

УДК 621.396.6

Н. П. Кузнецов, доктор технических наук, профессор, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

А. В. Волохин, соискатель, ООО «Стройремпроект», Ижевск

И. В. Гракович, соискатель, группа компаний «Multinet», Москва

ОСОБЕННОСТИ НАВИГАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СУХОПУТНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ АРКТИЧЕСКИХ ВОЙСК

Предложен способ определения азимутального направления движения и местоположения отдельных воинских подразделений в арктических регионах.

Ключевые слова: арктические войска, навигация в Арктике, азимутальное направление, система глобального позиционирования.

Запланированное Российской Федерацией создание арктических войск подразумевает в их составе и мощную наземную группировку [1]. Для подразделений сухопутных войск одним из важнейших является решение таких навигационных задач, как топографическая привязка места положения подразделения и выбор заданного азимутального направления передвижения подразделения. Решение этих задач для районов Арктики имеет ряд особенностей. Монотонное чередование пологих возвышенностей и понижений, извилистых рек, озер, проток и болот, отсутствие лесов, дорог и населенных пунктов, характерное для Арктики, затрудняет не только определение местоположения объектов на карте, но и выдерживать заданное направление движения. Ориентирование и наблюдение в Арктике затрудняется также неустойчивой работой компаса из-за близости к магнитному полюсу Земли и частых магнитных бурь, плохой видимостью местности в период полярной ночи и ограниченной видимостью во времена туманов, морозящих дождей и метелей [2]. И если проблема топографической привязки конкретного объекта достаточно легко решается с использованием систем глобального позиционирования, таких как GPS или Глонасс, то выбор азимутального направления имеет значительные трудности, которые в Арктике осложнены специфическими геофизическими эффектами.

Известно, что наиболее просто определить направление на магнитный Северный полюс, для чего может быть использован любой магнитный компас. Однако использование компаса в Арктике, как отмечалось выше, затруднено. Известны устройства для измерения азимута относительно радиомаяка, которые могут быть применены в системах ближней навигации, примерами которых может быть комплексная радионавигационная система измерения азимута летательного аппарата относительно радиомаяка по а. с. СССР № 1398607 [3] или система измерения азимута летательного аппарата относительно радиомаяка по а. с. СССР № 1181398 [4]. К аналогичным

способам определения азимута и устройствам, реализующим способ, можно отнести и а. с. СССР № 1097069, № 1190747 [5,6].

При помощи устройств [3–6], используя компас (направление на магнитный полюс Земли), фактически можно определить азимут относительно направления на источник определенного физического поля. Однако во многих случаях необходимо определить азимут на некоторый географический объект, что может быть сделано на основе использования магнитного компаса и географической карты. Такие задачи постоянно решаются геологами, путешественниками, спортсменами-ориентировщиками и т. д. Так, известны компасы, предназначенные для спортивного ориентирования, позволяющие определить с помощью географической карты местности азимут движения или направления.

С аналогичной навигационной проблемой сталкиваются не только военные, но и путешественники, исповедующие ислам: перед совершением молитвы им надо определить направление на Мекку. Эти верующие в настоящее время такую задачу обычно решают так же, как ее решают спортсмены, занимающиеся спортивным ориентированием, то есть используя компас и географическую карту. И если манипуляции с картой и компасом для спортсменов-ориентировщиков являются обычным делом, лежащим в рамках их своеобразных «профессиональных» навыков, то для путешественника-мусульманина владение на высоком уровне такими навыками является скорее исключением, чем правилом. Более того, если для спортсменов картой, как правило, является карта местности, то для определения направления на Мекку уже необходимы карты мира, которые составляются со значительными погрешностями, что еще больше усложняет определение нужного направления относительно линии горизонта. Определение азимута направления, основанное на использовании компаса и географической карты, является достаточно сложным и весьма неточным способом определе-

ния азимутального направления, главным образом по причине расхождения положений географического и магнитного северных полюсов.

Однако если известны географические координаты того места, относительно (для) которого необходимо определить азимут, и известны географические координаты точки, на которую и определяется азимут, сам угол азимута, например, относительно направления на Северный полюс, можно определить без использования географических карт, а только используя известные математические модели сферической и аналитической геометрии. Относительно выбора направления на Мекку можно отметить, что на мировых рынках уже имеются в продаже сотовые телефоны, которые указывают направление на Мекку. Так, по материалам Радио «Свобода» [7], компания Icone Mobile Telecommunication, подразделение Samcom Electronics, выпускает сотовый телефон Icone i800, который показывает направление на Мекку, призывает к молитве и дает оповещение о времени молитвы для 5000 городов мира. При этом использование принципов выбора направления азимута на Мекку может быть использовано и в задачах военной навигации: необходима разработка алгоритма определения азимута относительно сторон горизонта на заданную географическую точку относительно (для) некоторой исходной географической точки без использования географических карт.

В основе алгоритма определения азимута лежит информация о географических координатах двух точек земной поверхности, которые в дальнейшем будут называться исходной точкой, или истоком, и точкой цели, или просто целью. Так, для военного подразделения такой географической точкой, соответствующей истоку, будет место позиционирования подразделения (место топографической привязки). Точкой цели будет являться конечная цель совершаемого маневра (марш-броска). Линию, являющуюся следом пересечения плоскости, проходящей через центр земного шара, точку цели и исходную точку с земной поверхностью в дальнейшем будем называть линией цели. Линия цели фактически является дугой на земной поверхности, которая проходит через цель и исходную точку. Именно угол между линией цели и линией, соответствующей направлению из исходной точки на другую базовую точку земной поверхности, например, на магнитный Северный полюс, которую в дальнейшем будем называть базовой линией, и будет являться искомым азимутом. Базовая линия является следом пересечения плоскости, проходящей через центр земного шара, базовую точку и исходную точку с земной поверхностью. По аналогии с линией цели базовая линия является дугой, проходящей через базовую точку и исходную точку.

Таким образом, для определения азимута необходимо определить географические координаты трех характерных точек земной поверхности: точки цели, исходной точки и базовой точки, в качестве которой, для примера, будем принимать магнитный Северный

полюс. Обычно принято считать, что координаты точки цели и координаты базовой точки известны, и основная задача сводится к определению географических координат исходной точки. Координаты исходной точки определить можно любым из известных методов: на основе использования географической карты; с помощью системы контроля местоположения объекта на земной поверхности на основе радионавигационных сигналов космических аппаратов [8–11]; на основе использования радиотехнических методов определения координат, примером реализации которых может быть патент Российской Федерации № 2018858 [10]. При этом нельзя утверждать, что для случая базовой точки в виде магнитного Северного полюса координаты ее известны и они совпадают с географическими координатами Северного полюса, поскольку магнитный Северный полюс дрейфует и в настоящий момент, например, находится в сотнях километрах от географического Северного полюса. Поэтому при определении базового направления необходимо искать координаты магнитного Северного полюса.

Из аналитической геометрии известно, что угол между пересекающимися линиями, лежащими в пересекающихся плоскостях, равен углу между этими плоскостями [11], поэтому для определения азимутального направления достаточно найти угол между двумя плоскостями, каждая из которых задана координатами трех соответствующих точек. Первая плоскость строится по исходной точке, по базовой точке (магнитному Северному полюсу) и точке, соответствующей центру земного шара. А вторая плоскость строится по исходной точке, по точке цели и по точке, соответствующей центру земного шара. Покажем это на упрощенном примере, когда магнитный Северный полюс совпадает с географическим Северным полюсом. Расчетная схема изображена на рис. 1. Цифрой 1 обозначена исходная точка (исток), координаты которой записываются с индексом “И”; цифрой 2 – точка цели, координаты которой записываются с индексом Ц; буквой N – магнитный Северный полюс (географический Северный полюс); буквой O – центр земного шара. Сами точки 1 и 2 в дальнейшем в тексте также будем, соответственно, обозначать буквами И и Ц.

Поскольку уравнение плоскости, построенной по трем точкам, обычно задают в декартовых координатах, на рис. 1 введена в рассмотрение декартова система координат, начало которой совпадает с центром земного шара, а одна из координатных плоскостей совпадает с плоскостью меридионального сечения, соответствующего меридиану Гринвича.

Тогда в декартовой системе координат координаты отмеченных выше четырех характерных точек могут быть записаны в следующем виде в соответствии с рис. 1:

$$O - (0; 0; 0); N - (0; 0; R);$$

$$Ц - (X_{ц}; Y_{ц}; Z_{ц}); И - (X_{и}; Y_{и}; Z_{и}),$$

где $R = OS$.

В соответствии со справочником [13] уравнение плоскости, проходящей через точки N , I , O , может быть записано следующим образом:

$$\begin{vmatrix} x - x_{\text{и}} & y - y_{\text{и}} & z - z_{\text{и}} \\ 0 - x_{\text{и}} & 0 - y_{\text{и}} & R - z_{\text{и}} \\ 0 - x_{\text{и}} & 0 - y_{\text{и}} & 0 - z_{\text{и}} \end{vmatrix} = 0. \quad (1)$$

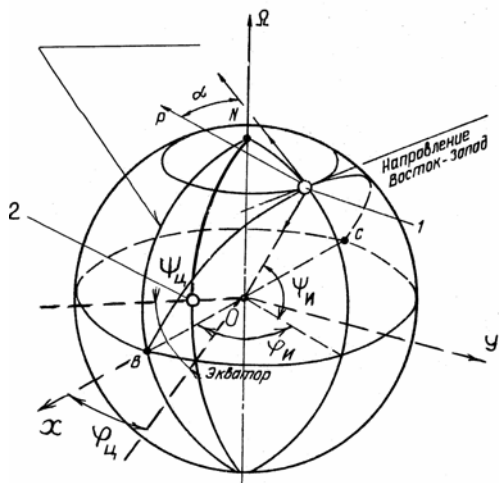


Рис. 1. Расчетная схема

После вычисления определителя (1) получим следующее уравнение:

$$x_{\text{и}} R - y_{\text{и}} R = 0. \quad (2)$$

Уравнение плоскости, проходящей через точки Π , I , O , по аналогии запишется в виде следующего уравнения:

$$\begin{vmatrix} x - x_{\text{ц}} & y - y_{\text{ц}} & z - z_{\text{ц}} \\ 0 - x_{\text{ц}} & 0 - y_{\text{ц}} & 0 - z_{\text{ц}} \\ x_{\text{и}} - x_{\text{ц}} & y_{\text{и}} - y_{\text{ц}} & z_{\text{и}} - z_{\text{ц}} \end{vmatrix} = 0. \quad (3)$$

Из (3) получим уравнение плоскости, проходящей через точки Π , I , O , в следующем окончательном виде:

$$x(z_{\text{и}} y_{\text{ц}} - z_{\text{ц}} y_{\text{и}}) - y(x_{\text{ц}} z_{\text{и}} - z_{\text{ц}} x_{\text{и}}) + z(x_{\text{ц}} y_{\text{и}} - y_{\text{ц}} x_{\text{и}}) = 0. \quad (4)$$

Для выражений (2) и (4) в соответствии с рис. 1 будем иметь:

$$\begin{aligned} x_{\text{и}} &= R_i \cos \varphi_i \cos \psi_i; \\ y_{\text{и}} &= R_i \cos \psi_i \sin \varphi_i; \\ z_{\text{и}} &= R_i \sin \psi_i, \end{aligned} \quad (5)$$

где i – индекс соответствующей точки на земной поверхности, а R_i соответствует расстояниям этих точек от центра земного шара.

Поскольку земной шар не является идеальной сферой, то в общем случае $R_i \neq R_j$. Именно по этой причине вершина Эвереста не является наиболее удаленной точкой от центра Земли. Однако в целях

упрощения расчетов и не теряя общности, можно принять земной шар за идеальный сфероид, любая точка на поверхности которого задается только двумя координатами – широтой и долготой. Тогда для точек, расположенных в первом квадранте, будем иметь именно ту расчетную схему, которая изображена на рис. 1.

С учетом сказанного выражения (2) и (4) можно переписать в следующем виде:

$$xA_1 + yB_1 + zC_1 = 0; \quad (6)$$

$$xA_2 + yB_2 = 0, \quad (7)$$

где

$$A_1 = \sin \psi_{\text{и}} (\cos \psi_{\text{ц}} \sin \varphi_{\text{ц}}) - \sin \psi_{\text{ц}} (\cos \psi_{\text{и}} \sin \varphi_{\text{и}});$$

$$B_1 = \sin \psi_{\text{ц}} \cos \varphi_{\text{и}} \cos \psi_{\text{и}} - \cos \varphi_{\text{ц}} \cos \psi_{\text{ц}} \sin \psi_{\text{и}};$$

$$C_1 = \cos \varphi_{\text{ц}} \cos \psi_{\text{ц}} \cos \psi_{\text{и}} \sin \varphi_{\text{и}} - \cos \psi_{\text{ц}} \sin \varphi_{\text{ц}} \cos \varphi_{\text{и}} \cos \psi_{\text{и}};$$

$$A_2 = -\sin \varphi_{\text{и}}; \quad B_2 = \cos \varphi_{\text{и}}.$$

Тогда в соответствии с [13] угол между плоскостями, заданными уравнениями (6) и (7), определим по формуле

$$\beta = \arccos \frac{A_1 A_2 + B_1 B_2}{\sqrt{A_1^2 + B_1^2 + C_1^2} \sqrt{A_2^2 + B_2^2}}. \quad (8)$$

Именно формула (8) позволяет определить азимут на направление цели по отношению направления на Северный полюс. В последнем выражении (8) под углами φ_i, ψ_i подразумевается, соответственно, широта и долгота соответствующих точек на поверхности земного шара. При этом если какая-то точка находится в западном полушарии, то в соответствии с рис. 1 соответствующие углы необходимо брать со знаком «минус». Аналогично следует поступать для точек, которые находятся в южном полушарии. Более того, формула (8) может быть использована для определения угла между плоскостями (азимута направления), заданных выражениями (2) и (1), когда учитываются величины отстояния соответствующих точек плоскостей от центра Земли.

В общем случае, когда магнитный Северный полюс не совпадает с географическим Северным полюсом, схема образования угла β показана на рис. 2. При этом на обоих рисунках индексом p обозначено направление на некоторый базисный объект, например, магнитный Северный полюс, а буквой α – угол между этим базисным направлением и направлением на географический Северный полюс.

С другой стороны, исходя из допущения об идеальной сферичности земного шара, используя основы так называемой сферической тригонометрии, формулу вычисления азимута направления можно записать в более компактной форме [13]. Действительно, такие характерные точки на сферической поверхности, как географический Северный полюс,

точка цели и исходная точка образуют сферический треугольник, изображенный на рис. 3.

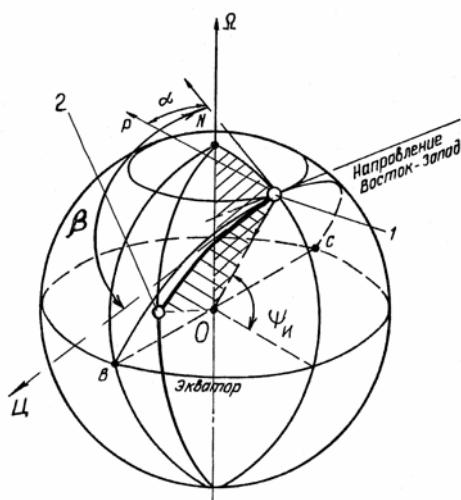


Рис. 2. Расчетная схема для случая несовпадения географического и магнитного полюсов

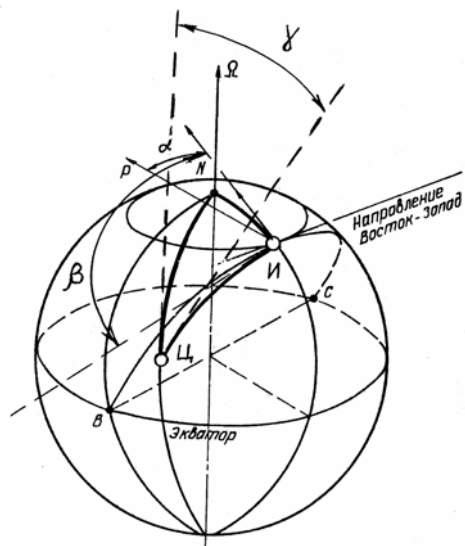


Рис. 3. К выбору сферического треугольника

Исходя из угловых сферических координат вершин треугольника Ц, N, И для него мы будем знать угол γ и величины сторон a и b , выраженные через соответствующие угловые координаты вершин самого треугольника. Так, если принять, что все вершины сферического треугольника Ц, N, И на рис. 3 лежат в первом квадранте декартовой системы координат, то для него в соответствии с рис. 1 и 2 будем иметь:

$$\gamma = \varphi_{И} - \varphi_{Ц}; \quad (9)$$

$$a = \frac{\pi}{2} - \psi_{И} = 90^\circ - \psi_{И}; \quad (10)$$

$$b = 90^\circ - \psi_{Ц} = \frac{\pi}{2} - \psi_{Ц}, \quad (11)$$

где a – дуга NI; b – дуга NC.

Тогда в соответствии с рис. 3 угол β и будет искомым азимутом направления.

Исходя из того, что для рассматриваемого сферического треугольника заданы две стороны a , b и угол γ , используя известные соотношения для сферических треугольников, в соответствии с [13] будем иметь:

$$\cos c = \cos a \cos b + \sin a \sin b \cos \gamma; \quad (12)$$

$$\cos \varepsilon = \frac{\cos b - \cos b \cos c}{\sin b \sin c}; \quad (13)$$

$$\cos \beta = \frac{\cos b - \cos a \cos c}{\sin a \sin c}. \quad (14)$$

Из системы уравнений (12)–(14) для угла β , который является искомым азимутом, с учетом (9)–(11), получим:

$$\cos \beta = \frac{\sin \psi_{Ц} - \sin \psi_{И} [\sin \psi_{И} \sin \psi_{Ц} + \cos \psi_{Ц} \cos \psi_{И} \cos(\varphi_{И} - \varphi_{Ц})]}{\cos \psi_{И} \sqrt{1 - [\sin \psi_{И} \sin \psi_{Ц} + \cos \psi_{И} \cos \psi_{Ц} \cos(\varphi_{И} - \varphi_{Ц})]^2}}. \quad (15)$$

Формула (15) и является конечной зависимостью для определения искомого азимута. При этом если определять азимут относительно точек, не принадлежащих первому квадранту (см. рис. 1), необходимо учитывать отмеченные выше особенности расположения точек в тех или иных полушариях земного сфероида. Таким образом, формулы (8) и (15) показывают, что по географическим координатам трех характерных точек на земной поверхности, а именно по исходной точке, по базовой точке и точке цели можно определить азимутальный угол как угол между базовым направлением и направлением цели. Формулы (8) и (15) легко могут быть уточнены для случая, когда магнитный Северный полюс не совпадает с географическим Северным полюсом, для этого достаточно найти в соответствии с уравнением (8) или (15) азимутальный угол α , соответствующий отклонению направления на магнитный Северный полюс от направления на географический Северный полюс.

Угол α может быть определен либо по формуле (8), либо по формуле (15), в которых координатами точки цели являются географические координаты Северного магнитного полюса. Тогда азимутальное направление на точку цели относительно направления на магнитный Северный полюс будет равно разности между углом β и углом α .

Тогда для определения азимута для некоторой исходной точки на поверхности земного геоида относительно направления на магнитный Северный полюс необходимо: определить географические координаты самой исходной точки (исток); координаты точки цели, соответствующей азимутальному направлению; определить географические координаты базовой точки (координаты магнитного Северного полюса). Следующим этапом является, используя законы аналитической геометрии, определение угла

отклонения в исходной точке направления на магнитный Северный полюс от направления на географический Северный полюс. Далее определяется угол отклонения в исходной точке направления линии цели от направления на географический Северный полюс. Разность этих двух углов дает угол отклонения направления на цель от направления на магнитный Северный полюс.

Вычисленный указанным выше способом азимут должен быть тем или иным способом интерпретирован для практического решения поставленной задачи. Наиболее просто и наглядно индикацию азимута проводить в проекции на касательную плоскость к поверхности земного геоида в исходной точке (источке), причем на такой касательной плоскости должна быть нанесена круговая шкала, разделенная на 360° с указанием сторон горизонта (*N, S, T, W*). При определении азимута стороны горизонта на шкале должны быть совмещены с действительными направлениями на стороны горизонта. Такая шкала, которая называется кругом, имеется у любого компаса. Но, как правило, такая шкала имеет незначительные размеры, и выбор по этой шкале азимутального угла будет производиться с большой погрешностью. Более точным способом фиксации азимутального направления будет его фиксация непосредственно на земной поверхности. Для этого из исходной точки в направлении магнитного Северного полюса откладывается прямой отрезок длиной L , конец которого фиксируется. Начало этого отрезка, как говорилось выше, обозначим буквой И, а его конец – буквой К. Далее из точки И чертится на отгоризонтированном ровном участке земной поверхности дуга окружности радиусом R , а из точки К чертится на земной поверхности дуга окружности радиусом r , причем размеры радиусом определяются выражениями

$$R = L \cos(\beta - \alpha), \quad (16)$$

$$r = L \sin(\beta - \alpha), \quad (17)$$

где L – расстояние между точками И и К на земной поверхности; β – угол между направлением на точку цели и направлением на географический Северный полюс; α – угол между направлением на магнитный Северный полюс и географический Северный полюс.

В результате построения вышеназванных двух дуг окружностей получим две точки их пересечения, одна из которых будет слева от направления на магнитный Северный полюс, а вторая – справа от этого направления. Эти точки, соответственно, обозначим буквами В и З. В зависимости от того, восточнее или западнее от меридиана исходной точки находится точка цели, выбирается точка пересечения окружностей, соответственно, В или З. Через эту выбранную точку и исходную точку проводят прямую линию, которая и будет являться искомым азимутальным направлением.

Таким образом, изложенный способ определения азимута (азимутального направления) состоит в определении любыми известными методами или способами географических координат трех точек земной

поверхности, одна из которых является исходной точкой, другая точка, называемая базовой точкой соответствует географическим координатам магнитного Северного полюса, а третья точка соответствует географическому объекту, на который и определяется азимут. Предварительно, исходя из географических координат трех вышеназванных точек, определяется угол α отклонения направления из исходной точки на магнитный Северный полюс от направления из исходной точки на географический Северный полюс, а далее определяется угол β отклонения направления из исходной точки на точку цели от направления из исходной точки на географический Северный полюс. Азимут равен разности этих двух углов, причем координаты географического Северного полюса известны, а фиксация найденного азимутального направления проводится на отгоризонтированном участке ровной земной поверхности как прямая линия, проведенная из исходной точки через точку, являющуюся пересечением двух окружностей, проведенных из исходной точки и точки на направлении на магнитный Северный полюс и отстоящей на некотором расстоянии от исходной точки, причем радиус окружности, построенной из исходной точки, равен этому расстоянию, умноженному на косинус угла азимута, а радиус другой окружности равен этому расстоянию, умноженному на синус угла азимута, причем если точка цели лежит восточнее исходной точки, то для определения направления азимута берется точка пересечения окружностей, которая образуется справа от направления на магнитный Северный полюс, а если западнее исходной точки, то слева от направления на магнитный Северный полюс.

Изложенный способ определения азимутального направления может быть реализован в устройстве для определения азимута, которое должно состоять из следующих блоков или систем.

- 1 – система ориентирования на базовое направление, в качестве которого лучше всего принять направление на Северный магнитный полюс;
- 2 – система ввода координат точки – цели, то есть координат объекта, на который и определяется направление (азимут);
- 3 – система определения и ввода координат исходной точки, относительно которой (для которой) и определяется азимут;
- 4 – система ввода координат базовой точки – Северного магнитного полюса;
- 5 – система вычисления (процессор) искомого угла азимута.
- 6 – система индикации найденного (вычисленного) направления.

При реализации описанного выше способа определения азимута в тех или иных устройствах, указанные системы могут быть либо частично объединены друг с другом в своеобразные блоки, либо вообще отсутствовать. Например, при известном (рассчитанном) угле азимута его направление можно определить с помощью обыкновенного простейшего компаса с круговой шкалой, когда соответствующие

метки компаса (север – юг) совмещены с направлением магнитной стрелки. Однако выше отмечалось, что при этом возможны большие погрешности определения азимутального направления.

Изложенная выше структура устройства для выбора азимутального направления была апробирована при изготовлении пилотного образца молитвенного



коврика мусульманина, выполненного в соответствии с патентом РФ на изобретение № 2506604 [14], фотографии которого приведена на рис. 4. В коврик встроены все основные системы, необходимые для определения соответствующего азимута, причем географические координаты самой Мекки «вшиты» в процессор устройства.



Рис. 4. Фотография корпуса узла выбора направления на Мекку (слева) и фотография молитвенного коврика мусульманина с узлом выбора направления на Мекку

Тестирование молитвенного коврика мусульманина показало полное соответствие выбираемого с помощью узла выбора направления на Мекку положения коврика действительному направлению на этот географический объект, что задается с высокой точностью при строительстве любой мечети. Тем самым реализованный в молитвенном коврике мусульманина алгоритм выбора азимута, в данном случае на Мекку, может быть реализован успешно и на другие географические объекты, в том числе и в условиях Арктики.

Библиографические ссылки

1. Путин поручил Шойгу сформировать арктические войска. – URL: www.bbc.co.uk/russian/russia/2013/12/131210_putin_shoigu_arctic.shtml

2. *Иваньков П. А., Захаров Г. В.* Местность и ее влияние на боевые действия войск. – М.: Воениздат, 1969. – 208 с.

3. А. с. СССР № 1398607, кл. G 01 S 1/44. Комплексная радионавигационная система измерения азимута летательного аппарата относительно радиомаяка. Оpubл. 30.09.92. Бюл. № 36.

4. А. с. СССР № 1181398, G 01 S 1/44. Система измерения азимута летательного аппарата относительно радиомаяка. Оpubл. 30.09.92. Бюл. № 36.

5. Устройство определения азимута по а. с. СССР № 1097069. А. с. СССР № 1190747, G 01 S 1/54. Оpubл. 15.06.93. Бюл. № 22.

6. А. с. СССР № 1097069, G 01 S 1/54. 1982. Способ определения азимута и устройство для его осуществления.

7. Svobodanews.ru. – 3 мая 2009 г.

8. Патент Российской Федерации № 2022294, G 01 S 5/00. Способ определения курсового угла и координат местоположения объектов по радионавигационным сигналам космических аппаратов. Оpubл. 30.10.94. Бюл. № 20.

9. А. с. СССР № 1753833, G 01 S 1/30. Бортовой комплекс спутниковой навигации. Оpubл. 15.06.94. Бюл. № 11.

10. А. с. СССР № 1669276, G 01 S 1/30. Навигационная система. Оpubл. 15.04.93. Бюл. № 14.

11. Патент Российской Федерации № 2014628, G 01 S 1/24. Система контроля местоположения транспортных средств. Оpubл. 15.06.94. Бюл. № 11.

12. Патент Российской Федерации № 2018858, G 01 S 5/12. Способ определения местоположения подвижного объекта. Оpubл. 30.08.94. Бюл. № 16.

13. *Бронштейн И. Н., Семендяев К. А.* Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. – 13-е изд., испр. – М.: Наука, 1986. – 544 с.

14. Патент РФ на изобретение № 2506604. Коврик для молитвы мусульманина / Н. П. Кузнецов, Б. Г. Ахмадуллин. МПК G01S 1/54; G01C 1/02; A47G 27/00. Оpubл. 10 февраля 2014. Бюл. № 4.

N. P. Kuznetsov, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

A. V. Volokhin, Applicant, ООО “Stroyemproekt” Ltd., Izhevsk

I. V. Grakovich, Applicant, “Multinet” group company, Moscow

Features of Navigation Support of Arctic Troops Ground Units

A method for determining the azimuthally direction and location of individual military units in Arctic regions is proposed.

Keywords: arctic troops, navigation in the Arctic, azimuthally direction, Global Positioning System

Получено 14.04.2014