1) Каждая точка кеограммы показывает фон неба в определенный момент времени. Днём светит Солнце, и на кеограмме мы видим засвеченные области. Ночью фон неба меньше того, что может зафиксировать камера, поэтому участки, соответствующие ночи (вблизи 0ʰ по гражданскому времени), не засвечены.

2) Но периодически на небе появляется Луна, и фон неба повышается. На ~~кеограмме~~ кеограмме это проявляется в виде светлых полос, расстояние между центрами которых равно синодическому месяцу ($S = 29{,}5^d$)

3) Теперь объясним, почему полосы наклонные. Со снимка вырезается узкая полоска вдоль небесного меридиана. Наибольший фон неба вдоль меридиана окажется в момент пересечения Луной этого меридиана (вследствие градиента засветки).

см. сл. лист →

Из-за движения Луны по эклиптике её прямое восхождение постоянно увеличивается. Поэтому с каждым днём Луна кульминирует (проходит через небесный меридиан) в более поздний момент времени (например, в первый день в 23^h30^m по местному времени, и через сутки в 0^h20^m). Получается, что центр светлой полосы справа должен быть наклонён вниз, что мы и наблюдаем.

4) Отметим, что на кеограмме присутствуют более тусклые полосы. Скорее всего, они вызваны облаками, отражающими излучение с поверхности (например, свет фонарей).

5) Обозначим освещенность, при которой резко падает чувствительность камеры, за $E_{min} = 0{,}03$ лк. Тогда $\lg E_{min} \approx \lg \frac{1}{33} = -\lg 33 =$
$= -\lg(10 \cdot 3{,}3) = -\lg 10 - \lg 3{,}3 = -\frac{3}{2}$.

На графике $\lg E(z)$ это соответствует $z = 101°$.

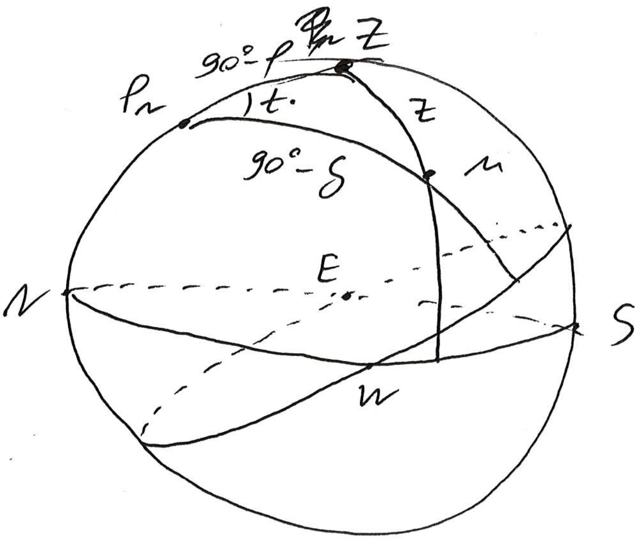
см. сл. лист →

Значит, граница между засвеченной и незасвеченной областью соответствует зенитному расстоянию Солнца $z_0 = 101°$.

б) Будем находить широту места наблюдения. Рассмотрим на нектограмме полосу, соответствующую 22 декабря (зимнее солнцестояние).

Границы освещенной и неосвещенной областей соответствуют моментам времени $T_1 = 17^h30^m$ и $T_2 = 7^h35^m$. Моменты прохождения Солнца через один и тот же альмукантарат симметричны относительно прохождения небесного меридиана. Поэтому часовой угол Солнца в момент захода равен $t_0 =$

$$= 12^h - \frac{24^h - (T_1 - T_2)}{2} = 4^h58^m = 74{,}5°$$



По сфер. т. косинусов

$$\cos z = \sin\varphi\cdot\sin\delta + \cos\varphi\cdot\cos\delta\cdot\cos t.$$

см. сл. лист →

22 декабря склонение Солнца равно $\delta_0 = -23{,}5°$.

Тогда $\cos z_0 = \sin\varphi \cdot \sin\delta_0 + \cos\varphi \cdot \cos\delta_0 \cdot \cos t_0$.

Решим уравнение методом вспомогат-го угла.

Пусть $a = \sin\delta_0$; $b = \cos\delta_0 \cdot \cos t_0$; $c = \cos z_0$

Тогда $\sin\varphi \cdot \frac{a}{\sqrt{a^2+b^2}} + \cos\varphi \cdot \frac{b}{\sqrt{a^2+b^2}} = \frac{c}{\sqrt{a^2+b^2}}$

Пусть $\cos\Theta = \frac{a}{\sqrt{a^2+b^2}} \Rightarrow \sin\varphi \cdot \cos\Theta + \cos\varphi \cdot \sin\Theta = \frac{c}{\sqrt{a^2+b^2}}$

$$\sin(\varphi+\Theta) = \frac{c}{\sqrt{a^2+b^2}}.$$

Тригонометрические функции углов будем определять по окружности (см. лист 5).

Дальше везде будут указываться модули координат точек.

$y_1 = 40{,}5$ мм $\Rightarrow a = -0{,}405$; $x_1 = 91{,}5$ мм, $x_2 = 27{,}5$ мм $\Rightarrow$

$\Rightarrow b = 0{,}915 \cdot 0{,}275 = 0{,}248$; $x_3 = 79{,}5$ мм $\Rightarrow c = 0{,}795$

$$\cos\Theta = \frac{-0{,}405}{\sqrt{(0{,}405)^2 + (0{,}248)^2}} = \frac{-0{,}405}{\sqrt{0{,}164 + 0{,}062}} = \frac{-0{,}405}{0{,}47} =$$

$= -0{,}862 \Rightarrow x_4 = 86{,}2$ мм $\Rightarrow \Theta = 37°$

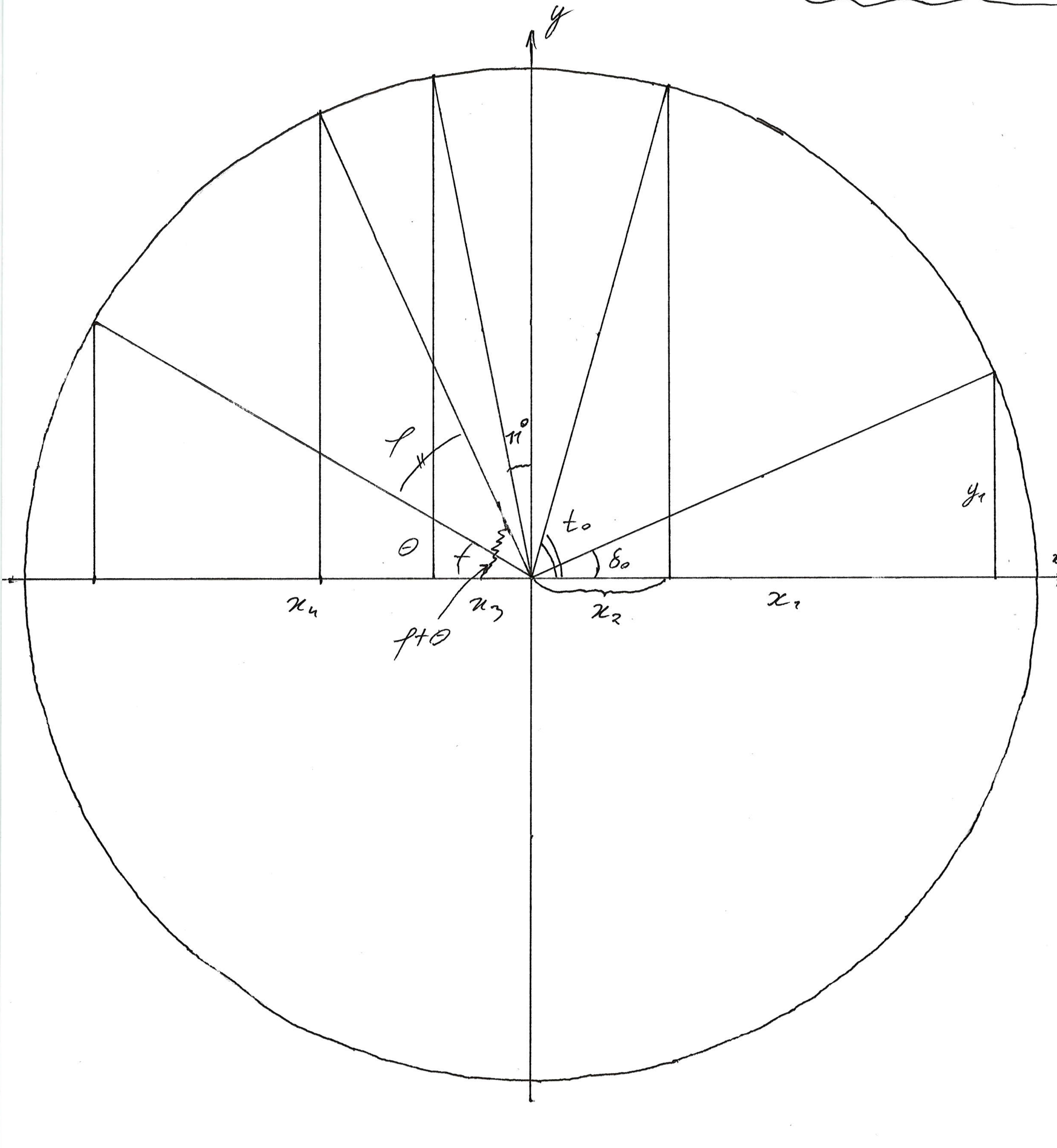
$\sin(\varphi+\Theta) = \frac{c}{\sqrt{a^2+b^2}} = \frac{0{,}795}{0{,}47} = 0{,}415 \Rightarrow x_5 = 41{,}5$ мм $\Rightarrow$

см. ~~[illegible]~~ листок 6

R = 100 мм

л. 5 из 6

167



$\sin(\varphi+\Theta) = 0{,}415 \Rightarrow \cancel{\ldots} = -1 + \Theta = 65{,}5^\circ$ } л. 6 из 6

167

$\Rightarrow \varphi = 34{,}5^\circ$.

7) Пусть Солнце должно оказаться на $z = 101^\circ$ в момент, когда его часовой угол равен $t_\odot$ (его пр. восхожд. обозначим за $\alpha_\odot$)

Тогда $T_{\cancel{...}} = t_\odot + 12^h$ - местное солнеч. время

$T_{ср} = \eta + T_{ист}$, где η - ур-ие времени

$T_{гражд} = T_{ср} - \lambda + n$ - гражданское время (n - номер часового пояса, λ - долгота).

Отсюда $T_{гражд} = \eta + t_\odot + 12^h - \lambda + n = \eta + const$.

Ассиметрия возникает именно из-за уравнения времени.

8) Для определения долготы пункта снова рассмотрим полосу 22 декабря. Солнце оказалось на $z = 101^\circ$ в момент $T_{гр\downarrow} = 17^h 30^m$. Но продолжительность ночи составила $\dfrac{24^h - (T_1 - T_2)}{\cancel{2}} = 2 \cdot 7^h 2^m$.

То есть $T_{ср\downarrow} = 24^h - 7^h 2^m = 16^h 58^m$.

Тогда $\lambda = T_{ср} - T_{гражд} + n = 23^\circ$ в.д.

Ответ: $\varphi = 34{,}5^\circ$; $\lambda = 23^\circ$ в.д.