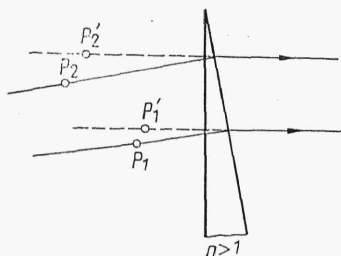


Ponieważ płaszczyzna jest układem doskonałym dla pęku promieni padających na nią pod dostatecznie małym kątem, stąd klin z uwagi na mały kąt łamiący, będzie również dla tego pęku układem doskonałym.



Rys. 2.38

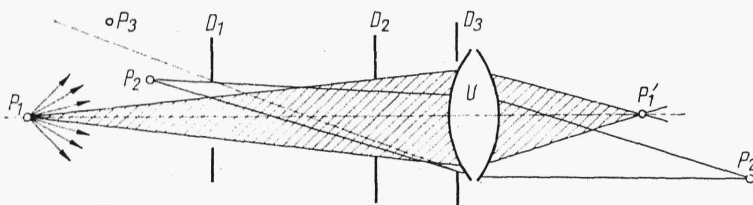
Poza tym z wyrażenia (2.64) wynika, że wszystkie promienie (w tym i skośne, padające pod małym kątem θ_1) zostaną odchylone o stały kąt δ . Oznacza to, że klin jako układ doskonały, pomijając wpływ jego grubości, powoduje obrót przestrzeni (rys. 2.38).

2.5. Ograniczenie pęków promieni w układach optycznych

Elementy optyczne takie jak soczewki czy pryzmaty mają skończone wymiary, w rezultacie czego ze źródła światła do przestrzeni obrazowej może przeniesiona być tylko część emitowanej energii przechodząca przez obszary czynne tych elementów. Pozostała część zostaje pochłonięta lub odbita na oprawach nazywanych przysłonami lub nie trafia w ogóle do przyrządu.

Względne położenie przysłon i źródła ustala zarówno w przestrzeni przedmiotowej, jak i obrazowej kształt pęku przechodzącego przez układ, a więc ogólnie rodzaj odwzorowania w różnych płaszczyznach przestrzeni obrazowej. Na kształt ten można wpływać w sposób zamierzony dobierając wymiary opraw oraz wstawiając w układ dodatkowe przysłony, dzięki czemu mogą być na przykład eliminowane strefy układu, które wnoszą zbyt duże aberracje.

W niniejszym punkcie ograniczono się tylko do omówienia wpływu przysłon na geometryczny kształt pęków promieni. Pozostałe ich właści-



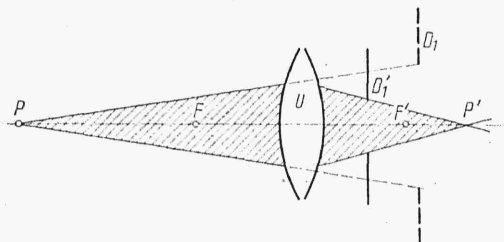
Rys. 2.39

wości, a dotyczące wpływu na korekcję układu i ilość przenoszanej energii, zostaną omówione w dalszej części książki.

Łatwo jest wyznaczyć pęk promieni przenoszony przez układ kiedy przysłony znajdują się przed układem (rys. 2.39). Jeżeli średnica układu optycznego jest dostatecznie duża, to pęk promieni wychodzący z punktu P_1 zostanie ograniczony przez przysłonę D_2 , gdyż widać ją pod naj-

mniejszym kątem z tego punktu. Pęk promieni wychodzący ze źródła P_2 będzie ograniczony przez przysłony D_1 i D_3 , natomiast z punktu P_3 nie przejdzie żadna energia do przestrzeni obrazowej (jeśli pominie się odbłaski na brzegach przysłon); mówi się wtedy, że taki punkt leży poza polem widzenia układu.

Przysłony mogą występować również za układem lub między elementami układu. Ich wpływ zostanie tu wyznaczony przy upraszczającym założeniu, że między przysłonami znajdują się układy dostatecznie skorygowane dla każdego położenia przedmiotu, to znaczy, że ich odwzorowania podlegają prawom układu doskonałego, co jest zwykle wystarczająco dokładne do wysnucia ogólnych wniosków o sposobie pracy układu.



Rys. 2.40

Niech będzie układ U (rys. 2.40) i realnie istniejąca przysłona D_1' leżąca poza układem. Punkt P jest realnym źródłem światła leżącym przed układem. Ponieważ źródło światła i przysłona są elementami rzeczywistymi, to źródło leży w przestrzeni przedmiotowej, natomiast przysłona w przestrzeni obrazowej układu. Teraz nie można ustalić bezpośrednio wpływu przysłony D_1' na pęk promieni wychodzących ze źródła, ponieważ źródło i przysłona leżą w różnych przestrzeniach. Celem sprowadzenia rozważań do jednej przestrzeni trzeba wyznaczyć w przestrzeni przedmiotowej element sprzężony z D_1' ; niech nim będzie przysłona D_1 .

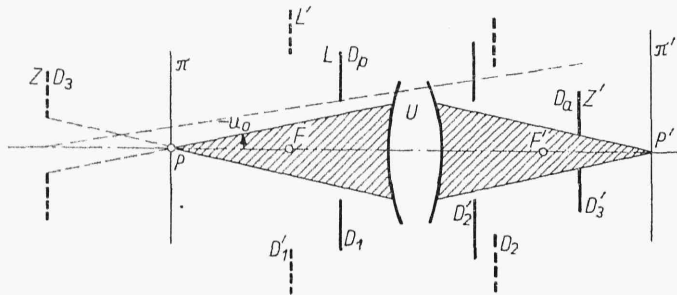
D_1 jest właściwie obrazem realnej przysłony D_1' danym przez układ U w kierunku przeciwnym do biegu światła i operując pojęciem przedmiotu jako elementu znajdującego się w przestrzeni przedmiotowej, przysłona D_1 jest przedmiotem, natomiast D_1' — przysłoną-obrazem, z tą tylko różnicą, że tu obraz D_1 jest elementem realnie istniejącym.

Ponieważ układ U uważany jest za doskonały, to promienie przechodzące przez brzeg przysłony D_1' muszą również przejść przez brzeg przysłony D_1 . Oznacza to, że pęk promieni przestrzeni przedmiotowej przechodzący przez przysłonę D_1 leżącą za układem wyznaczany jest przez promienie przechodzące przez brzeg przysłony D_1 w przestrzeni przedmiotowej.

W celu lepszego zilustrowania wspomnianej metody postępowania pęk promieni przechodzący przez cały układ (łącznie z przysłoną) został na rysunku zakreskowany, przy czym P' jest obrazem P . Tak więc promienie biegnące pod większym kątem do osi z punktu P , nawet gdyby mogły przejść przez układ z uwagi na dostatecznie dużą średnicę otworu elementów optycznych zostaną zatrzymane przez przysłonę D_1' .

Jeżeli przysłony występowałyby przed i za układem, to aby wyznaczyć przenoszony pęk promieni należy dla przysłon znajdujących się w przestrzeni obrazowej wyznaczyć przedmioty sprzężone w przestrzeni przedmiotowej i rozpatrywać je łącznie z już znajdującymi się w tej przestrzeni przysłonami.

I tak niech przysłony D_1 , D_2 i D_3 będą realnymi przysłonami leżącymi przed i za układem U (rys. 2.41). Jeżeli D_2 i D_3 są przysłonami przestrzeni przedmiotowej układu sprzężonymi z L'_2 i D'_3 , to w celu ustalenia ograniczenia pęków promieni wystarczy wziąć pod uwagę tylko przysłony D_1 ,



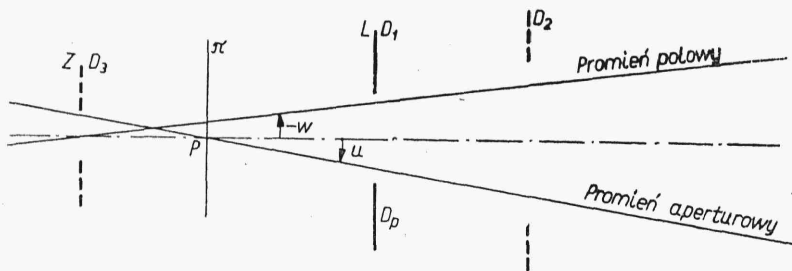
Rys. 2.41

D_2 i D_3 . Ponieważ przysłonę D_3 widać pod najmniejszym kątem ze źródła światła P ona będzie najbardziej ograniczała pęk promieni w przestrzeni przedmiotowej; tylko ten pęk promieni przejdzie do płaszczyzny obrazowej. Przysłoną, która w rzeczywistości zatrzymuje promienie idące pod nieco większym kątem niż u_0 jest naturalnie D'_3 jako przysłona realnie istniejąca. Wraz ze wzrostem kąta pęk promieni będą kolejno ograniczały przysłony rzeczywiste D'_2 i D_1 .

Ten sam sposób rozumowania jak dla przestrzeni przedmiotowej, można również zastosować i do przestrzeni obrazowej układu U . Znajdując obraz D'_1 przysłony D_1 łatwo się przekonać, że spośród przysłon D'_1 , D'_2 , D'_3 ta ostatnia jest widziana pod najmniejszym kątem z punktu P' . Oznacza to, że w celu znalezienia przysłony ograniczającej pęk promieni w układzie rozważania mogą być prowadzone w obu przestrzeniach (przedmiotowej i obrazowej); są one równoważne.

Uogólniając zagadnienie, gdyby układ składał się z kilku elementów z przysłonami między nimi, należałoby najpierw wyznaczyć odwzorowania tych przysłon w jednej z przestrzeni: przedmiotowej lub obrazowej całego układu, albo też dowolnej przestrzeni między elementami, prowadząc dalej rozważania jak w niniejszym punkcie.

Na rys. 2.41 w celu odróżnienia przysłony realnie istniejącej zaznaczono ją linią ciągłą, natomiast przysłony sprzężone (obrazy przysłon w kie-



Rys. 2.42

runku przeciwnym lub zgodnym z kierunkiem biegu światła) linią przerywaną. W dalszej części pracy ten podział nie będzie stosowany, gdyż nie jest istotny dla działania przyrządu.

Przy wyznaczeniu elementów sprzężonych na rysunku jednocześnie znajdują się przysłony przestrzeni przedmiotowej i obrazowej. Przy prowadzeniu rozważań w jednej z przestrzeni elementy drugiej przestrzeni nie są potrzebne a utrudniają równocześnie analizę i dlatego wygodnie jest umieścić przysłony tylko w jednej z nich. Przykładem tego może być rys. 2.42 przedstawiający wszystkie przysłony w przestrzeni przedmiotowej układu z rys. 2.41.

2.5.1. Przysłona aperturowa i przysłona polowa

Przysłona realnie istniejąca, która ogranicza pęk promieni idący ze środka płaszczyzny przedmiotu π nazywa się *przysłoną aperturową*.

Obraz przysłony aperturowej odniesiony do przestrzeni przedmiotowej (przedmiot) nazywa się *źrenicą wejściową*, a do przestrzeni obrazowej — *źrenicą wyjściową*. Równoważna definicja źrenicy wejściowej (wyjściowej) jest następująca: jest to przysłona lub obraz przysłony w przestrzeni przedmiotowej (obrazowej) widoczna pod najmniejszym kątem z przedmiotu obrazu) leżącego na osi układu.

W układzie pokazanym na rys. 2.41 przysłona D_3 jest źrenicą wejściową Z , a D'_3 jednocześnie przysłoną aperturową D_a i źrenicą wyjściową Z' . Țrenica wejściowa, wyjściowa i przysłona aperturowa są elementami sprzężonymi.

Przechodząc do rozważań promieni wychodzących z płaszczyzny przedmiotu poza osią, założmy najpierw, że średnica źrenicy jest nieskończenie mała. Wtedy przez układ przejdą tylko te promienie z płaszczyzny przedmiotu π , które nie zostaną ograniczone przez pozostałe przysłony. Zgodnie z rys. 2.42 przysłoną, która ograniczy wtedy pole widzenia będzie przysłona D_1 , ponieważ widać ją pod najmniejszym kątem ze środka źrenicy wejściowej.

Przysłonę lub obraz przysłony w przestrzeni przedmiotowej, które widać pod najmniejszym kątem ze środka źrenicy wejściowej nazywać się będzie *luką wejściową*. Analogicznie przysłonę lub obraz w przestrzeni obrazowej, które widać pod najmniejszym kątem ze środka źrenicy wyjściowej nazywa się *luką wyjściową*. Realna przysłona, której obrazami są luki nazywana jest *przysłoną polową*. Na rys. 2.41 i 2.42 oznaczono je odpowiednio przez L , L' i D_p . W tym przypadku przysłona polowa pokrywa się z luką wejściową.

Promienie wychodzące ze środka płaszczyzny przedmiotu są *promieniami aperturowymi*, promienie zaś przechodzące przez środek przysłony aperturowej (a więc i przez środek źrenicy wejściowej i wyjściowej) *promieniami polowymi*. Kąt między promieniem aperturowym a osią nazywa się *kątem aperturowym* i oznaczany będzie dalej przez u , natomiast kąt dla promienia polowego — *kątem polowym* oznaczanym przez w .

Maksymalny kąt polowy w przestrzeni przedmiotowej (dla promienia przechodzącego przez brzeg przysłony pola) nazywa się *przedmiotowym kątem pola widzenia*.

Zjawisko przenoszenia pęków promieni przez układ przy skończonej średnicy przysłony aperturowej jest bardziej złożone. Dla uproszczenia niech w układzie będą tylko dwie przysłony (rys. 2.43), z których jedna będzie źrenicą, a druga luką wejściową. Można teraz wyróżnić część pola widzenia PA , dla którego przechodzą promienie przez całą źrenicę. Powyżej punktu A powierzchnia czynna źrenicy wejściowej stopniowo się zmniejsza, osiągając w punkcie B około 50% swej wartości początkowej,