

УДК 527

ББК 39.471.4

M268

С. И. Марков

Новосибирск, Россия

СЕТКА ИЗОЛИНИЙ РАЗНОСТИ ВЫСОТ И РАЗНОСТИ АЗИМУТОВ ДВУХ СВЕТИЛ В ЗАДАННОМ ДОЛГОТНОМ ДИАПАЗОНЕ

Производится расчет и построение изолиний разности высот и разности азимутов двух светил. Определяется характер взаимного пересечения изолиний разности высот и азимутов, а также величины градиентов этих навигационных параметров. Анализируются условия для получения удовлетворительных и неудовлетворительных обсерваций

Ключевые слова: изолинии, разность высот, разность азимутов, градиент.

S. I. Markov

Novosibirsk, Russia

Scientific advisor: d.t.s., professor Sichkarev V.I

Navigation Department, Siberian State Water Transport University (Novosibirsk)

ISOLINES ALTITUDE DIFFERENCE AND AZIMUTH DIFFERENCE GRID OF TWO LUMINARIES IN THE GIVEN LONGITUDINAL RANGE

The article deals with the calculation and construction of isolines of altitude difference and azimuth of two luminaries. It determines the nature of crossing of isolines of altitude difference and azimuth and value gradient of these navigation parameters. It analyzes the conditions of satisfactory and unsatisfactory observation.

Keywords: Isolines, altitude of difference, azimuth of difference, gradient.

В современном судовождении мореходная астрономия в ординарных условиях решает только одну из двух своих главных задач – задачу определения поправки компасов. Но в неординарных условиях (аварийное состояние судна, отказ электропитания, отказы спутниковой навигационной системы) более важной становится задача определения места судна. Секстан традиционного исполнения позволяет решать эту задачу путем измерения высот светил с последующим расчётом элементов высотных линий положения, точки пересечения которых определяют место судна на карте. Однако для измерения высот светил нужна не только хорошая видимость светил, но и хорошая видимость горизонта.

Для того чтобы избавиться от необходимости измерения высот над видимым горизонтом, разработаны секстаны с искусственным горизонтом, функцию которого выполняет гироскоп. Но при этом секстан теряет автономность, что ликвидирует одно из главнейших его преимуществ.

Разработать секстан, сохраняющий автономность (не требующий источников питания) и способный измерять высоты светил над видимым горизонтом (аналогично традиционному секстану), но добавляющий к этим возможностям и возможность измерять разности высот и разности азимутов двух светил, удалось на основе изобретения [Сичкарёв, 2014, с. 2], дополняющего традиционный секстан ещё одной степенью свободы. Эта дополнительная степень свободы создаёт возможность поворота большого зеркала относительно оси, лежащей параллельно плоскости рамы секстана. При этом появляется возможность измерять разность высот двух светил и разность азимутов этих же светил, не прибегая к измерению высот и не нуждаясь в измерении азимутов (то есть, нет надобности знать направление меридиана наблюдателя и видеть горизонт). При этом для определения места судна нужно пользоваться либо изолиниями разности высот и разности азимутов этих светил, либо их линиями положения. Необходимо также и совершенствовать метод планирования обсервации.

Важная роль при планировании обсервации отводится характеру взаимного пересечения изолиний разности высот (РВ) и разности азимутов (РА), а также

градиенту этих навигационных параметров. В оптимальной обсервации угол пересечения изолиний должен быть 90° , а градиенты максимально большими. Для того чтобы наглядно видеть характер взаимного пересечения изолиний РВ и РА, используется метод построения сеток изолиний. Если построить сетки изолиний на поле, охватывающем определённый пояс Земли, то это позволит выявить те зоны пояса, в которых условия для обсервации оптимальны или приемлемы по точности, а также, наоборот, определить зоны, в которых хорошая обсервация невозможна и определить, при каком расположении светил это происходит. Построение сетки изолиний в поясе можно вести, невзирая на реальную видимость светил из-за суточных явлений освещённости, поскольку важно выяснить только взаимное расположение светил и наблюдателя.

В [Сичкарёв, 2015, с. 109–114] в качестве анализируемых светил выбраны α и η Большой Медведицы, созвездия, незаходящего в северных широтах выше 43° . Для анализа изолиний РВ и РА этих светил выбран земной широтный пояс $\varphi = 45 - 75^\circ N$, время расположения светил $T_{гр} = 15.00:00$ на дату 15 декабря 2014 г. На этот момент гринвичский часовой угол точки Овна $t_{гр}^\gamma = 309^\circ 11', 42$, а эфемериды звёзд:

$$\alpha \text{ Большой Медведицы } \delta_\alpha = 61^\circ 39', 52N; \tau_\alpha = 193^\circ 50', 43;$$

$$\eta \text{ Большой Медведицы } \delta_\eta = 49^\circ 14', 04N; \tau_\eta = 152^\circ 58', 44.$$

С учетом положения точки Овна гринвичские часовые углы светил:

$$t_{гр}^{\alpha BM} = t_{гр}^\gamma + \tau_\alpha = 143^\circ 02', 25W;$$

$$t_{гр}^{\eta BM} = t_{гр}^\gamma + \tau_\eta = 102^\circ 10', 26W.$$

Таким образом, координаты φ , λ места светил на поверхности Земли на указанный момент времени:

$$\alpha \text{ БМ } \varphi = \delta_\alpha = 61^\circ 39', 52N; \lambda = t_{гр}^\alpha = 143^\circ 02', 25W;$$

$$\eta \text{ БМ } \varphi = \delta_\eta = 49^\circ 14', 04N; \lambda = t_{гр}^\eta = 102^\circ 10', 26W;$$

В [Сичкарёв, 2015, с. 109–114] построены сетки изолиний РВ и РА для долготных диапазонов $\lambda = 100^\circ \div 140^\circ W$ и $\lambda = 80^\circ \div 160^\circ E$ в выбранном широтном поясе и сделаны соответствующие выводы.

Представляется необходимым продолжить начатую в [Сичкарёв, 2015, с. 109–114] работу по завершению построения сетки изолиний РВ и РА на весь оставшийся долготный диапазон выбранного широтного пояса для получения полной картины взаимного пересечения семейств изолиний РВ и РА.

Работа по построению семейств изолиний ведется по следующей технологии. С помощью электронного альманаха вычисляются высоты и азимуты светил α и η Большой Медведицы в углах координатной сетки (в данной работе $\varphi=45^\circ\text{--}75^\circ\text{N}$ с шагом 5° ; λ – в оставшемся диапазоне с шагом 10°); вычисляется разность высот и разность азимутов светил в узлах координатной сетки; выполняется построение вспомогательных графиков $\Delta h(\varphi, \lambda = \text{const})$, $\Delta A(\varphi, \lambda = \text{const})$, *рис. 1, 2*; из вспомогательных графиков делается выборка $\Delta h = \text{const}(\varphi, \lambda)$; $\Delta A = \text{const}(\varphi, \lambda)$, по которой выполняется построение сеток семейств изолиний Δh , ΔA , *рис. 3*. При этом *рис. 3* представлен в координатной сетке, соответствующей меркаторской проекции, для сохранения свойства равноугольности λ .

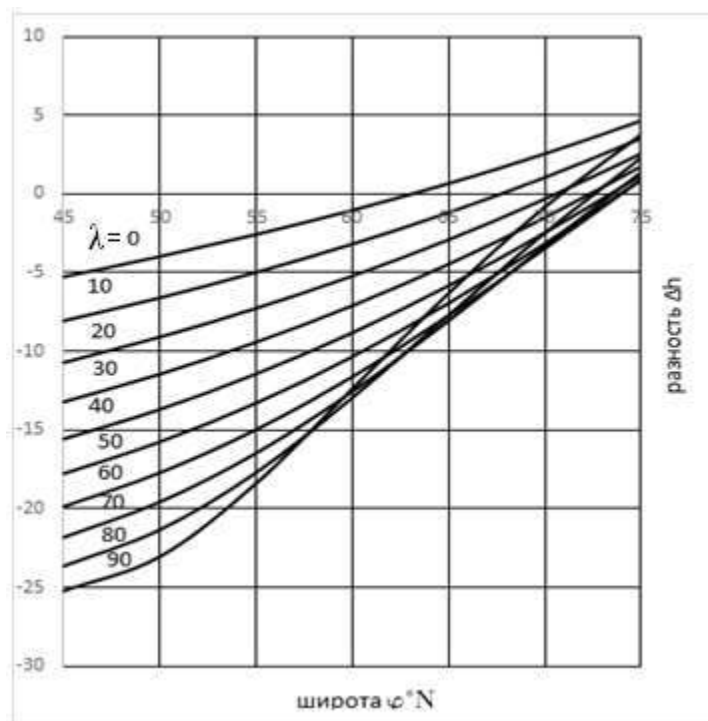


Рис. 1. Вспомогательный график функции $\Delta h(\varphi, \lambda_i)$ для западных долгот $\lambda = 0^\circ - 90^\circ W$

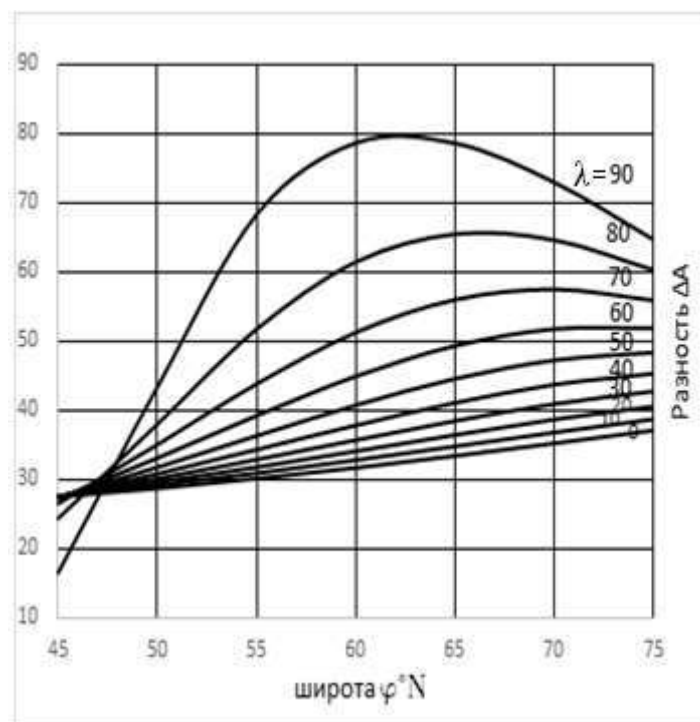


Рис. 2. Вспомогательный график функции $\Delta A(\varphi, \lambda_i)$ для западных долгот $\lambda = 0^\circ - 90^\circ W$

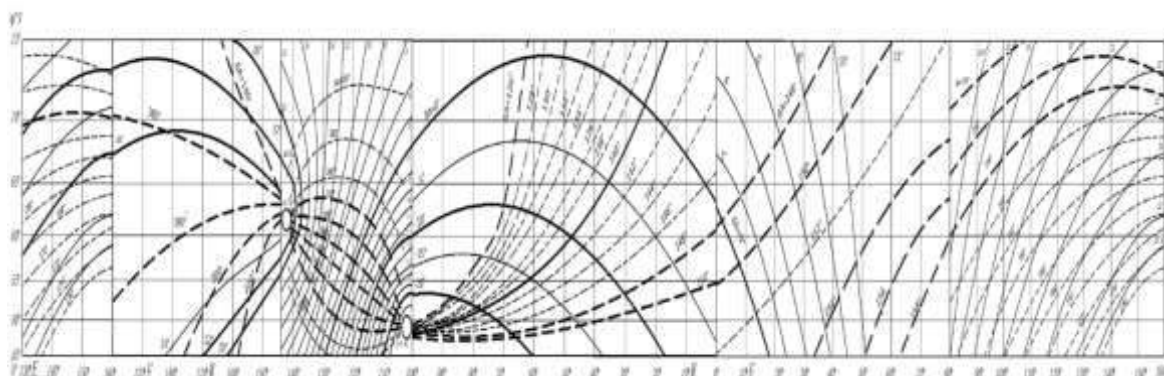


Рис. 3. Семейства изолиний $\Delta h(\varphi, \lambda_i)$ $\Delta A(\varphi, \lambda)$ светил α и η Б. Медведицы в кольцевом долготном поясе

Анализ семейств изолиний РВ и РА, построенных в настоящей работе и состыкованных на рис. 3 с долготным диапазоном, рассмотренным в [Сичкарёв, 2015, с. 109–114], показывает полное совпадение тенденций семейств РВ и РА. В табл. 1 представлены результаты анализа рис. 3 в отношении углов пересечения θ семейств изолиний РА и РВ, а также градиентов навигационных параметров РВ и РА.

Градиенты изолиний РВ и РА рассчитывались по формулам:

$$\text{grad}_{\varphi} \Delta h = \frac{\Delta \Delta h}{\Delta \varphi};$$

$$\text{grad}_{\varphi} \Delta A = \frac{\Delta \Delta A}{\Delta \varphi}.$$

Результаты расчетов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Градиенты разности высот и разности азимутов. Угол пересечения изолиний

Широта $\varphi^{\circ}N$	Долгота λ													
	160°W			120°W			80°W			40°W				
	Δh	ΔA	θ°	Δh	ΔA	θ°	Δh	ΔA	θ°	Δh	ΔA	θ°		
45°	0,47	1,25	36	0,80	5,0	63	-	-	-	0,33	-	-		
55°	0,40		30	0,90	8,0	80	0,83	3,30	43	0,50	0,66	45		
65°	-	4,44	-	1,00	7,1	74	1,10	-	-	0,70	0,66	60		
75°	0,53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,66	65		
Долгота λ														
0°			40°E			80°E			120°E			160°E		
Δh	ΔA	θ°	Δh	ΔA	θ°	Δh	ΔA	θ°	Δh	ΔA	θ°	Δh	ΔA	θ°
0,24	-	-	0,08	0,13	65	0,07	0,20	20	0,08	0,30	15	-	-	-
0,33	0,33	50	0,20		65		0,26	35	0,12	0,44	18	-	0,66	5
0,33	0,36	65	0,28	0,11	80	-	0,33	40	0,22	0,57	25	0,18	1,00	18
-	0,43	75	0,28		60	-	-	-	-	0,8	25	-	-	20

Выполненный анализ позволяет сделать следующие выводы. Чем больше $|\Delta h|$, тем заметней углы пересечения θ семейств изолиний отличаются от прямого. Следовательно, лучшие обсервации будут получаться при $\Delta h \rightarrow 0$. Углы $\theta \rightarrow 0$ при $\Delta A \rightarrow 0$ и, наоборот, $\theta \rightarrow 90^{\circ}$ при $\Delta A \rightarrow 180^{\circ}$. Соответственно этим условиям изменяются и величины градиентов навигационных параметров: они большие при $\Delta h \rightarrow 0$ и $\Delta A \rightarrow 180^{\circ}$, и небольшие при $\Delta A \rightarrow 0$ и больших Δh .

Следовательно, лучшие обсервации будут получаться при разности высот светил $\Delta h \rightarrow 0$ и при разности азимутов $\Delta A \rightarrow 180^{\circ}$. Худшие обсервации будут получаться при $\Delta A \rightarrow 0$ и больших значениях Δh .

Библиографический список

1. *Сичкарёв В. И.* Секстан: патент на изобретение РФ № 2523100 от 22.05.2014, МПК G01C 1/08 от 28.02.2013.
2. *Сичкарёв В. И.* Изолинии астронавигационных параметров разность высот и разность азимутов двух светил // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2015. № 2. С. 109–114.