

**ГРАФИЧЕСКОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ
ВЕКТОРНЫХ ВЕЛИЧИН
СОВМЕСТНЫМИ СРЕДСТВАМИ
ПАКЕТОВ И ПРОГРАММ ПЭВМ**

А.Ф.Иванов

Морской гидрофизический институт
НАН Украины

г.Севастополь, ул. Капитанская, 2

В океанологии, метеорологии и гидрологии суши широко используются представления таких величин как скорости и ускорения течения и ветра, действующих сил и напряжений, градиентов скалярных полей в виде векторов (направленных отрезков прямой линии). При изображении циркуляции вод в океане и воздуха в атмосфере, а также движения частиц в волнах для указания направления переноса вещества используются элементы стрелок (знак острия). Ранее вектора вычерчивались на графиках, картах и других изображениях вручную, сейчас же для графических представлений результатов измерений или расчетов повсеместно используются персональные ЭВМ. Но анализ возможностей математических (с графикой) и графических (с вычислениями) пакетов ПЭВМ, таких как MathCAD, MatLAB, GRAPHER, SURFER в версиях для DOS и Windows, показал, что в них либо вовсе отсутствуют, либо есть, но с ограниченными применениями, графические изображения векторных величин, что, конечно, никак не может удовлетворить исследователей. В работе даны алгоритмы вычерчивания векторов в различных видах и приведены примеры их, часто встречающиеся в литературе по океанографии.

Известно, что вектор характеризуется величиной (модулем) – V , направлением (углом относительно одной из координатных осей) – φ , и точкой приложения (координатами начала вектора) – X, Y . Чаще всего он изображается на плоскости в форме стрелки. Этот знак рисуется в виде черты (отрезка линии), которая начинается в точке приложения и от конца кото-

рой под острым углом α отходят две короткие черточки длиной A .

Для изображения векторного поля, состоящего из N векторов, необходимы следующие характеристики для каждого вектора: координаты приложения начала $X(i), Y(i)$; модуль $V(i)$ и направление $\varphi(i)$. Вместо $V(i)$ и $\varphi(i)$ могут быть заданы проекции вектора $VX(i)$ и $VY(i)$ на декартовы оси координат. i – число натурального ряда от 1 до N .

Для вычерчивания одной стрелки в декартовых координатах необходимо последовательно выдавать координаты семи пар точек $P(i,j), Q(i,j)$, которые определяются из уравнений:

$$P(i,j) = K1(j) \cdot X(i) + K2(j) \cdot V(i) \cdot t \cdot \sin[\varphi(i)] - K3(j) \cdot A \cdot \sin[\varphi(i) + \alpha] - K4(j) \cdot A \cdot \sin[\varphi(i) - \alpha], \quad (1)$$

$$Q(i,j) = K1(j) \cdot Y(i) + K2(j) \cdot V(i) \cdot t \cdot \cos[\varphi(i)] - K3(j) \cdot A \cdot \cos[\varphi(i) + \alpha] - K4(j) \cdot A \cdot \cos[\varphi(i) - \alpha], \quad (2)$$

где t – масштабный коэффициент, позволяющий изменять длину стержня стрелки. Здесь переменные $K1(j), K2(j), K3(j)$ и $K4(j)$ являются логическими функциями, принимающими только два значения 0 или 1. Эти функции могут быть заданы в аналитическом или табличном виде.

Таблица

j	K1(j)	K2(j)	K3(j)	K4(j)
1	1	0	0	0
2	1	1	0	0
3	1	1	1	0
4	1	1	0	0
5	1	1	0	1
6	1	1	0	0
7	1	0	0	0

Текущие значения переменных $X(i), Y(i), V(i)$ и $\varphi(i)$ берутся из эксперимента или расчетов, а числовые значения постоянных величин t, A и α выбираются из эстетических соображений.

Вычисления $P(i,j)$ и $Q(i,j)$ могут быть выполнены в пакетах MathCAD, MatLAB; в версиях GRAPHER, SURFER

для Windows или по программам, написанным на различных языках. Графические построения векторных полей могут быть выполнены в пакетах:

а) для связанных векторов (любое их число) - MathCAD, MatLAB, GRAPHER, SURFER;

б) для несвязанных векторов (при $N \leq 10$) - GRAPHER;

в) для несвязанных векторов (при $N > 10$) - только в пакете SURFER.

Если угол α выбирается острым, то вектор имеет вид стрелки, прямым - вид молотка, тупым - оперения.

На рис.1а изображена схема обхода полигона и векторы скорости течения, измеренные профилографом на станциях на определенном горизонте. На рис.1б показан график изменения скорости течения во времени (ось абсцисс) на горизонте буйковой станции. Положение начала вектора на оси является линейной функцией от i . Если на график выносятся каждый отсчет измерителя течений и их выполнено очень много, то следует отказаться от прорисовки наконечника стрелки и изображать вектор направленным отрезком прямой линии. Для этого достаточно принять $A=0$ в уравнениях (1) и (2). Или использовать укороченные уравнения

(1) и (2), состоящие из двух первых слагаемых. Для вычерчивания направленного отрезка достаточно три точки. При этом логические ключи принимают значения:

$$K1(j) = 1, 1, 1; \quad K2(j) = 0, 1, 0.$$

На рис.1в представлено распределение вектора скорости течений по глубине в определенный момент времени. Если течения измеряются на определенном горизонте с дрейфующего или буксируемого носителя, то картина течений выглядит так, как показано на рис.1г. Если же измерения выполняются длительное время в одной точке (неподвижное основание и определенный горизонт), то получим картинку, приведенную на рис. 1д и называемую розой течений. Периодические (волновые) течения удобно представлять в

виде прогрессивного вектора, в изображении которого точка приложения вектора следующего во времени отсчета располагается на конце вектора предыдущего отсчета (рис.1е). Если 1-ый вектор приложен в точке $X(1), Y(1)$, то точка приложения 2-го вектора находится из соотношений:

$$X(2) = X(1) + t \cdot V(1) \cdot \sin[\varphi(1)], \quad (3)$$

$$Y(2) = Y(1) + t \cdot V(1) \cdot \cos[\varphi(1)], \quad (4)$$

а координаты приложения последнего N -го вектора равны

$$X(N) = X(N-1) + t \cdot V(N-1) \cdot \sin[\varphi(N-1)], \quad (5)$$

$$Y(N) = Y(N-1) + t \cdot V(N-1) \cdot \cos[\varphi(N-1)] \quad (6)$$

Если число несвязанных векторов $N \leq 10$, то определив их координаты $P(i,j)$ и $Q(i,j)$ по уравнениям (1) и (2) и оформив их в виде отдельных кривых, мы можем нарисовать их в пакете GRAPHER (рис.2). Но большее число несвязанных векторов (векторное поле) можно изобразить только в графическом пакете SURFER, используя опции главного меню GRID, TOPO. Для вычерчивания векторов в пакете SURFER версии DOS используется команда XY line, которая позволяет рисовать любое число изображений, состоящих из отрезков прямых линий. Вычислим для каждого измерения вектора по уравнениям (1) и (2) координаты $P(i,j)$ и $Q(i,j)$ стрелки и соберем все измерения векторов в один числовой файл в ASCII кодах с расширением .BLN. В начале каждой группы из 7 пар координат допишем число 7 (количество точек ломаной линии, то есть стрелки). Раздельные вектора могут строиться как на чистом поле, так и на топографической карте, где они могут быть касательными к изолиниям элемента или нормальными к ним, изображая градиенты скалярного поля. При изображении циркуляции или движения частиц возникает необходимость указать направление переноса вещества на кривой тока. Для этого надо определить координаты начала стрелки на кривых,

найти направления касательных в этих точках, воспользоваться уравнениями (1) и (2). Если положить в них $V(i)=0$, то начало и конец вектора будут совпадать и $P(i,j)$ и $Q(i,j)$ будут координатами для рисования только острия стрелки. Сформируем вышеупомянутый файл с расширением .BLN и, используя его в построении, укажем направления переноса на картине циркуляции.

Уравнения (1) и (2) и таблица были даны для вычерчивания стрелки на плоскости. Используя этот подход, можно составить уравнения и таблицы для рисования стержня вектора в виде двух параллельных или сходящихся отрезков или разместить на конце его треугольник, квадрат, прямоугольник, вообще фигуру любой формы.

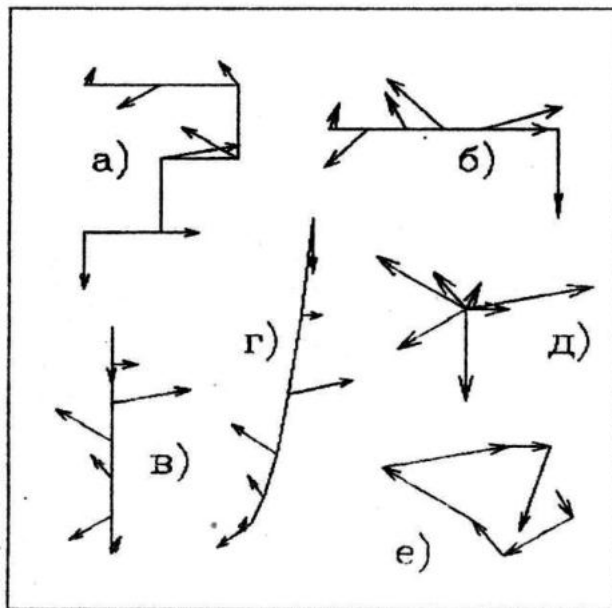


Рис. 1.
Примеры
вычерчивания
векторов.

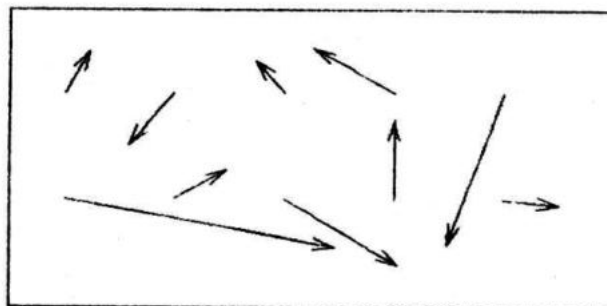


Рис. 2.
Векторное поле,
построенное
в пакете GRAPHER