

УДК 520.246

**О внезатменных коронографах с внешним экранированием****А. В. Ленский**

Сделана теоретическая оценка интенсивности дифрагированного света солнца в первичной фокальной плоскости коронографа, снабженного сплошным внешним затмевающим экраном с прорезью особой формы и расположения (сканирующей диафрагмой), открывающей радиальный участок солнечной короны. Показано, что применение подобной высокоэффективной внешней затмевающей системы позволяет отказаться от схемы Лью.

*ON THE OUT-OF-ECLIPSE EXTERNALLY OCCULTED CORONAGRAPHS*, by Len-skiy A. V.—The diffracted solar light intensity is theoretically estimated for the primary focal plane of the coronagraph externally occulted by the entire screen with a specially arranged peculiar opening (scanning aperture) that views a radial region of the solar corona. It is shown that the use of similar high-efficient external occulter allows rejecting the Lyot scheme.

Внезатменные коронографы с внешним экранированием (см., например, [8, 9, 12, 13, 16, 17, 20]) строятся по схеме Лью. Внешняя затмевающая система предохраняет переднюю линзу коронографа от освещения прямыми солнечными лучами, уменьшая тем самым количество вредного света, рассеиваемого этой линзой. Схема же Лью позволяет получить действительные изображения краев экранов и диафрагм, на которых дифрагирует солнечный свет, и затем перекрыть эти изображения, снижая до приемлемого уровня дифракционную засветку.

Чем выше эффективность внешней затмевающей системы, тем менее жесткими становятся требования к выбору материала и качеству полировки передней линзы. В частности, уже сейчас, по-видимому, она могла бы быть не одиночной, а двойной и, следовательно, лучше скорригированной в отношении аберраций. Ясно также, что по достижении некоей весьма высокой степени совершенства внешних затмевающих систем отпала бы необходимость и в самой схеме Лью, т. е. в дополнительной оптической системе, перебрасывающей изображение короны, создаваемое главным объективом. Каковы в этом направлении перспективы? Ответу на данный вопрос и посвящена настоящая работа.

На рис. 1 представлена оптическая схема коронографа Лью с внешним экранированием.  $AB$  — либо одиночный затмевающий экран, либо последний из нескольких. Контур  $AB$  является тем единственным вторичным источником, который посылает вредный свет непосредственно к входному отверстию коронографа  $CD$ . В произвольную точку поля зрения  $F$ , соответствующую полевому углу  $i'$ , этот свет может попасть несколькими различными путями.

Во-первых, в точке  $F$  линзой главного объектива  $L_1$  собирается вырезаемая отверстием  $CD$  часть цилиндрического пучка лучей, дифрагированных контуром экрана  $AB$  в направлении  $i'$ . В плоскости рисунка лежит один из таких лучей  $AEFIPF'$ . Эта часть вредного света практически полностью устраняется заслонкой  $A'B'$ , перекрывающей изображение экрана  $AB$ , формируемое объективом  $L_1$ . Так устроены, например, приборы [8, 9, 13, 16, 17]. Аналогично это сделано в оптической системе коронографа [12] с той, однако, разницей, что линза  $L_2$  устанавливалась в фокальной плоскости  $F$  и принимала участие в построении изображения экрана  $AB$ .

Во-вторых, в точку  $F$  попадает свет, дифрагированный вначале экраном  $AB$  к контуру входного отверстия  $CD$ , а затем уже контуром  $CD$  в направлении  $i'$  — в плоскости рисунка лучи  $ACGFJQF'$ ,  $ADHFKRF'$ ,  $BCGFJQF'$ ,  $BDHFKRF'$ . Эту часть вредного света блокирует диафрагма Лью  $C'D'$ , размер которой несколько меньше изображения входной диафрагмы  $CD$ , формируемого линзами  $L_1$  и  $L_2$ .

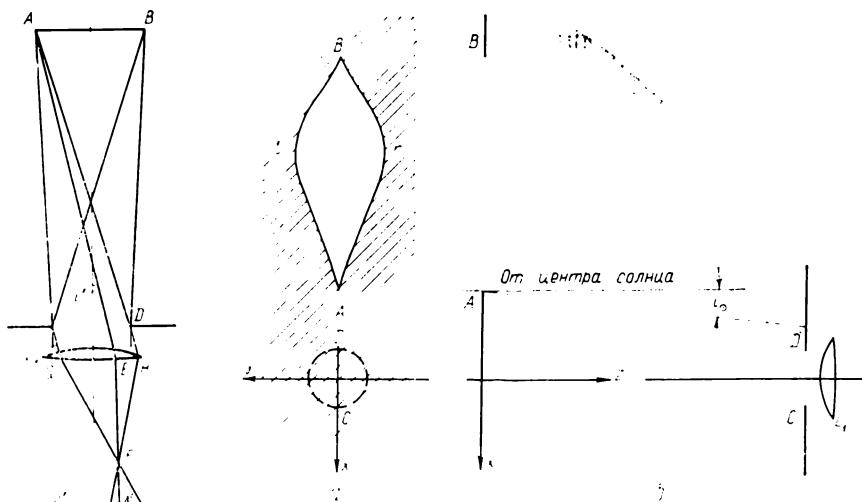


Рис. 2. Внешняя затмевающая система в виде сплошного экрана с вносевой, сканирующей корону по азимуту диафрагмой  $AB$ , ограниченной двумя регулярными дугами  $AIB$ ,  $BIA$ , угол наклона которых к прямой  $AB$  нигде не превосходит определенной величины ( $a$  — вид спереди,  $b$  — вид сбоку);  $CD$  — входное отверстие коронатора;  $z$  — ось сканирования, не обязательно совпадающая с оптической осью объектива  $L_1$ , проходит через центр солнца;  $i_{\odot}$  — угловой радиус солнца

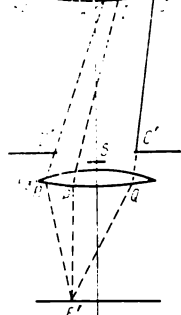


Рис. 1. Оптическая схема коронатора Лью с внешней затмевающей системой

Кроме того, свет, дифрагированный контуром экрана  $AB$ , может попасть в точку  $F$  после четного числа отражений от поверхностей линзы  $L_1$ . Препятствием для этого рода вредного света служит соответствующим образом рассчитанный экран Лью  $S$ .

Наконец, засветка, обусловленная остаточным рассеянием в массе стекла линзы  $L_1$  и на ее поверхности. Такую засветку, как уже отмечалось, снижают до приемлемого уровня, уменьшая освещенность линзы  $L_1$  с помощью внешней затмевающей системы.

Засветке последних трех видов подвержено все поле зрения  $F$ , засветке первого вида — только определенный его участок. Однако там, где она есть, ее вклад является преобладающим, так как каждый из остальных видов составляет лишь часть света, дифрагируемого внешней затмевающей системой к входному отверстию коронатора  $CD$ .

Таким образом, чтобы выяснить, необходима ли схема Лью при той или иной внешней затмевающей системе, достаточно оценить вклад в инструментальный ореол в первичной фокальной плоскости  $F$  засветки первого вида.

Ниже такая оценка сделана для сплошного внешнего затмевающего экрана с диафрагмой особой формы, открывающей радиальный участ-

ток солнечной короны \*. В теоретических работах [4--7] показано, что освещенность в тени подобного экрана в том месте, где располагаются входное отверстие и передняя линза коронографа, может быть на несколько порядков ниже, чем у преимущественно использующихся таких внешних затмевающих систем, как трехдисксовая [10, 14] и зубчатый диск [18, 19]. Диффрагма и ее расположение относительно входного отверстия коронографа показаны на рис. 2.

При описании засветки первого вида речь шла о цилиндрическом пучке лучей, диффрагированных контуром экрана (в данном случае, диффрагмы) в каком-либо исследуемом направлении. Комплексная амплитуда  $U'$  светового возмущения, переносимого таким пучком, может быть

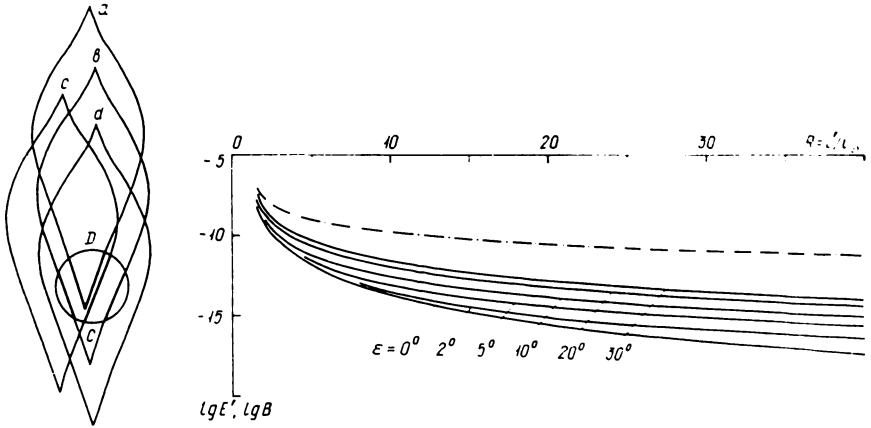


Рис. 3. Контур диффрагмы  $AB$  (рис. 2), проектируемой на плоскость входного отверстия  $CD$  параллельными пучками, соответствующими различным полевым углам. Внутри  $CD$  попадают куски двух дуг вместе с угловой точкой (проекция  $a$ ), куски двух дуг без угловой точки ( $b$ ), кусок одной из дуг ( $c$ ), проекция  $d$  контура  $AB$  и контур  $CD$  не имеют общих точек

Рис. 4. Десятичные логарифмы основной составляющей  $E'$  дифракционной засветки (сплошные кривые, отмеченные значениями угла  $\epsilon$ ), а также усредненной яркости  $B$  короны по Баумбаху (штрихпунктирная линия) в зависимости от углового расстояния от центра солнца, выраженного в его угловых радиусах;  $E'$  и  $B$  — в единицах, равных яркости центра солнечного диска

выражена с помощью интеграла Кирхгофа в представлении Рубиновича (см., например, [2, с. 484] и наши работы [4, 5, 7]). Контур диффрагмы освещается бесконечно удаленным источником, и результирующую интенсивность будем искать также на бесконечности или, что то же самое, в соответствующих точках фокальной плоскости  $F$  предполагаемого безаберрационным объектива  $L_1$  (рис. 2). В этом случае дифракции Фраунгофера комплексная амплитуда  $U'$  краевой дифракционной волны после выполнения предельного перехода выразится следующим криволинейным интегралом по контуру  $\Gamma$  диффрагмы:

$$U' = \frac{C}{4\pi} \frac{\mathbf{a} \times \mathbf{a}'}{1 - \mathbf{a}\mathbf{a}'} \int_{\Gamma} d\rho \exp(-jk(\mathbf{a}' - \mathbf{a})\rho), \quad (1)$$

где  $C$  — константа;  $\mathbf{a}$ ,  $\mathbf{a}'$  — единичные векторы падающих и диффрагированных лучей;  $\rho$  — радиус-вектор, описывающий  $\Gamma$ ;  $k = 2\pi/\lambda$ ;  $\lambda$  — длина волны;  $j = \sqrt{-1}$  ( $\times$  означает векторное произведение, а отсутствие знака — скалярное).

\* Для получения информации о всей короне инструмент, разумеется, должен быть сканирующим. Идея азимутального сканирования солнечной короны принадлежит С. Кучми.

Входное отверстие  $CD$  (рис. 2) может пропустить лишь часть цилиндрического пучка дифрагированных контуром  $AlBrA$  лучей. Комплексная амплитуда  $\Delta U'$ , соответствующая этой части, выразится аналогичным (1) интегралом по тому участку  $\Delta\Gamma$  контура  $\Gamma$ , который проектируется цилиндрическим пучком в отверстие  $CD$  (рис. 3):

$$\Delta U' = \frac{C}{4\pi} \frac{\mathbf{a} \times \mathbf{a}'}{1 - \mathbf{a}\mathbf{a}'} \int_{\Delta\Gamma} d\rho \exp(-jk(\mathbf{a}' - \mathbf{a})\rho). \quad (2)$$

Далее сделаем асимптотическую оценку интеграла (2), считая  $\Delta\Gamma$  куском одной регулярной дуги, хотя, как видно из рис. 3,  $\Delta\Gamma$  может состоять и из двух таких кусков, но это приведет лишь к рассмотрению не одного, а двух отдельных интегралов.

Высокая эффективность внешнего затмевающего экрана с диафрагмой (рис. 2) объясняется [4—7] в первую очередь отсутствием на контуре  $\Gamma$  точек стационарной фазы, в которых становилось бы равным нулю скалярное произведение  $(\mathbf{a}' - \mathbf{a})\boldsymbol{\tau}$ , где  $\boldsymbol{\tau} = d\rho/dl$  — единичный вектор касательной к линии контура  $\Gamma$ , а  $l$  — длина его дуги. Это обстоятельство позволяет оценить интеграл (2) в соответствии с теоремой [3, с. 47] следующим образом:

$$\Delta U' = -\frac{C}{j4\pi k(1 - \mathbf{a}\mathbf{a}')} \left\{ \frac{[\mathbf{a}\mathbf{a}'\boldsymbol{\tau}_2]}{(\mathbf{a}' - \mathbf{a})\boldsymbol{\tau}_2} \exp(-jk(\mathbf{a}' - \mathbf{a})\rho_2) - \frac{[\mathbf{a}\mathbf{a}'\boldsymbol{\tau}_1]}{(\mathbf{a}' - \mathbf{a})\boldsymbol{\tau}_1} \exp(-jk(\mathbf{a}' - \mathbf{a})\rho_1) \right\}, \quad (3)$$

где индексы 1 и 2 при  $\rho$  и  $\boldsymbol{\tau}$  относят эти векторы к граничным (начальной и конечной) точкам  $\Delta\Gamma$ , а квадратные скобки означают смешанное произведение трех векторов.

Комплексная амплитуда  $\Delta U'$  обусловлена действием лишь одной, соответствующей вектору  $\mathbf{a}$ , точки солнца, которое является некогерентным источником света конечного, хотя и небольшого, углового диаметра  $2i_{\odot}$ . Поэтому действие всего солнечного диска выразится интегралом от  $|\Delta U'|^2$  в пределах занимаемого солнцем малого телесного угла  $\Omega_{\odot} = \pi i_{\odot}^2$ ; потемнения к краю мы не учитываем. Результат удобно выразить в единицах, равных интенсивности света в центре дифракционного изображения солнца, которое сформировал бы объектив  $L_1$  (рис. 2) с отверстием  $CD$  радиуса  $r$ . Нетрудно показать, что при обычно выполняющемся неравенстве  $kri_{\odot} \gg 1$  эта интенсивность равна  $C^2\pi r^2$ .

Согласно выражению (3) или сумме аналогичных выражений для того случая, когда  $\Delta\Gamma$  состоит из двух дуг (рис. 3, проекции  $a$  и  $b$ ), интенсивность  $|\Delta U'|^2$  складывается из двух или четырех членов, определяющих вклады граничных точек дуг, и соответствующего числа членов, характеризующих состояние интерференции возмущений от различных пар граничных точек. Если расстояния между граничными точками не слишком малы, то значениями интегралов по источнику (солнцу) от интерференционных членов можно пренебречь, так как соответствующие подынтегральные функции в пределах интегрирования многократно изменяют свой знак. Исключение, конечно, составляют угловые точки (рис. 3, проекция  $a$ ), которые являются слившимися граничными точками двух дуг. Обусловленный действием всего солнца вклад угловой точки в результирующую освещенность состоит из суммы проинтегрированных по солнцу вкладов двух слившихся граничных точек без проинтегрированного по солнцу удвоенного квадратного корня из произведения этих вкладов.

Таким образом, на практике результирующая освещенность вполне определяется вкладами граничных точек, обусловленными действием всего солнца. Нормированный делением на  $C^2\pi r^2$  такой вклад  $E'$  одной

граничной точки выражается в соответствии с (3) следующим интегралом:

$$E' = \frac{(\lambda/r)^2}{64\pi^5} \int_{\Omega_0} \frac{[aa'\tau]^2 d\Omega}{(1 - aa')^2 \{(a' - a)\tau\}^2}. \quad (4)$$

Принадлежность  $E'$  к той или иной граничной точке  $\Lambda\Gamma$  определяется здесь вектором  $\tau$  касательной к линии контура  $\Gamma$  в этой точке, а положение исследуемой точки поля — вектором  $a'$ .

Для того, чтобы в явном виде получить зависимость  $E'$  от полевых углов, радиального  $i'$  и азимутального  $\psi'$ , воспользуемся показанной на рис. 2 прямоугольной системой координат  $xyz$ . В этой системе

$$a = \{\sin i \cos \psi, \sin i \sin \psi, \cos i\}, \quad (5)$$

$$a' = \{\sin i' \cos \psi', \sin i' \sin \psi', \cos i'\}. \quad (6)$$

Контур  $AlBrA$  будем считать лежащим в плоскости  $xy$ . Тогда

$$\tau = \{\cos \gamma, \sin \gamma, 0\}. \quad (7)$$

Геометрический смысл углов из выражений (5) — (7) очевиден.

Углы  $i, i'$  невелики, так что при подстановке (5), (6) в (4) синусы этих углов могут быть заменены аргументами, а косинусы — единицей. Исключение представляет разность  $1 - aa'$ , в которой должны быть сохранены члены с  $i^2$  и  $i'^2$  в разложениях косинусов. В данном приближении  $d\Omega = i di d\psi$ .

С учетом изложенного

$$E' = \frac{(\lambda/r)^2}{16\pi^5} \int_0^{2\pi} d\psi \int_0^{i_0} \frac{[i' \sin(\psi' - \psi) - i \sin(\psi - \psi')]^2 i di}{[i'^2 - 2i'i \cos(\psi' - \psi) + i^2]^2 [i' \cos(\psi' - \psi) - i \cos(\psi - \psi')]^2}, \quad (8)$$

а после довольно трудоемкого интегрирования

$$E' = \frac{(\lambda/r)^2}{8\pi^4 i_0^2 (R^2 - 1)^2} \left\{ \frac{1}{2} - (R^2 \cos 2\varepsilon - 1) [(1 - 1/R^2 \cos^2 \varepsilon)^{-1/2} - 1] \right\}, \quad (9)$$

где  $R = i'/i_0$ ,  $\varepsilon = \psi' - \psi$ . Условие  $R|\cos \varepsilon| > 1$  является условием отсутствия на контуре  $AlBrA$  (рис. 2) упоминавшихся ранее точек стационарной фазы.

При вычислениях  $E'$  по формуле (9) с увеличением  $R$  рано или поздно происходит потеря точности, так как результат представляет собой малую разность близких по величине чисел. Этого можно избежать, разлагая находящуюся в фигурных скобках часть выражения (9) в ряд по отрицательным степеням величины  $R^2 \cos^2 \varepsilon$ . Сохраняя два первых члена ряда, получим для больших значений  $R$

$$E' = \frac{(\lambda/r)^2}{16\pi^4 i_0^2 (R^2 - 1)^2} \left[ \left( 1 + \frac{3}{4R^2 \cos^2 \varepsilon} \right) \operatorname{tg}^2 \varepsilon + \frac{1}{4R^2 \cos^2 \varepsilon} \right] \quad (10)$$

Впрочем уже при  $R=2$  ошибка приближенного выражения (10) по сравнению с (9) не превосходит 13% (для  $\varepsilon=0$ ), а при  $R>7$  эта ошибка меньше 1%.

Определяемая выражением (9) или (10), величина  $E'$  соответствует одной монохроматической составляющей излучения солнца. Большой интерес представляет аналогичная полихроматическая величина, зависящая от распределения  $B_{\odot}(\lambda)$  яркости солнца по длинам волн, спектрального пропускания  $T(\lambda)$  объектива коронографа и спектральной чув-

ствительности  $S(\lambda)$  приемника излучения. Однако в том случае, когда не учитывается различное для разных длин волны потемнение солнца к краю, можно показать, что монохроматическая величина  $E'$  становится численно равной интегральной, полихроматической, если при ее расчете использовать значение  $\lambda^2$ , усредненное по спектру с весом  $B_{\odot}(\lambda)T(\lambda)S(\lambda)$ .

На рис. 4 представлены кривые зависимости десятичного логарифма  $E'$  от  $R$  для нескольких значений  $\epsilon$ , рассчитанные при  $\lambda/r=5 \cdot 10^{-5}$ , что соответствует, например,  $\lambda=500$  нм и  $r=1$  см. С помощью этих кривых в каждой конкретной ситуации, определяющейся значениями

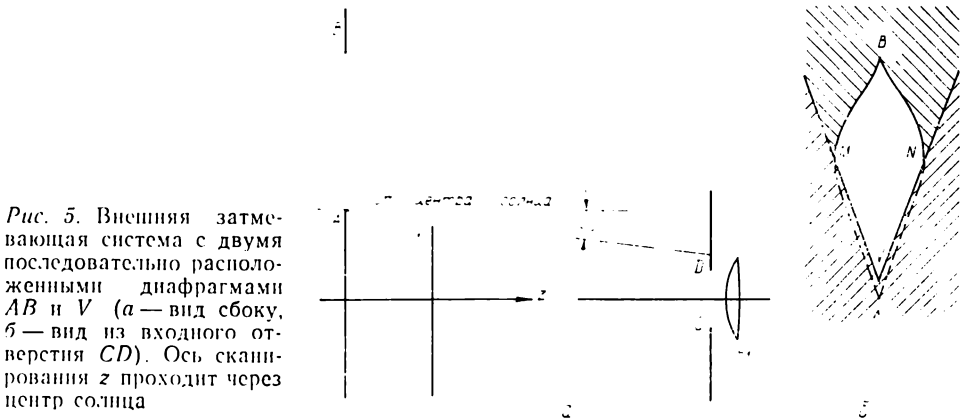


Рис. 5. Внешняя затмевающая система с двумя последовательно расположенными диафрагмами  $AB$  и  $V$  ( $a$  — вид сбоку,  $b$  — вид из входного отверстия  $CD$ ). Ось сканирования  $z$  проходит через центр солнца

полевых углов  $i'$ ,  $\psi'$ , количеством и «качеством» (обычные или угловые) граничных точек, а также углами наклона  $\gamma$  контура диафрагмы в этих точках, можно оценить интенсивность дифракционной засветки в первичной фокальной плоскости коронографа. Сравнивая полученную оценку с яркостью короны, которая показана на рис. 4 штрихпунктирной кривой, рассчитанной по формуле Баумбаха (см., например, [1, с. 249]), следует учитывать также и виньетирование.

Наконец, важен критерий, по которому уровень инструментальной засветки считается допустимым или недопустимым. При фотографической регистрации, согласно, например, [14], допустимой можно считать освещенность инструментального происхождения, не более чем в 10 раз превосходящую освещенность изображения короны. Тот же или близкий критерий применим, по-видимому, и к телевизионным приемникам изображения.

Анализ типичных ситуаций с помощью данных рис. 4 при учете изложенного показывает, что коронограф с описанной сканирующей диафрагмой в сплошном внешнем затмевающем экране может работать без оптической системы, перебрасывающей изображение, и соответствующих внутренних экранов, если виньетирование оставляет открытой не менее 0.1 площади зрачка и  $R \gg 1.5$ . Заключение о возможности отказа от схемы Лию оказывается тем более уверенным, чем меньше отношение  $\lambda/r$ , чем меньше углы  $\epsilon = \psi' - \gamma$  и чем больше полевой угол  $i' = Ri_{\odot}$ . На практике отношение  $\lambda/r$  за счет увеличения радиуса  $r$  входного отверстия коронографа может быть по крайней мере в несколько раз меньше использованного нами в расчетах значения  $5 \cdot 10^{-5}$ . Уменьшение углов  $\epsilon$  происходит при одновременном вытягивании диафрагмы (уменьшение  $\gamma$ ) и ее удалении от входного отверстия (уменьшение  $\psi'$ ). Максимальное значение угла  $\epsilon$  вполне может быть меньше рассмотренных  $30^\circ$ . Наконец, во внутренней части поля уровень дифракционной засветки можно снизить за счет некоторого усложнения внешней затмевающей системы.

Вместо одной диафрагмы (рис. 2) перед входным отверстием коронографа могут быть установлены две (рис. 5): диафрагма прежнего типа ( $AB$ ) и за ней  $V$ -образная диафрагма, края которой находятся полностью в области геометрической тени, отбрасываемой передним экраном с диафрагмой  $AB$ . В то же время раствор  $V$ -образной диафрагмы и расположение всех элементов таковы, что из входного отверстия  $CD$  видна лишь верхняя, более удаленная от центра поля, часть контура передней диафрагмы  $AB$ , непосредственно освещаемой солнцем. Таким образом, во внешней части поля зрения дифракционная засветка остается практически такой же, как и при одной диафрагме  $AB$ . Что же касается внутренней части поля, то в ней дифракционная засветка будет значительно слабее, так как теперь она обусловлена действием отрезков  $MV$ ,  $VN$  (рис. 5, б) контура  $V$ -образной диафрагмы, освещаемого только за счет дифракции солнечного излучения на передней диафрагме  $AB$ . Заметим, что усложнение внешней затмевающей системы, по существу, не так уж велико: ведь и при единственной диафрагме  $AB$  между ней и объективом располагается бледа с внутренними перегородками, одна из которых и может быть выполнена в виде  $V$ -образной диафрагмы.

Итак, подавление вредной засветки во внезатменном коронографе без перебрасывающей системы Лио должна полностью обеспечивать внешняя затмевающая система, и это, как показано выше, достижимо. Собственно же коронограф становится обычной камерой. Помимо очевидного значительного уменьшения длины оптической части, что весьма привлекательно в случае малогабаритных инструментов, следует отметить еще одно важное преимущество, вытекающее из возможности отказа от схемы Лио,— это сокращение числа положительных оптических компонентов с трех до одного, в результате чего существенно уменьшается кривизна поля, которое таким образом может быть расширено.

Отметим здесь, что компактный прибор без перебрасывающей системы Лио уже применялся [11], правда, не для съемок короны, а для фотографирования земной атмосферы на небольших угловых расстояниях от солнца и кометы Когоутека (1973 XII) вблизи перигелия. Но даже в этом случае обойтись без схемы Лио представлялось возможным лишь благодаря тому, что трехдисковая внешняя затмевающая система экранировала центральную часть поля зрения до шести угловых радиусов солнца.

Наши выводы сделаны на основании теоретической оценки интенсивности дифрагированного света солнца в первичной фокальной плоскости коронографа, снабженного высокоэффективной внешней затмевающей системой [4—7]. Теория Кирхгофа вполне надежна при решении подобных дифракционных задач инструментальной оптики, и эта работа может считаться, по-видимому, достаточно веским аргументом в пользу соответствующих экспериментальных испытаний, вроде тех, что были проведены в свое время авторами работы [15] для трехдисковой внешней затмевающей системы.

1. Аллен К. У. Астрофизические величины.— М.: Мир, 1977.—446 с.
2. Борн М., Вольф Э. Основы оптики.— М.: Наука, 1970.—856 с.
3. Консон Э. Т. Асимптотические разложения.— М.: Мир, 1966.—160 с.
4. Ленский А. В. О возможности значительного снижения уровня рассеянного света при регистрации солнечной короны вне затмений // Солнеч. данные.— 1978.— № 6.— С. 75—80.
5. Ленский А. В. Расчет освещенности в тени внешнего затмевающего экрана коронографа. II. Одиночные экраны // Пробл. косм. физики.— 1979.— Вып. 14.— С. 122—132.
6. Ленский А. В. Расчет освещенности в тени внешнего затмевающего экрана коронографа. V. Сравнение эффективности внешних затмевающих систем // Там же.— 1981.— Вып. 16.— С. 116—122.
7. Ленский А. В. Теоретическая оценка эффективности внешних затмевающих систем коронографов // Астрон. журн.— 1981.— 58, вып. 3.— С. 648—659.

8. *Dollfus A., Fort B., Morel C.* Observation de la couronne solaire en ballon // *Rech. spat.*—1968.—7, N 5.—P. 1—7.
9. *Dollfus A., Fort B., Morel C.* Photographie des jets de la couronne solaire a l'aide de ballons stratospheriques // *C. r. Acad. sci. B.*—1968.—266, N 25.—P. 1537—1540.
10. *Gillett F.* Summary report.—Minneapolis: Univ. Minnesota, 1961.
11. *Giovane F., Schuerman D. W., Greenberg J. M.* Photographic coronagraph, Skylab particulate experiment TO25 // *Appl. Opt.*—1977.—16, N 4.—P. 993—998.
12. *Koomen M. J., Detwiler C. R., Brueckner G. E. et al.* White light coronagraph in OSO-7 // *Ibid.*—1975.—14, N 3.—P. 743—751.
13. *MacQueen R. M., Gosling J. T., Hildner E. et al.* The High Altitude Observatory white light coronagraph // *Proc. SPIE.*—1974.—44, Mar. 4—6.—P. 207—212.
14. *Newkirk G., Jr., Bohlin D.* Reduction of scattered light in the coronagraph // *Appl. Opt.*—1963.—2, N 2.—P. 131—140.
15. *Newkirk G., Jr., Bohlin D.* Scattered light in an externally occulted coronagraph // *Ibid.*—1964.—3, N 4.—P. 543—544.
16. *Newkirk G., Jr., Bohlin J. D.* The first flight of Coronascope II // *Sky and Telesc.*—1964.—28, N 1.—P. 16—19.
17. *Newkirk G., Jr., Bohlin J. D.* Coronascope II: observation of the white light corona from a stratospheric balloon // *Ann. Astrophys.*—1965.—28, N 1.—P. 234—238.
18. *Purcell J. D., Koomen M. J.* A coronagraph improvement // *Sky and Telesc.*—1962.—24, N 4.—P. 197.
19. *Purcell J. D., Koomen M. J.* Coronagraph with improved scattered-light properties // *J. Opt. Soc. Amer.*—1962.—52, N 5.—P. 596.
20. *Tousey R.* Observations of the white-light corona by rocket // *Ann. Astrophys.*—1965.—28, N 3.—P. 600—604.

Киев. ун-т им. Т. Г. Шевченко

Поступила в редакцию 19.03.86,  
после доработки 05.09.86

Окончание. Начало. см. с. 76.

8. *De Luca, Wies E. W.* A search for red-dwarf members of the Coma star cluster // *Publs Astron. Soc. Pacif.*—1981.—93, N 551.—P. 32—34.
9. *Haggkvist L., Oja T.* Photoelectric photometry of stars near the North Galactic Pole // *Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.*—1973.—12, N 3.—P. 381—405.
10. *Harris III. D. L., Uppgren A. R.* Photoelectric magnitudes and colors of stars near the North Galactic Pole // *Astrophys. J.*—1964.—140, N 1.—P. 151—161.
11. *Johnson H. L., Mitchell R. I., Iriarte B., Wisniewski W. Z.* *UBVRIJKL* photometry of the bright stars // *Communs Lunar and Planet. Lab.*—1966.—N 63.—P. 99—110.
12. *Kilkenny D., Malcolm G.* Four *UBVRI* sequences near bright Virgo galaxies // *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*—1984.—209, N 1.—P. 169—174.
13. *Ljunggren B.* A photoelectric and spectrophotometric investigation of a region near the North Galactic Pole // *Uppsala Astron. Observ. Medd.*—1965.—N 151.—P. 535—579.
14. *Oja T.* Photoelectric photometry of stars near the North Galactic Pole. II // *Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.*—1985.—61, N 2.—P. 331—339.
15. *Penston M. J., Penston M. V., Sandage A.* Stars observed photoelectrically near quasars and related objects // *Publs Astron. Soc. Pacif.*—1971.—83, N 496.—P. 783—799.

Глав. астрон. обсерватория АН УССР,  
Киев

Поступила в редакцию  
08.07.86