее усилило возможности их использования в различных областях народного хозяйства страны. Указанные факторы привели к значительной активизации лабораторий, занимающихся ими, как в СССР, так и за границей. В СССР появилось много новых лабораторий и учреждений, которые начали заниматься их изучением. В результате число публикаций в области химии р. з. элементов в последние годы значительно возросло.

В дореволюционной России изучением р. з. элементов занимался ограниченный круг лиц, к числу которых относятся Д. И. Менделеев, Писаржевский, Меликов и Клименко, Орлов. Если в дореволюционной России по имеющимся в нашем распоряжении материалам опубликовали исследовательские работы в области р. з. элементов около десяти интересующихся ими исследователей, то в советский период по самым скромным подсчетам их число составляет около ста.

В связи с открытием в советский период отечественных месторождений р. з. элементов и возможностью использования для их получения отходов некоторых производств особенно в последнее время в СССР проявляется к ним все возрастающий интерес. В наше время вопросы о распространении р. з. элементов, выделении их из руд, о свойствах их соединений, выделении из смеси чистых соединений, а также их аналитической химии нашли отражение в работах многих русских ученых химиков.

*) р. з. — редкоземельные.

И. Н. Заозерский разработал метод фракционной кристаллизации двойных нитратов для разделения легких р. з. элементов без предварительного удаления церия. В результате им были получены спектральночистые соединения лантана, неодима, празеодима и самария. Им же совместно с сотрудниками разработаны оригинальные методы получения в чистом виде соединений большинства р. з. элементов и разработаны методы переработки лопарита, ловчоррита и других минералов, встречающихся на Кольском полуострове, на соединения суммы р. з. элементов.

Переработке апатитов Кольского полуострова на фосфорные удобрения и р. з. элементы посвящены работы академика С. И. Вольфовича с сотрудниками.

Отдельные операции выделения р. з. элементов из промышленного сырья разрабатывались Г. П. Александровым, Я. П. Гохштейн, И. В. Смирновым, С. И. Скляренко и другими.

Вопросы распространения р. з. элементов в земной коре, разведочные работы, исследование минералов р. з. элементов нашли значительное отражение в работах академика В. И. Вернадского, академика А. Е. Ферсмана, Н. М. Прокопенко, Э. М. Бонштедт-Куплетской, И. Д. Борнеман-Старынкевич, Г. П. Черник, В. Н. Протопопова, И. Б. Боровского и В. И. Герасимовского и др.

Аналитическая химия р. з. элементов широко разрабатывалась и разрабатывается Ф. М. Шемякиным, И. Д. Борнеман-Старынкевич, И. П. Алимариным с сотрудниками, Ю. Н. Книпович, С. А. Боровик, Т. А. Буровой, Я. А. Черниковым, А. А. Остроумовым, Н. С. Полуэктовым, В. А. Фрид, И. Г. Кузнецовым, Д. И. Рябчиковым с сотрудниками, Э. Е. Вайнштейн с сотрудниками, Н. А. Рудневым, М. Н. Амброжий и многими другими.

Получение сплавов р. з. элементов и исследование их свойств проводятся В. И. Михеевой, Е. А. Санниковой и С. А. Погодиным. Изучение свойств соединений отдельных р. з. элементов и препаративное выделение чистых соединений нашли отражение в работах И. Н. Заозерского, Д. И. Рябчикова с сотрудниками, И. И. Ангелова и Нечаевой, В. В. Серебренникова. Некоторые физико-химические особенности р. з. элементов описаны А. Ф. Капустинским, К. Б. Яцимирским, Саркисовым, В. А. Заринским и другими.

Этот далеко не полный перечень исследований советских химиков, в той или иной мере обогащающих и расширяющих наши знания в области химии р. з. элементов, еще более увеличится при организации промышленного получения р. з. элементов в чистом виде. Он может быть расширен также за

счет усиливающегося внимания к р. з. элементам смежных с химией наук, таких как физика, биология и медицина.

УСПЕХИ СОВЕТСКИХ ХИМИКОВ ПО ИЗУЧЕНИЮ АДСОРБЦИИ ГАЗОВ И ПАРОВ ТВЕРДЫМИ ТЕЛАМИ

Л. Г. МАЙДАНОВСКАЯ

Кафедра физической химии Томского университета

Явления адсорбции газов и паров твердыми телами чрезвычайно распространены в природе и имеют многочисленные практические приложения. Систематические исследования в области поглощения газов относятся к началу XIX века. Огромное влияние на разработку вопросов адсорбции оказали работы Титова, опубликованные в 1910 г. Им было положено начало количественному физико-химическому исследованию адсорбции газов. На данные Титова опирается Ильин в своей теории электрических сил взаимодействия при адсорбции. Ильин сделал первую попытку объяснения адсорбции с электростатической точки зрения. Им была выведена математическая зависимость адсорбции от полярных свойств сорбента и поляризуемости молекул. Академиком Зелинским (1861—1955 гг.) были разработаны научно-технические основы активных углей, проведены обширные исследования адсорбционных свойств углей, увенчавшиеся созданием первого в мире противогаса. Его трудами был внесен ценный вклад в науку об адсорбции. Талантливый ученик Зелинского, академик Шилов (1872—1930 гг.) продолжил разработку вопросов адсорбции. Он обосновывает с физико-химической точки зрения режим работы и отдых противогаса. Совместно с учениками Дубининым и Лепиным он создал современную методику исследования активных углей и создал теорию действия противогаса—учение о динамической сорбции. К работам данного направления примыкают исследования Алексеевского. Работами академика Дубинина и его учеников создана теория сорбции паров углями и силикагелем; дана термодинамика (Киселев) сорбционных процессов, методы определения поверхности сорбентов и катализаторов.

Академиком Фрумкиным с учениками (Бурштейн, Морозов, Брунс, Петров и др.) были проведены большие исследования по активированной адсорбции. Эти работы позволили перекинуть мостик от изучения активированной адсорбции газов к их электрохимическому поведению в растворах.

Мысль о роли адсорбции в катализе была высказана еще Менделеевым (1886). Нашими советскими учеными создаются теории катализа с учетом явлений адсорбции: Баландиным (1929) — так называемая мультиплетная теория катализа, Кобозевым (1939) — теория каталитических ансамблей на поверхностях, Волькенштейном — представления об электронном характере катализа (1947), Рогинским — теория адсорбции и катализа на неоднородных поверхностях. Зельдовичем было дано уравнение кинетики активированной адсорбции.

Жуховицкий на основе потенциальной теории Поляни разработал теорию адсорбции смеси паробразных веществ. Быковым изучаются изменения природы поверхности и структуры природных сорбентов; Кавтарадзе — адсорбция газов на конденсированных слоях металлов, Терениным — инфракрасные спектры поверхностных соединений на силикатных сорбентах. В нашем университете на кафедре физической химии ряд лет изучается адсорбция газов окислами металлов. Сопоставление для некоторых окислов экспериментальных результатов, а именно, температурных начал активированной адсорбции с теплотами образования окислов показало, что для окислов одной и той же группы периодической системы элементов Менделеева с ростом теплоты образования повышается и температура начала активированной адсорбции, что согласуется с термодинамическими соображениями. В ряде случаев температурная область активированной адсорбции водорода на окислах совпадает с оптимальной температурой реакции на данном катализаторе, где одним из участников реакции является водород.

Ценный вклад внесли в развитие науки об адсорбции русские и советские ученые. Настоящего расцвета наука об адсорбционных процессах достигла лишь в Советской стране, где наука служит народу, тесно связана с народом, где наука пользуется всемерной поддержкой партии и правительства. Десятки и сотни научных открытий дали возможность улучшить многие производственные процессы, повысить производительность труда.

За годы Советской власти выросли крупные школы ученых, изучающих адсорбционные процессы: Зелинского, Шилова, Дубинина, Фрумкина, Рогинского, Ребиндера и др. И все свое богатство Советская наука по адсорбционным процессам ставит на службу великой цели — борьбе за строительство коммунизма.

РАБОТЫ ТОМСКИХ ХИМИКОВ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Н. Д. СТРЕЛЬНИКОВА

Кафедра общей химии Томского мединститута

1. Комплексообразование изучалось сначала только на неорганических объектах. Даже в настоящее время в СССР в системе Академии наук изучение комплексных соединений сосредоточено в институте общей и неорганической химии, который является крупнейшим в мире центром работ по химии комплексных соединений. Здесь изучаются молекулярные соединения неорганические и смешанные неорганико-органические — такие, у которых координационным центром являются катионы металлов. Реакциями комплексообразования чисто органических соединений исследователи интересуются обычно косвенно или почти только с точки зрения разработки методов физико-химического анализа (Усанович, Дионисьев, Удовенко, Устькачкинцов). При этом обыкновенно вопросы строения комплексных органических соединений не затрагиваются совершенно.

2. Значительная работа по химии органических комплексных соединений ведется в настоящее время в Томске под общим руководством Б. В. Тронова. Основные направления этой работы: а) разработка методов исследования комплексообразующих систем в органической химии; б) получение и исследование смешанных органико-неорганических соединений; в) получение и исследование органических комплексных соединений; г) использование комплексообразования в органическом синтезе.

3. Из известных методов исследования комплексообразующих систем широко используются: прямое выделение из растворов и расплавов, термический анализ, колориметрический анализ. К новым, нигде еще не применявшимся или почти не применявшимся, методам относятся: электрохимический метод Б. В. Тронова и Л. П. Кулева, основанный на измерении силы тока в замкнутой цепи, где источником энергии служит реакция изучаемых соединений с металлами, кинетический метод, колориметрия, термография, топохимический метод получения комплексных соединений.

4. Из смешанных органико-неорганических соединений наиболее детально изучены: а) двойные галогениды мышьяка, сурьмы и висмута с аминами (П. П. Попов); б) комплексы солей различных металлов с аминами (И. И. Молодых, Р. И. Харитонов).

5. По химии чисто органических комплексных соединений изучено комплексообразование галогеноорганических соедине-

ний, спиртов, фенолов, сложных эфиров, альдегидов, кетон и хинонов, карбоновых кислот, нитросоединений, аминов, амидов, нитрилов (диссертации Н. Д. Стрельниковой, В. Б. Соколов, И. М. Бортового, Н. А. Хитриной).

6. Комплексообразованием объяснен механизм и на этом основании усовершенствована методика проведения некоторых реакций органического синтеза: а) реакций нитрования, причем это объяснение использовано для разработки методов получения некоторых труднодоступных соединений (диссертации С. И. Громова, А. Н. Новикова, Е. С. Новиковой); б) реакций галогенирования в присутствии третичных аминов (работы Л. А. Першиной), в) реакций, объединяемых под названием синтеза Фриделя и Крафтса (диссертация А. М. Петровой).

К ВОПРОСУ О ПРОБЛЕМЕ РАСТВОРИМОСТИ В АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ

Ю. Л. ЛЕЛЬЧУК

Кафедра аналитической химии Томского политехнического
института

Проблема растворимости относится к наиболее актуальным проблемам современной аналитической химии. Решение этой проблемы позволит в значительной мере уточнить существующие химические методы анализа и откроет широкие возможности разработки новых методов за счет использования осадков, растворимость которых больше 10^{-6} мол/л. При любом аналитическом определении весовым или объемным методом аналитик, как правило, имеет дело со сложной многокомпонентной системой. Чаще всего осаждение производится из растворов, содержащих, помимо определяемого вещества, целый ряд других химических веществ, безусловно влияющих в той или иной мере на важнейшую аналитическую характеристику осадка — его растворимость.

Суть проблемы растворимости в аналитической химии и заключается в разработке надежных способов количественного учета всех факторов, совокупно влияющих на растворимость и произведение растворимости осадков в системах, имеющих аналитическое значение. Решение этой проблемы на строгой научной основе возможно лишь при достаточном на-

коплении экспериментальных данных по физико-химическим исследованиям соответствующих систем.

В последние годы в нашей стране исследования в этой области ведутся в двух направлениях. С одной стороны, ведутся работы по выяснению влияния избытка осадителя на свойства аналитических осадков за счет комплексобразования и других форм химического взаимодействия, с другой стороны, исследования направлены к выяснению влияния электролитов различных типов на растворимость, произведение растворимости и коэффициентов активности осадков при отсутствии явного химического взаимодействия между осадком и жидкой фазой. Работы советских ученых в этой области выгодно отличаются от аналогичных исследований зарубежных исследователей при широком диапазоне их концентраций. Наиболее значительным исследованием этого рода является работа чл. корр. АН СССР И. В. Тананаева и И. Б. Мизецкой.

Нами уже несколько лет проводится исследование растворимости, произведения растворимости и коэффициентов активности растворимого соединения — бромата серебра в растворах различных электролитов. Цель работы — выявить общие закономерности влияния электролитов различных типов на важнейшие аналитические свойства осадков при отсутствии явного химического взаимодействия между осадками и соответствующими электролитами. Наши исследования влияния нитратов лития, натрия, калия, магния, кальция, бария, стронция, цинка, кадмия, алюминия и тория, сульфатов лития, натрия, калия и бромата калия на свойства осадка бромата серебра показали, что растворимость и произведение растворимости осадка зависят не только от валентного типа раствора электролита, не только от ионной силы жидкой фазы, в которой производится осаждение, но и от химической природы соответствующих соединений и от мест, которые занимают соответствующие элементы в периодической системе элементов Д. И. Менделеева. Нитраты металлов одной и той же группы периодической системы оказывают тем большее влияние на растворимость, произведение растворимости и коэффициент активности осадка, чем больший атомный вес и порядковый номер металла. Нитраты металлов одного и того же периода, при равной нормальности растворов, оказывают тем меньшее влияние на свойство осадка, чем больший атомный вес и порядковый номер соответствующего металла.

В настоящее время нами проверяется насколько эти выводы, сделанные для нитратов, будут справедливы для сульфатов других солей.

Особенно интересными являются данные, полученные нами для четырехкомпонентной системы, где изменение растворимости осадка является результатом суммирования двух взаим-

но накладывающихся эффектов, влияющих в противоположных направлениях. Уменьшение растворимости осадка бромата серебра за счет одноименного иона полностью компенсируется соответствующим увеличением растворимости осадка за счет нитрата натрия.

О МЕХАНИЗМЕ ГЕТЕРОГЕННЫХ РЕАКЦИЙ

Г. А. КАТАЕВ

Кафедра аналитической химии Томского университета

1. Проблема механизма химического превращения вообще и гетерогенных реакций в частности может быть сведена, во-первых, к вскрытию всех ступеней процесса и их временной зависимости и, во-вторых, к вскрытию механизма активации отдельных элементарных процессов и стадий. Теоретический анализ должен быть проведен в «круговом цикле», т. е. задача сводится не только к установлению последовательности отдельных стадий превращения, но и к выявлению существенной причиной связи между ними.

2. Все типы гетерогенных процессов объединяет один характерный признак—наличие межфазовой поверхности, в пределах которой развивается химический процесс. Граница раздела фаз обладает отличным по сравнению с другими точками системы энергетическим состоянием; оно обусловлено взаимодействием молекулярных силовых полей двух фаз и выступает ориентирующим и определяющим фактором химического превращения. Наличие межфазовой поверхности приводит к тому, что специфические химические (и электрохимические) акты в гетерогенных процессах сопровождаются и осложняются другими явлениями, влияющими на скорость процесса в целом. Поэтому постадийный и энергетический профиль гетерогенных реакций сложнее и многообразнее, чем в гомогенных системах.

3. Химическая стадия процесса характеризуется тем, что в зависимости от условий и характера взаимодействующих частиц реакции могут протекать по различным механизмам (ионный, атомно-радикальный и др.), причем возможно одновременное осуществление разных типов превращений. Реакционно активными частицами твердого вещества могут быть ионы, атомы, молекулы и электроны. В случае участия в реакции типично ионных кристаллов (изоляторы) наиболее вероятным механизмом будет, по-видимому, ионный, а в случае металлов и сплавов с металлическим характером связи (проводники) —

электронный. Реакции с участием твердых веществ полупроводникового типа могут осуществляться по любому из указанных механизмов и преимущественное течение по одному из них будет определяться энергией активации образования тех или иных частиц, которая должна быть связана с энергией диссоциации решетки на атомы, ионы, молекулы и с шириной запрещенной зоны, определяющей энергетическую вероятность участия электрона в реакции. Одним из указаний на электронный механизм реакций с участием полупроводников может явиться излом прямой температурной зависимости $\lg k$. Важнейшей задачей теоретической химии является задача выявления связи между энергией активации химической стадии процесса и свойствами реагирующей системы.

4. «Фазовая» стадия процесса имеет значение для реакций типа топохимических, электрохимических и некоторых других. Кинетические закономерности таких реакций своеобразны и определяются, в первую очередь, условиями образования и роста кристаллов.

5. Полученные нами экспериментальные данные по кинетике различных типов гетерогенных реакций вскрывают некоторые факторы, влияющие на скорость и энергию активации отдельных стадий реакций. Наиболее существенными и общими факторами, определяющими механизм, энергию активации и скорость процесса, являются природа химической связи взаимодействующих частиц и свойства среды, в том числе фактор комплексообразования в растворах.

6. В настоящее время в литературе широко применяется понятие о реакционной способности вещества. Это понятие возникло в химической термодинамике и использование его в кинетике, по-видимому, не обосновано. Правильнее применять понятие о реакционной активности или возбудимости, когда речь идет об энергетической легкости превращения и реакционной способности, когда говорят о равновесии в данных физико-химических условиях.

Реакционная активность вещества — конкретное химическое свойство его: это способность частиц переходить в такое состояние, в котором они могут реагировать с другими частицами (или вообще переходить в новое термодинамически устойчивое состояние) с критическим инкрементом, близким к нулю. Количественной характеристикой реакционной активности должна быть, таким образом, энергия активации. Последняя хотя и зависит от некоторых термодинамических характеристик реагирующих веществ, но не может быть найдена только с помощью их, так как эти характеристики применимы лишь при равновесии и не дают указаний о пути перехода системы в конечное состояние.

К ВОПРОСУ О ТЕМПЕРАТУРЕ НАЧАЛА ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ

Г. В. САКОВИЧ

В настоящее время принято, что вероятность протекания любой химической реакции конечна при температуре, заметно отличной от абсолютного нуля. Это находит свое отражение в известных экспоненциальных уравнениях вида

$$k = c \cdot e^{-\frac{A}{RT}}, \quad [1]$$

где k — может быть константа скорости, равновесия, равновесная упругость паров и т. д. Согласно уравнению [1], всякое превращение совершенно не идет ($k=0$) только при $T=0$. Ряд экспериментальных данных позволяют усомниться в абсолютной истинности таких взглядов, а соответственно, и в справедливости уравнения [1] для описания температурной зависимости k в широком температурном интервале. Причиной этого является неучет температур начала химических реакций T_n , которые в общем случае могут не совпадать с абсолютным нулем. За это говорит, например, то, что течение многих реакций, в частности реакций разложения изотопного обмена, наблюдается с некоторого температурного предела, выше которого проявляется резкое нарастание всего хода превращения. Известен большой класс энантиотропных превращений, для которых вполне определенно можно говорить о наличии температур начала превращения низкотемпературной модификации в высокотемпературную, так как для них значения T_n совпадают с температурами модификационных переходов.

На существование температур начала многих химических процессов указывает нелинейная зависимость $\lg k$ от $\frac{1}{T}$, связанная с тем, что значение k убывает быстрее, чем это следует из экспоненциальной зависимости вида [1]. При экстраполяции кривой зависимости $\lg k$ от $\frac{1}{T}$ в область уменьшающихся значений k она асимптотически приближается к прямой $\frac{1}{T} = \frac{1}{T_n}$.

Существование T_n связано с энергетическим состоянием реагирующих молекул, с температурной зависимостью запаса внутренней энергии молекул. Вероятность реагирования связана не со всем запасом внутренней энергии, а только с запасом энергии валентно-колебательной составляющей, так как другие виды внутренней энергии непосредственно не принимают участия в разрыве связей, не перейдя предварительно в валентно-колебательную составляющую. Спектральные дан-

ные, а также данные по молекулярной теплоемкости показывают, что повышение температуры, при которой находятся вещества, по-разному влияют на увеличение запаса энергии отдельных составляющих их внутренней энергии. Вследствие квантовых ограничений интенсивное увеличение запаса энергии начинается с тех составляющих, кванты энергии которых наименьшие. В первую очередь пополняется запас поступательной энергии молекул, если вещество находится в газообразном состоянии, затем—вращательная энергия молекул, крутильных движений отдельных частей молекул, энергия деформационно-колебательных движений. Дальнейшее увеличение температуры приводит к появлению интенсивных валентно-колебательных движений. Существование T_n связано с наличием предела на шкале температуры состояния вещества, выше которого в данном веществе проявляется интенсивное валентно-колебательное движение.

Конкретные значения T_n зависят от механизма реакций. Они являются характеристикой данной реакционной системы. Значения T_n должны проявляться прежде всего для реакций, протекание которых связано с предварительной стадией активирования. Температурную зависимость констант скорости, равновесия таких реакций следует изучать в характерной для них температурной шкале, началом которой является T_n . В этом случае уравнение [1] принимает вид

$$\kappa = B e^{-\frac{Q}{R(T-T_n)}} \quad [2]$$

Критерием применимости уравнения [2] является линейная зависимость $\lg \kappa$ от $1/T - T_n$. Расчет T_n может быть произведен по формуле

$$T_n = \frac{(T_2 - T_1) \cdot T_3 \lg \frac{\kappa_3}{\kappa_1} - (T_3 - T_1) \cdot T_2 \lg \frac{\kappa_2}{\kappa_1}}{(T_2 - T_1) \cdot \lg \frac{\kappa_3}{\kappa_1} - (T_3 - T_1) \cdot \lg \frac{\kappa_2}{\kappa_1}} \quad [3]$$

Размерность B и Q в уравнении [2] такая же, как C и A в уравнении [1].

ВЛИЯНИЕ ПРЕДЫСТОРИИ ПРЕПАРАТА НА СКОРОСТЬ ТЕРМИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ ТВЕРДЫХ ВЕЩЕСТВ

В. В. БОЛДЫРЕВ

Кафедра неорганической химии Томского университета

1. Скорость термического разложения твердых веществ, как и скорость топохимических реакций вообще, в сильной степени зависит от способа и условий получения препарата исходного твердого вещества, продолжительности его хранения и различных видов предварительной обработки. Влияние предыстории препарата на скорость последующего термического разложения связано, с одной стороны, с изменением геометрических условий для развития реакционной зоны в кристаллах, полученных различными способами, и, с другой,— с образованием обратимых и необратимых дефектов в решетке кристалла при получении.

2. Одной из причин влияния способа получения на скорость термического разложения твердого вещества вследствие изменения геометрических условий развития реакционной зоны в кристалле является изменение огранки кристаллов, полученных различным образом. Изменение огранки приводит к различным соотношениям между относительной площадью отдельных граней в кристалле, неравноценных в химическом отношении, что отражается на скорости термического разложения. Кроме этого, изменение огранки может также влиять на скорость и за счет изменения соотношения между поверхностью и объемом кристаллов одинаковой массы. Высказанные положения подтверждены экспериментальными данными по разложению кристаллов семиводного сульфата магния и перманганата калия, изменивших огранку, наблюдениями за формой и скоростью распространения реакционных ядер на различных гранях кристалла. Различная реакционная способность у различных граней кристалла была установлена также непосредственными опытами, проведенными на хромовых и алюмокалиевых квасцах, в ходе которых была установлена зависимость скорости дегидратации квасцов от кристаллографического направления грани в кристалле.

3. При получении кристаллов твердого вещества в них могут возникать разнообразные дефекты, начиная от дислокаций и кончая дефектами внутри элементарной ячейки решетки. Наличие обратимых дефектов в решетке твердого вещества может быть прослежено путем наблюдения «старения» кристаллов. «Старение» можно обнаружить по изменению скорости термического разложения по мере хранения препарата, а также с помощью измерения теплоты растворения и измерения степени размытости линий дебайеграммы. Нагревание препа-

рата, обработка его ультразвуком приводит к ускорению процесса «старения» и снижению, за счет этого, скорости термического разложения вещества.

4. Введение в решетку вещества примесей при получении, а также образование новой фазы на границе с исходным веществом приводит к увеличению скорости реакции последующего термического разложения как за счет образования необратимых дефектов решетки, так и вследствие каталитического действия внедренных в решетку частиц примесного вещества.

ВЛИЯНИЕ ВОДОРОДА, АДСОРБИРОВАННОГО НЕКОТОРЫМИ ОКИСЛАМИ, НА АДСОРБЦИЮ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

Л. Г. МАЙДАНОВСКАЯ

Кафедра физической химии Томского университета

Исследована, совместно с Е. А. Кобзарь, адсорбция электролитов хлористого калия и бария и нитрата серебра на силикагеле, полученном из четыреххлористого кремния. Силикагель очищался электродиализом до конечного напряжения системы в 1200 вольт и силы тока в 15 миллиампер. Четыре образца силикагеля отличались друг от друга тем, что каждый образец откачивался при температурах 450, 600, 700, 800°C и адсорбировал водород при температурах на 100° ниже температуры откачки. Обезгаживание проводилось в течение 30—32 часов до давления $1, 10^{-5}$ мм рт. ст. После охлаждения реакционной колбы из нее высыпалась часть силикагеля (образец «а»), и с ним ставились опыты по адсорбции электролитов. Оставшаяся часть силикагеля в колбе вновь обезгаживалась 8—10 часов, и на ней проводилась адсорбция водорода (образец «в»). После адсорбции водорода в вакуумную систему пускался воздух, силикагель вынимался из реакционной колбы, и на нем проводилась адсорбция электролитов. Изменение концентрации растворов до и после адсорбции определялось по их электропроводности и рН среды. Следует отметить, что электропроводность растворов после соприкосновения с образцом «а» почти не изменялась, после соприкосновения с образцом «в» она возрастала. Так, например, в случае хлорида калия 0,05 N электропроводность чистого раствора и раствора после соприкосновения с образцом «а» составляла в обоих случаях $6,00 \cdot 10^{-3} \Omega^{-1}$, при соприкосновении же с образцом «в» после адсорбции силикагелем водорода при 600°C электропроводность была равной $6,24 \cdot 10^{-3} \Omega^{-1}$. Величина рН раствора менялась соответственно так: 6,86; 4,90; 4,63. Это указы-

вает на влияние адсорбированного водорода силикагелем на адсорбцию электролитов. Кроме того, оказалось, что при одинаковой величине адсорбции водорода (независимо от температуры опыта), изменение электропроводности электролита также было одинаковым. Для случая нитрата серебра количество ушедших из раствора ионов серебра после соприкосновения раствора нитрата серебра с силикагелем «в» было определено также и титрованием. Выявлена большая величина адсорбции ионов серебра чем ионов калия и бария.

Наблюдаемое увеличение адсорбции катионов в присутствии активированно-адсорбированного водорода, по-видимому, связано с изменением заряда поверхности силикагеля либо за счет наличия на поверхности силикагеля водорода, либо за счет недостатка кислорода в решетке силикагеля, возникшего при прокаливании силикагеля в воздухе.

Проведенные исследования, совместно с Т. П. Чермениной, в той же постановке с окисью магния, но при прогреве образцов при 400 и 500°C показали уменьшение электропроводности растворов, бывших в соприкосновении с окисью магния образца «а». Это говорит о молекулярной адсорбции электролитов на окиси магния. Электропроводность растворов после соприкосновения с окисью магния образца «в» заметно повышалась. Этот факт позволяет сделать вывод о том, что повышение электропроводности раствора обязано обмену адсорбированного окисью магния водорода на катион соли. Результаты определения концентрации ионов калия (с участием Е. А. Найденовой) фотоэлектроколориметрически в чистом растворе и в растворах после соприкосновения последних с образцами «а» и «в» указывают на более сильное падение в растворе концентрации ионов калия после соприкосновения его с образцом «в», чем с образцом «а».

Падение концентрации ионов калия в растворе после соприкосновения с образцом «в», определенное фотоэлектроколориметрически, и увеличение электропроводности раствора говорит в пользу обмена активированно-адсорбированного водорода на окиси магния на катион соли.

ПОЛУЧЕНИЕ ТЕНАРДИТА ИЗ РАПЫ ОЗЕРА КУЧУК В БАСЕЙНАХ В ЕСТЕСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Т. М. СОСИПАТРОВ

Лаборатория минерального сырья Западно-Сибирского филиала АН СССР

1. В Кулундинской степи сосредоточены богатейшие месторождения сульфата натрия, использование этих месторождений позволит полностью покрыть дефицит сульфата натрия в нашей стране.

2. В Кулундинских соляных озерах широко развиты процессы образования тенардита (безводного сульфата натрия) в природных условиях. Изучение этих процессов дает возможность разумно управлять ими и подойти к решению проблемы искусственного создания месторождений тенардита путем изменения режима питания озер или же путем организации крупного бассейнового хозяйства.

3. Тенардит в природе образуется в политермических условиях. Изучены политермы совместного существования мирабилита и тенардита в равновесии с рапой озер Кучук и Б. Анж-Булат.

4. Изучена кинетика дегидратации мирабилита под действием сульфато-хлоридных рассолов озер Кучук и Анж-Булат. Вскрыт механизм формирования тенардита при различных температурах, и дана количественная оценка протекающих процессов.

5. Значение полученных результатов для проблемы создания искусственных месторождений тенардита на базе рапы оз. Кучук.

6. Опытами по обезвоживанию мирабилита под слоем Кучукской рапы, проведенными летом 1955—1956 гг. в бассейне емкостью 50 м³, доказана реальная возможность за короткий срок обезводить слой мирабилита в 40 см и получить слой тенардита в 10—12 см. Рассмотрены особенности протекания процесса обезвоживания мирабилита под слоем рапы озера Кучук.

7. Определены необходимые площади под салочные бассейны в районе озера Кучук. Проведена крупномасштабная съемка 2-х заливов озера Кулундинского, показавшая возможность использования их в качестве садочных бассейнов для получения тенардита в естественных условиях.

8. Расчетами показано, что за один летний сезон в одном из таких бассейнов можно получить около 1 миллиона тонн тенардита. Дана технологическая схема 3-х годовичного цикла, позволяющая создать в заливах искусственное месторождение тенардита с запасами около 3-х миллионов тонн в каждом. тенарида. Дана технологическая схема 3-годовичного цикла, даст благоприятные условия для добычи его методом опытных горных выработок.

9. Стоимость полученного таким путем тенардита будет значительно ниже стоимости сульфата натрия, получаемого заводским путем.

ВЛИЯНИЕ АТОМНОГО ВЕСА НА СВОЙСТВА И ХИМИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ РЯДА НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Е. П. ОЖИГОВ

Дальневосточный филиал им. В. Л. Комарова АН СССР

1. Вся предыстория открытия периодического закона Д. И. Менделеева связана с исследованием и поисками связей между атомными весами и химическими свойствами элементов, а также с выяснением влияния атомных весов на поведение и химизм соединений. Идея о влиянии массы на химизм получила наиболее полное развитие в периодическом законе Д. И. Менделеева и термохимических работах Н. Н. Бекетова. Современная теория решающее значение придает характеру химических связей, имеющих электрическое происхождение; массе же атомов отводится пассивная роль. Тем не менее, масса сохраняется в целом ряде уравнений, выражающих ход теплоемкости, упругости пара, нарастание энтальпии, внутренней энергии, энтропии и т. п. Однако во всех этих уравнениях влияние массы не проявляется в явном виде, хотя целый ряд физико-химических явлений, как то: растворимость, температуры кипения и плавления, сдвиг равновесия в твердофазовых процессах и расплавах солей—могут быть объяснены лишь при учете влияния масс атомов.

2. В докладе дано истолкование принципа Н. Н. Бекетова (равновесие смещается в сторону образования молекул, состоящих из атомов с наименьшими атомными весами, с одной стороны, и наибольшими—с другой стороны) о влиянии атомных весов на свойства и направление химических процессов с позиций современной квантовой теории теплоемкости. Показано, что за отношениями атомных весов скрываются отношения частот колебаний атомов катиона и аниона в солях; причем при близких резонирующих частотах колебаний прочность соединений увеличивается, при резком различии в частотах колебаний—прочность уменьшается. Установлено в явном виде влияние атомных весов на некоторые физико-химические свойства соединений (растворимость, температуры плавления и кипения соединений), а также на направление сдвига равновесия в реакциях изотопного обмена и расплавах солей. Определены границы применения принципа Н. Н. Бекетова для соединений различных групп периодической системы Д. И. Менделеева.

3. Представляется возможным любое химическое соединение рассматривать как диалектическое единство противоположностей различных сил, одна из которых стремится разорвать связи (электрические силы отталкивания, колеблющиеся

массы атомов), а другая стремится удержать атомы в соединении (электрические силы взаимодействия между атомами). Физико-химические свойства соединений будут зависеть от результирующей обеих сил. Таким образом, свойства соединений находятся в зависимости не только от порядковых номеров, но и от атомных весов элементов, входящих в соединение, на что обращали внимание химики прошлого века Д. И. Менделеев, Н. Н. Бекетов и др.

РЕАКЦИОННАЯ АКТИВНОСТЬ ВЕЩЕСТВ И ХИМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ

Г. А. КАТАЕВ

Кафедра аналитической химии Томского университета

1. Механизм реакций и реакционная активность веществ определяется химическим строением участвующих в процессе частиц и физико-химическими условиями превращения. Основными факторами, определяющими преимущественное течение реакции по одному из конкурирующих механизмов, являются среда и химическая связь реагирующих частиц.

2. Влияние природы химической связи на реакционную активность вещества определяется, во-первых, тем, что характер связи определяет вид потенциальной кривой, полную энергию связи и энергию «разрыхления» кристаллических решеток, от которых зависит энергия активации процесса. Хотя участие обменных сил в образовании химической связи и делает дно потенциальной ямы более узким и глубоким, энергия диссоциации кристаллической решетки на атомы (W), как установлено нами, быстро падает с ростом степени ковалентности (α) ионных соединений: $W = Se^{-\alpha}$. Отсюда следует, что тенденция к атомно-радикальному типу превращения будет тем больше, а энергия активации реакции тем меньше, чем большей степенью ковалентности обладают реагирующие частицы, связи в которых должны разорваться. В связи с этим большой интерес представляют реакции разложения, знание основных закономерностей которых может явиться ключом для вскрытия природы других типов превращений. Во-вторых, химические связи в зависимости от их природы в различной степени подвергаются воздействию среды: ионная связь более чувствительна к среде чем ковалентная или деформированная. Это обстоятельство в значительной степени предопределяет тип превращения, а вместе с тем и энергию активации его.

3. Анализ экспериментальных данных, полученных нами и имеющихся в литературе, позволяет вскрыть некоторые конкретные детали влияния природы связи на реакционную активность веществ. Результаты изучения кинетики растворения галогенидов свинца и ртути в различной среде позволили нам сделать следующие выводы: 1) энергия активации зависит от типа растворения (переход в раствор ионов простых и комплексных молекул); в случае ионного разрушения кристалла энергия активации тем больше чем больше степень ковалентности химической связи и координация, при молекулярном разрушении энергия активации тем меньше чем меньше координация и величина дисперсионной составляющей в энергии решетки; 2) изменение равновесной растворимости вещества заметно не сказывается на энергии активации, если механизм растворения остается прежним; 3) энергия активации растворения в общем не зависит от абсолютного значения растворимости.

Для скорости реакции замещения в системе иодид — бром (четыреххлористый углерод) мы получили ряд: $\text{HgI}_2 > \text{SnI}_2 > \text{PbI}_2 > \text{KI}$, что, по-видимому, можно объяснить, учитывая большую склонность к разрыву связей на атомы для веществ с большой степенью деформации ионов, что подтверждает выводы, сделанные выше, или увеличением энергии разрыхления по этому ряду в связи с увеличением полярности связи. Некоторые особенности разложения перманганатов также могут быть, по-видимому, объяснены, если учесть химическую связь в кристаллической решетке их. Зависимость энергии активации процесса от характера связи может быть продемонстрирована на примерах реакций соединения и разложения галогенорганических соединений.

4. Большинство из известных реакций металлов и сплавов с металлическим характером связи в водных и неводных растворах электролитов (а часто неэлектролитов) идут с небольшим критическим инкрементом, что надо объяснить электрохимическим механизмом процессов за счет наличия свободных электронов в металлах. Дело существенным образом меняется, если перейти к сплавам с ковалентным характером связи. Нами установлено, что энергия активации реакции сурьмы и ее сплавов с алюминием с бензолным раствором брома значительно меньше (5,4—3,9 ккал) в случае чистой сурьмы и твердых растворов ее с химическим соединением AlSb , чем сурьмы, находящейся в интерметаллиде AlSb стехиометрического состава компонентов (12,4 ккал). В последнем случае участие свободных электронов в реакции затруднено из-за большой ширины запрещенной зоны, а энергия связи Al—Sb высока, что и приводит к увеличению энергии активации.

5. Особо следует отметить фактор комплексообразования

в растворах, существенным образом изменяющий активность растворенного вещества и также определенным образом зависящий от природы химической связи молекул.

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ СВЯЗИ НА ТЕРМИЧЕСКУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ ТВЕРДЫХ ВЕЩЕСТВ

Л. А. АЛЕКСЕЕНКО

Кафедра неорганической химии Томского университета

Природой связи определяются в большой мере физико-химические свойства веществ: электролитическая диссоциация, плавкость и летучесть, термическая устойчивость, способность и характер реагирования (механизм, скорость, полнота) и пр. В понятие «природа связи» входят ее прочность, полярность и другие характеристики. В физико-химическом анализе по изменению свойств судят о процессах, происходящих в системе, в частности, — об образовании химических соединений. Это принципиально возможно именно потому, что изменение свойств есть следствие изменений в природе связи.

Термическая устойчивость и другие свойства соединений одного класса (галогенидов, окислов, гидратов, солей кислотных кислот и пр.) закономерно связаны с положением элементов в периодической системе элементов Д. И. Менделеева. Это следует объяснять тем, что при переходах по горизонтальным и вертикальным рядам элементов закономерно изменяются характеристики их атомов (радиус, строение), а следовательно, и определяемая этими характеристиками склонность образовывать химическую связь того или иного характера.

Учет изменения характера связи у веществ одного химического класса возможен при использовании поляризационных представлений. Поляризационные представления можно рассматривать как подход к теории связи промежуточного типа. Могут быть и другие возможности обоснования тенденций в изменении свойств веществ (например, квантово-механические расчеты), но поляризационные представления дают возможность уже в настоящее время систематизировать материал.

Нами (с участием студентов) экспериментально изучено протекание топохимических процессов термического разложения различных веществ — нитратов, хлоратов, карбонатов, перманганатов, сульфатов, а также кристаллогидратов и аммиакатов различных солей. При этом во многих случаях наблюдались закономерности, обычные для топохимических про-

цессов: первоначальное образование продуктов реакции на вершинах, ребрах и по местам нарушений кристаллов; влияние величины кристаллов на скорость процесса; наличие индукционного периода; влияние диффузионных явлений; соответствие топокинетическим уравнениям и т. п.

Рассмотрена роль поляризационных явлений (т. е. роль характера связи) в процессах топохимического разложения. Внутри каждого класса веществ термическая устойчивость сопоставлена с изменением поляризационных характеристик составных частей молекулы. Классификация солей с одинаковым анионом по химическому типу их термического разложения рассмотрена (на примере нитратов) с учетом поляризационных явлений и обоснована последними. Изменение характера распада одного и того же вещества при различных температурах трактуется как результат изменения поляризующей способности катиона. Учет внутримолекулярных поляризационных явлений, т. е. учет характера связи, позволяет также охватить единой трактовкой опытные данные об устойчивости многих аммиакатов и кристаллогидратов.

ГИДРОЛИТИЧЕСКАЯ АДСОРБЦИЯ НА ОКСИД АЛЮМИНИЯ

Р. М. КУЛИКОВА

Кафедра физической химии Томского университета

Изучено влияние рН среды на гидролитическую адсорбцию электролитов окисью алюминия, предварительно адсорбированной водородом в области температур активированной адсорбции. Химически чистая окись алюминия подвергалась днализу с градиентом потенциала 350 в/с и после высушивания прокаливалась на воздухе в течение двух часов в кварцевой трубке при температурах 500—1100°C. В качестве электролитов были взяты растворы хлоридов натрия, калия и бария.

Определение величины адсорбции проводилось по изменению рН среды водного раствора электролита после адсорбции на окиси алюминия без активированно-адсорбированного водорода и на окиси алюминия, адсорбированной водородом в области температур активированной адсорбции. Величины рН определялись с помощью рН — метра с водородным электродом; вторым электродом служил насыщенный каломельный электрод.

Анализ результатов исследований дает возможность сделать следующие выводы: в ряду Na^+ , K^+ , Ba^{++} адсорбция катиона возрастает. Обмен Na^+ на водород происходит в таких сравнительно малых количествах, что этот процесс затемняется изменением свойств растворов обусловленным поведением окиси алюминия как амфолита.

Для растворов хлоридов калия и натрия кривые изменения рН среды при соприкосновении раствора с адсорбентом в зависимости от рН раствора проходят через минимум и два максимума. Минимум приходится на величину рН, равную 6,6—6,7 и является общим для всех образцов окиси алюминия как адсорбировавшего, так и не адсорбировавшего водород. Возможно, что минимум кривых связан с изоэлектрическим состоянием окиси алюминия.

Максимумы на кривых в кислой области, приходящиеся на величину рН, равную приблизительно 3, можно объяснить гидролизом образовавшегося хлористого алюминия. Возникновение максимумов в щелочной области, при рН около 10,2, можно объяснить гидролизом соединений типа $3\text{NaAlO}_2 \cdot 2\text{Na}_3\text{AlO}_3$, образующихся в щелочных средах.

Для окиси алюминия, прокаленной при 900°C , минимум кривой сдвинут в щелочную область и приходится на значение рН 7,4.

В работе принимали участие студенты И. М. Винокурцева, М. Ч. Смокотина, Е. Ю. Компанеец, Е. Г. Смирнова, В. П. Васильева.

КОМПЛЕКСООБРАЗУЮЩИЕ СВОЙСТВА СКАНДИЯ, ИТТРИЯ И ЛАНТАНИДОВ

В. В. СЕРЕБРЕННИКОВ

Кафедра неорганической химии Томского университета

Образование комплексов р. з.*) элементов происходит за счет электростатического притяжения, и их стабильность зависит от объемного фактора—размера иона. Уменьшение объема р. з. элемента с увеличением их порядкового номера усиливает процесс комплексобразования и стабильность комплекса. Как электростатические комплексообразователи трехвалентные ионы р. з. элементов образуют менее стабильные комплексы по сравнению с четырехвалентным церием и скандием и более устойчивые комплексы, чем двухвалентные ионы р. з. элементов (Eu^{2+} , Yb^{2+} , Sm^{2+}).

*) р. з. — редкоземельные.

Несмотря на ограниченность числа видов комплексных соединений р. з. элементов, может быть намечена следующая их классификация:

А. Ассоциаты ионных пар

1. Ассоциатокомплексные катионы $(Me X_n)^{(3-n)+}$
2. Ацидокомплексные ассоциаты
 - а) ацидокомплексы $(Me X_n)^{(3-n)-}$
 - б) внутрикомплексные ацидосоединения (клетчатые, циклические ацидокомплексы)

3. Нейтральные ассоциаты $(Me_n^{3+} X_3^{n-})$

Б. Внутрикомплексные соли (нейтральные комплексные молекулы).

В. Комплексы с нейтральными аддендами.

1. Гидраты
2. Аммиакаты
3. Комплексы с органическими соединениями
 - а) аминаты
 - б) алколяты
 - в) кетонаты
 - г) гидроксоаминаты.

Мерой стабильности комплексных соединений является изменение свободной энергии процесса образования комплекса, связанное с константой стабильности выражением

$$\Delta F = -RT \ln K_k.$$

Константы стабильности комплексов некоторых р. з. элементов известны довольно точно и дают возможность наметить некоторые положения и закономерности в их изменении.

В общем виде изменение константы стабильности однозначных комплексов является функцией от обратной величины радиуса, потенциала ионизации и порядкового номера элемента, т. е.

$$K_k = f(z, r_a, v) \text{ или } K_k = f\left(\frac{n}{r_i}\right),$$

где z — порядковый номер р. з. элемента, r_a — атомный радиус, v — потенциал ионизации, r_i — ионный радиус и n — заряд иона комплексообразователя. Так, для ацетилацетонатных комплексов р. з. элементов зависимость между константой стабильности и порядковым номером элемента может быть выражена уравнением:

$$\lg K_{k1} = 5,1 + 0,15(z - 57).$$

В общем виде для подобных комплексов эта зависимость должна быть представлена следующим образом:

$$\lg K_{k1} = A + B(z - 57),$$

где A и B константы. Такого типа зависимости могут быть наменены и для других комплексных соединений.

В случае ацидокомплексов на основании литературных данных можно наметить несколько следующих общих положений. С увеличением заряда аниона и уменьшением его радиуса устойчивость ацидокомплексов: ацидокомплексных ассоциатов, ацидокомплексных катионов, внутрикомплексных ацидосоединений и внутрикомплексных солей обычно возрастает. Однако различие в величине констант стабильности в ряду р. з. элементов возрастает от однозарядных анионов через двухзарядные к трехзарядным анионам и затем уменьшается с увеличением заряда аниона. Последнее особенно наглядно проявляется при образовании комплексов производными аминокислотных кислот, что, вероятно, связано с усиливающимся воздействием аддендов на центральный атом. Так, в порядке усиливающегося действия на абсорбционный спектр неодима указанные адденды — аминокислоты могут быть расположены в следующий ряд.

Диаминциклогексан- N, N, N', N' - тетрауксусная кислота > этилендиаминтетрауксусная кислота > нитрилотриуксусная кислота > иминодиуксусная кислота > аминокислотная кислота.

Казалось бы, в том же порядке должно быть расположено изменение стабильности ацидокомплексов, образованных указанными кислотами; однако влияние взаимной поляризации центрального иона и адденда приводит к некоторому изменению разницы констант стабильности в ряду лантанидов. Так, если сопоставить разницу величин pK между La и Lb для этилендиаминтетрауксуснокислых и нитрилотриуксуснокислых комплексов, в первом случае она будет равна 3,4, во втором — 5,5. Это предположение дает возможность полагать, что выбор соответствующих аддендов позволит резко увеличить избирательное элюирование р. з. элементов. Подтверждением этого может служить описанный в периодической литературе пример по отделению лантана от дидама при применении в качестве элюента иминодиуксусной кислоты.

ПРИМЕНЕНИЕ ДИТИОКАРБАМАТОВ В АНАЛИЗЕ

Л. Б. КРИСТАЛЕВА

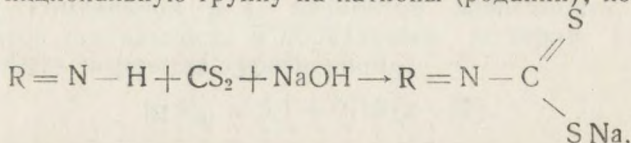
Кафедра аналитической химии Томского университета

1. Применение органических реактивов (ОР) в аналитической химии началось более 50 лет тому назад с исследований Л. А. Чугаева и Ильинского и в настоящее время этот интересный и перспективный раздел аналитической химии широко разрабатывается советскими химиками. Благодаря работам Кульберга, Кузнецова, Бабко, Алимарина и др. сформулированы некоторые положения зависимости между структурой ОР и его избирательной активностью к ионам. Разработанная Кульбергом теория функционально-аналитических групп, гипотеза Кузнецова о внутримолекулярной диссоциации и ряд других теоретических обобщений указывают пути рационального синтеза ОР с некоторыми заранее заданными свойствами.

В СССР и за границей ведутся широкие теоретические исследования вопроса взаимосвязи между ионами ОР и катионом в зависимости от радиуса ионов, их взаимной поляризуемости и деформируемости, приводящих к образованию прочных, часто окрашенных соединений. В этом отношении обращают на себя внимание гетероциклы, способные за счет наличия гетероатомов деформироваться и поляризоваться при образовании органико-неорганических соединений.

Среди различных ОР нашли широкое применение диэтил (диалкил) — производные дитиокарбаминовой кислоты, дающие за счет наличия группы —SH с большим рядом катионов тяжелых металлов труднорастворимые окрашенные соединения, способные избирательно экстрагироваться в органических растворителях, что нашло применение для колориметрического определения ряда металлов.

2. С целью подтверждения высказанных ранее положений и отыскания новых ОР, нами синтезирован ряд производных дитиокарбаминовой кислоты с гетероциклами, имеющими активную иминогруппу (пирол, фенатазин), а также иминогруппу и функциональную группу на катионы (роданин), по схеме:



где R — остаток пиррола, фенатазина, роданина.

Качественные исследования по отношению к металлам показали, что реактив, где R — остаток пиррола, дает осадки

хорошо экстрагирующиеся CCl_4 и CHCl_3 с Fe^{2+} желто-зеленого цвета, с Fe^{3+} темно-коричневого, с Co^{2+} грязно-зеленого, с Ni^{2+} —оранжевого, с Cu^{2+} и Bi^{3+} —желтого. Zn^{2+} , As^{3+} , Pb^{2+} , Sb^{3+} и др. с реактивом образуют белые осадки. Реактив, где R—остаток фенатазина дает осадки с Ni^{2+} —оранжевого цвета, с Co^{2+} —желто-зеленого, с Ag^+ —коричневого, с Cu^{2+} и Cr^{3+} —зеленого, с Hg^+ —черного.

Реактив, где R—остаток роданина образует осадки, труднорастворимые в бензоле, толуоле, CHCl_3 , CCl_4 , частично растворяющиеся в изоамиловом спирте, с Cu^{2+} коричневого цвета, с Fe^{2+} , Fe^{3+} и Hg^+ —шоколадного, с Ag^+ , Pb^{2+} —темно-красного, с Zn^{2+} —оранжевого, с Bi^{3+} —вишнево-красного, с Ni^{2+} , Co^{2+} , Mn^{2+} —растворы красного цвета.

Кроме того, разработана методика определения малых количеств меди диэтилдитиокарбаматом натрия в присутствии больших количеств кобальта и никеля. Мешающее влияние Co^{2+} и Ni^{2+} предложено устранять путем связывания их диметилглиоксимом в щелочной среде в присутствии персульфата аммония.

ХЛОРИРОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ОКИСЛОВ МЕТАЛЛОВ ПАРАМИ ЧЕТЫРЕХХЛОРИСТОГО УГЛЕРОДА

Я. И. ИВАШЕНЦЕВ

Кафедра неорганической химии Томского университета

Хлорирование различных руд в настоящее время широко используется в практике металлургической промышленности. Данный метод позволяет, используя различную упругость паров образующихся хлоридов и их способность возгоняться, при известных условиях, произвести фракционную разгонку с целью извлечения ценных элементов, не прибегая, при этом, к сложным методам химической переработки руд.

В данной работе обобщен материал по хлорированию парами CCl_4 окислов Fe_2O_3 , Al_2O_3 , BeO , TiO_2 , ZrO_2 и ThO_2 . Выбор объектов для исследований обусловлен важностью получения безводных хлоридов этих элементов; в то же время, при хлорировании Fe_2O_3 и Al_2O_3 , имелось в виду решение вопросов, связанных с удалением данных окислов из руд, в целях обогащения последних.

Изучено при различных температурах и скоростях газового потока хлорирование окислов Fe_2O_3 , Al_2O_3 , BeO , TiO_2 ,

ZrO_2 и ThO_2 парами CCl_4 и Fe_2O_3 , кроме того, — хлористым водородом. Все изученные реакции являются топохимическими, протекающими при определенных температурах с достаточной скоростью, со 100% превращением окислов в хлориды при одновременной возгонке последних. Полученные данные сведены в табл. 1.

Таблица 1

Окисел	Количество CCl_4 в г	Навеска окисла в г	t° С опыта	Время опыта в мин.	% превращения окисла в хлорид		% возгонки хлорида за время опыта	
					прок.	непрок.	прок.	непрок.
Fe_2O_3	4,6	0,05	450	120	48,4	83,0	100	100
	2,7	"	500	70	55,0	98,8	"	"
	2,3	"	550	60	64,6	100,0	"	"
BeO	4,6	"	500	120	32,0	63,0	"	"
	2,3	"	600	60	47,0	99,6	"	"
	0,96	"	700	25	75,0	100,0	"	"
Al_2O_3	4,6	"	500	120	30,6	45,5	"	"
	2,3	"	600	60	81,2	96,2	"	"
	0,96	"	700	25	94,2	100,0	"	"
TiO_2	4,6	"	400	120	31,4	79,2	"	"
	1,5	"	500	40	67,6	100,0	"	"
	0,96	"	600	25	94,4	100,0	"	"
ZrO_2	4,6	"	500	120	36,8	68,4	"	"
	2,3	"	600	60	84,2	100,0	"	"
	0,96	"	700	25	93,1	100,0	"	"
ThO_2	4,6	"	600	120	42,0	63,2	70,5	77,8
	4,6	"	700	120	78,1	95,8	83,4	95,0
	1,5	"	800	40	100,0	100,0	100	100

Экспериментально установлены температуры начала взаимодействия этих окислов с парами CCl_4 , температуры и время полного превращения окислов в хлориды с одновременной возгонкой и конденсацией в виде безводных хлоридов. Установлены следующие оптимальные температуры (нижний предел) образования и возгонки хлоридов в токе паров четыреххлористого углерода: $FeCl_3$ — 500° ; $BeCl_2$ — 600° ; $AlCl_3$ — 600° ; $TiCl_4$ — 500° ; $ZrCl_4$ — 600° ; $ThCl_4$ — 800° .

Данные температуры значительно ниже температур хлорирования этих же окислов хлором и хлористым водородом, как в отсутствии, так и в присутствии угля.

Вычислены для всех процессов константы скорости и энергии активации, их тепловые эффекты (по закону Гесса), свободные энергии и константы равновесия. Полученные данные позволяют судить о скорости процессов и их направлении. Значения констант скорости и энергии активации обобщены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Образующийся хлорид	t°C опыта	Прокаленный окисел (800°)		Просушенный окисел (150°)	
		Кон. ск.	Е кал/моль	Кон. ск.	Е кал/моль.
FeCl ₃	450	0,0029	16370	0,0130	16175
	500	0,0074		0,0430	
	550	0,0117		0,0510	
BeCl ₂	500	0,0009	29200	0,0038	24620
	600	0,0044		0,0440	
	700	0,0450		0,10_0	
AlCl ₃	500	0,0008	33800	0,0021	28200
	600	0,0218		0,0480	
	700	0,0800		0,09_0	
TiCl ₄	400	0,0010	26700	0,0115	15_00
	500	0,0210		0,0870	
	600	0,0954		0,180	
ZrCl ₄	500	0,0012	33410	0,0076	23000
	600	0,0250		0,0710	
	700	0,1000		0,1350	
ThCl ₄	600	0,0022	25200	0,0067	19800
	700	0,0098		0,0219	
	800			0,0620	

Доказано количественное образование ThOCl₂ при хлорировании ThO₂ парами CCl₄, ThOCl₂ является промежуточным продуктом при образовании хлорида тория. При температуре 800°C и выше, хлорирование идет с образованием хлорида при одновременной его возгонке. Эту температуру и следует считать оптимальной при получении безводного хлорида тория.

Для TiO₂, ZrO₂ и ThO₂ показана температурная зависимость образования и возгона хлорида от величины ионного радиуса катиона. По склонности к возгону хлориды располагаются в следующий ряд $Ti^{4+} > Zr^{4+} > Th^{4+}$

Полученные экспериментальные данные могут быть использованы при разработке методики фракционного извлечения данных элементов в виде возгоняющихся хлоридов из минералов, горных пород, при действии на них парами а также для удаления железа с целью обогащения руд при довольно низких температурах.

СУГЛИНКИ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ, ИХ СОСТАВ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

П. Г. УСОВ

Кафедра технологии силикатов Томского политехнического института

Состав суглинков Томской области не позволяет в нужной мере использовать процессы плавления для создания необходимой структуры при их практической переработке. Грубодисперсная часть их сложена полевыми шпатами и кварцем в соотношениях, дающих наиболее легкоплавкие составы. По этой причине изделия из них при обжиге плавятся резко и легко деформируются.

В образовании механической прочности структура изделий из суглинков области, как показали наши исследования, главную роль играют реакции в твердом состоянии. Сложные составы глинистого вещества в суглинках области при низких температурах до появления расплава проявляют повышенную химическую активность, в результате которой наблюдается значительное упрочнение структуры изделий. При взаимодействии глины с водой на поверхности ее частиц образуются пленки коллоидного раствора. Такой поверхностный золь способен к гелеобразованию. Этот процесс лежит в основе образования пластичности теста. При сушке коллоидные оболочки обезвоживаются и затвердевают, цементируя структуру керамических тел. При обычных температурах этот процесс обратим, но обратимость его резко падает при нагревании с температуры около 200°. Исследования показывают, что коллоидные оболочки имеют весьма сложные составы и отличные от составов основных глинистых минералов. Возможно, они содержат все переходные формы, возникающие в процессе образования глинистых минералов. При нагревании силы сцепления в коллоидах равномерно растут, достигая максимум при температуре около 800°. Дальнейший нагрев не влияет на упрочнение структуры вплоть до температуры начала спекания.

В природе коллоиды глин коагулированы и находятся в агрегированном состоянии. Развитие низкотемпературных реакций находится в прямой зависимости от степени разрушения глинистых агрегатов. Известно, что стойкость агрегатов зависит от природы обменных катионов. Глины с одновалентными катионами, как влажные, так и сухие, медленно, но полно распускаются в воде, образуя суспензии. Глины с двухвалентными катионами ведут себя совершенно иначе. У влажных и сухих образцов наблюдается различное поведение. Влажные образцы Са А! — глины показывают небольшое набухание и слабые признаки разрушения агрегатов. Сухие образцы той же глины очень быстро распадаются на мелкие чешуйки, не

обнаруживая сильного набухания. Так же ведут себя и сухие глины с трехвалентными катионами, влажные же совершенно не размокают в воде.

Суглинки Томской области всех изученных месторождений обменными катионами имеют Са и Mg. Агрегаты скоагулированных коллоидов у них оказались настолько стойкими, что при практической переработке без высушивания они разрушаются далеко не полностью. Даже с применением таких тяжелых машин, как бегуны, в карьерной глине устанавливается очень небольшой процент разрушенных агрегатов. Поэтому ослабление первичной подготовки глин явилось главной причиной резкого снижения качества строительного кирпича по всей нашей области, как в части механических показателей, так и морозостойкости. Исследования показывают, что глинистые агрегаты являются наиболее стойкими при температуре ниже нормальной, особенно ниже 10° . Многолетнее исследование суглинков области позволяет рекомендовать заводам, для повышения качества строительного кирпича, улучшить первичную подготовку глин. Необходимо отказаться от практики непосредственной переработки живой карьерной глины в любое время года.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕТЕРОПОЛИСОЕДИНЕНИЙ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ТКАНЕЙ ОТ ГОРЕНИЯ

Л. Г. БЕЛОБОРОВОДА

Кафедра неорганической химии Томского университета

Ткани имеют широкое применение в промышленности и в практике народного хозяйства. Но легкая воспламеняемость их ослабляет применение. Огнестойкой ткань сделать очень трудно, достаточно, если она будет менее воспламеняемой и при высокой температуре будет тлеть, не давая пламени распространяться по всей ее массе. Для придания огнестойких свойств ее следует прочистить или покрыть негорючим или препятствующим горению составом. В результате пропитки ткань не должна изменять своих ценных свойств (цвет, вес, мягкость, упругие свойства и др.) До сего времени нет такого пропиточного состава, который бы полностью удовлетворял всем вышеуказанным требованиям.

Наши исследования сводились к выявлению возможности применения гетерополисоединений для защиты тканей от горе-

ния. Получали гетерополисоли с комплексообразователем и различными аддендами: 1, 3, 5 и 10% концентраций. Пропитывали ими бязь. Изучение вели варьируя концентрации, температуры пропитанного раствора (20°C и 70°C), время пропитки. Определяли прочность связывания вещества с тканью, прочность ткани на разрыв. Температуру воспламенения определяли в специальном приборе.

В результате исследования установлено, что чем концентрированнее раствор, тем выше процент увеличения веса и материал делается более грубым по внешнему виду. Время пропитки влияет на степень защиты, 3% раствор при 15 минутах не дает защиты, а при 30 мин. пропитки защита наблюдается. При пропитке холодным 3% раствором в течение 60 минут защиты не наблюдается, в случае горячего раствора защита имеется. Пропиточный состав не во всех случаях смывается, а там где остается некоторое количество его, иногда сохраняются защитные свойства. В большинстве случаев с повышением концентрации пропиточного раствора уменьшается прочность материала, особенно при пропитке горячим раствором. Время пропитки на разрывное усилие влияет различно в зависимости от состава и температуры раствора. Иногда наблюдается упрочнение ткани при небольшой концентрации. Имеются также случаи упрочнения ткани с повышением концентрации при пропитке холодным раствором. В нашей работе защитные свойства проявляются при увеличении веса ткани за счет пропитки на 2—3%, тогда как рецепты, приведенные в литературе, дают привес иногда 50—60%. Можно полагать, что при высокой концентрации, длительной обработке, особенно горячими растворами происходят структурные изменения. Это подтверждается механическими испытаниями и сохранением защитных свойств после мытья. В результате работы можно сделать выводы.

1. Гетерополисоединения можно использовать для защиты тканей от горения.

2. Предполагаем, что можно провести защиту тканей от огня, минуя использования непосредственного получения гетерополисоединений прямо по ткани.

3. В значительной степени влияют условия пропитки ткани, а именно температура раствора, концентрация и время пропитки.

4. Замечено сохранение защиты ткани от горения после мытья.

5. Наблюдалось понижение прочности при определенных условиях и в некоторых случаях даже упрочнение.

МЕРКУРИМЕТРИЧЕСКИЕ МИКРО- и ПОЛУМИКРОМЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГАЛОГЕНИДОВ И РОДАНИДОВ

Н. А. УГОЛЬНИКОВ и Р. Д. ГЛУХОВСКАЯ

Кафедра аналитической химии Томского университета

1. Для определения галогенидов и роданидов в практике химического анализа до последнего времени применяются аргентометрические методы. Некоторые методические недостатки аргентометрических методов определения галогенидов и дефицитность нитрата серебра привели к необходимости разработки других методов определения галогенидов и роданидов. За последние годы разрабатываются и внедряются в практику меркури- и меркуриметрические методы определения галогенидов и роданидов. Меркуриметрические методы имеют ряд преимуществ по сравнению с аргентометрическими методами и, вместе с тем, исключают расходование дефицитного реактива нитрата серебра.

2. В настоящее время уделяется большое внимание микро- и полумикрометодам анализа, которые во многих случаях заменяют классические макрометоды. Внедрение микро- и полумикрометодов анализа обусловлено не только стремлением работать с малым количеством вещества, но также неоспоримым преимуществом этих методов в отношении экономичности и быстроты выполнения анализа.

3. Нами проведено исследование по вопросу меркуриметрического определения галогенидов микро-и полумикрометодом в водной и водно-спиртовой среде с дифенилкарбазоном и β -нитрозо- α -нафтолом в качестве индикаторов. Изучена зависимость результатов от величины анализируемой пробы, концентрации растворов, количества индикатора, кислотности среды, а также влияние посторонних веществ. Найдены оптимальные условия для получения лучших результатов. Подтверждено, что при титровании в водно-спиртовой среде можно пользоваться более разбавленными растворами, что позволяет определять небольшие количества галогенидов с достаточной точностью.

4. В результате проведенного исследования установлено, что меркуриметрические микро- и полумикрометоды определения галогенидов и роданидов позволяют определять последние с достаточной точностью и вполне могут заменить макрометоды. Микро- и полумикрометоды определения галогенидов и роданидов имеют преимущества по сравнению с макрометодами в отношении экономичности, быстроты выполнения анализа, возможности определения из небольших проб анализируе-

мого вещества и определения малых количеств галогенидов и роданидов с достаточной точностью.

5. На основе проведенного исследования разработаны меркуриметрические микро- и полумикрометоды определения хлоридов в некоторых пищевых продуктах и хлора, брома и иода в органических соединениях.

К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПАР ЭЛЕКТРОДОВ В ХИМИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ

Д. Е. ГАЛКИН

Кафедра аналитической химии Томского университета

Биметаллические пары электродов получают все большее распространение в практике химического анализа. Это обусловлено прежде всего тем, что с помощью их возможно достаточно точное определение большого числа ионов. Привлекают также быстрота выполнения анализа и техническая простота электрометрического некомпенсационного метода титрования.

В качестве индикаторных электродов в указанном методе обычно используются электроды, которые с точки зрения классической потенциометрии могут быть отнесены к электродам 1-го, 2-го и 3-го родов. Наряду с ними используются такие электроды, которые не могут быть определены как электроды вышеназванных типов. Так, электроды, состоящие из металла, окисла этого металла, трудно растворимой соли другого металла и хорошо растворимой соли с тем же анионом (например электрод $\text{Mo}/\text{MoO}_3/\text{BaSO}_4$ (тв.), раствор Na_2SO_4) не укладываются в рамки определения электродов 2-го рода. Скачок потенциала в эквивалентной точке у подобных электродов обусловлен сорбционными свойствами их поверхности. Поэтому целесообразно такие электроды выделить в особую группу и называть сорбционными электродами 2-го рода.

В качестве электродов сравнения при работе с биметаллическими системами обычно используются электроды, которые считаются индифферентными в данных условиях титрования (например, графитовый, вольфрамовый и многие др. электроды). Однако многочисленные экспериментальные данные показывают, что в действительности эти электроды не остаются строго индифферентными, а в той или иной мере меняют свой потенциал в эквивалентной точке титрования. Отсюда следует, что при электрометрических титрованиях с биметаллическими

парами электродов, когда оба электрода находятся в титруемом растворе, фактически измеряется не изменение потенциала одного (индикаторного) электрода относительно другого (электрода сравнения), как в потенциометрии, а изменение ЭДС данного гальванического элемента в целом, обусловленное изменением потенциалов как анода, так и катода. В этом заключается принципиальное отличие электрометрического метода с использованием биметаллических пар электродов от потенциометрического. Однако в литературе отмеченное различие методов часто игнорируется и оба метода называются потенциометрическими. Только в редких случаях метод с применением биметаллических пар электродов называют либо электрометрическим, либо гальванометрическим. Таким образом, единого мнения по данному вопросу нет. На наш взгляд наиболее правильным названием, отражающим сущность указанного метода, является гальванометрия. Что касается термина электрометрия, то, на наш взгляд, к электрометрическим методам следует отнести: потенциометрию, гальванометрию, кондуктометрию (в том числе высокочастотную), полярографию и амперометрию, т. к. все эти методы по существу своему являются электрометрическими.

О ПОЛЯРОГРАФИЧЕСКОМ ПОВЕДЕНИИ ХРОМА В КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ РАСТВОРАХ

В. В. НОСКОВ

Заводская лаборатория Кузнецкого металлургического комбината

Полярографическое поведение трехвалентного хрома в различных индифферентных электролитах изучено недостаточно. В нейтральных и кислых средах трехвалентный хром восстанавливается на ртутном капельном катоде в две стадии при потенциалах — 0,88 и — 1,53 в (нкэ). По склонности к образованию комплексов хром относится к числу «классических» элементов; наиболее характерны для него гексацидосоединения. Введение в раствор комплексообразователей, образующих с хромом прочные комплексы, сдвигает потенциал восстановления в отрицательную сторону.

В некоторых случаях потенциал восстановления хрома на ртутном капельном катоде сдвигается в положительную сторону; например, в насыщенном растворе хлористого кальция потенциалы полуволн равны — 0,32, 0,61 в (нкэ). Причина этого явления не выяснена.

В настоящей работе экспериментально проверено смещение потенциала восстановления хрома на ртутном капельном катоде в зависимости от концентрации фона.

Смещение потенциалов восстановления объяснено образованием гексагалогенокомплексов, менее прочных, чем гексажво-комплексы, электролитическое восстановление которых имеет место в разбавленных водных растворах.

ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКИЙ БЕСКОМПЕНСАЦИОННЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГАЛОГЕНИДОВ И РОДАНИДОВ

Н. А. УГОЛЬНИКОВ

Кафедра аналитической химии Томского университета

1. Для быстрого определения галогенидов в литературе описан ряд потенциометрических некомпенсационных методов. В большинстве описанных методов в качестве электродов сравнения пользуются электродами с потенциалом, равным величине потенциала индикаторного электрода в эквивалентной точке. Такие методы имеют ограничения в своем применении, так как величина потенциала индикаторного электрода зависит не только от концентрации титруемых ионов, но и от концентрации других ионов, присутствующих в растворе, что приводит к необходимости изготавливать электроды сравнения для каждого титрования в зависимости от состава исследуемого раствора.

2. Нами проведено исследование потенциометрического бескомпенсационного метода определения галогенидов и роданидов титрованием солями ртути. Изучено поведение ряда металлических электродов (серебряного, серебряно-амальгмированного, ртутного, графитового и др.) в паре с каломельным электродом в условиях титрования галогенидов и роданидов солями ртути, что позволило подобрать несколько биметаллических пар электродов для бескомпенсационного титрования.

3. На основании проведенного исследования разработан потенциометрический бескомпенсационный метод определения галогенидов и роданидов с биметаллической системой электродов (ртуть—графит, серебро—графит и др.) путем титрования солями ртути. Разработанный метод не требует сложного оборудования, является быстрым и достаточно точным для определения галогенидов и роданидов в различных условиях.

4. Кроме вышеописанного проведено предварительное исследование по вопросу потенциометрического определения га-

логенидов, при их совместном присутствии в растворе, путем титрования солями ртути (компенсационным методом).

При исследовании получены характерные кривые титрования и установлена возможность последовательного определения иодидов и хлоридов, иодидов и бромидов при их совместном присутствии в растворе.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ МИНЕРАЛОВ ГЛИН

П. Г. УСОВ и Э. А. ГУБЕР

Кафедра технологии силикатов Томского политехнического института

Минералы глин по отдельности в чистом виде в настоящее время изучены достаточно подробно. Установлены их химические составы и строение, а также некоторые физические и химические свойства. Вследствие особых условий образования в природе, глинистые минералы в чистом виде, а тем более в мономинеральном состоянии, встречаются чрезвычайно редко. В первичных отложениях тому или иному типу глинистых минералов сопутствуют тонкодисперсные остатки материнских пород и кварца, а также некоторые промежуточные вещества в стадии образования минералов глин—коллоиды. Особенно сложными в минералогическом отношении являются переотложенные глины и глинистые породы. Такие составы пока не удастся механическими способами разделять на мономинеральные фракции и нет пока единого метода для установления их вещественных составов. Обычно используются методы, фиксирующие различия составов минералов глин (химические), и методы, устанавливающие различия свойств, вытекающих из особенностей их строения.

Химическими методами устанавливаются валовые составы глинистых фракций с обязательным определением щелочей. Параллельно прямыми определениями в тонких фракциях устанавливаются количество и состав растворимых солей, количество и состав катионов, наличие карбонатов и их количество, количество свободного кварца, количество и состав коллоидов, извлекаемых буферной смесью в виде комплексов.

Расчетом определяется количество гидратированных слюдов по содержанию необменного K_2O в глинистых фракциях. Остаток пересчитывается на другие глинистые минералы в зависимости от отношения в нем SiO_2 к Al_2O_3 . Различие в строении глинистых минералов проявляется уже в момент выделения тонких фракций, при их высушивании.

Все главнейшие минералы глин сложены одинаковыми структурными элементами — слоями из кремнекислородных тетраэдров и слоями из алюмо-кислородо-гидроксильных октаэдров.

Элементарный пакет каолинита состоит из двух таких слоев, наложенных один на другой в направлении, перпендикулярном базису. Монтмориллонит, в отличие от каолинита, состоит из трех структурных слоев: из двух наружных кремнекислородных тетраэдрических сеток и промежуточной алюмо-кислородной октаэдрической сетки. Структура гидрослюда такая же, что и монтмориллонита. У каолинита не наблюдается замещения кремния в тетраэдрическом и Al в октаэдрическом слоях другими атомами. Структурные пакеты сцеплены весьма прочно, благодаря наличию водородной связи между пакетами, так как у каолинита в слое между пакетами налагаются уровни кислорода и гидроксильных групп. По этой причине каолинит имеет слабую адсорбцию, малую обменную емкость и не набухает в воде.

Различие в строении главнейших глинистых минералов, главным образом, их различная адсорбционная способность используется при исследовании минералогического состава методом окрашивания. В этом случае подбираются такие красители, у которых носителем пигмента является катион.

Различия в строении проявляются также в неодинаковом поведении их при нагревании. Типичными реакциями для каолинита является отсутствие низкотемпературного эндотермического эффекта, наличие большого и резкого эндотермического эффекта при температуре 550° и большого экзотермического эффекта при 950—980°.

У монтмориллонита устанавливаются два больших эндотермических эффекта: первый—при 110—180°, второй—при 650—750°. Характерным для монтмориллонитовых эффектов является их размытость. Гидрослюды составов иллита дают кривые нагревания, сходные с монтмориллонитом, особенно с его железистыми разностями бейделлитом. Данные рентгеновского анализа дополняют сведения о минералогических составах глинистых минералов, полученных другими методами. Используя рекомендуемые приемы, мы исследовали составы тонких фракций суглинков Томской области, сложенных минералами: бейделлитом, гидрослюдами, кварцем, карбонатами, магниевыми силикатами, коллоидами и растворимыми солями.

РАЗДЕЛЕНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ИОНООБМЕННЫХ СМОЛАХ С ПОМОЩЬЮ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТРИЛОНА «Б» И ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

Р. А. ЧУПАХИНА, Н. А. СКОРИК и В. В. СЕРЕБРЕННИКОВ

Кафедра неорганической химии Томского университета

Ионный обмен на катионах нашел широкое распространение при разделении редкоземельных элементов.

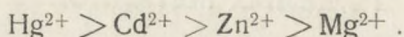
Работами Спеддинга с сотрудниками, Викери, Тромбе и других показано, что наиболее удачно разделение протекает в присутствии промежуточных комплексообразователей таких как Fe^{3+} , Cu^{2+} , а также самих ионов редкоземельных элементов. Эффективность разделения при этом определяется соотношением констант стабильности комплексного катиона (Me^{2+}) и иона (Me^{3+}) редкоземельного элемента.

Сопоставляя константы стабильности между собой, можно сделать приближенное заключение о поведении р. з. элементов при элюировании в присутствии катионита, но окончательный ответ должен быть подтвержден экспериментально.

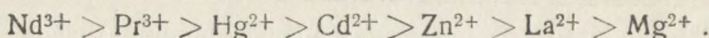
Для выделения адсорбированного La^{3+} , Pr^{3+} и Nd^{3+} на аммонийной форме катионита КУ-2 (фракция с величиной зерна 0,25—0,5 мм, колонка $h = 60$ —65 см, $d = 0,5$ см) нами использованы элюирующие растворы ацидокомплексов двухвалентных катионов магния, цинка, кадмия и ртути с $\text{H}_4\text{Епта}$.

С точки зрения влияния структуры иона на устойчивость образующегося комплекса ион Mg^{2+} должен давать менее устойчивые ацидокомплексы по сравнению с ацидокомплексами Zn^{2+} , Cd^{2+} и Hg^{2+} . Устойчивость ацидокомплексов последних трех ионов зависит не только от размера иона, но и от поляризационных характеристик: сильное поляризующее действие их сочетается со сравнительно легкой собственной деформируемостью. Деформируемость сверху вниз по периодической системе (от Zn^{2+} к Hg^{2+}) увеличивается, одновременно возрастает дополнительный поляризационный эффект. Последнее может привести к тому, что стабильность ацидокомплекса с увеличением радиуса иона (от Zn^{2+} к Hg^{2+}) может не только ослабнуть, но даже заметно усилиться, особенно резко при большой деформируемости аниона. Действительно, ацидокомплекс Cd^{2+} с $\text{H}_4\text{Епта}$, по данным Викери, обладает большей устойчивостью, чем ацидокомплекс Zn^{2+} .

Таким образом, комплексы используемых нами элюирующих растворов по устойчивости могут быть расположены в ряд:



Если включить в него элюируемые редкоземельные элементы, то он будет выглядеть следующим образом:



Действительно, при использовании в качестве элюента раствора комплекса Mg^{2+} с H_4Enta сразу происходит вымывание даже лантана. Следовало ожидать иную картину при элюировании растворами комплексов Zn^{2+} , Cd^{2+} и Hg^{2+} , которые в ряду устойчивости занимают промежуточное положение между празеодимом и лантаном.

Полученные нами данные показывают, что при элюировании 0,5% раствором цинкового комплекса в области pH 2,92—4,62 вымывания La^{3+} , адсорбированного на смоле, не наблюдалось. Одновременно тот же раствор при pH 4,62 вымывает празеодим с неодимом. Разделение этих элементов происходит при употреблении 1% раствора цинкового комплекса.

Растворы комплексов Cd^{2+} и Hg^{2+} с H_4Enta при pH 4,0—4,1 энергично вымывают не только Nd и Pr, но и La. В то же время при элюировании 0,5% растворами этих комплексов при pH 4,1 и 5 смеси неодима с празеодимом разделения не происходит. При элюировании 1% раствора комплекса кадмия при pH 4,13 разделение неодима и празеодима происходит менее резко, чем с 0,5 и 1% раствором цинкового комплекса при тех же условиях. Элюирование раствором ртутного комплекса смеси Pr и Nd становится заметным при снижении pH раствора до 3,1.

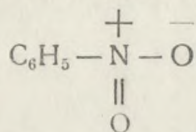
Данные по элюированию растворами комплексов Zn^{2+} , Cd^{2+} и Hg^{2+} с H_4Enta показывают, что величины R_K этих комплексов не дают практически правильного и точного ответа о процессах разделения редкоземельных элементов на катионите КУ-2. Это, вероятно, связано с тем, что для ионов Cd^{2+} и Hg^{2+} характерно усиливающееся сродство к смоле КУ-2 относительно иона Zn^{2+} или при взаимодействии их с H_4Enta при условиях наших опытов не появляется дополнительного поляризационного эффекта, который бы стабилизировал комплексы Cd^{2+} и Hg^{2+} в сравнении с ионом Zn^{2+} .

НОВЫЕ ДАННЫЕ О КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИИ НИТРОСОЕДИНЕНИЙ

Б. В. ТРОНОВ и И. М. БОРТОВОЙ

Кафедра органической химии Томского университета

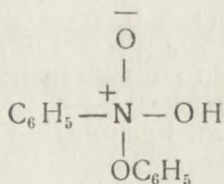
1. Нитросоединения принадлежат к комплексообразователям смешанного характера. Нитрогруппа проявляет реакционную способность электронодонорного типа за счет неподеленных электронных пар кислородного атома и электроноакцепторного типа за счет положительного поля атома азота, которое возникает при образовании полуполярной связи:



2. Давно известны комплексы нитросоединений с минеральными галогенидами, например, с AlCl_3 , и с кислотами минеральными и органическими. В образовании этих комплексов участвует отрицательно заряженный кислород.

3. Известно также много комплексов с аминами. Последние несомненно действуют неподеленной электронной парой азота, к которому должен притягиваться положительно заряженный азот нитрогруппы. Характерным признаком такого комплексообразования является появление или углубление окраски. Работниками кафедр органической химии ТГУ и ТПИ найдено большое число новых комплексов нитросоединений с аминами. Эти комплексные соединения часто очень нестойки. Состав их во многих случаях удавалось определить только колориметрическим методом. При исследовании твердых комплексообразующих систем иногда давало хорошие результаты проведение реакций в твердой фазе.

4. Одноатомные фенолы соединяются с мононитросоединениями в молекулярном отношении 1 : 2. При образовании таких комплексов, по-видимому, сначала происходит присоединение кислородного атома фенола (или фенолят-иона) к атому одной нитрогруппы; получавшаяся кислота



своим водородом присоединяется к кислороду второй молекулы нитропроизводного. Это подтверждается тем, что феноляты натрия реагируют с нитросоединениями в отношении 1 : 1.

5. Нитрофенолы могут реагировать с аминами по-разному: за счет азота нитрогруппы и за счет образования водородной связи. В первом случае происходит углубление окраски до оранжевой или красной, во втором — получаются комплексы только желтого цвета.

6. Интересно влияние пространственных препятствий на комплексообразование нитрогруппы. У нитропроизводных мезитилена резко ослаблена способность к комплексообразованию с аминами. Это может объясняться тем, что кислороды нитрогруппы выходят из плоскости бензольного кольца, а это уничтожает или во всяком случае ослабляет эффект сопряжения.

ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ИЗОВАЛЕРИАНОВАЯ КИСЛОТА—НИТРОБЕНЗОЛ

Н. И. ЛОМОВ

Кафедра общей химии Томского медицинского института

1. Электрохимический метод, предложенный Б. В. Троновым и Л. П. Кулевым, позволяет сравнивать активность функциональных групп большого числа органических соединений, а также исследовать процессы комплексообразования.

Сущность метода заключается в измерении силы тока в замкнутой цепи. Источником силы тока является гальванический элемент, состоящий из платинового и натриевого (или других металлов) электродов и исследуемой жидкости с растворителем или без него. Данный метод дает вполне воспроизводимые результаты при соблюдении следующих условий: постоянства внешнего сопротивления и отсчетов через одно и то же время от начала реакции. Для обоснования данного метода необходимо оценить все факторы, влияющие на силу тока в замкнутой цепи.

2. При исследовании Б. В. Троновым и Л. П. Кулевым системы нитробензол—изовалериановая кислота с платиновым и натриевым электродами обнаружен резкий максимум для раствора 50 % мол. нитробензола и 50 % изовалериановой кислоты. Исследования Р. М. Куликовой с электродами из меди и цинка по тому же методу подтвердили этот максимум и обна-

ружили другой, более слабый, для раствора 30% мол. изовалериановой кислоты и 70% нитробензола.

В данной работе эта же система изучалась с платиновым и кадмий-амальгамным капельным электродом компенсационным методом. Измерения проводились на потенциометре завода «Эталон» с зеркальным гальванометром.

Период капания постоянный (1 капля—105 сек.). Концентрация амальгамы 0,3466%. Измерения проводились без термостата при температуре 22°.

Таблица 1

Молек. % изовалериановой кислоты	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Молек. % нитробензола	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
Электродвижущая сила в вольтах	0,460	0,520	0,540	0,540	0,540	0,590	0,540	0,5	0,2	0	0

Полученные данные показывают, что максимум для соотношения 1:1 ясно выражен. Для раствора 30% изовалериановой кислоты и 70% нитробензола максимум не наблюдается, хотя другими методами он обнаруживается. Это свидетельствует о том, что метод измерения силы тока в замкнутой цепи более чувствителен, чем измерение ЭДС компенсационным методом. Большая чувствительность обусловлена тем, что более активные группы дают большую ЭДС и более высокую электропроводность.

3. Эта же система была исследована с платиновым и натрий-амальгамным электродами. Измерения проводились на электрометре типа Орион с входным сопротивлением $2,5 \cdot 10^{10}$ ом и пределом измерений до 2,2 вольта. Большое входное сопротивление позволяет производить измерения в момент практически отсутствующего тока в цепи (порядка 10^{-10} ампер). Недостатком данного прибора является значительно меньшая точность измерения (1%). Для всех концентраций, указанных в табл. 1, мы получили электродвижущую силу 2,1 в. с отклонениями от этой величины в ту и другую сторону в пределах ошибки опыта.

МЕРКУРИМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГАЛОГЕНОВ В ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЯХ

Р. Д. ГЛУХОВСКАЯ

Кафедра аналитической химии Томского университета

1. В последние годы в практику органического анализа стали внедряться меркуриметрические методы, которые по точности не уступают обычно применяемым аргентометрическим методам, и не связаны с таким дефицитным реактивом как азотнокислое серебро. Сравнительное изучение ртути- и аргентометрических методов показало, что меркуриметрический метод с применением в качестве индикатора дифенилкарбазона или β -нитрозо- α -нафтола является более точным и быстрым по сравнению с методом Фольгарда.

2. Из всех методов разложения выгодно отличается метод сплавления органических веществ с металлическим натрием или калием в бомбе. Применяя усовершенствованную бомбу, можно разложить навеску органического вещества за 1—2 минуты. Установлено, что сплавление с металлическим натрием идет равномернее, чем с калием. Кроме того, в случае натрия обработка сплава производится проще и быстрее.

3. Меркуриметрическое определение галогенов в органических соединениях, при титровании с β -нитрозо- α -нафтолом и дифенилкарбазоном показало преимущество первого, однако β -нитрозо- α -нафтол до сих пор не нашел широкого применения в связи с тем, что соединение его со ртутью — β -нафтолат ртути, склонен в воде образовывать пересыщенные растворы, что приводит к неточному определению эквивалентной точки. Добавление при титровании нескольких мл спирта, в котором β -нафтолат ртути растворяется, устраняет этот недостаток. Водно-спиртовая среда позволяет применять более разбавленные растворы и даже при 0,01 н. концентрациях наблюдается довольно резкий переход окраски в эквивалентной точке. Спиртовой раствор индикатора, в отличие от дифенилкарбазона, при стоянии не портится.

4. Разработан меркуриметрический метод определения хлора и брома в органических соединениях. Разложение навески проводилось в бомбе с металлическим натрием. Хлорид и бромид, после подкисления раствора, титровались 0,01 н. раствором меркуринитрата в водно-спиртовой среде с β -нитрозо- α -нафтолом в качестве индикатора. Переход окраски из желтой в оранжевую достаточно резкий, даже в случае хлоридов.

5. Разработан меркуриметрический метод определения йода в органических соединениях в присутствии спирта и

β -нитрозо- α -нафтола. В этих условиях растворяется не только β -нафтолат ртути, но и иодид ртути, и раствор до конца остается прозрачным. Результаты титрования точные и воспроизводимые. Переход окраски более резкий, чем при титровании с дифенилкарбазоном. Метод имеет значительные преимущества перед ранее применяемыми аргентометрическим и иодометрическим и пригоден для различных классов органических соединений.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСТВОРИМОСТИ В СИСТЕМАХ СУЛЬФАТ ЩЕЛОЧНОГО МЕТАЛЛА—ВОДА

Ю. Л. ЛЕЛЬЧУК

Кафедра аналитической химии Томского университета

Исследована растворимость осадка бромата серебра в водных растворах серной кислоты и сульфатов лития, натрия и калия, при концентрациях серной кислоты, сульфата лития и сульфата натрия от 10^{-3} до 1 мол/л, сульфата калия (в связи с его ограниченной растворимостью) до $3 \cdot 10^{-1}$ мол/л.

Установлено, что растворимость и произведение растворимости осадка бромата серебра в этих тройных системах закономерно увеличивается с увеличением концентрации соответствующих электролитов. Из всех рассмотренных электролитов наибольшее влияние на растворимость осадка оказывает сульфат калия, наименьшее — серная кислота. Показано, что при одинаковой нормальности растворов нитратов и сульфатов элементов первой группы периодической системы, нитраты оказывают большое влияние на растворимость, произведение растворимости и коэффициент активности осадка, чем соответствующие сульфаты.

Экспериментальные данные использованы нами для определения коэффициентов активности бромата серебра в растворах серной кислоты, сульфатов лития, натрия и калия с помощью второго варианта формулы Дебая и Гюккеля. Наибольшее влияние в сторону уменьшения коэффициента активности оказывает сульфат калия, наименьшее — серная кислота. Показаны масштабы изменения произведения растворимости бромата серебра в зависимости от ионной силы растворов серной кислоты и сульфатов щелочных металлов. В молярном растворе серной кислоты произведение растворимости увеличивается в 2,034 раза, в молярном растворе сульфата лития — в 4,926 ра-

за, в молярном растворе сульфата натрия—в 7,118 раза, а в 0,3 молярном растворе сульфата калия—в 4,565 раза по сравнению с водой.

Предложена формула для вычисления с достаточной для аналитических целей точностью растворимости осадка бромата серебра при любой концентрации сульфатов лития, натрия и калия в диапазоне от 10^{-3} до 1 мол./л.

О БЕСКИСЛОТНЫХ СПОСОБАХ ПЕРЕРАБОТКИ ДАТОЛИТА

Е. П. ОЖИГОВ

Дальневосточный филиал им. В. Л. Комарова АН СССР

В настоящее время известен лишь один способ переработки боросодержащего сырья—датолита путем разложения его серной кислотой с получением в конечной стадии в качестве товарного продукта борной кислоты или борного удобрения. В связи с отсутствием в Приморском крае сернокислотного производства предполагается вывоз руды и датолитового концентрата в другие районы Советского Союза для переработки на борную кислоту.

Транспортировка руды с содержанием окиси бора 8—10% и в концентрате 15—16% экономически мало целесообразна, так как будет загружать морской и железнодорожный транспорт перевозкой породы. В связи с этим, группой химиков Дальневосточного филиала АН СССР было детально изучено датолитовое сырье. С применением спектрального, химического и термографического методов анализа установлены состав и физико-химические свойства датолита.

Доказана высокая реакционная способность датолита по отношению к перегретому водяному пару. В низкотемпературной области (от 300 до 800°) процесс носит топохимический характер, и кинетика может быть описана уравнениями Колмогорова—Ерофеева.

Подвергнута критике формула датолита, предложенная Б. Н. Некрасовым, и высказаны соображения о структурной формуле минерала и механизме происходящих процессов. Намечается два новых пути переработки датолита:

1. Действие на датолит перегретым паром при температуре 1250—1300°С, что позволяет получить выход борной кислоты в пересчете на окись бора до 98% и наметить новую технологию переработки датолита в «кипящем слое».

2. Обработкой датолита в автоклаве слабыми растворами щелочи и соды при температуре до 300°C и давлении 130—140 атм. удастся перевести бор в раствор в виде буры с выходом окиси бора 96—97%. Последняя схема весьма эффективна, т. к. позволяет получать буру непосредственно из датолита, заменяя две существующие схемы: получение борной кислоты из датолита путем разложения серной кислотой и получение буры из соды и борной кислоты.

ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ СУЛЬФАТ-ИОНОВ В ЭЛЕКТРОЛИТАХ НИКЕЛЕВЫХ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ВАНН

Д. Е. ГАЛКИН

Кафедра аналитической химии Томского университета

Сульфаты в электролитах никелевых гальванических ванн обычно определяются весовым методом, который длителен и трудоемок. Поэтому он не всегда удовлетворяет потребностям производства. В настоящей работе весовой метод заменяется разработанным нами некомпенсационным электрометрическим методом с применением платино-серебряной пары электродов и ферри-ферроцианидного индикаторного электрода.

В основе предлагаемого метода лежит способность ферри-ферроцианидного электрода реагировать как свинцовый электрод, что позволяет использовать его в качестве индикаторного при титровании сульфатов нитратом свинца. Мешающее влияние никеля устраняется путем осаждения его избытком феррицианида калия. Изменение ЭДС гальванического элемента в процессе титрования фиксируется с помощью гальванометра с чувствительностью не ниже 10^{-6} а; в эквивалентной точке ЭДС резко возрастает.

Методика определения сводится к следующему. Электролит никелевой ванны разбавляется в мерной колбе дистиллированной водой в 25—30 раз. На каждое титрование берется 25—30 мл разбавленного раствора (что соответствует 1 мл электролита), к ним добавляется 5—7 мл 0,1 М раствора $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$, 0,1 мл 0,005 М раствора $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ и 25—30 мл спирта (96%). Затем в титрационный сосуд помещается платино-серебряная пара электродов, замкнутая через сопротивление 30 тысяч ом на гальванометр. Титрование производится 0,1 н. раствором $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, титр которого устанавливается этим же методом по сульфату натрия известной концентра-

ции. Лучшие результаты получаются, если титр нитрата свинца определен по электролиту никелевой ванны с известным содержанием сульфат-ионов. Эквивалентная точка определяется либо по кривой титрования, либо по первому отклонению стрелки гальванометра. Последнее возможно благодаря тому, что в процессе титрования стрелка гальванометра остается практически неподвижной вплоть до эквивалентной точки, где делает достаточно резкое движение.

Экспериментальные данные показывают, что максимальная погрешность предлагаемого метода относительно весового метода не превышает 1%; при установлении титра по электролиту—0,5%.

КИНЕТИКА ОКИСЛЕНИЯ СПИРТОВ

Л. Г. МАЙДАНОВСКАЯ, В. Д. РЯБЦЕВА и Л. Н. КУРИНА

Кафедра физической химии Томского университета

1. В работе совместно с Г. И. Козловой изучена кинетика окисления метилового спирта кислородом воздуха на серебряных катализаторах, полученных методом обмена водорода, адсорбированного силикагелем и асбестом на серебро из водного раствора нитрата серебра. Реакция проводилась в динамических условиях с разным временем контакта при температурах 200—500°C. Катализатор «А» содержал $2,4 \cdot 10^{-5}$ г экв. АД на г силикагеля, «Б»—1, $87 \cdot 10^{-6}$, «С»— $3,1 \cdot 10^{-5}$ на г асбеста. При 45 минутах контакта для катализатора «А» при температуре 500°C выход формальдегида составлял 47%, для «Б»—44,2%, для «С»—51,8%. На основании полученных данных построены кривые зависимости $\lg K$ от $1/T$. Рассчитанная энергия активации для катализатора «А» оказалась равной 18,2 ккал/моль и удовлетворительно совпадающей с величиной, определенной в работах Пжежецкого и Владавец. Построенные кривые по Владавец и Пжежецкому зависимости степени превращения от температуры реакции позволяют говорить об одном механизме реакции окисления в изученных интервалах температур.

2. В такой же расстановке, совместно с Т. П. Князевой, исследована кинетика окисления этилового спирта. Выход ацетальдегида при температуре 400°C и 45 минутах контакта оказался равным: для катализатора «А»—20%, для катализатора «Б»—18%. Полученные данные позволили рассчитать энергию активации процесса, равную около 25 ккал/моль.

ПРИМЕНЕНИЕ АММИАЧНОГО РАСТВОРА ДИМЕТИЛГЛИОКСИМА В ПРАКТИКЕ РАБОТЫ ЗАВОДСКИХ ЛАБОРАТОРИЙ ДЛЯ ВЕСОВОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ НИКЕЛЯ

В. П. ГЛЕБОВ

Государственный Союзный завод «Запсибэлемент»

Цель настоящей работы—перевести основную массу анализов весового определения никеля в заводских лабораториях на аммиачный раствор диметилглиоксима вместо спиртового раствора. Это позволило бы сэкономить в год до 80—100 литров спирта ректификата, только на одном заводе «Запсибэлемент», причем рабочий раствор диметилглиоксима стал бы дешевле в 15—17 раз.

В производственно-исследовательской лаборатории завода «Запсибэлемент» было проведено сравнение результатов, полученных при использовании спиртового и аммиачного растворов диметилглиоксима. Была получена почти идеальная сходимость результатов особенно для проб с высоким содержанием никеля.

Методическая схема хода анализа на никель осталась такой же, как при работе со спиртовым раствором диметилглиоксима. Пользоваться аммиачным раствором диметилглиоксима для определения никеля в марганцевой основе нельзя без существенного изменения хода анализа, а это усложняет выполнение операций и удлиняет время выполнения анализа, что для производственных целей неприемлемо.

Выводы из экспериментальных исследований:

1. Аммиачный раствор диметилглиоксима может быть применен в практике работы заводских лабораторий для весового определения никеля в электролитах никелирования, различных окислах никеля, в чугунах, и сталях, железных рудах, графите и различных окислах железа.
2. Точность получаемых результатов и чувствительность реакции сохраняется полностью и даже для малых количеств превышает точность результатов, получаемых при использовании спиртовых растворов диметилглиоксима (в спирте возможно частичное растворение осадка диметилглиоксима никеля).
3. Некоторое запаздывание в выпадении осадка диметилглиоксима никеля столь незначительно, что не удлиняет времени выполнения всего анализа на никель.
4. Литературные указания на то, что осадок диметилглиоксима никеля, полученный осаждением с применением аммиачного раствора, долго фильтруется, — не подтвердились.

5. Аммиачный раствор диметилглиоксима может применяться для анализа арбитражных проб, наряду со спиртовым раствором для вышеперечисленных материалов.

ФОТОКОЛОРИМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ РТУТИ

Н. А. УГОЛЬНИКОВ и З. П. ИКОННИКОВА

Кафедра аналитической химии Томского университета

1. При определении микроколичеств ртути значительное преимущество имеют колориметрические методы, отличающиеся от других методов высокой чувствительностью, а также простотой и быстротой выполнения. Из колориметрических методов определения ртути в настоящее время наибольшее применение находят методы, основанные на использовании органических реактивов (дитизона, дифенилкарбазона, пинационола и др.)

2. В нашей работе экспериментально проверен фотоколориметрический метод определения ртути с дифенилкарбазоном в различных условиях. Выявлена зависимость результатов от кислотности среды, количества реактива и посторонних веществ в растворе. Найдены оптимальные условия фотоколориметрического определения ртути с дифенилкарбазоном.

3. В работе показана возможность фотоколориметрического метода определения ртути с дифенилкарбазоном с достаточной точностью. Фотоколориметрический метод определения ртути с дифенилкарбазоном устраняет основной недостаток колориметрического определения ртути с дифенилкарбазоном — неустойчивость окраски соединения ртути с дифенилкарбазоном. Метод можно рекомендовать для определения ртути в различных соединениях.

СОДЕРЖАНИЕ

Математика

Клементьев З. И. — О компактности множеств в полуупорядоченных пространствах	3
Круликовский Н. Н. — Спектральная теория дифференциального оператора четвертого порядка	4
Бюлер Г. А. — К вопросу о намагничивании труб в однородном магнитном поле	5
Гордеев Н. В. — Замечания о наименьшем квадратичном невычете по простому модулю	5
Щербаков Р. Н. — Конгруэнции H	6
Малаховский В. С. — Об одном классе линий на поверхности в проективном пространстве	7
Мулин И. Г. — Задача о траекториях для поверхности второго порядка	9
Онищук Н. М. — Пара поверхностей в точечном соответствии, при котором поверхности Софуса Ли пересекаются по распавшейся линии	10
Аравийская Е. Н. — О некоторых вопросах теории функций нескольких комплексных переменных, связанных с регулярным пространством одной области на другую	10
Клементьев З. И. — Об условиях представимости в виде интеграла непрерывной функции со значениями в абстрактном пространстве	11
Макарова Л. Я. — Об областях Рунге первого рода	12
Бюлер Г. А. — К вопросу о решении нелинейной задачи ферромагнетизма	13
Малаховская Р. М. — Некоторые применения обобщенных функций и их преобразований Фурье	13
Суворов Г. Д. — Теорема об областях с разрезами	14
Куваев М. Р. — Обобщение уравнения типа Левнера для автоморфных функций	16
Суворов Г. Д. и Прилепко А. И. — Теорема о сходящихся последовательностях аналитических функций	17
Куфарев П. П. — Некоторые задачи теории однолистных функций	17
Александров И. А. — Области значений некоторых функционалов в классе функций однолистных и регулярных в круге	18
Черников В. В. — Об однолистных функциях с вещественными коэффициентами	20
Куваев М. Р. — Новый вывод уравнения типа Левнера для двусвязных областей	20

Механика

Коржавин Г. Н. — Обтекание крыла малого удлинения	22
Иванова В. А. — Определение сопротивления тел, помещенных в поток идеальной завихренной жидкости	23

Суксов И. И. — К расчету ламинарного пограничного слоя без применения интегральных соотношений	23
Томилов Е. Д. — Приближенное решение задачи об обтекании некоторых контуров дозвуковым потоком газа	25
Ланкин Р. П. — Влияние продольных колебаний на собственную частоту свободных поперечных колебаний круговых арок	25
Никулин Г. М. — Колебания и динамическая устойчивость криволинейных стержней	26
Ланкин Р. П. — Динамическая устойчивость криволинейных стержней	28
Назаров Н. И. — Расчет температурных полей и напряжений в типовых двутавровых элементах	28
Лейкин А. М. — Развитие небесной механики в СССР за годы Советской власти	29
Тютюрев Г. С. — Развитие астрометрических работ в СССР за 40 лет	32
Замятин Н. А. — Проблема колебаний широты	34
Завьялов Ю. С. — К вопросу об интегрировании плоского вихревого движения газа	36
Кузнецов Б. Г. — Второй вариационный принцип Бейтмана при произвольном уравнивании состояния	37
Щепетев А. Н. — О некоторых решениях уравнений Ламе плоской теории упругости в полярных координатах при отсутствии массовых сил	39
Дощинский Г. А. — Теория упруго-пластической деформации в геометрическом представлении	41

Физика твердого тела

Савицкий К. В. — Исследование остаточных деформаций и теплового режима при трении металлических тел	44
Сухарина Н. Н. — Измерение температуры поверхности трения с применением шлейфового осциллографа	44
Ревякин В. П. — Фазы трения и износостойкость гальванических железных сплавов	45
Гаркунов Д. Н. — О переносе (схватывании) материала при трении бронзы о сталь	46
Волков Ю. В. и Волкова З. А. — Критическое давление — показатель износостойкости	47
Волкова З. А. и Волков Ю. В. — Исследование износостойкости закаленной стали 45 в некоторых условиях граничного трения	48
Кашеев В. Н., Киселев Г. И. и Полосаткин Г. Д. — Износостойкость углеродистых сталей при повышенных температурах	49
Полосаткин Г. Д. — Измерение сил царапания при скоростях от 100 до 700 м/сек.	50
Лоскутов А. И. — Наклеп поверхности при резании со смазкой	50
Кудрявцева Л. А. — Определение относительных значений поверхностных энергий по методу сверления	51
Коняхин И. Р. — Механические свойства материала поверхности, проявляющиеся при микросмещении	51
Студенок Ю. А. и Махонько Э. П. — Природа «белых слоев» на поверхности катания вагонных колес	52
Савинцев П. А. и Аверичева В. Е. — О контактном плавлении кристаллов	53
Лозинский М. Г. — Некоторые особенности упругой и пластической деформации металлов и сплавов при нагреве и растяжении	54

Большанина М. А., Макогон М. Б. и Панин В. Е. — Температурно-скоростная зависимость сопротивления деформации меди и ее сплавов	55
Макогон М. Б., Панин В. Е., Сидорова Т. С., Конюшина Г. Г., Ланда А. Л. и Шилина Г. В. — Влияние условий предварительного наклепа на температурную зависимость во- врата меди и ее сплавов	57
Зайков М. А. — Прочность и сопротивление деформированию углеродистых и легированных сталей и цветных металлов и сплавов при высоких температурах нагрева и скоростях деформации	58
Макогон М. Б., Панин В. Е., Китаева Л. П., Корот- аев А. Д., Суховаров В. Ф. и Щербакова Н. И. Влия- ние отжига и промежуточной высокотемпературной деформации на кривые сжатия меди и ее сплавов	59
Жданова В. Н., Савицкий А. П. и Столярова В. Н. — Температурная устойчивость искажений в меди и ее сплавах	60
Савицкий К. В. — О сопротивлении деформации предвари- тельно наклепанных легкоплавких металлов и сплавов	60
Тсеи Лин-чжао, Хо Шоу-ань, Чжан Чен-кань и Ва- сильев Л. И. — О возникновении пластической деформации	61
Большанина М. А. и Кондратьев П. А. — Металлогра- фическое изучение деформации свинца	62
Финкель В. М. — О статическом и динамическом деформи- ровании стали	63
Челышев Н. А. — Распределение напряжений и распростра- нение пластической деформации в телах при осадке и прокатке	64
Бондарев Ю. Е. — Некоторые закономерности пластического изгиба	66
Большанина М. А., Елсукова Т. Ф. и Кондрать- ев П. А. — Применение теллура в кабельной промышленности	67
Шермергор Т. Д. — К теории релаксационных явлений в твердых телах	68
Капустянский Е. Н. — О применении ультразвука для исследований усталости металлов	69
Трутенъ В. А. — Методы и точность измерения чистоты по- верхности деталей малого диаметра	70
Финкель В. М. — О природе хладноломкости стали	72
Топоров Г. В. и Смокотин Г. Я. — Влияние размера зерна на ударную усталость стали	72
Студенок Ю. А. — Остаточный аустенит в быстрорежущей стали в зависимости от термообработки по данным магнитного анализа	73
Черных Н. П. — Влияние водорода на длительную прочность некоторых сталей	74

Радиофизика

Кашпровский В. Е. — Некоторые свойства электромагнит- ных возмущений, вызванных молниевыми разрядами	76
Бенькова Н. П. — Статистика слоя Es по наблюдениям ионо- сферных станций СССР	79
Нестерова И. И. и Кучина Е. М. — Исследования струк- туры спорадического слоя E.	80
Васильев Г. В. — Аппаратура для измерения поглощения и ветров в ионосфере	81
Бенькова Н. П. и Потапова Н. И. — Изменчивость ионо- сферных параметров	82

Ожигов Е. П.—Влияние атомного веса на свойства и химическое поведение ряда неорганических соединений	148
Катаев Г. А.—Реакционная активность веществ и химическая связь	149
Алексеев Л. А.—Влияние природы связи на термическую устойчивость твердых веществ	151
Куликова Р. М.—Гидролитическая адсорбция электролитов на окиси алюминия	152
Серебренников В. В.—Комплексообразующие свойства скандия, иттрия и лантанидов	153
Кристалева Л. Б.—Применение дитиокарбаматов в анализе	156
Ивашенцев Я. И.—Хлорирование некоторых окислов металлов парами четыреххлористого углерода	157
Усов П. Г.—Суглинки Томской области, их состав и практическое использование	160
Белобородова Л. Г.—Использование гетерополисоединений для защиты тканей от горения	161
Угольников Н. А. и Глуховская Р. Д.—Меркуриметрические микро- и полумикрометоды определения галогенидов и роданидов	163
Галкин Д. Е.—К вопросу применения биметаллических пар электродов в химическом анализе	164
Носков В. В.—О полярографическом поведении хрома в концентрированных растворах	165
Угольников Н. А.—Потенциометрический бескомпенсационный метод определения галогенидов и роданидов	166
Усов П. Г. и Губер Э. А.—Методы исследования минералов глины	167
Чупахина Р. А., Скорик Н. А. и Серебренников В. В.—Разделение редкоземельных элементов на ионообменных смолах с помощью комплексных соединений трилона «Б» и тяжелых металлов	169
Тронов Б. В. и Бортовой И. М.—Новые данные о комплексообразовании нитросоединений	171
Ломов Н. И.—Потенциометрическое исследование системы изо-валериановая кислота — нитробензол	172
Глуховская Р. Д.—Меркуриметрический метод определения галогенов в органических соединениях	174
Лельчук Ю. Л.—Исследование растворимости в системах сульфат щелочного металла—вода	175
Ожигов Е. П.—О бескислотных способах переработки датолита	176
Галкин Д. Е.—Электромеханический метод определения сульфат-ионов в электролитах никелевых гальванических ванн	177
Майдановская Л. Г., Рябцева В. Д. и Курина Л. Н.—Кинетика окисления спиртов	178
Глебов В. П.—Применение аммиачного раствора диметилглиоксима в практике работы заводских лабораторий для весового определения никеля	179
Угольников Н. А. и Иконникова З. П.—Фотоколориметрический метод определения ртути	180

Технический редактор Л. Г. Мордовина.

Корректоры: В. Л. Некрасова и Л. И. Новикова.

К300786. Сдано в производство 13/IX—1957 г.
 Подписано к печати 19/XI—1957 г. Бумага 60×92¹/₁₆. Объем 11,6 печ. л.,
 5,8 оум. л. Заказ 5891. Тираж 500 экз. Бесплатно.

Томск, типография № 1 Полиграфиздата, Советская, 47.

0002

1-848626

Digital Library (e-postasy)
Tomsk State University
<http://elibrary.tsu.ru>

Томский госуниверситет 1878



Научная библиотека 00696486