УДК 514.83

ОБЛАСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕОРИИ ПОЛЯ В НОРМАЛЬНЫХ КОНИЧЕСКИХ КООРДИНАТАХ

Неснов Д.В.

Самарский государственный технический университет
443100 ул. Молодогвардейская, 244,
soft73@mail.ru

Аннотация. Теория поля широко представлена в сферической и цилиндрической системах координат, так как хорошо изучен математический аппарат данных систем координат. Источники поля с более сложными структурами требуют новых подходов к их изучению. Целью данного исследования является определение корректной координации пространства нормальными коническими координатами. Это необходимо в последующих исследованиях, задачей которых будет упрощение выражений характеристик поля введением специальной координации пространства, которые отражают форму источника или (и) стока поля. Например, поле с прямолинейным источником удобнее относить к цилиндрическим координат, а поле с точечным источником - к сферическим координатам. В основном двумя классическими криволинейными системами и ограничивается применение теории поля в исследовании физических процессов методами прикладной геометрии, хотя известно их изложения в произвольных криволинейных координатах. Будем различать глобальные и локальные системы координат. Глобальную систему, как и координаты точки в этой системе, обозначим через *x, y, z*. Она неизменна. Локальную систему, как и координаты точки в этой системе, обозначим через *t, u, v*. Локальная система переменная. В каждой точке пространства, принадлежащей области существования системы, локальная система координат определена.

Предмет исследования: предметом исследования является область определения элементов теории поля в конических координатах.

Материалы и методы: основным базисом работы служат исследования общей теории поля в криволинейных координатах. Основными методами исследования являются аналитические с привлечением графических методов.

Результаты: в работе впервые описаны варианты правильной координации пространства при применении нормальной конической системы координат. Дан пример? на основе которого рассмотрен математический аппарат визуализации моделируемых молей.

Выводы: получены функции зависимости прямоугольных декартовых координат от нормальных конических координат для обеих полостей конуса-определителя.

Ключевые слова: конические координаты, координация пространства, теория поля.

ВВЕДЕНИЕ

Анализ работ в области исследования физических полей методом геометрического моделирования приводит к двум выводам:

- если физическое поле имеет несложную структуру, например, световое поле, а точнее, его лучевая составляющая, то эти исследования проводились чисто графическими методами, не все и не всегда интерпретировались аналитически с целью получения компьютерной реализации;

- поля более сложной структуры нуждались в привлечении математического аппарата теории поля, который описывает характеристики поля дифференциальными уравнениями в частных производных. Поскольку такие уравнения (по крайней мере их часть) и их системы не могут быть проинтегрирована в конечном виде, их развязывают приближенными методами прикладной математики или прикладной геометрии.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Работа базируется на:

- положениях классической общей теории поля в криволинейных координатах [1-7];

- теории параметризации геометрических фигур и условий [8-11];

- а также современных представлениях и исследованих теории поля [12-19].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Основным методом исследования был аналитический метод. Для визуализации полей и удобства изучения был применен графический метод.

При применении аналитического метода описания скалярных и векторных полей могут возникнуть несовпадения поверхностей уровня с координатными поверхностями применяемой системы координации пространства, а так же проблема однозначности определения координат выбранной точки пространства.

Идеей работы является определение области существования введенной системы нормальных конических координат, которую еще можно называть областью правильной координации нормальными коническими координатами. Это необходимо для корректного применения формул теории поля изложенных в работе [19].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Нормальные конические координаты были введены в работе [18], теория поля в нормальных конических координатах изложена в статье [19].Так же были получены зависимости нормальных конических от прямоугольных декартовых координат.

$$x = (u \cdot \sin\alpha + v \cdot \cos\alpha)\cos t;\ y = (u \cdot \sin\alpha + v \cdot \cos\alpha)\sin t;$$
$$z = u \cdot \cos\alpha - v \cdot \sin\alpha. \tag{1}$$

Координатные поверхности нормальной конической системы:

t = const - полуплоскость, которая проходит через ось конуса;

u = const - коническая поверхность, соосная с опорным конусом, образующие которой перпендикулярны образующим опорного конуса;

v = const - коническая поверхность, соосная с опорным конусом, образующие которой параллельны образующим опорного конуса.

Координатные линии нормальной конической системы:

t - линия - окружность пересечения конусов u = const и v = const;

u - линия - прямая пересечения полуплоскости t = const и конуса v = const;

v - линия - прямая пересечения полуплоскости t = const и конуса u = const.

В теории поля применяют подвижный триэдр, орт которого имеет направление роста координат локальной системы отнесения. На рисунке 1 показан триэдр, орты которого e_t, e_u и e_v построены в точке M. С целью предотвращения всевозможных особенностей и связанных с ними недоразумений будем рассматривать только правые системы как глобальных, так и локальных координат.

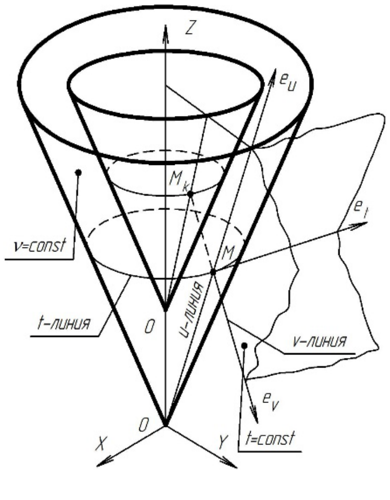

Рис. 1. Подвижный триэдр
Fig.1. Movable trihedron

Определим область существования введенной системы нормальных конических координат, которую еще можно называть областью правильной координации нормальными коническими координатами.

Поскольку на рисунке 1 координация точки M осуществлялась относительно луча образующей конуса, (в дальнейшем его будем называть конусом - определителем системы нормальных конических координат, а угол α - параметром системы), расположенного в полуплоскости. Далее переход от плоской системы к пространственной осуществлялся вращением этой полуплоскости вокруг оси $0z$, область существования системы нормальных конических координат:

$$0 \le t < 2\pi,\ \ 0 < u < \infty,\ \ -u\,\mathrm{tg}\,\alpha < v < \infty. \tag{2}$$

Эти формулы выражают область пространства, внешнюю по отношению к конусу $u=0$ (точнее, к его нижней полости). Вершина этого конуса в начале координат (рис. 1), а образующая перпендикулярна образующей конуса - определителя системы, она наклонена к оси $0z$ под углом $\frac{\pi}{2} + \alpha$. Кроме того, из этой области следует исключить точки, принадлежащие оси $0z$.

Именно в этом месте возникает вопрос, весьма важный для дальнейших исследований: на каких принципах распространить область правильной координации нормальными коническими координатами на все пространство?

Сформулируем требования к специальной координации пространства:

- специальная параметризация должна быть правильной для всего пространства или, по крайней мере, для его значительной части;
- глобальная и локальная системы должны быть правыми;
- функции (1) зависимостей между глобальными и локальными координатами должны быть однозначными или эквивалентно двузначными.

Понятие эквивалентной двузначности поясним на примере плоских полярных координат (рис. 2). Эта система представляется полюсом 0 и полярной осью P. Произвольная точка A имеет координаты ρ, φ. Точку B_1, симметричную относительно полюса точке A, можно определить двумя способами: $B_1(\rho, \varphi + \pi)$ та $B_2(-\rho, \varphi)$. Поскольку эти точки совпадают, двузначность следует определить эквивалентной.

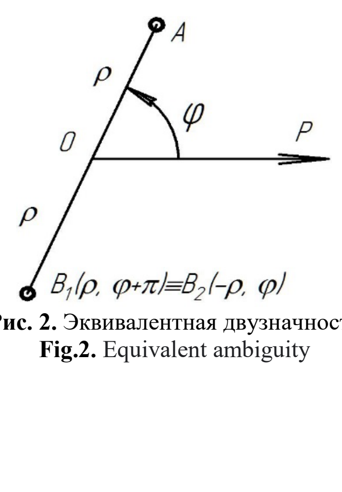

Рис. 2. Эквивалентная двузначность
Fig.2. Equivalent ambiguity

Рассмотрим известные функции зависимости прямоугольных декартовых координат от полярных

$$x = \rho\cos\varphi,\ \ y = \rho\sin\varphi$$

и обратной зависимости

$$\rho = \sqrt{x^2 + y^2},\ \varphi = \operatorname{arctg}\frac{y}{x}.$$

Эквивалентность двузначности обеспечивается эквивалентностью выражения

$$\rho = \pm\sqrt{x^2 + y^2}\,.$$

Поскольку ρ - вектор, то $-\rho$ - равный ему по модулю и противоположно направленный вектор. Относительно другой функции $\varphi = \operatorname{arctg}\frac{y}{x}$, она также двузначная при условии координации плоскости ($0 \le \varphi < 2\pi$): $\operatorname{arctg}\frac{y}{x} = \varphi = \varphi + \pi$.

Важно то, чтобы глобальные координаты *x, y* были определены однозначно, независимо от выбора пары локальных координат.

Что взять за основу, чтобы распространить на все пространство область правильной параметризации функциями (1) при условии выполнения остальных сформулированных требований?

Как первый вариант рассмотрим идею распространения на нижнюю полость конуса - определителя условия о совпадении положительного направления координаты *v* с направлением внешней нормали, принятой для верхней полости конуса - определителя. В этом случае (рис. 3) выполняется второе требование: глобальная и локальная системы правые. Но этот вариант имеет недостатки: лучи одной и той же образующей конуса $v=0$ принадлежат различным координатным полуплоскостям. Верхний луч плоскости $t=0$, нижний - $t=\pi$. Сохранение постоянного направлении *v* вдоль образующей конуса - определителя существует только по линии действия и только для правой верхней и нижней левой части сечения конуса - определителя. С другой стороны в плоскости *t*=const расположены различные образующие конуса - определителя, которые пересекаются. В подобластях пространства $u>0$ и $u<0$ этой полуплоскости, направления координаты *v* не совпадают. Как следствие, возле точек, в которых поле меняет знак *u,* будем иметь разрыв, если *v* при этом также имеет нулевое значение, но после прохождения через начало координат знак не меняется при $u=0,\ v\neq 0$. Это следствие того, что координатной поверхностью *v*=const такой поверхности, были бы два полуконуса, пересекающихся в плоскости *x*0*y* при $v>0$.

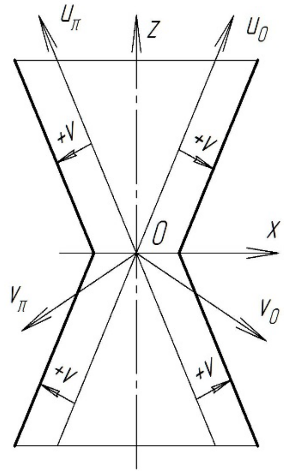

Рис. 3. Первый вариант координации пространства
Fig.3. The first option for coordinating space

Наконец, в таком варианте потребовало бы обоснования устранения двузначности при отнесении точек, внешних относительно координатного конуса $u=0$: их можно отнести как к верхней, так и в нижней полостей конуса и от этого зависело бы направление координаты *v*.

Таким образом, этот вариант распространения области правильной координации пространства для изучения полей следует признать неприменимым.

Предложим другой вариант, в котором положительное значение координаты *v* будем отсчитывать во внешнюю сторону верхней, и внутрь нижней полости конуса-определителя. Подойдем к рассмотрению этого варианта с позиций преобразований.

Покажем сечение конуса-определителя плоскостью *z0x* (рис. 4). Зафиксируем относительно этого сечения две плоские системы координат с общим началом в вершине *0* конуса - определителя: *x0z* и $v_0 0 u_0$. Ось *0z* совпадает с осью конуса-определителя, ось $0u_0$ - с его образующей. Возьмем произвольную точку M_0, координаты которой в системе $v_0 0 u_0$ $(v_m,\ u_m)$.

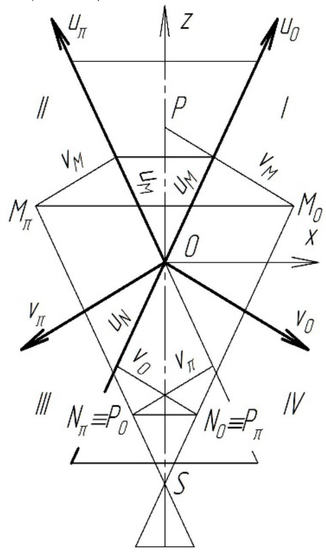

Рис. 4. Второй вариант координации пространства
Fig.4. The second option for coordinating space

Представляя оси $0x_0$ и $0v_0$ правыми, каждая в своей системе, имеем правую систему $v_0 0 u_0$, повернутую на угол $-\alpha$ относительно правой же системы $x0z$.

Знаку "минус" соответствует отсчет угла α от оси $0x$ до оси $0v_0$ в направлении по ходу часовой стрелки.

Зависимость между координатами v, u произвольной точки M и координатами x, y этой же точки

$$x = v\cos(-\alpha) - u\sin(-\alpha),$$

$$v = x\cos(-\alpha) + z\sin(-\alpha),$$

$$z = v\sin(-\alpha) + u\cos(-\alpha),$$

$$u = -x\sin(-\alpha) + z\cos(-\alpha).$$

Поскольку $\sin(-\alpha)=-\sin\alpha$, $\cos(-\alpha)=\cos\alpha$, остальные функции после перестановки слагаемых приобретают вид

$$x = u\sin\alpha + v\cos\alpha,$$

$$v = x\cos\alpha - z\sin\alpha,$$

$$z = u\cos\alpha - v\sin\alpha,$$

$$u = x\sin\alpha + z\cos\alpha. \qquad (3)$$

Вращение обоих плоских координатных систем вместе с точкой M вокруг оси $0z$ обладает следующими свойствами:

- координата z точки M в процессе вращения не меняется;
- не меняются также координаты v и u точки M, поскольку эта точка вращается вместе с системой $v_0 0 u_0$;
- в процессе вращения, направление движения какой - либо точки, расположенной справа от оси $0z$, перпендикулярна плоскости чертежа относительно наблюдателя. Для точек, расположенных слева оси $0z$, это направление также перпендикулярно плоскости чертежа относительно наблюдателя;
- координировать точки будем относительно плоской системы $v0u$, а не относительно нижней полости конуса, как это было в случае с верхней полостью.

Желая получить в качестве координатного конуса v=const две полости конуса, эквидистантных конусу-определителю, будем в первоначальном состоянии координировать положение точек относительно системы $v_0 0 u_0$. Поскольку зависимости между нормальными коническими и декартовыми прямоугольными координатами можно получить при условии вращения системы $v_0 0 u_0$. вокруг оси $0z$, необходимо так назначить параметр вращения, чтобы одному и тому же значению этого параметра отвечали оба луча образующей, которая принадлежит верхней и нижней полостям конуса-определителя, учитывая то, что они принадлежат разным координатным полуплоскостям.

Таким образом, параметр вращения должен учитывать разницу, равную π, при изменении знака координаты x, которая имеет выражение через v и u (3)

$$x = u\sin\alpha + v\cos\alpha. \qquad (4)$$

Вернемся к рис. 4. Для точек, расположенных в первой и в третьей четверти системы $v_0 0 u_0$ знак выражения x меняться не будет. Он может варьироваться лишь для точек, принадлежащих второй и четвертой четвертям, поскольку ось $0v$ проходит именно через эти четверти. Изменение знака x эквивалентно смене знака выражений $u\sin\alpha + v\cos\alpha$ или $u\,\mathrm{tg}\alpha + v$ ($\cos\alpha > 0$).

Учитывая всё сказанное, параметр вращения должен иметь вид

$$t + \frac{[1 - \mathrm{sign}(u\,\mathrm{tg}\alpha + v)]\pi}{2}.$$

Его сущность заключается в том, что для точек полупространства $x>0$ ($u\sin\alpha + v\cos\alpha > 0$, или $u\,\mathrm{tg}\alpha + v > 0$) второе слагаемое равно нулю. Для точек $x<0$ ($u\,\mathrm{tg}\alpha + v < 0$) к значению t будет прибавляться π.

С другой стороны значению $t=0$ соответствует как луч образующей $u>0$, так и другой луч той же образующей конуса - определителя $u<0$.

Проверим выполнение других условий. Точке M_0 соответствуют координаты v_M, u_M, $t=0$. Точке M_π, полученной поворотом точки M_0 вместе с системой $v_0 0 u_0$ вокруг оси $0z$ на угол π, соответствуют координаты в системе $v_\pi 0 u_\pi$ v_M, u_M, $t=\pi$. Координаты v_M, u_M остались неизменными.

Точке N_0, симметричной точке M_0 относительно оси v_0, соответствуют координаты координаты $v_N = v_M$, $u_N = -u_M$, $t=0$. В результате поворота на угол π она окажется в положении N_π. Координаты N_π в системе $v_\pi 0 u_\pi$ такие же, как и координаты N_0 в системе $v_0 0 u_0$.

Наконец, пусть точка $P_0 \equiv N_\pi$. К какой из полуосей $-u_0$ или $-u_\pi$ ее относить?

Значение параметра вращения t для этой точки, поскольку $x_{P_0} < 0$, $u_{P_0}\,\mathrm{tg}\alpha + v_{P_0} < 0$, $\mathrm{sign}(u_{P_0}\,\mathrm{tg}\alpha + v_{P_0}) = -1$, $t=\pi$.

Следовательно, она должна быть отнесена к полуоси $-u_\pi$. Из рис. 4 видно, что P_π совпадает с точкой N_0.

Таким образом, функции (1) зависимости прямоугольных декартовых координат от нормальных конических координат в случае их распространения на нижнюю полость конуса-определителя с учетом уточнения выражения параметра вращения принимают вид

$$x = (u \cdot \sin\alpha + v \cdot \cos\alpha)\cos\left[t + \frac{(1 - \operatorname{sign}(u\operatorname{tg}\alpha + v))\pi}{2}\right];$$
$$y = (u \cdot \sin\alpha + v \cdot \cos\alpha)\sin\left[t + \frac{(1 - \operatorname{sign}(u\operatorname{tg}\alpha + v))\pi}{2}\right];$$
$$z = u \cdot \cos\alpha - v \cdot \sin\alpha. \tag{5}$$

Установим достоверность функций (5) конструктивным способом и покажем, что существует параметризация нормальными коническими координатами, которая эквивалентна параметризации (5).

На рис. 5, а показано точки M_0 и N_0, координация которых осуществлялась относительно образующей $t=0$. Ось $0x_0$ направлена вправо. Слагаемые, входящие в функции (5), показано на чертеже, что дает возможность удостовериться в их корректности.

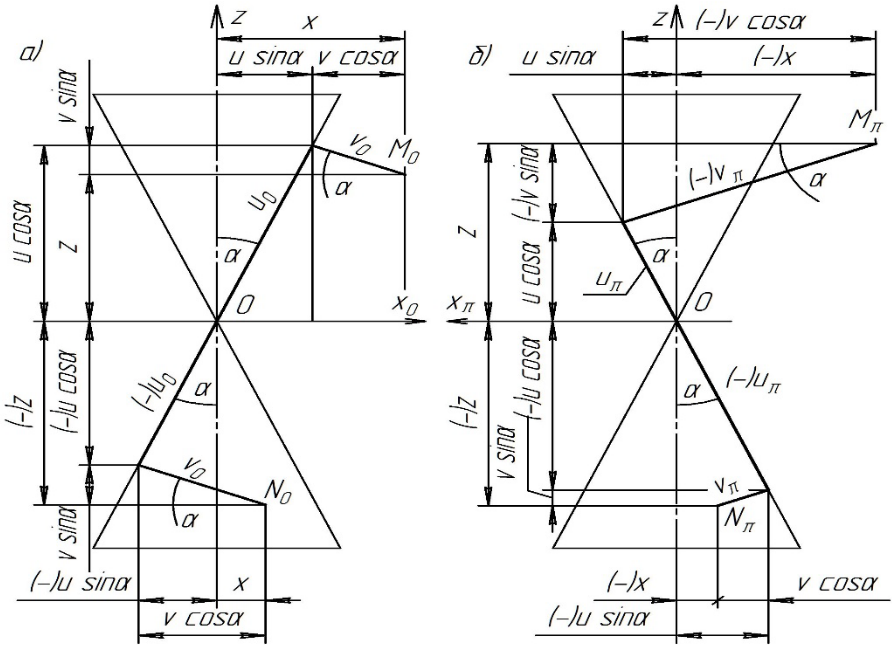

Рис. 5. Параметризация пространства нормальными коническими координатами
Fig.5. Parameterization of space by normal conic coordinates

На рис. 5б показано ту же точку M_π, но координированной относительно образующей $t=\pi$. Ось $0x$, которая возвращается вместе с системой $z0xy$ вокруг оси $0z$, в этом случае направлена влево. Корректность функций (5) также подтверждается рисунком 5, если принять во внимание другие множители в выражениях x и y, которые имеют отрицательные значения.

Перейдем к установлению функций обратной зависимости.

Очевидно, для распространения этих функций и на нижнюю полость конуса-определителя, необходимо назначить знак x выражения. Таким образом, эти функции приобретают вид:

$$\begin{aligned}
&x = 0,\ y > 0 \Rightarrow t = \frac{\pi}{2};\\
&x = 0,\ y < 0 \Rightarrow t = \frac{3\pi}{2};\\
&x > 0,\ y > 0 \Rightarrow t = \operatorname{arctg}\frac{y}{x};\\
&x < 0 \Rightarrow t = \operatorname{arctg}\frac{y}{x} + \pi;\\
&x > 0,\ y < 0 \Rightarrow t = \operatorname{arctg}\frac{y}{x} + 2\pi;\\
&u = \operatorname{sign}(x)\sqrt{x^2 + y^2}\sin\alpha + z \cdot \cos\alpha;\\
&v = \operatorname{sign}(x)\sqrt{x^2 + y^2}\cos\alpha - z \cdot \sin\alpha.
\end{aligned} \tag{6}$$

Конструктивная проверка достоверности функций (6) представлена на рис. 6, который демонстрирует также возможную, эквивалентную (6) координацию пространства нормальными коническими координатами, которая осуществляется отнесением точки к той образующей конуса - определителя, которая принадлежит противоположной координатной полуплоскости t = const.

Покажем на конкретном примере область применения приведенного математического аппарата геометрического моделирования поля в нормальных конических координатах.

Пример. Определить и построить чертеж поверхности уровня, проходящего через точку *M(x =3, y =-1, z =2)*, скалярного поля, представленного в нормальных конических координатах функцией

$$F = e^{\frac{u}{3}} + 0{,}5\sin 3t - v \tag{7}$$

Привести чертеж еще поверхностей уровня с шагом ΔC=1, предшествующей поверхности, проходящей через точку М, и следующей за ней. Параметр $\alpha = \frac{\pi}{4}$ конуса-определителя системы.

Решение. По формулам (6) вычисляем конические нормальные координаты точки *M(x =3, y =-1, z =2)*.

$$t = arctg\left(-\frac{1}{3}\right) + 2\pi = 5{,}9375;$$

$$u = \sqrt{3^2+1^2}\sin\frac{\pi}{4} + 2\cos\frac{\pi}{4} = 3{,}65;$$

$$v = \sqrt{3^2+1^2}\cos\frac{\pi}{4} - 2\sin\frac{\pi}{4} = 0{,}82.$$

Вычисляем значение параметра *См* семьи поверхностей уровня при прохождении поверхности через точку *M*.

$$C_M = e^{\frac{3{,}65}{3}} + 0{,}5\sin(3\cdot 5{,}9375) - 0{,}82 = 2{,}1047$$

Отталкиваясь от выражения F(*t, u, v*)=*c* (*c*=const), решим его относительно *v* и представим уравнение семьи поверхностей уровня в виде

$$v = e^{\frac{u}{3}} + 0{,}5\sin 3t - C_M + i\Delta C \tag{8}$$

ΔC =1 – шаг *i* = -1, 0, 1 – параметр семьи, включающей при *i*=0 поверхность, проходящую через точку *M*.

На рис. 7 показаны искомые поверхности уровня, построенные по уравнению (8). Каждая из поверхностей по отдельности показана на рис. 8.

Интервалы каждой из поверхностей $0 \le t \le 2\pi$, $3 \le u \le 5$

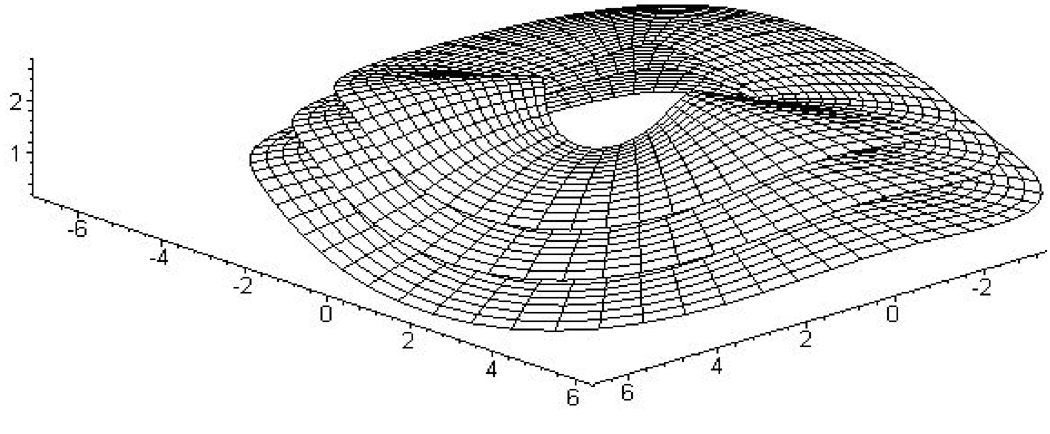

Рис. 7. Поверхности уровня $v = e^{\frac{u}{3}} + 0{,}5\sin 3t - C + i\Delta C$ скалярного поля $F = e^{\frac{u}{3}} + 0{,}5\sin 3t - v$

с параметрами ΔC=1; *i*=-1, 1, 1; $\alpha = \frac{\pi}{4}$; *C*=2,1047, *u*=3...5, *t*=0...2π

Fig. 7. Surfaces of the level $v = e^{\frac{u}{3}} + 0{,}5\sin 3t - C + i\Delta C$ of a scalar field $F = e^{\frac{u}{3}} + 0{,}5\sin 3t - v$

with parameters ΔC=1; *i*=-1, 1, 1; $\alpha = \frac{\pi}{4}$; *C*=2,1047, *u*=3...5, *t*=0...2π

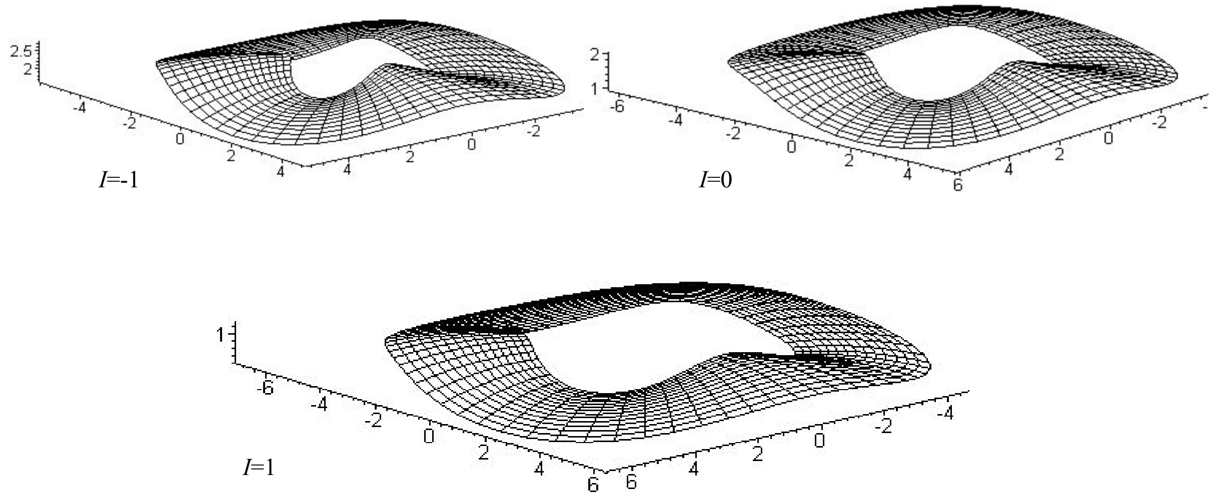

Рис. 8. Поверхности уровня при i=1, 0, -1

Fig. 8. Surfaces of the level at i=1, 0, -1

Завершая, сделаем три замечания:

1. Функции (5) и (6) содержат x, y, z, которые следует рассматривать как координаты глобальной неподвижной системы. Рисунок 6 можно трактовать как сечения конуса-определителя любой осевой плоскостью. Точки и оси подвижных систем $z0x$ и $v0u$ обозначены индексами 0 и π в зависимости от их расположения в той, или иной координатной полуплоскости t=const, составляющих плоскость сечения.

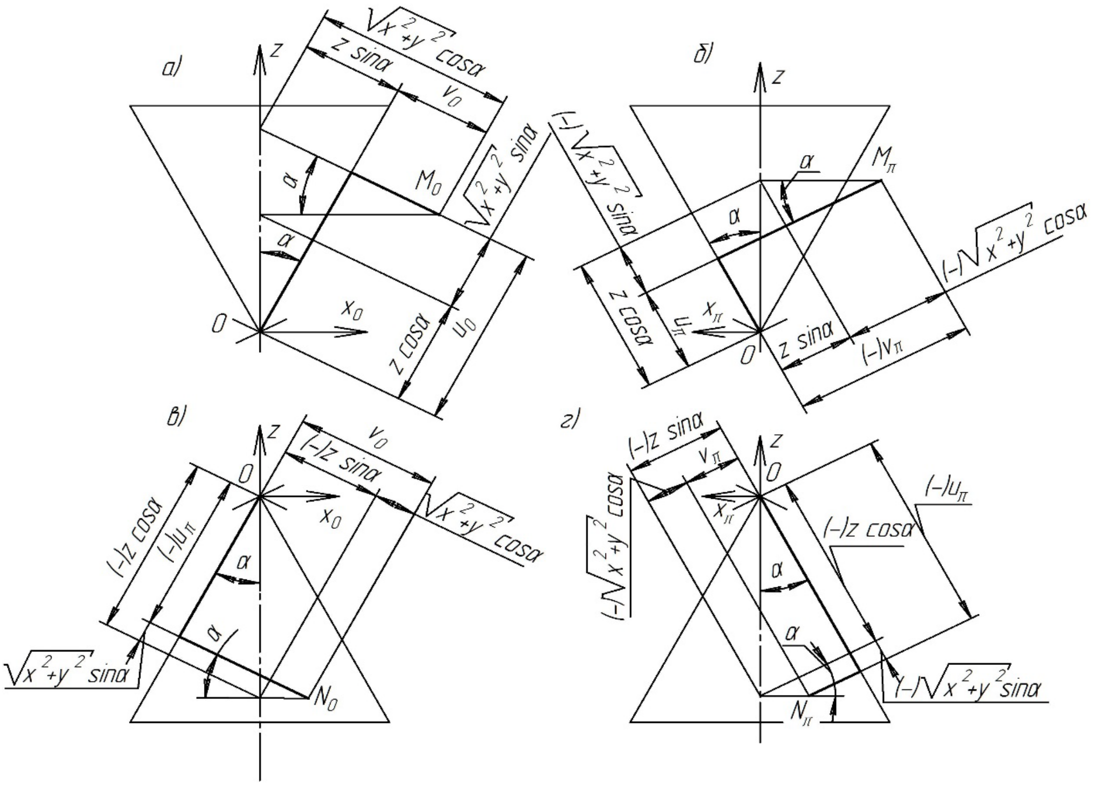

Рис. 6. Проверка достоверности функций
Fig.6. Function validation

2. Полученная координация пространства нормальными коническими координатами правая для верхней полости конуса-определителя $(u>0)$, левая для нижней $(u<0)$. Можно получить правую

ориентацию координатной системы для нижней полости, но она неизбежно будет левой для верхней. Такое положение вытекает из необходимости иметь постоянное направление роста *u* вдоль обоих лучей одной и той же образующей конуса-определителя и противоположное направление роста *t* для этих лучей, поскольку они принадлежат разным координатным полуплоскостям *t*=const осевой плоскости.

3. При $\alpha=0$ система нормальных конических координат превращаются в правую систему цилиндрических координат с радиальной координатой *v*, осевой *u*, угловой *t*.

При $\alpha=\dfrac{\pi}{2}$ система нормальных конических координат превращается в левую систему цилиндрических координат с радиальной координатой *u*, осевой *v*, угловой *t*.

ВЫВОДЫ

1. В научных работах в области прикладной геометрии изучение физических процессов и явлений осуществлялось либо моделированием физического поля исключительно геометрическими методами, либо привлечением математического аппарата теории поля и геометрического моделирования решения тех его уравнений в частных производных, решение которых другими средствами не найдено.
2. Наиболее распространенными адаптациями теории поля в криволинейных координатах являются адаптации к их представлению в цилиндрической системе при прямолинейном источнике, в сферической системе при точечном источнике, в эллипсоидальная системе - при двухточечном источнике.
3. Изначально важно было правильно скоординировать пространство в выбранной конической системе координат для того, чтобы в дальнейшем получить верные дифференциально-геометрические характеристики скалярных и векторных полей изложенных в статье [19].
4. Важность правильной координации пространства заключается еще и в том, чтобы исключить двузначность при отнесении точек к конусам-определителям, что в свою очередь ведет к возникновению разрывов и пересечений полей уровня при их визуализации средствами компьютерной графики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Альпин Л.М. Теория поля. - М.: Недра, 1966. – 348 с.
2. Булах Е.Г., Шуман В.Н. Основы векторного анализа и теории поля. - Киев: Наукова думка, 1998. - 300 с.
3. Гольдфайн И.А. Векторный анализ и теория поля. - Москва: Физматиздат, 1962. – 132 с.
4. Гольдфайн И.А. Векторный анализ и теория поля. - М.: Наука, 1968. – 128 с.
5, Дубнов Я.С. Основы векторного исчисления. - М.: Л.: ГИТТЛ, 1950. – Ч. 1. – 368 с., 1952. – Ч. 2. – 416 с.
6. Мінаєв О.А., Ілюкович Б.М., Ізмайлова М.К. Механіка суцільних середовищ. - К.: Вища школа, 1995. – 272 с.
7. Кочин Н.Е. Векторное исчисление и начала тензорного исчисления. - М.: Издательство АН СССР, 1961. – 430 с.
8. Джапаридзе И.С. О погружении геометрических соответствий в модели многомерных пространств // Прикладная геометрия и инженерная графика. - Киев: «Будівельник». - 1968. - Вып.6.– С.13-17.
9. Котов И.И., Николаевский Г.К., Рыжов Н.Н., Халдеев И.М. Прикладная геометрия поверхностей // Сб. работ конференции «Вопросы начертательной геометрии и ее приложения». – Харьков: - ХАДИ. - 1963 - Вып.3. – С. 15-19.
10. Pidgorny O.L. From the Theory of the Maps to Geometrical Modeling of Objects, Phenomena and Processes // The Applied Geometry and Engineering Graphics – Kiev: - 2002. - Issue №70. – P. 32-38.
11. Рыжов Н.Н. Общие вопросы задания и параметризации поверхностей // Тезисы докладов Второй всесоюзной геометрической конференции. – Харьков: - 1964. – С. 22-24.
12. L. D. Landau, E. M. Lifshitz, The classical theory of fields (Elsevier, New York, 2013)
13. P. Francesco, P. Mathieu, D. Senechal, Conformal field theory (Springer-Verlag, New York, 2012)
14. J. Quartieri, L. Sirignano, C. Guarnaccia, WSEAS Int. conf. (EMESEG'08), Heraklion, Greece (2008)
15. A. A. Tsinaeva, M. N. Nikitin, Procedia Eng. **150**, 2340-2344 (2016), DOI: 10.1016/j.proeng.2016.07.321
16. M. N. Nikitin, J. of Physics: Conf. series **891**, 12039 (2017), DOI: 10.1088/1742- 6596/891/1/012039
17. D.V. Nesnov, Field theory in normal toroidal coordinates, MATEC Web of Conferences, Vol. **193**, 003022 (2018)
18. Неснов Д. В. Нормальные конические координаты. Международная заочная научно-практическая конференция «Наука и образование в жизни современного общества» Тамбов, 2016 г. С. 189-192.
19. Неснов Д. В. Элементы теории поля в конических координатах. Строительство и техногенная безопасность №28(80)-2023.

Издательство: ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского» - 99 с.

REFERENCES

1. Alpin L.M. Field theory. - M .: Nedra, 1966 .-- 348 p. (In Russian)
2. Bulakh E.G., Schuman V.N. Fundamentals of vector analysis and field theory. - Kiev: Naukova Dumka, 1998 .-- 300 p. (In Russian)
3. Goldfayn I.A. Vector analysis and field theory. - Moscow: Fizmatizdat, 1962 .-- 132 p. (In Russian)
4. Goldfayn I.A. Vector analysis and field theory. - M .: Nauka, 1968 .-- 128 p. (In Russian)
5, Dubnov Ya.S. Fundamentals of vector calculus. - M .: L .: GITTL, 1950. - Part 1. - 368 p., 1952. - Part 2. - 416 p. (In Russian)
6. Mineva O.A., Ilyukovich B.M., Ismaylova M.K. The mechanism of social means. - K .: Vishka school, 1995 .-- 272 p. (In Russian)
7. Kochin N.E. Vector calculus and the beginnings of tensor calculus. - M.: Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR, 1961 .-- 430 p. (In Russian)
8. Japaridze I.S. On the immersion of geometric correspondences in the model of multidimensional spaces // Applied Geometry and Engineering Graphics. - Kiev: Budivelnik. - 1968. - Issue 6. - pp.13-17. (In Russian)
9. Kotov I.I., Nikolaevsky G.K., Ryzhov N.N., Khaldeev I.M. Applied geometry of surfaces // Sat. Conference "Descriptive geometry and its applications." - Kharkov: - HADI. - 1963 - Issue 3. - pp. 15-19. (In Russian)
10. Pidgorny O.L. From the Theory of the Maps to Geometrical Modeling of Objects, Phenomena and Processes // The Applied Geometry and Engineering Graphics – Kiev: - 2002. - Issue №70. – pp. 32-38. (In Ukraine)
11. Ryzhov N.N. General questions of assignment and parameterization of surfaces // Abstracts of the Second All-Union Geometric Conference. - Kharkov: - 1964. - pp. 22-24. (In Russian)
12. L. D. Landau, E. M. Lifshitz, The classical theory of fields (Elsevier, New York, 2013)
13. P. Francesco, P. Mathieu, D. Senechal, Conformal field theory (Springer-Verlag, New York, 2012)
14. J. Quartieri, L. Sirignano, C. Guarnaccia, WSEAS Int. conf. (EMESEG'08), Heraklion, Greece (2008)
15. A. A. Tsinaeva, M. N. Nikitin, Procedia Eng. 150, 2340-2344 (2016), DOI: 10.1016/j.proeng.2016.07.321
16. M. N. Nikitin, J. of Physics: Conf. series 891, 12039 (2017), DOI: 10.1088/1742- 6596/891/1/012039
17. D.V. Nesnov, Field theory in normal toroidal coordinates, MATEC Web of Conferences, Vol. **193**, 003022 (2018)
18. D. V. Nesnov, Normal conical coordinates. International Correspondence Scientific and Practical Conference "Science and Education in the Life of Modern Society" Tambov, 2016, pp. 189-192.
19. D. V. Nesnov Elements of field theory in conic coordinates. Construction and technogenic safety No. 28 (80) -2023. Publisher: FGAOU VO "Vernadsky" - 99 p.

SCOPE OF FIELD THEORY IN NORMAL CONIC COORDINATES

Nesnov D.V.

Samara State Technical University, 244 Molodogvardeyskaya st., Samara, Russia

Abstract. The field theory is widely represented in spherical and cylindrical coordinate systems, since the mathematical apparatus of these coordinate systems is well studied. Field sources with more complex structures require new approaches to their study. The purpose of this study is to determine the correct coordination of space by normal conic coordinates. This is necessary in subsequent studies, the task of which will be to simplify the expressions for the characteristics of the field by introducing a special coordination of space, which reflect the shape of the source and/or sink of the field. For example, a field with a rectilinear source is more convenient to refer to cylindrical coordinates, and a field with a point source - to spherical coordinates. Basically, the use of field theory in the study of physical processes by methods of applied geometry is limited to two classical curvilinear systems, although their presentation in arbitrary curvilinear coordinates is known. We will distinguish between global and local coordinate systems. The global system, as well as the coordinates of a point in this system, will be denoted by x, y, z. She is unchanging. The local system, as well as the coordinates of a point in this system, will be denoted by t, u, v. Local system variable. At each point in space belonging to the area of existence of the system, the local coordinate system is defined.
Subject of research. The field of definition of elements of field theory in conic coordinates.
Materials and methods: The main basis of the work is the study of the general field theory in curvilinear coordinates. The main research methods are analytical with the involvement of graphical methods.
Results: The paper describes for the first time the variants of the correct coordination of space when using the normal conic coordinate system. An example is given on the basis of which the mathematical apparatus for visualizing the simulated moles is considered.
Conclusions: the dependence functions of rectangular Cartesian coordinates on normal conical coordinates for both cavities of the determinant cone are obtained.

Key words: conic coordinates, space coordination, field theory.