

3. Ulrich S.M., Tanton T.W., Abdrashitova S.A. Mercury in the aquatic environment: a review of factors affecting mutilation // Critical reviews in environmental science and technology. 2001. V. 31, N 3. P. 241-293.

4. Родина А.Г. Методы водной микробиологии. Л.: Наука, 1965. 360 с.

5. Millenium Merlin method for total mercury in drinking; surface, ground, industrial and domestic waste and saline waters. – Customer technical information file. Issue #4.2 Date: November 2-2000. Produced by PS. Analitical LTD Arthur House, Kent PR53HP, England.

#### Резюме

Сынапты метилдендіру мәселесі қарастырылған. Экспериментте сульфатты тотықсыздандыру үрдісіне қатыстын бактериялардың лактат қосқан ортада өскен кезде метилсынаптан басқа полисульфидтің пайда болуы анықталады.

#### Summary

In article the problem of methylation of mercury is considered by the example of two strains of sulphate reducing bacteria, steady against mercury. The data of experiments allow to assume, that alongside with MeHg at growth of researched bacteria with lactate can be formed and soluble polysulfides.

УДК 576.8:628

\*Институт микробиологии  
и вирусологии МОН РК,

\*\*Алматинский институт  
энергетики и связи МОН РК, г. Алматы;

\*\*\*United States Environmental  
Protection Agency, USA

Поступила 7.03.06г.

Х. КОЖАМУРАТОВ

## КИНЕМАТИКА СФЕРИЧЕСКОГО ДВИЖЕНИЯ ТЕЛА

В теории сферического движения тела пользуются понятием о мгновенной оси вращения, скорости точек которой равны нулю, а ускорения – нет. Если тело хоть мгновение вращается вокруг оси, то и скорость и ускорение его точек в этот момент должны отсутствовать. В данной работе показана необходимость отказа от идеи существования мгновенной оси вращения тела в сферическом движении и изложения его кинематики с использованием сферической тригонометрии.

Теория сферического движения тела признает наличие мгновенной оси, скорости точек которой равны нулю. Признано также наличие мгновенной оси углового ускорения тела, ускорения точек которой равны нулю [1]. Первая ось называется мгновенной осью вращения тела, а вторая – нет, так как точки мгновенной оси вращения имеют ускорение, а точки мгновенной оси углового ускорения – скорость. Для устранения данного противоречия необходимо отказаться от идеи существования мгновенной оси вращения, признавая наличие мгновенных осей скоростей и ускорений при определении скорости и ускорения точек тела по простым формулам вращательного движения. Мгновенная ось скоростей (ускорений) представляет собой геометрическое место точек тела, скорости (ускорения) движе-

ния которых в данное мгновение равны нулю. При этом возникает необходимость изложения теории сферического движения тела с применением основных положений сферической тригонометрии [2].

Определим углы Эйлера по уравнениям слагаемых вращений. Пусть твердое тело одновременно вращается вокруг нескольких осей, пересекающихся в одной неподвижной точке  $O$  согласно известным уравнениям

$$\varphi_1 = \varphi_1(t), \quad \varphi_2 = \varphi_2(t), \dots, \quad \varphi = \varphi(t),$$

где  $\varphi_1 = \varphi_1(t)$  – уравнение вращения первой подвижной оси вокруг неподвижной оси;  $\varphi_2 = \varphi_2(t)$  – уравнение вращения второй подвижной оси вокруг первой подвижной оси и т.д.;  $\varphi = \varphi(t)$  – уравнение собственного вращения тела вокруг последней подвижной оси.

Неподвижную систему координат  $OX_1Y_1Z_1$  расположим таким образом, чтобы ось  $OZ_1$  совместились с неподвижной осью переносного вращения, а плоскость  $Y_1OZ_1$  проходила через начальное положение оси  $OZ_0$  собственного вращения тела (см. рисунок). Тогда в начальное мгновение времени линия узлов будет направлена по оси  $OX_1$  и угол прецессии будет равен нулю. Начальное положение подвижной системы координат определяется начальными значениями

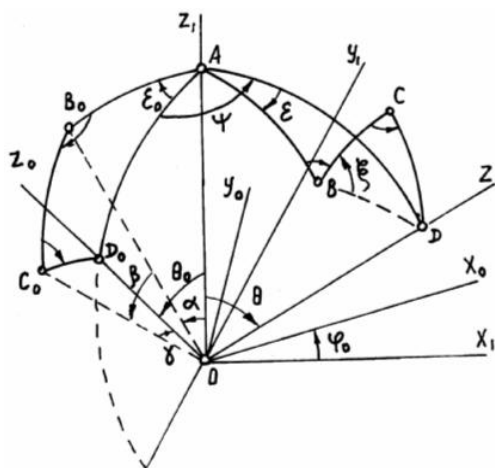


Схема расположения осей координат и слагаемых вращений

углов собственного вращения  $\varphi_0$ , прецессии  $\psi_0 = 0$  и нутации  $\theta_0$ . При этом начальное значение  $\varphi_0$  угла собственного вращения может быть любым, в зависимости от того, через какую точку тела, взятую вне оси собственного вращения, проведена координатная плоскость  $Z_0O X_0$  в начальное мгновение времени. Начальное значение  $\theta_0$  угла нутации определяется взаимным расположением осей слагаемых вращений в начальное мгновение времени.

Если провести сферическую поверхность с центром в неподвижной точке  $O$ , то она пересекается с неподвижной осью переносного вращения в точке  $A$ , с осью собственного вращения тела – в точке  $D_0$ , с первой и второй подвижными осями – в точках  $B_0$  и  $C_0$  (в начальное мгновение времени). Тогда начальное значение  $\theta_0$  угла нутации определяется как длина дуги  $AD_0$  большого круга проведенной сферы, выраженная в радианах. Если известны углы ( $\alpha, \beta, \gamma$  и т.д.) между осями слагаемых вращений и углы  $B_0, C_0, D_0$  сферического многоугольника  $AB_0C_0D_0$ , характеризующего взаимное расположение этих осей в начальное мгновение времени, то стороны этого многоугольника будут известны:  $AB_0 = \alpha, B_0C_0 = \beta, C_0D_0 = \gamma, AD_0 = \theta_0$ .

В мгновение времени  $t$  после начала движения, когда ось собственного вращения тела проходит через некоторую точку  $D$  на поверхности той же сферы, а промежуточные две подвижные оси слагаемых вращений – через точки  $B, C$  (см. рисунок), дуга  $AB_0$  большого круга сферы повернется на угол  $\varphi_1 = \varphi_1(t)$  и займет положение  $AB$ , т.е.  $\angle B_0AB = \varphi_1$ . Угол  $\varphi_1$ , а также углы  $\varphi_2, \varphi_3, \dots$  и  $\varphi$

считаются положительными, когда соответствующие им вращения происходят по часовой стрелке, если смотреть от неподвижной точки  $O$ .

Во время слагаемых вращений стороны сферического многоугольника  $ABCD$ , за исключением стороны  $AD$ , не изменяются по длине ( $AB = \alpha, BC = \beta, CD = \gamma$ ), а углы при его вершинах изменяются с течением времени. В мгновение времени  $t$  угол нутации  $\theta$  совпадает с длиной стороны  $AD$  сферического многоугольника  $ABCD$ , а угол прецессии  $\psi$  – со значением сферического угла  $D_0AD$ . Углы  $B, C$  между дугами  $AB, BC$  и  $CD$  больших кругов определяются как суммы  $B = B_0 + \varphi_2(t), C = C_0 + \varphi_3(t)$ , где углы  $B$  и  $C$ , так же как их начальные значения ( $B_0$  и  $C_0$ ) и угол  $\varepsilon_0$ , считаются положительными когда они отсчитываются от базовой дуги по часовой стрелке, если смотреть от неподвижной точки  $O$ . При этом для угла  $B$  базовой является дуга  $AB$ , для угла  $C$  – дуга  $BC$ , а для угла  $\varepsilon$  –  $AD$ .

Если вычисленные значения углов  $B, C$  и т.д. окажутся больше  $\pi$ , то соответствующие им внутренние углы сферического многоугольника  $ABCD$  определяются как их дополнение до  $2\pi$ , т.е.

$$B = 2\pi - [B_0 + \varphi_2(t)], C = 2\pi - [C_0 + \varphi_3(t)] \text{ и т.д.}$$

Разобьем сферический многоугольник  $ABCD$  на ряд сферических треугольников:  $\triangle ABCD, \triangle ABD$  и т.д. Из  $\triangle BCD$  по формуле котангенсов сферической тригонометрии определим угол  $\angle CBD$ , а по формуле косинусов – длину стороны  $BD$ :

$$\begin{aligned} \text{ctg} \gamma \sin \beta &= \cos \beta \cos C + \sin C \text{ctg} \xi, \\ \cos BD &= \cos \varphi \cos \beta + \sin \varphi \sin \beta \cos C, \\ \xi &= \text{arccctg} \frac{\text{ctg} \gamma \sin \beta - \cos \beta \cos C}{\sin C}, \end{aligned}$$

$$BD = \arccos(\cos \varphi \cos \beta + \sin \varphi \sin \beta \cos C).$$

Из  $\triangle ABD$  по аналогичным формулам определим угол  $\varepsilon$  ( $\angle BAD$ ) и длину стороны  $AD$ , так как угол  $\angle ABD = B + \xi$ :

$$\begin{aligned} \text{ctg} BD \sin \alpha &= \cos \alpha \cos(B + \xi) + \sin(B + \xi) \text{ctg} \varepsilon, \\ \cos AD &= \cos \alpha \cos BD + \sin \alpha \sin BD \cos(B + \xi), \\ \varepsilon &= \text{arccctg} \frac{\text{ctg} BD \sin \alpha - \cos \alpha \cos(B + \xi)}{\sin(B + \xi)}, \end{aligned}$$

$$AD = \arccos[\cos \alpha \cos BD + \sin \alpha \sin BD \cos(B + \xi)].$$

Тогда угол прецессии  $\psi$  в мгновение времени  $t$  определяется как разность  $\psi = \varphi_1(t) + \varepsilon_0 - \varepsilon$ .

Следовательно, по заданным уравнениям слагаемых вращений вокруг пересекающихся в одной точке осей и по известным их взаимным

расположениям в начальное мгновение времени значения углов Эйлера в текущее мгновение времени  $t$  определяются по формулам

$$\psi = \varepsilon_0 + \varphi_1(t) - \operatorname{arccctg} \frac{\operatorname{ctg} B Д \sin \alpha - \cos \alpha \cos(B + \xi)}{\sin(B + \xi)},$$

$$\theta = \operatorname{arccos}[\cos \alpha \cos B Д + \sin \alpha B Д \cos(B + \xi)],$$

$$\varphi = \varphi_0 + \varphi(t),$$

где

$$B Д = \operatorname{arccos}[\cos \gamma \cos \beta + \sin \gamma \sin \beta \cos(C_0 + \varphi_3(t))],$$

$$B = B_0 + \varphi_2(t),$$

$$\xi = \operatorname{arccctg} \frac{\operatorname{ctg} \gamma \sin \beta - \cos \beta \cos[C_0 + \varphi_3(t)]}{\sin[C_0 + \varphi_3(t)]}.$$

В заключение отметим, что в случае сложения нескольких вращений тела вокруг пересекающихся в одной точке осей его сферическое движение определяется количеством и уравнениями слагаемых вращений, а также взаимным расположением этих осей и последовательностью их сложения. Уравнения сферического движения устанавливаются по заданным уравнениям слагаемых вращений и законам сферической тригонометрии. Далее можно определить угловые скорость и ускорение тела с учетом дополнительно углового ускорения [3] и провести динамический анализ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Яблонский А.А., Никифорова В.М. Курс теоретической механики: Учебник для вузов. М.: Высш. школа, 1977. Ч. 1. Статика и кинематика.
2. Халхунов В.З. Сферическая астрономия. М.: Недра, 1972.
3. Кожамуратов Х.К. О добавочном угловом ускорении твердого тела с одной неподвижной точкой // VII Казахстанская межвузовская научная конференция по математике и механике: Тез. докл. Караганда: КарГУ, 1981. С. 18.

#### Резюме

Сфералық қозғалыста дененің лездік жылдамдықтар мен үдеулер өстерінің бар екенін мойындау қажеттілігі және лездік айналу өсі туралы түсініктің қажетсіздігі негізделген. Дененің сфералық қозғалыс кинематикасын сфералық тригонометрия негізінде баяндау мүмкіндігі көрсетілген.

#### Summary

Acknowledgement of the existence of instant axis of speeds and accelerations and necessity of the annulment of notion about instant axis of rotation is based in spherical motion of a body. Possibility of statement spherical motion kinematics of a body is showed on the base spherical trigonometry.

УДК 531 (075.8)

Казахский национальный  
технический университет  
им. К. Сатпаева, г. Алматы

Поступила 10.02.04 г.

Е. С. АҚЫЛБЕКОВ, А. О. БАЙКОНУРОВА, А. В. ЯРОВЧУК, Д. У. СМАГУЛОВ

## ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ОТПУСКА НА МИКРОСТРУКТУРУ И ТВЕРДОСТЬ СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ, ПОЛУЧЕННОГО ЭЛЕКТРОДОМ С ЭКЗОТЕРМИЧЕСКИМ ПОКРЫТИЕМ

В последнее время для улучшения структуры и прочностных свойств сварных соединений в составы покрытий сварочных электродов вводят экзотермические смеси [1–3], что не только обеспечивает повышение стабильности дугового разряда, увеличение глубины проплавления основного металла, но и легирует сварной шов восстановленным из термитной смеси элементом [4]. При этом в сварном соединении возникают дополнительные напряжения, причиной которых является повышение градиента температуры на границе шва и околошовной зоны и формирова-

ние упрочняющих фаз на базе восстановленного из оксида элемента [5]. Для снятия структурных и термических напряжений сварную конструкцию подвергают высокотемпературному термическому отпуску [5, 6].

В настоящей работе приведены результаты исследований изменения структуры и твердости сварных швов в зависимости от температуры и времени отпуска теплоустойчивых сталей перлитного класса 15X1M5Ф после сварки электродами с экзотермическим покрытием. С этой целью были изготовлены сварочные электроды