

Министерство высшего и среднего специального образования РСФСР

Ленинградский институт точной механики и оптики

Т. П. КАПУСТИНА

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПРИЗМ

ЛЕНИНГРАД

1961

Министерство высшего и среднего специального образования РСФСР

Ленинградский институт точной механики и оптики

Т. П. КАПУСТИНА

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПРИЗМ

(Учебное пособие к курсу «Технология изготовления
оптических деталей»)



ЛЕНИНГРАД

1960

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Введение . . .	3
<i>Глава I</i>	
1. Классификация призм	4
2. О точности изготовления и конфигурации призм	7
<i>Глава II</i>	
1. Общие принципы технологии изготовления призм	11
2. Изготовление прямоугольной призмы	17
Грубая и средняя шлифовка призмы	17
Инструменты и приборы для контроля шлифованных призм . .	21
Мелкая шлифовка и полировка рабочих граней призм .	33
Приборы для контроля полированных призм	36
3. Изготовление призмы Дове	43
4. Изготовление пента-призмы	47
5. Изготовление прямоугольной призмы с крышей	50
6. Исправление забракованных призм	57
7. Замечания по изготовлению других призм	58
Литература	59
Приложения	60

Введение

Изготовление призм является весьма трудоемким и сложным процессом. Это объясняется высокими требованиями к точности призм и сложностью их конфигурации по сравнению с другими оптическими деталями.

Важную роль в процессе изготовления призм играет межоперационный и окончательный контроль, который производится с помощью специальных инструментов и приборов.

В существующей литературе технология изготовления призм освещена неполно и разобщенно. Целью настоящего пособия является описание наиболее рациональных действующих технологических процессов изготовления призм, а также рекомендуемых для их измерения контрольных приборов.

В пособии дается классификация призм, общие принципы технологии их изготовления, описание процессов обработки призмы (простой прямоугольной, с крышей, Дове, пента-призмы), инструментов и приборов для их контроля.

Технология изготовления призм является одним из разделов курса «Технология изготовления оптических деталей». Пособие предназначено для студентов, прослушавших общие разделы курса; оно может быть использовано также работниками оптических цехов.

ГЛАВА I

1. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРИЗМ

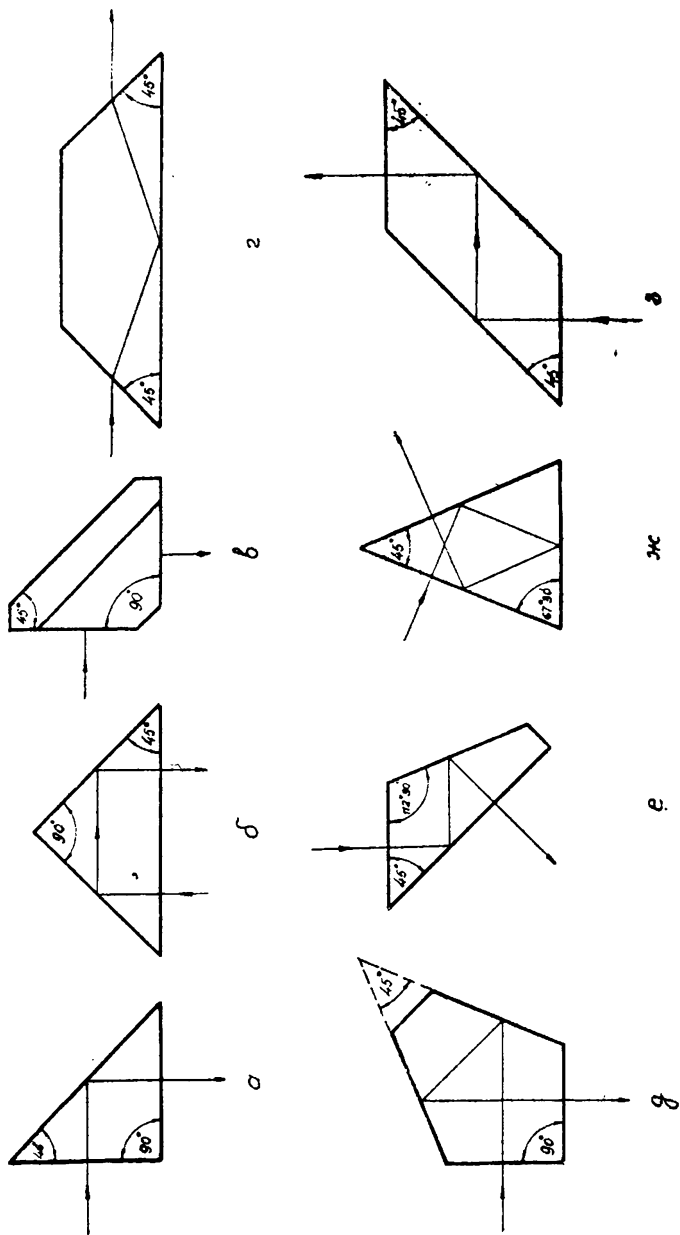
В оптико-механических приборах призмами называются оптические детали, ограниченные плоскими преломляющими и отражающими гранями, расположенными друг к другу под определенными углами.

Призмы, в зависимости от их назначения, делятся на два основных типа — отражательные и преломляющие (дисперсионные).

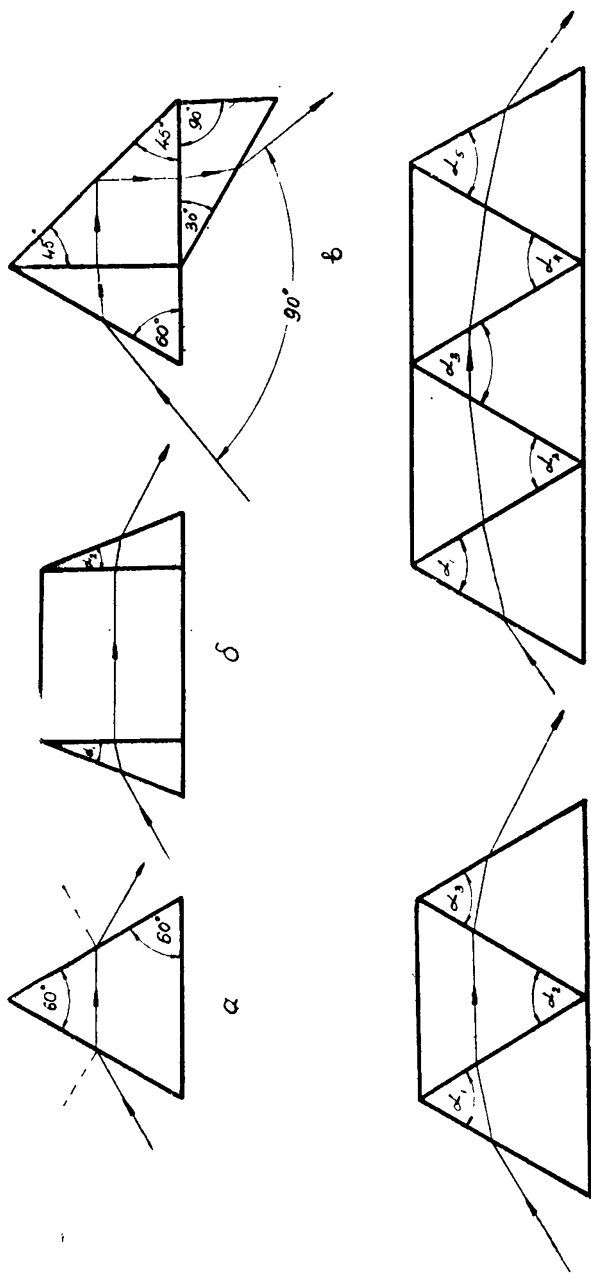
Отражательные призмы предназначены для изменения направления хода осевого луча и оборачивания изображения. По оптическому действию отражательная призма эквивалентна толстой плоско-параллельной пластинке и системе зеркал. На фиг. 1 приведены наиболее часто встречающиеся отражательные призмы. Каждая призма характеризуется числом отражающих граней, конструкцией и углом отклонения луча. Встречаются отражательные призмы с одной, двумя и тремя отражающими гранями. По характеру конструкции различают призмы, имеющие в основании равнобедренный треугольник (прямоугольная призма с одним и двумя отражениями, призма Шмидта), параллелепипед (призма-ромб), пятиугольник (пента-призма) и т. д. Угол отклонения луча призмой, в зависимости от конструкции, может изменяться от 0° до 180° .

Преломляющие или дисперсионные призмы предназначены для разложения белого света в спектр. По своему оптическому действию они подобны клину. На фиг. 2 приведены наиболее часто применяемые преломляющие призмы. Каждая такая призма характеризуется числом преломляющих граней, или числом составляющих ее одиночных призм, преломляющим углом и углом отклонения, угловой дисперсией, угловой шириной спектра.

Встречаются призмы с двумя, четырьмя и шестью преломляющими гранями, состоящие соответственно из одной, трех



Фиг. 1. Отражательные призмы: а — прямоугольная с одним отражением; б — прямоугольная с двумя отражениями; в — пента-призма; г — полупента-призма; ж — призма-ромб Шмидта; з — призма-ромб



2

8

Фиг. 2. Преломляющие призмы: а — спектральная с углом 60°; б — тройная призма; в — призма Аббе; г — призма Амичи; д — пятирная призма

и пяти простых призм. Составляющие призмы обычно изготавливаются попеременно из боросиликатного крона и тяжелого флинта. Преломляющие углы $\alpha_1 \alpha_2 \dots$ могут иметь различные значения, в зависимости от показателя преломления выбранных стекол. Соответственно меняются угол отклонения луча призмой и угловая дисперсия. Призма Аббе (фиг. 2, в) отличается постоянным углом отклонения, равным для разных длин волн 90° .

2. О ТОЧНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И КОНФИГУРАЦИИ ПРИЗМ

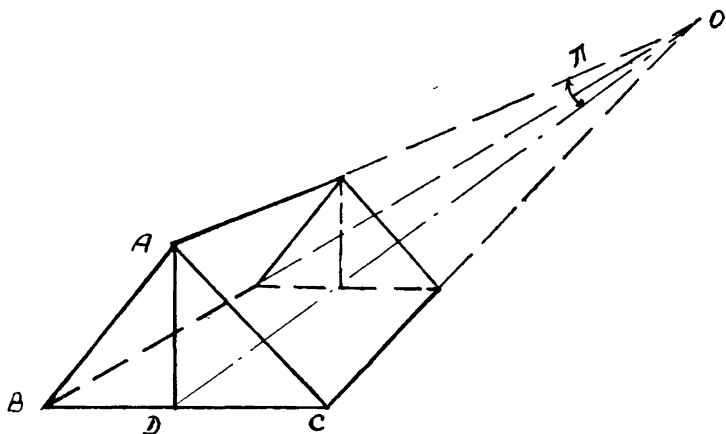
Точность изготовления призм определяется величинами допусков на линейные размеры, углы и форму (плоскостность) отражающих и преломляющих поверхностей. Точность линейных размеров обычно невелика — допуски на высоту, толщину и другие параметры призм лежат в пределах $\pm (0,1 \div 0,4)$ мм. Значительно точнее должны быть выполнены углы между рабочими гранями призм, допуски на которые составляют несколько минут и даже секунд.

Невыполнение допусков на углы приводит к тому, что отражательная призма не разворачивается в плоско-параллельную пластинку и работает как клин, внося хроматизм и дополнительное отклонение осевого луча системы. У призмы с крышей нарушение допуска на угол крыши вызывает двойное изображение, так как крыша представляет собой две отражательные грани, расположенные друг к другу под углом 90° , и ее ребро делит пучок лучей, входящий в призму, на два пучка.

Ребра рабочих граней призмы должны быть параллельны. Отклонение от этого условия превращает призму в пирамиду с вершиной в точке O (фиг. 3, так называемая ошибка пирамидальности). Такая ошибка вызывает клиновидность развертки призмы в сечении, перпендикулярном главному сечению призмы, что также вносит хроматизм и отклонение осевого луча прибора в плоскости, перпендикулярной главному сечению призмы. Численной мерой пирамидальности прямоугольной призмы является угол π , составленный ребром прямого угла с гипотенузной гранью (фиг. 3). В общем случае угол π образуется наклоном ребер рабочих граней призмы в сечении, перпендикулярном ее главному сечению.

Невыполнение допусков на преломляющие углы у дисперсионных призм вызывает нарушение угла отклонения, угловой дисперсии и угловой ширины спектра.

Рабочие поверхности призм должны быть плоскими в среднем с точностью до десятых долей микрона. Сферичность поверхностей, наличие на них местных бугров и ям вызывает деформацию волнового фронта света, прошедшего через такую призму, а следовательно, ухудшение качества изображения, создаваемого прибором, в который входит эта призма. Допуски на отклонение от плоскостности выражаются в интерференционных кольцах и в чертежах обозначаются символами N и ΔN . При этом задается различное значение N и ΔN для отражающих и преломляющих сторон. Отражающие грани всегда изготавливаются в два-три раза точнее, чем преломляющие, так как их ошибка сильнее влияет на деформацию волнового фронта.



Фиг. 3. Пирамидальность призмы

Изготовление призм усложняется высокими требованиями к чистоте их рабочих поверхностей. Класс чистоты (P), определяемый количеством допустимых дефектов (царапин, точек, выколок), выбирается в зависимости от расположения поверхности призмы относительно плоскости изображения. Чем ближе к плоскости изображения расположена поверхность призмы, тем выше назначается класс чистоты и наоборот. Например, головные призмы визуальных приборов, установленные перед объективом на больших расстояниях от плоскости изображения, изготавливаются по IV, V классам чистоты. Призмы, расположенные вблизи от фокальной плоскости окуляра, выполняются по II и III классам чистоты.

Наиболее сложным при изготовлении призм является выполнение допусков на углы и плоскостность. Вследствие этого все призмы, в зависимости от величины допусков на эти параметры, можно разделить на призмы высокой, средней и низкой точности. В табл. 1 приведены значения допусков на углы и плоскостность, а также примеры призм, относящихся к той или иной группе точности.

Таблица 1

Группы призм	Допуски на плоскостность граней				Наимень- ший до- пуск на отдель- ные углы	Примеры призм, относя- щихся к данной группе
	отражающих		преломляющих			
	N	ΔN	N	ΔN		
Высокой точности	0,5÷1	0,1÷0,6	1÷2	0,2÷0,6	1"÷5"	Все призмы с крышей, призмы-куб
Средней точности	1÷2	0,2÷0,6	2÷3	0,5÷1	2'÷5'	Головные призм- мы визирных приборов, призмы бинокля
Низкой точности	10÷15	1÷2	—	—	10'÷15'	Смотровые призмы

Очевидно, что наиболее трудоемкими являются призмы высокой точности, так как для обеспечения точных углов и хорошей плоскостности рабочих граней требуются точные приспособления и станки, специальные доводочные операции и контрольные приборы.

Отражательные призмы высокой и средней точности, кроме жестких допусков на углы и плоскостность, должны иметь хорошую разрешающую способность, характеризующуюся наименьшим углом, под которым две точки видны раздельно. Этот угол называется предельным углом разрешения; для призм он определяется по формуле

$$\varphi = \frac{140''}{D},$$

где D — световой диаметр призмы в мм.

На величину предельного угла разрешения призм влияет невыполнение допусков на форму рабочих граней (N и ΔN) и неоднородность стекла, из которого изготовлена призма (свилы, двойное лучепреломление).

Допуски на изготовление призмы приводятся в ее чертеже. Оформление чертежа призмы, как и любой оптической детали, имеет свои особенности, к которым в первую очередь относятся наличие в поле чертежа таблиц «Требования к стеклу» и «Требования к детали». В таблицу «Требования к стеклу» включаются допуски на оптические свойства стекла; в таблицу «Требования к детали» — допуски на углы, плоскостность рабочих граней, их чистоту; для отражательных призм высокой и средней точности — допуск на предельный угол разрешения. Под таблицей «Требования к детали» помещаются сведения о размере светового диаметра и длине хода луча в призме. На поверхностях деталей, а также в правой верхней части поля чертежа указываются покрытия и знаки чистоты обработки поверхностей призмы.

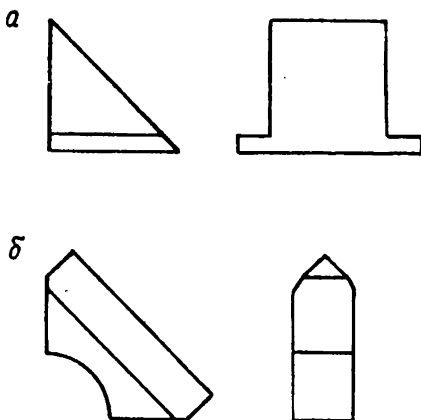
Определение требований к стеклу и детали производится путем расчета или по специально разработанным таблицам. В приложении помещены примеры оформления чертежей призм: простой прямоугольной с одним отражением, прямоугольной с крышей, Дове и пента-призмы.

Технология изготовления призмы зависит не только от ее точности, но и от сложности конфигурации. Сложность конфигурации призмы определяется формой и размерами ее рабочих поверхностей, их числом, наличием в призме разных углов, а также пазов и скосов. В призмах без крыши все рабочие стороны имеют форму квадратов или прямоугольников, в призмах с крышей — различных многоугольников. Чем больше форма рабочей поверхности призмы отличается от окружности, тем труднее ее отполировать, например, у призм, представленных на фиг. 1 и 2, труднее всего точно отполировать гипотенузную поверхность призмы Дове и все стороны крыши. Нерабочие стороны призм разнообразны по своей форме, однако при изготовлении это не имеет большого значения, так как они только шлифуются.

Далее, чем больше размеры рабочих граней, тем сложнее их полировка, а также доводка углов этих призм. Наличие в одной призме нескольких различных по величине углов усложняет технологию ее изготовления. Скосы, канавки, пазы, предназначенные для крепления призмы в оправе или для уменьшения ее веса, также усложняют технологический процесс.

При конструировании призмы необходимо учитывать ее технологичность. Известны примеры нетехнологических конструкций, например, на фиг. 4,а приведена призма, у которой для крепления предусматривается два сравнительно тонких

выступа на нерабочих гранях. Это приводит к тому, что в процессе фрезерования, а также крепления выступы часто отламываются. На фиг. 4,б показана прямоугольная призма с крышей, у которой все четыре рабочие грани имеют форму



Фиг. 4. Примеры нетехнологичности конструкций призм: *а* — прямоугольная призма с тонкими выступами для крепления; *б* — неустойчивая прямоугольная призма с крышей с удлиненными рабочими гранями

удлиненных прямоугольников, что усложняет их точную полировку. Кроме того, скос цилиндрической формы делает призму неустойчивой в процессе обработки катетных граней.

ГЛАВА II

1. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПРИЗМ

Несмотря на то, что призма изготавливается из стекла, т. е. из хрупкого материала, в основе построения ее технологического процесса должны лежать те же положения, которые имеют место при обработке деталей из металлов [1]. В первую очередь это относится к правильной установке и базировке призмы в процессе ее обработки. Правильная установка должна обеспечивать определенное расположение обрабатываемой детали относительно станка или приспособления и ее

надежное крепление. Первое необходимо для выполнения заданной чертежом точности, второе гарантирует неизменность положения детали в процессе ее обработки. В каждой обрабатываемой детали при ее установке различают поверхности: обрабатываемые, базирующие (установочные базы), опорные и поверхности прижима. При перемене установки одни и те же поверхности детали могут менять свое назначение, т. е. могут быть и базирующими и поверхностями прижима.

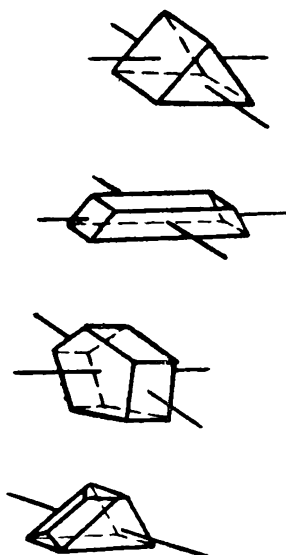
Правильная установка детали определяется выбором установочной технологической базы. Установочной базой обрабатываемой детали называется совокупность поверхностей, используемых для установки детали на станке, относительно которых ориентируются обрабатываемые поверхности в процессе их обработки [1]. Если крепление детали производят на заданную установочную базу, которая при обработке воспринимает усилия, то такая база является одновременно и опорной и называется опорной установочной базой. Если базирующими поверхностями пользуются для выверки детали в процессе ее установки, то такие поверхности называют проверочными базами. В этом случае для закрепления детали используются другие поверхности.

Работа по опорным базам является более совершенной, чем по проверочным, так как при использовании опорных баз отпадает предварительная выверка деталей, а при обработке призм—предварительная их подгонка. Несоблюдение последнего условия вызывает погрешности базирования. Как известно, погрешности детали возникают из-за погрешностей установки, базирования и обработки. Погрешности установки могут возникнуть, когда при обработке детали установочные базы часто меняются. Вследствие этого обработка детали от одной установочной базы является более совершенной.

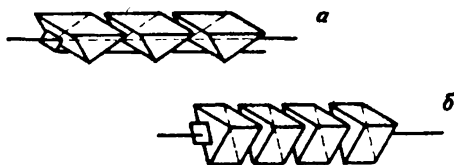
Примером обработки призм средней точности в одну установку при использовании опорных баз в качестве установочных является процесс, разработанный А. Г. Ерицяном и С. М. Кузнецовым по методу технологического комплекса, предложенного А. П. Соколовским [1]. Коротко говоря, установка призм в данном процессе заключается в следующем.

В каждой призме находится группа сопряженных поверхностей, имеющих одну ось, вокруг которой они могут вращаться (фиг. 5). Например, у прямоугольной призмы имеются две такие группы: в первую входят две нерабочие и гипотенузная грани (фиг. 6,а), во вторую—две катетные грани (фиг. 6,б).

Сопряженные в одну систему грани обрабатываются по методу технологического комплекса на одном приспособлении. При обработке граней первой системы призмы вклеиваются катетными поверхностями, которые в данном случае являются опорными базами (и черновыми, так как они еще не обработаны), в гнезда поворотного вкладыша *а* (фиг. 7). Набор таких вкладышей крепится в точно центрированных пазах приспособления *б*. После обработки первой нерабочей грани вкладыши поворачиваются для обработки второй нерабочей, а затем гипотенузной граней. Поворот вкладышей осуществляется только после окончательной обработки каждой грани, включая полировку рабочих граней.



Фиг. 5. Группы сопряженных поверхностей призм, имеющих оси, вокруг которых эти поверхности могут вращаться

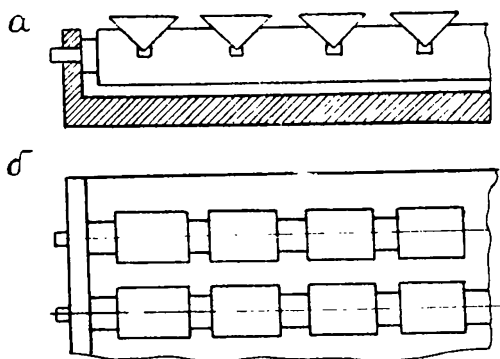


Фиг. 6. *а* — первая группа — гипотенузная и две нерабочие грани; *б* — вторая группа — две катетные грани

При обработке катетных граней для крепления применяется так называемая «бесслойная блокировка». Последняя заключается в том, что призмы обработанной гипотенузной гранью, которая в данном случае является опорной и уже чистовой базой, устанавливаются на вкладыш второго приспособления (фиг. 8). Приклеивание смолой при этом осуществляется только в центральной зоне гипотенузной грани. При охлаждении смола *а*, уменьшаясь в объеме, подтягивает базирующую поверхность к установочной поверхности приспособления.

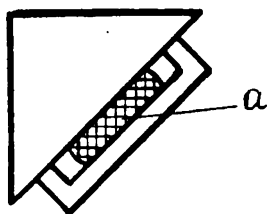
Таким образом, обработка всех граней призм ведется лишь на двух приспособлениях, обеспечивающих получение призм

с погрешностями углов, лежащими в пределах 30—60". В процессе обработки ведется контроль только линейных размеров.



Фиг. 7. Крепление призм для обработки двух нерабочих и гипотенузной граней в одну установку

К недостаткам рассмотренной технологии относится сложность и высокая стоимость приспособлений. Кроме того, использование этих приспособлений на заготовительных операциях рентабельно только при фрезеровке призм алмазными фрезами, так как применение свободного абразива приводит к быстрой амортизации приспособлений. Аналогичный метод обработки приводит в своей книге Ф. Твайман [2].

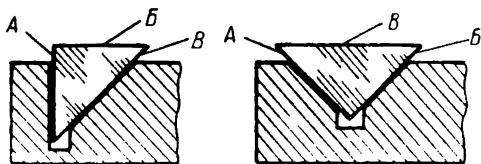


Фиг. 8. Крепление призм для обработки двух катетных граней

В настоящее время на заводах при изготовлении призм средней точности распространена технология обработки от нескольких установочных баз, при использовании опорной базировки только на некоторых операциях. Основное применение в

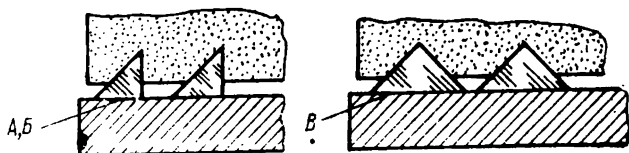
этих процессах имеют проверочные базы. По принципу такого процесса обрабатываются все приведенные выше отражательные и преломляющие призмы. Этот процесс заключается в следующем. Вся обработка разделяется на два этапа — заготовительный и чистовой. На первом этапе производится грубая и средняя шлифовка или фрезеровка всех поверхностей призм, при этом с рабочих граней снимается

основной припуск, а нерабочие грани шлифуются окончательно. Для установки используются черновые базы (фиг. 9); крепление на приспособлениях осуществляется различными клеящими материалами. Все это не обеспечивает заданной точности углов, поэтому после снятия с приспособлений призмы доводятся вручную.



Фиг. 9. Использование черновых баз при креплении призм наклейкой на заготовительном этапе обработки

На чистовом этапе ведется мелкая шлифовка и полировка рабочих граней. Установка производится от проверочных баз, которыми являются сами обрабатываемые поверхности *A*, *B* и *B* (фиг. 10). Для крепления призм на приспособления используются смолы и гипс, имеющие, как известно, сравнительно большой коэффициент расширения. Вследствие этого точность углов, полученная на заготовительном этапе часто нарушается.



Фиг. 10. Использование проверочных баз при креплении призм на чистовом этапе обработки

Эта технология имеет ряд недостатков, к которым относятся:

а) многократная перемена установочных баз, что вносит погрешности установки;

б) удлинение процесса и увеличение погрешностей за счет использования проверочных баз в качестве установочных (требуется тщательная очистка поверхностей детали и планшайбы, плотная притирка и точная расстановка каждой призмы);

в) несовершенство крепления, а именно: малая жесткость, вызываемая текучестью клеящего слоя, неравномерность этого слоя, деформация и опрокидывание призм от расширения гипса.

Технология призм высокой точности, начиная с обработки сторон, образующих точные углы (до этого процесс идет в рассмотренной выше последовательности) осуществляется более рационально, так как здесь применяется крепление призм при помощи оптического контакта. В этом случае соединение призм с приспособлением производится без каких-либо клеящих материалов, а только за счет сил молекулярного сцепления двух полированных поверхностей стекла (приспособления и детали, фиг. 11).



Фиг. 11. Крепление призм при помощи оптического контакта

Кроме того, установка призм производится на чистовую базу, которой является одна из полированных поверхностей призмы, образующая двухгранный угол, который должен быть выполнен с погрешностью в несколько секунд. В данном случае точность углов призм определяется только точностью приспособления, стоимость которого сравнительно невысока. Однако вследствие большой трудоемкости операции посадки на оптический контакт данный метод используется только при обработке призм высокой точности.

Недостатки существующих процессов изготовления призм требуют построения новой, более рациональной технологии. В настоящее время ведутся работы по усовершенствованию существующей технологии обработки призм. Это связано в первую очередь с устранением ручных доводочных операций, т. е. полной механизацией процесса, а также автоматизацией контроля.

В разрабатываемых процессах на заготовительном этапе предполагается широкое использование фрезеровки поверх-

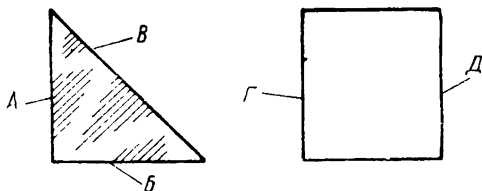
ностей алмазными фрезами, применение многоместных приспособлений, учитывающих правила установки, применение вакуума и других более совершенных методов крепления и т. д. -

Ниже приводится принятая на оптико-механических заводах технология изготовления некоторых призм (прямоугольной, призмы Дове, пента-призмы, прямоугольной с крышей) от нескольких установочных баз. Подробно описывается технология обработки прямоугольной призмы. Для устранения повторений в параграфах, посвященных изготовлению других призм, приводится только краткий перечень операций и более подробно изложены вопросы, характерные именно для данной призмы. В конце каждой главы описывается инструмент и контрольные приборы, применяемые при изготовлении призм.

2. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ПРИЗМЫ

Грубая и средняя шлифовка призмы

На примере прямоугольной призмы рассмотрим более подробно установку и процесс обработки призм от нескольких установочных баз.

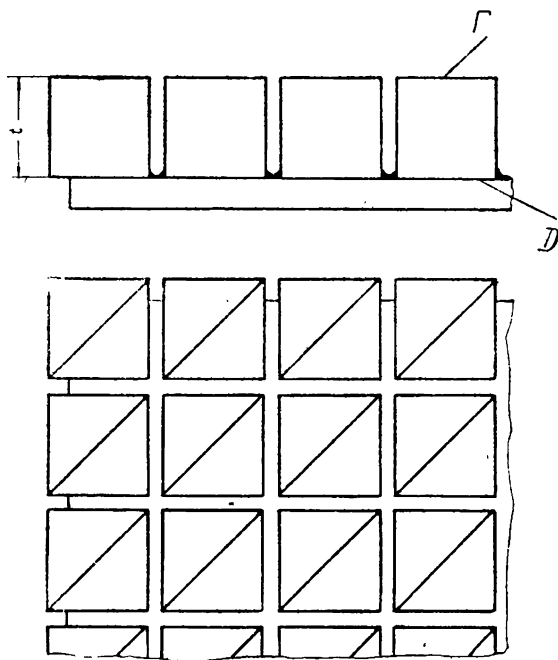


Фиг. 12. Рабочие грани призмы А, Б, В;
нерабочие грани призмы Г, Д.

На заготовительном этапе у призм любого типа первыми обрабатываются нерабочие грани, при этом обработка первой нерабочей поверхности Г (фиг. 12) ведется от черновой базы, которой служит вторая нерабочая грань Д. При обработке грани Д в качестве опорной установочной базы используется уже обработанная поверхность Г.

Крепление призм при обработке нерабочих граней осуществляется двумя приемами — наклейкой на пластины и зажатием в сепараторах. Для наклейки на пластины при обработке первой грани Г применяется клеочный воск (состав: воск

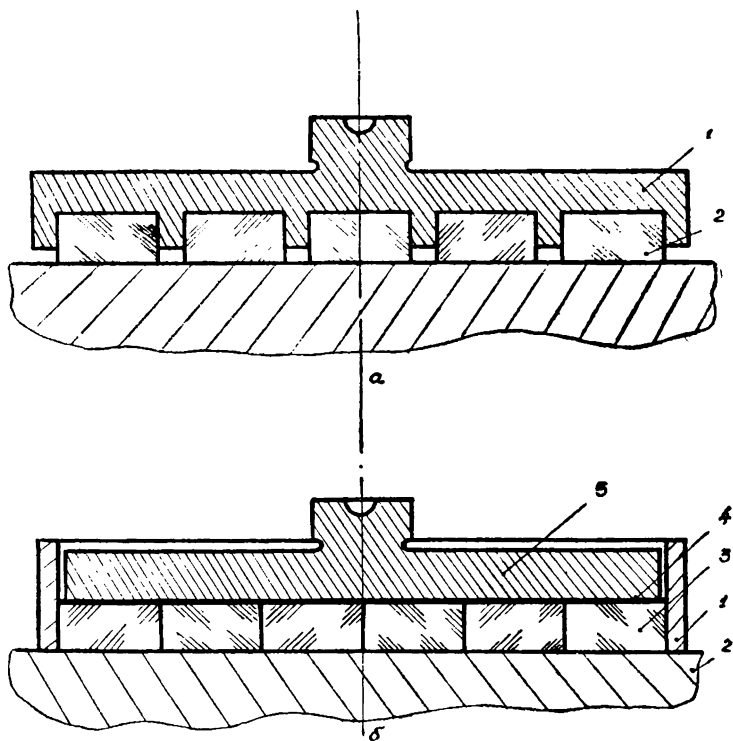
пчелиный 10%, канифоль 90%). Пластины изготавливаются из силумина. Перед наклейкой пластина разогревается до температуры 80—90°С, смазывается воском, затем к пластине плотно притираются призмы (фиг. 13). Полученный блок шлифуется абразивными порошками № 180 и № 240 до устранения следов прессования и придания всем призмам одинаковой толщины. При обработке грани *Д* наклеивание производится парафином, который ложится более тонким слоем, чем воск.



Фиг. 13. Крепление призм наклейкой при обработке нерабочих граней

Последнее обстоятельство существенно потому, что на этой операции выдерживается толщина призмы (как правило, по скользящей посадке пятого класса — C_5) и параллельность нерабочих граней с точностью до 0,1 мм. Последний допуск является технологическим, так как он обусловлен дальнейшим ходом процесса, при котором нерабочие грани используются как измерительные базы.

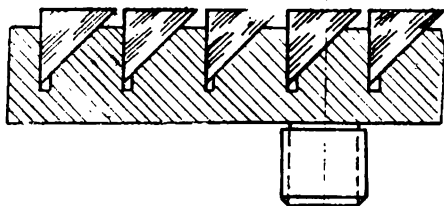
Крепление призм зажатием в сепараторах является более рациональным, так как при этом уменьшается вспомогательное время. На фиг. 14 приведены два вида применяемых сепараторов. Сепаратор *а* (фиг. 14,*а*) представляет собой планшайбу 1 с углублениями под призмы 2; причем для каждого размера требуется свой сепаратор. Это требование исключает



Фиг. 14. Крепление призм в сепараторах зажатием при обработке нерабочих граней

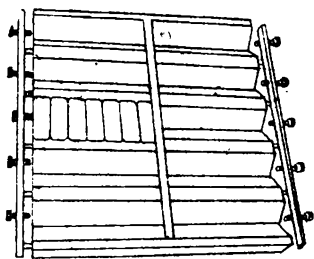
сепаратор *б*, представляющий собой простое чугунное кольцо 1, которое ставится на шлифовальник 2. В это кольцо закладываются призмы 3, на которые кладется резина 4 толщиной 0,5 мм, а на последнюю — прижимающая планшайба 5, передающая деталям рабочее движение и давление.

При шлифовке рабочих граней *А* и *Б* используются черновые установочные базы *Б* и *В*, *А* и *В* (фиг. 12). При шлифовке грани *В* базами являются уже обработанные поверхности *Б* и *А*. Обработка ведется в приспособлениях при креплении призм наклейкой (фиг. 15) или зажатием (фиг. 16). В обоих

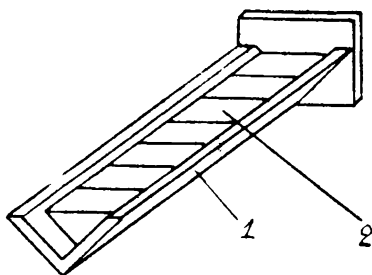


Фиг. 15. Крепление призм наклейкой при обработке рабочих граней

случаях призмы предварительно склеивают смолой или воском в столбики. Для этого используются специальные приспособления-угольники (фиг. 17). Длина столбика по отношению к высоте призмы должна быть выбрана 6 : 1.



Фиг. 16. Крепление призм зажатием в приспособлении при обработке рабочих граней



Фиг. 17. Приспособление для склейки призм в столбики

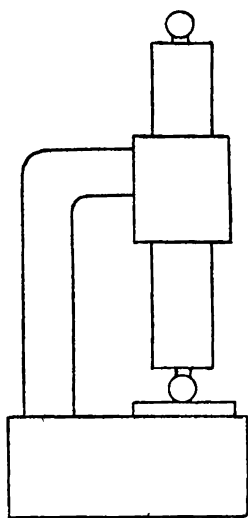
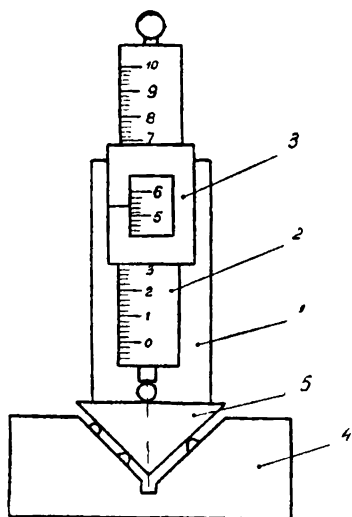
Шлифовка призм в приспособлениях ведется свободным абразивом — порошками № 180 и № 240 — или связанным — алмазными фрезами и шлифовальными кругами. Во всех случаях процесс сопровождается контролем линейных размеров. В результате использования для установки черновых баз,

а для крепления — клеящих материалов, обработка в приспособлениях не обеспечивает заданной точности углов, поэтому столбики призм после снятия с приспособлений доводятся вручную. При доводке столбиками грани *Г* и *Д* используются как измерительные базы для проверки углов, а обрабатываемые грани *А*, *Б* и *В* являются установочными опорными базами. Процесс доводки сопровождается периодическим контролем линейных размеров, формы рабочих граней и углов призм при помощи инструментов и приборов, о которых говорится ниже. После доводки в столбиках погрешности углов призм составляют, как правило, 1—2', а линейных размеров — 0,1 мм. Эти значения погрешностей меньше требований, предъявляемых к углам готовых призм. Такое заведомое завышение допусков необходимо вследствие несовершенства установки призм на операциях чистовой обработки.

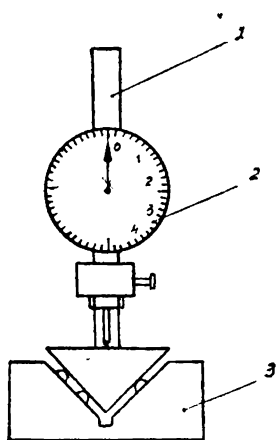
Инструменты и приборы для контроля шлифованных призм

Контроль линейных размеров призм производится нормальным мерительным инструментом: предельными скобами, штангенциркулем, микрометром. Специальным инструментом является высотомер, который применяется для измерения основного размера призмы — ее высоты. Известны высотомеры двух типов. Высотомер первого типа (фиг. 17',а) состоит из стойки 1, на которой укреплен мерительная линейка 2 с рамкой 3 и столика 4. На рамку нанесен индекс. Во втором высотомере (фиг. 17',б) мерительным инструментом является индикатор 2, укрепленный на стойке 1. На обоих высотомерах контроль высоты призмы производится по эталону. Достоинством высотомеров по сравнению со штангенциркулем является то, что фаска на прямом угле призмы не влияет на показания прибора. Эти высотомеры рекомендуется применять при массовом и крупносерийном типах производств.

Форма рабочих поверхностей одиночных призм проверяется на контрольной притирочной планшайбе. О качестве поверхности призмы судят по следу притертости (блеску), который должен равномерно покрывать всю поверхность. Для контроля формы граней призм в блоках, а также шлифовальников, применяется накладной сферометр (фиг. 18), состоящий из мерительного инструмента 1 с ценою деления 0,001 мм (мерительным инструментом может быть ортотест, миниметр, индикатор) и основания 3. По ободу основания запрессованы три стальных закаленных шарика. При помощи гайки 2 стрелка сферометра по плоскому пробному стеклу



а



б

Фиг. 17'. Высотомеры для контроля высоты призм

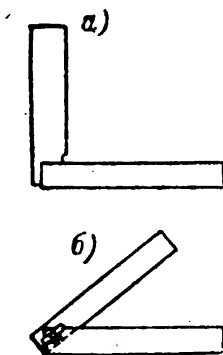
устанавливается на нулевое деление. Затем сферометр накладывается на испытуемый блок или шлифовальник. Ошибка поверхности определяется по отклонению стрелки от нуля.

Чистоту шлифованных поверхностей проверяют путем визуального осмотра при помощи лупы $3\times$ увеличения. Если обнаруживаются дефекты: царапины, выколки—призмы перешлифовываются.

Контроль углов шлифованных призм производится различными инструментами и приборами, которые в зависимости



Фиг. 18. Накладной сферометр для контроля плоскостности призм в блоках и шлифовальниках

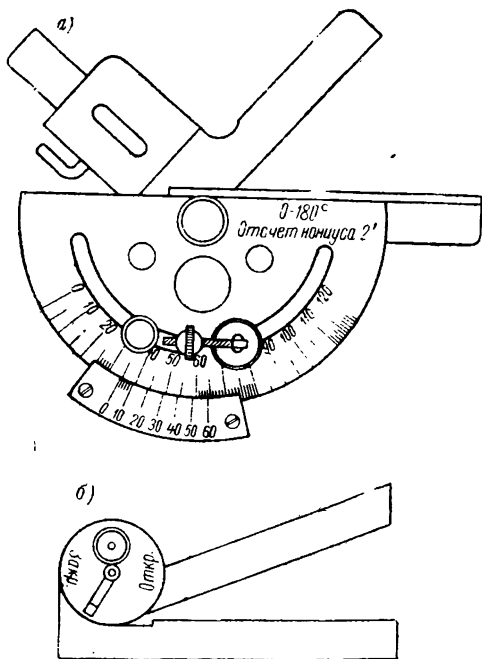


Фиг. 19. Угольник для контроля углов призм: а — неподвижный с постоянным углом; б — раздвижной, универсальный

от их действия можно разделить на механические и оптические. К механическим относятся угольники и угломеры. На фиг. 19 приведены угольники: а) неподвижный, с постоянным углом; б) раздвижной, универсальный. Первый используется для измерения угла одной величины (в данном случае 90°), второй при помощи эталона устанавливается для измерения угла любой величины. Предельная точность изготовления углов призм при измерении угольником составляет $3 \div 5'$.

Применяются механические угломеры с оптическим отсчетом и без него (фиг. 20,б и фиг. 20,а). Предельная точность изготовления призм при контроле угломерами составляет $2'$.

Процесс измерения с помощью угольников и угломеров имеет ряд недостатков: низкую точность, большую трудоемкость, быстрый износ инструмента. Вследствие этого для проверки углов призм рекомендуется применять оптические приборы.



Фиг. 20. Угломеры: а — механический; б — с оптическим отсчетом

Оптические приборы для контроля углов призм в большинстве случаев представляют собой коллиматорные установки или автоколлиматоры, реже применяются гониометры. Контроль на коллиматорных установках и автоколлиматорах более производителен, чем на гониометрах, поэтому его рекомендуется применять в массовом и серийном типах производств. При контроле на коллиматорах и автоколлиматорах у призм измеряется отклонение от заданного угла. Часто этот метод является сравнительным, так как настройка прибора производится по эталону.

При единичном производстве, когда невыгодно изготавливать эталон, контроль углов призм рекомендуется вести на гониометре. На гониометре измеряется абсолютное значение проверяемого угла и процесс контроля более длительный.

Описание гониометра и его работы не входит в нашу задачу, так как этот материал можно найти в любом курсе измерительных приборов. В зависимости от применения автоколлиматоры и коллиматорные устройства делятся на приборы, используемые для контроля шлифованных призм на заготовительном этапе, и приборы для контроля полированных призм в процессе поправки и готовых после чистовой обработки.

Работа приборов при контроле шлифованных призм построена на использовании следующих принципов.

1. Отражение пучков лучей, падающих на шлифованную поверхность под большими углами (метод «скользящего луча»).

2. Отражение пучков лучей от поверхности полированной пластины, накладываемой при контроле на шлифованную поверхность призмы.

3. Отклонение шлифованной поверхностью призмы механического наконечника, связанного с отсчетной частью прибора.

Приборы третьей группы применять не рекомендуется, так как механические наконечники при измерениях дают большие погрешности. Вследствие этого рассматриваем приборы только первой и второй групп.

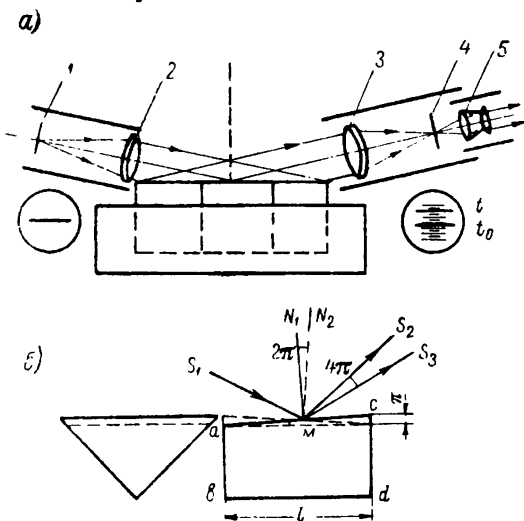
Прибор для контроля пирамидальности (фиг. 21) и прибор для контроля любых углов призм (фиг. 22) построены на использовании первого принципа и могут контролировать как одиночные, так и склеенные в столбик призмы.

Шлифованные поверхности в общем случае рассеивают свет диффузно и поэтому зеркального отражения, необходимого для измерений, не дают. Однако при больших углах падения, когда лучи почти скользят по поверхности, получается зеркальное отражение. В зависимости от глубины выколок шлифованного слоя стекла угол падения лучей должен быть различным, а именно, чем больше глубина выколок, тем больше угол и наоборот. Так, например, угол падения лучей на поверхность, обработанную порошком М28, должен быть порядка 86° . Неправильная установка угла влияет на интенсивность освещенности штриха.

Прибор для контроля пирамидальности (фиг. 21,а) состоит из коллиматора и зрительной трубы, смонтированных

на одном основании вместе со столиком. Коллиматор (фиг. 21,а) имеет щель 1 и объектив 2. Труба состоит из объектива 3, сетки 4 и окуляра 5.

Лучи, выходящие из коллиматора параллельным пучком, падают на гипотенузную грань столбика призм, отражаются от нее и идут в зрительную трубу, создавая в фокальной плоскости объектива изображение щели, совмещенное со шкалой.



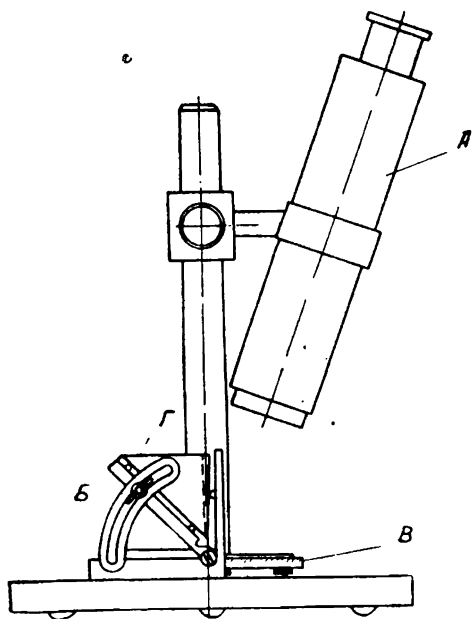
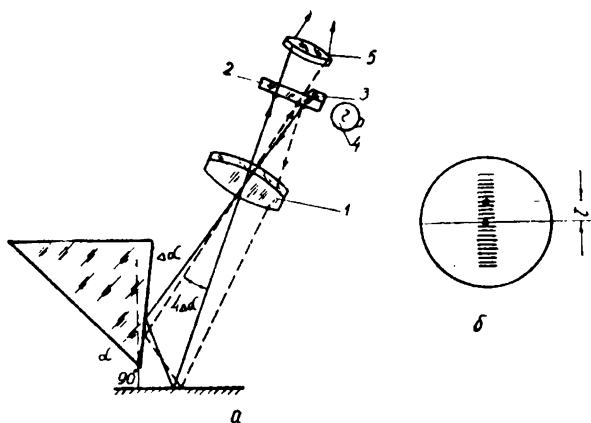
Фиг. 21. Прибор для контроля пирамидальности шлифованных призм, склеенных в столбик, использующий отражение пучков, падающих под большими углами:

а — оптическая схема прибора; б — отражение пучков

Нормаль к гипотенузной грани лежит в общей плоскости с осями обеих труб. При наличии пирамидальности угол между падающим лучом и нормалью меняется и изображение щели смещается по шкале в вертикальном направлении. Контроль пирамидальности можно вести с эталоном и без него. При наличии эталона для определения величины пирамидальности необходимо знать нулевой отсчет t_0 , соответствующий эталонной призме, и отсчет t , соответствующий измеряемой призме. Если отсчеты t_0 и t выражены в делениях шкалы, то пирамидальность призмы в минутах будет

$$\pi = \frac{t - t_0}{2} a_2,$$

где a_2 — цена деления шкалы в мин.



Фиг. 22. Прибор для контроля любых углов шлифованных призм при падении пучков под большим углом: *а* — оптическая схема прибора; *б* — вид поля зрения; *в* — общий вид прибора

Если эталонной призмы нет, то применяют способ перекладывания измеряемой призмы на столике после поворота ее вокруг вертикальной оси на 180° . Угол между нормальными и гипотенузной гранью при двух положениях призмы будет (фиг. 21,б)

$$N_1MN_2=2\pi,$$

а отраженный луч при этом отклонится на угол

$$S_2MS_3=4\pi.$$

Из этих двух положений можно найти как пирамидальность призмы, так и нулевой отсчет. Если при первом положении отсчет t_1 , а при втором — t_2 , то

$$\pi = \frac{t_2 - t_1}{4} a_2; \quad t_0 = \frac{t_2 + t_1}{2}.$$

Если цена деления шкалы выражена в миллиметрах, пирамидальность призмы в минутах будет

$$\pi' = \frac{10^4 (t_2 - t_1)}{12 f'_{06}} a_1,$$

где a_1 — цена деления шкалы в мм,

f'_{06} — фокусное расстояние в мм.

Направление пирамидальности определяется в зависимости от того, какой из двух отсчетов больше t или t_0 .

Помимо определения пирамидальности, прибор дает возможность качественно оценить форму гипотенузной поверхности. Неплоская поверхность, имеющая общие и местные ошибки, дает размытое изображение щели.

Универсальный прибор для контроля углов шлифованных призм (фиг. 22,в) состоит из автоколлимационной трубы A , столика B и зеркала B . Труба A (фиг. 22,а) имеет объектив 1, сетку 2 с автоколлимационной призмой 3, источник света 4 и окуляр 5. По отношению к грани испытуемой призмы Γ , труба развернута под углом, близким к 90° . Столик B — универсальный, при помощи эталонной призмы он выставляется для контроля любого угла. Зеркало B служит для возврата в трубу отраженных лучей. Угол между зеркалом B и поверхностью эталонной призмы устанавливается равным 90° . Пучок лучей от источника света 4, отражаясь от гипотенузы призмы 3, проходит через ее катет, на поверхности которого нане-

сена автоколлимационная марка, имеющая в данном случае форму кружка. Так как эта марка расположена в фокальной плоскости объектива I , то выходящий из трубы пучок будет параллельным. После выхода из объектива он разделится на два пучка, первый упадет сначала на призму Γ , затем на зеркало B , второй — сначала на зеркало, потом на призму. Если угол между призмой и зеркалом равен 90° , то все лучи после отражения сохранят параллельность и, пройдя через объектив, соберутся в одной точке на сетке, построив автоколлимационное изображение марки. Если теперь поставить на столик испытываемую призму с ошибкой $\Delta\alpha$, то оба отраженные пучка окажутся не параллельными. В поле зрения будут видны два изображения марки. Ошибка измеряемого угла получается учетверенной. На фиг. 22,б приведен вид поля зрения прибора. По расхождению изображений марки определяют ошибку, допущенную при изготовлении призмы.

Если цена деления шкалы сетки выражена в миллиметрах, ошибка в минутах будет

$$\Delta\alpha' = \frac{10^4 a_1 \cdot t}{12 f'_{06}},$$

где a_1 — цена деления шкалы в мм;

t — отсчет по шкале (расстояние между центрами кружков) в делениях шкалы;

f'_{06} — фокусное расстояние объектива в мм.

Если цена деления шкалы выражена в угловой мере, то

$$\Delta\alpha' = \frac{a_2 \cdot t}{4},$$

где a_2 — цена деления шкалы в мин.

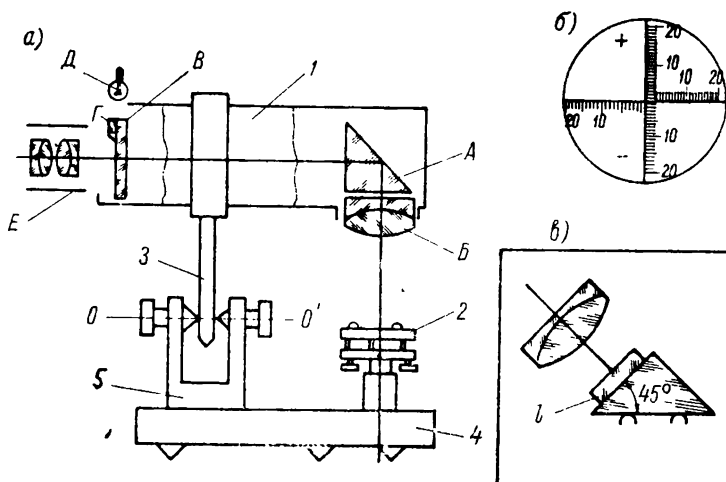
Наличие универсального столика дает возможность измерять на этом приборе углы призм от 20 до 120° .

Достоинством приборов, работающих по методу «скользящего луча», является непосредственное отражение лучей поверхностью самой испытываемой призмы.

Это преимущество отсутствует при измерении шлифованных призм на приборах второй группы. Как указывалось, при работе на этих приборах лучи, выходящие из автоколлимационной трубки, отражаются не от контролируемой призмы, а от поверхности полированной плоско-параллельной пластинки, накладываемой на шлифованную призму. Наличие пластинки вызвано тем, что оптическая ось зрительной трубы

в этих приборах расположена перпендикулярно к поверхности испытуемой призмы, следовательно, если не будет пластинки, то все выходящие из трубы пучки лучей диффузно рассеются шлифованной поверхностью призмы.

На фиг. 23,а приведена схема автоколлиматора для контроля углов любых одиночных и склеенных в столбик призм. Прибор состоит из автоколлимационной трубы 1, столика 2, кронштейна 3 и основания прибора 4. Труба имеет излом



Фиг. 23. Автоколлиматор для контроля любых углов призм: а — схема прибора; б — вид поля зрения; в — контроль с поляризованной пластинкой l угла 45° шлифованной призмы

оптической оси на 90° , осуществляемый призмой А, что позволяет применить более длиннофокусный объектив, а это, как известно, увеличивает точность измерения. В фокальной плоскости объектива В расположена сетка В с автоколлимационной маркой, нанесенной на призму Г; D — лампа, E — окуляр.

Автоколлимационная труба 1 закреплена на кронштейне 3. Она может поворачиваться вокруг оси OO' на угол $\pm 140^\circ$ от вертикального положения. Угол поворота трубы замеряется по лимбу относительно неподвижного индекса, укрепленного на стойке 5. Сетка трубы имеет темные штрихи на светлом фоне. Вид сетки приведен на фиг. 23,б; автоколлимационная марка выполнена в виде светлого креста.

При контроле на столик прибора кладется эталонная призма. Автоколлимационная труба разворачивается на заданный угол. При этом ее ось должна составлять угол 90° с полированной поверхностью эталона, что обнаруживается появлением автоколлимационной марки в поле зрения. Винтом микрометричной подачи устанавливают марку на нулевое деление шкалы. Затем на столик ставят столбик испытуемых призм, предварительно притерев к его поверхности на слой воды или машинного масла точную полированную плоскопараллельную пластинку (фиг. 23, в). По отклонению от показаний эталона судят об ошибке контролируемого угла призмы. Ошибка угла призмы в минутах, если цена деления шкалы выражена в миллиметрах, рассчитывается по формуле

$$\Delta\alpha' = \frac{10^4 t \cdot a_1}{6 f'_{06}},$$

где t — отсчет по шкале в делениях;

a_1 — цена деления шкалы в мм;

f'_{06} — фокусное расстояние в мм.

Если цена деления шкалы выражена в угловой мере, расчет ведется по формуле

$$\Delta\alpha' = \frac{t \cdot a_2}{2},$$

где a_2 — цена деления шкалы в минутах.

Пирамидальность и одновременно высота призм, склеенных в столбик, проверяются на приборе (фиг. 24). Прибор состоит из автоколлимационной трубы 1, плоского наклонного зеркала 2 с наконечником 3 и столика 4. Зеркало 2 может поворачиваться вокруг оси 5 и перемещаться по стойке, на которой укреплен труба. В этих приборах сетка имеет вид, приведенный на фиг. 24, в. Автоколлимационная марка представляет собою светлый горизонтальный штрих.

Перед измерением на столик прибора устанавливается эталонная призма. На гипотенузную поверхность призмы опускается зеркало, которое выставляется так, чтобы изображение автоколлимационной марки совпало с нулевым делением шкалы сетки. Затем на столик ставится столбик испытуемых призм. По отклонению марки от нулевого деления судят об ошибке высоты призм. После этого столбик поворачивается на 180° и снова производится отсчет. Разность отсчетов характеризует пирамидальность столбика. При цене деления шка-

лы, выраженной в миллиметрах, пирамидальность в минутах рассчитывается по формуле

$$\pi' = \frac{10^4(t_2 - t_1) a_1 \cdot l}{6 f'_{06} L},$$

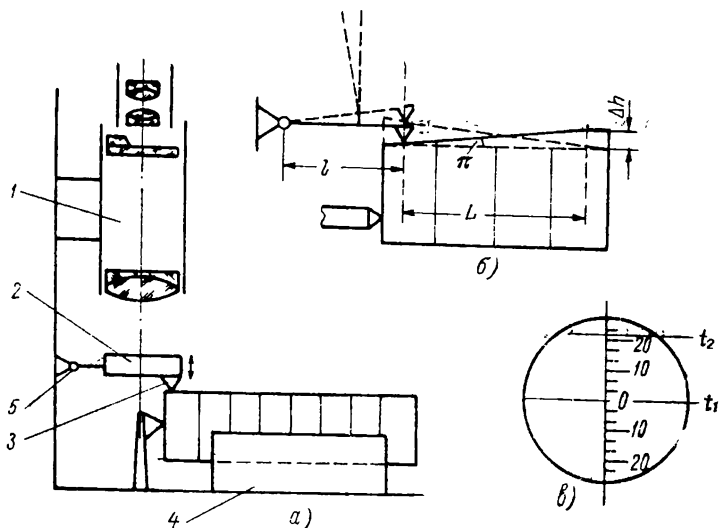
где t_1 и t_2 — отсчеты в делениях шкалы в первом и втором положениях;

a_1 — цена деления в мм;

l — расстояние в мм между точкой соприкосновения наконечника с призмой и осью вращения зеркала (фиг. 24,б);

f'_{06} — фокусное расстояние объектива в мм;

L — длина столбика в мм.



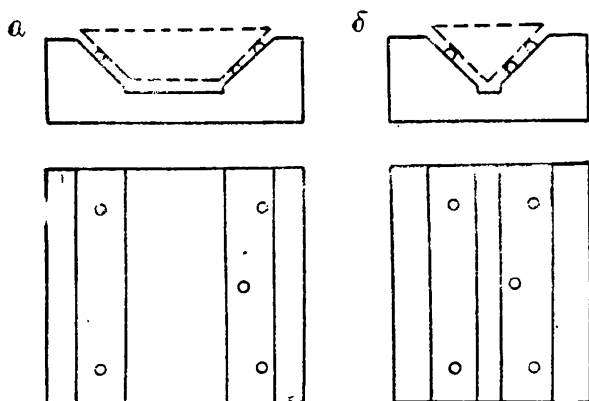
Фиг. 24. Прибор для контроля пирамидальности шлифованных призм, склеенных в столбик: а — схема прибора; б — положение призм и зеркала при отсчете; в — вид поля зрения

Отступление от высоты в мм рассчитывается по формуле

$$\Delta h = \frac{t \cdot a_1 \cdot l}{2 f'_{06}},$$

где t — отсчет по шкале в делениях.

На вышеупомянутых приборах контролируются углы и пирамидальность любых отражательных призм, при этом в зависимости от конфигурации призмы и ее размеров меняется

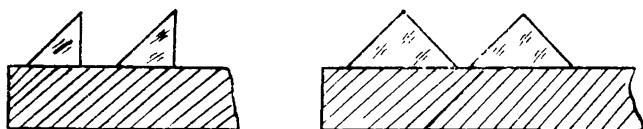


Фиг. 25. Столики приборов: *a* — для контроля призм Дове; *б* — для контроля прямоугольных призм

только столик, который должен обеспечивать устойчивое положение призмы с равномерным распределением ее массы на пять точек (три — для одной грани и две — для другой, фиг. 25).

Мелкая шлифовка и полировка рабочих граней призм

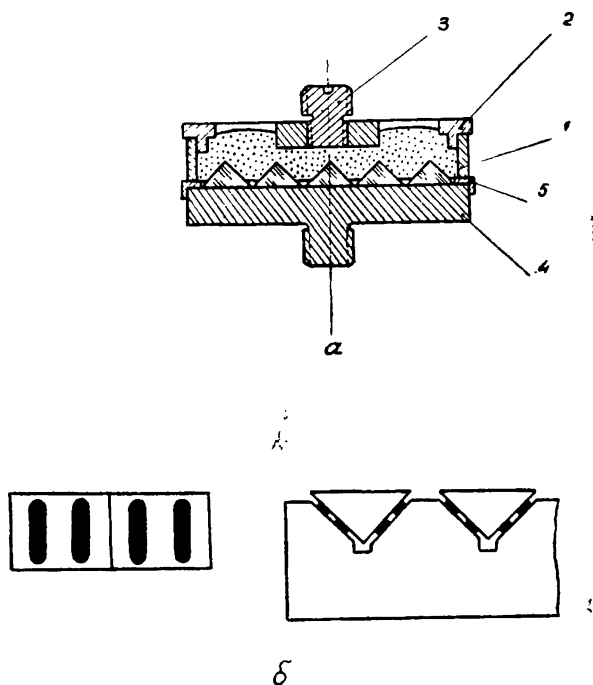
На чистовом этапе обработки, когда производится мелкая шлифовка и полировка рабочих граней призмы, установочными базами являются проверочные базы, а именно, сами же



Фиг. 26. Использование проверочных баз при чистовой обработке призм

обрабатываемые поверхности *A*, *Б* и *В* (фиг. 26). При креплении призмы притираются этими гранями к планшайбе *е* для того, чтобы расположить в одной плоскости грани всех обра-

батываемых призм. Остальными поверхностями призмы при помощи смолы или гипса крепятся к приспособлению (фиг. 27). При использовании проверочных баз предъявляются высокие требования к качеству крепежных материалов и



Фиг. 27. Крепление призм при чистовой обработке
а — гипсом, б — смолой

приспособлений и к самому процессу блокировки, а именно, коэффициенту расширения смолы и гипса, плоскостности притирочной планшайбы, ее чистоте, а также чистоте притираемых поверхностей призм, толщине и равномерности слоя масла, на который притираются призмы.

Для процесса гипсования используется специальное приспособление, приведенное на фиг. 27,а. Оно состоит из обода 1 и крышки 2. Приспособление изготовлено из силумина, кроме резьбовой части 3, выполненной из стали, для увеличения стойкости хвостовика. Применение этого приспособления рекомендуется при использовании так называемого «ней-

трального» гипса, который при затвердевании увеличивается в объеме в незначительных пределах (1—5 мк^3 на 100 мм). В тех же случаях, когда применяется случайный гипс, расширение которого устраняется добавлением цемента, вместо металлического обода 1 применяется полоса из резины или плотной бумаги.

Процесс блокировки в гипсе ведется следующим образом: призмы притираются к точной планшайбе (отступление от плоскостности у планшайбы не должно превышать 2—3 мк) на тонкий слой машинного масла той стороной, которая будет обрабатываться. При этом для уменьшения опрокидывания от расширения гипса призмы располагаются по отношению к ободу при обработке катетных поверхностей острыми углами, а при обработке гипотенузной грани — нерабочей поверхностью. При применении металлического обода на планшайбу одевается кольцо 5 для того, чтобы обод и призмы располагались в разных плоскостях. На кольцо кладется металлический обод или планшайба плотно обертывается полосой бумаги или резины. Промежутки между призмами засыпаются сухими опилками; затем подготавливается гипсовое тесто в количестве, не превышающем емкость трех блоков, и при непрерывном размешивании гипс заливается в приготовленные формы. Через несколько минут на поверхность гипса кладется крышка. Два-три часа спустя затвердевание гипса заканчивается, с блоков снимаются резиновые или картонные ободы, блоки переворачиваются, опилки сметаются, поверхность гипса покрывается лаком или парафином для предупреждения выпадения частиц гипса и блок передается на мелкую шлифовку.

При блокировке на смоле используются специальные приспособления из силумина с канавками, углы у которых изготовлены с точностью 10—15' (фиг. 27,б). На поверхности призм предварительно наклеивается смола, которая для уменьшения их деформации наносится не сплошным слоем, а отдельными зонами (жгутиками), как показано на фиг. 27,б. Затем призмы укладываются рядами на предварительно размеченную планшайбу; приспособление разогревается до температуры порядка 90° и опускается на смолу. После оплавления смолы блок охлаждается в воде комнатной температуры и передается на шлифовку. Так, в гипсе или на смоле, в зависимости от метода, принятого на заводе, производится блокировка для обработки всех трех рабочих граней призмы.

Призмы в блоках проходят последовательную шлифовку и полировку на шлифовально-полировальных станках, имею-

щих вращение нижнего звена и возвратно-поступательное перемещение верхнего звена. При этом для сохранения чистоты деталей рекомендуется вначале обрабатывать грани меньших размеров (катетные), а затем больших (гипотенузные).

Мелкую шлифовку призм в блоках ведут абразивными порошками марок М20 и М10. После обработки каждым порошком поверхности призм и шлифовальника проверяют на отступление от плоскостности сферометром. Чистота поверхностей призм проверяется при помощи лупы $3\times$ увеличения. Отшлифованные и проверенные блоки поступают на полировку, которая ведется полиритом на смоляных полировальниках. При этом снимается матовый слой и плоскостность граней выдерживается в пределах допуска, заданного в кольцах интерференции (N и ΔN). Процесс полировки сопровождается периодическим контролем чистоты граней при помощи лупы $3\times$ увеличения, а формы граней — пробными стеклами или на интерферометрах (фиг. 28, 29).

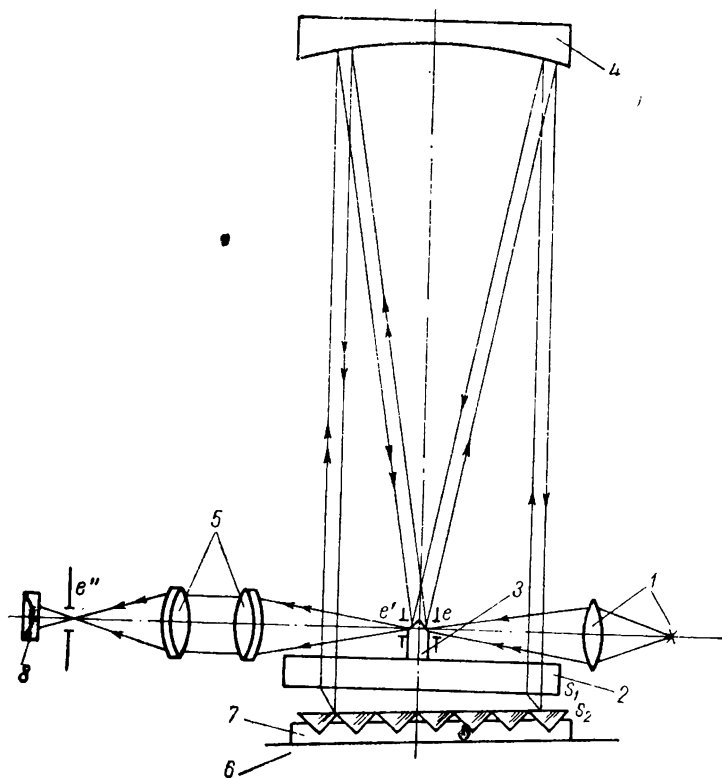
После контроля полированные поверхности призм во избежание образования царапин на дальнейших операциях покрывают защитным лаком и отправляют на разблокировку. Гипсовые блоки разблокировывают при помощи деревянного молотка или на специальном прессе. Разблокировку смоляных блоков производят охлаждением. Для этого блоки помещают в холодильные камеры, в которых поддерживается температура от -18 до -20°C . После выдерживания в камере в течение 20—30 мин. призмы легко снимаются со смолы благодаря различию коэффициентов линейного расширения стекла $(0,6 \div 1) \cdot 10^{-5}$ и смолы $(5 \div 15) \cdot 10^{-5}$. После разблокировки повторяются процессы блокировки, шлифовки и полировки остальных рабочих граней призм.

Когда все рабочие поверхности обработаны, призмы промываются в органических растворителях и окончательно проверяются в отделе технического контроля по чистоте, плоскостности, линейным размерам, углам и разрешающей способности.

Приборы для контроля полированных призм

Контроль плоскостности рабочих полированных граней производится пробными стеклами или на интерферометрах. Первый вид контроля имеет ряд недостатков, к которым относится: а) наличие контакта между пробным стеклом и деталью, что создает опасность нарушения чистоты проверяемых граней и снижает производительность контроля из-за

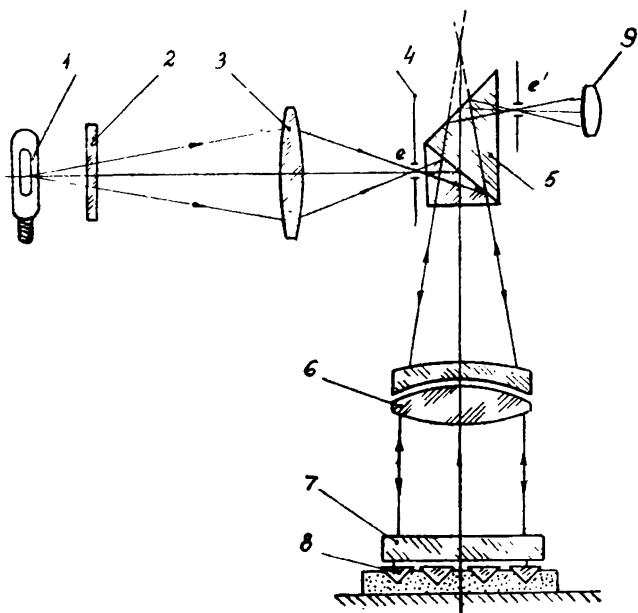
необходимости тщательной очистки контактируемых поверхностей; б) невозможность контроля всего блока в целом. Все эти недостатки устраняются при применении интерферометров.



Фиг. 28. Интерферометр с зеркальным объективом

Приводим схемы двух типов интерферометров. Интерферометр с зеркальным объективом (фиг. 28) состоит из осветителя 1, эталона 2 с призмой 3, объектива 4, зрительной трубы 5 и столика 6, на который устанавливается блок призм 7. Источник света (ртутная лампа) через светофильтр проектируется конденсором в диафрагму e , расположенную в фокусе зеркала 4. После отражения от серебряной поверхности приз-

мы свет падает на зеркало, отражается от него параллельным пучком, проходит эталон и попадает на испытуемые грани призмы. Лучи, отраженные от рабочей поверхности эталона и граней призмы, после вторичного отражения от зеркала строят изображение диафрагмы e'' , которая рассматривается в зрительную трубу 5 через лупу 8. Лупа используется для

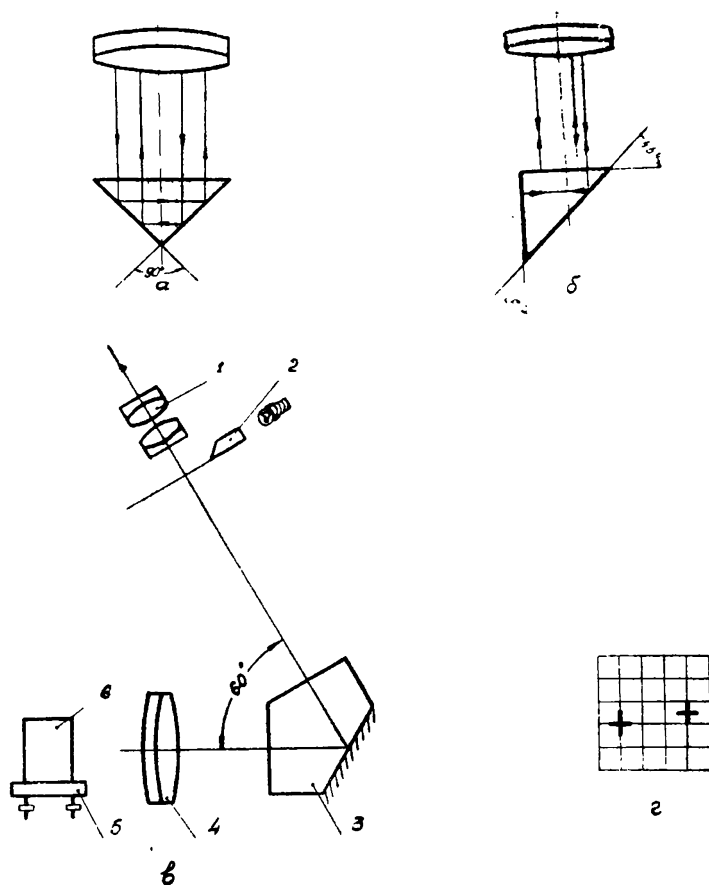


Фиг. 29. Интерферометр с линзовым объективом

совмещения двух изображений диафрагмы в одно, что достигается устранением клиновидности между поверхностями S_1 и S_2 . Это осуществляется винтами столика 6. Затем лупа откидывается и через трубку 5 наблюдается картина интерференции, возникающая при отражении от поверхностей S_1 и S_2 .

На фиг. 29 приведена схема интерферометра с линзовым объективом 6. Блок призмы 5 применяется для изменения хода лучей. Изображение диафрагмы e может быть рассмотрено при помощи откидной лупы 9. При наблюдении интерференционной картины глаз помещается вблизи выходной грани призмы 5.

Контроль углов полированных призм производится на автоколлиматорах, в частности тех, о которых мы уже говорили выше (фиг. 23 и 30, 31). Призма контролируется в рабочем положении, т. е. при прохождении через нее лучей. При



Фиг. 30. Схема универсального автоколлиматора для контроля углов полированных призм: а — положение призмы для контроле угла 90° ; б — при контроле разности углов 45° ; в — оптическая схема прибора; г — вид поля зрения прибора

контроле угла 90° и пирамидальности призму располагают к объективу гипотенузной гранью (фиг. 30,а), при контроле разности углов 45° — катетной гранью (фиг. 30,б).

На фиг. 30,в приведена оптическая схема универсального автоколлиматора, на котором можно контролировать любые призмы, развертывающиеся в плоско-параллельные пластинки. Прибор состоит из автоколлимационного окуляра 1, призмы 3, объектива 4, столика 5, на котором устанавливается на нерабочую грань контролируемая деталь 6. Вид поля зрения приведен на фиг. 30,г. Расхождение изображений автоколлимационной марки по горизонтали характеризует ошибки углов, по вертикали — пирамидальность призмы.

Ошибка угла 90° , если цена деления сетки выражена в миллиметрах, будет

$$\Delta\alpha' = \frac{10^4 t \cdot a_1}{12 f'_{06} n_D}$$

или

$$\Delta\alpha' = \frac{t \cdot a_2}{4 n_D},$$

где t — отсчет по шкале в делениях;

a_1 — цена деления в мм;

n_D — показатель преломления стекла;

a_2 — цена деления в мин.

При измерении ошибок углов 45° у полированной призмы определяется не отступление каждого из углов, а разница между углами, так называемая разность углов, обозначаемая $\delta 45^\circ$.

Значение $\delta 45^\circ$, если цена деления сетки выражена в миллиметрах, будет

$$\delta 45^\circ = \frac{10^4 t \cdot a_1}{6 f'_{06} n_D}$$

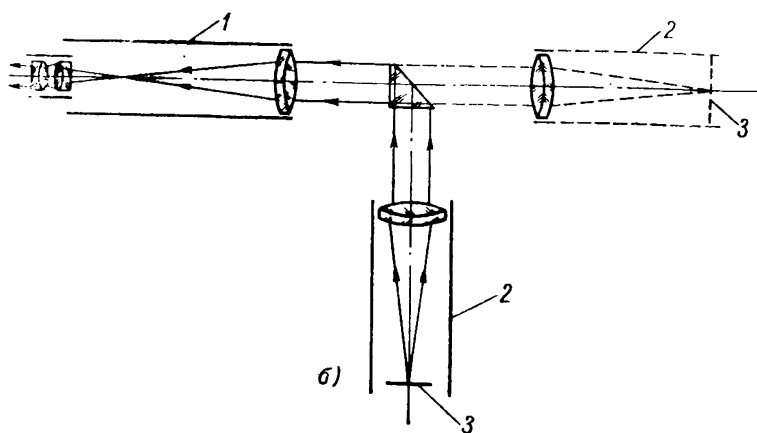
или

$$\delta 45^\circ = \frac{t \cdot a_2}{2 n_D}.$$

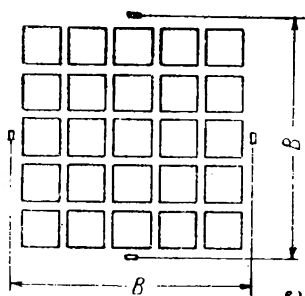
У готовых, проверенных по всем параметрам призм предельный угол разрешения контролируется на специальной установке, фотография и схема которой приведены на фиг. 31,а и 31,б. Установка (фиг. 31,а) состоит из зрительной трубы 1 и длиннофокусного коллиматора 2. В фокальной плоскости объектива коллиматора расположена испытательная таблица — штриховая мира 3 (фиг. 31,б). Вид миры приведен на фиг. 31,в. Она представляет собой стеклянную пластинку с нанесенной на ней таблицей из 25 элементов. Каждый элемент миры состоит из четырех групп параллельных светлых



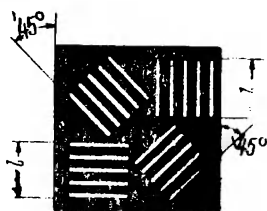
a)



б)



в)



Фиг. 31. Длиннофокусная коллимационная установка для контроля предельного угла разрешения призм: а — общий вид установки; б — оптическая схема установки; в — мира

полос одинаковой ширины и длины, расположенных, как показано на рисунке. Ширина темных промежутков между полосами равняется ширине светлых полос. Ширина полос убывает от элемента № 1 к элементу № 25 по закону геометрической прогрессии со знаменателем $\frac{1}{\sqrt{2}} \cong 0,94$.

Существует набор мир, насчитывающий шесть пластинок, различающихся между собою размерами и масштабами нанесенной на них таблицы. Миры набора нумеруются в порядке увеличения масштаба таблицы.

В зависимости от фокусного расстояния объектива коллиматора каждый элемент всего набора мир имеет определенное значение угла разрешения и определенное число полос на одном миллиметре.

Угол разрешения элемента миры, т. е. угловое расстояние между серединами соседних светлых полос этого элемента, вычисляется по формуле

$$\varphi'' = \frac{2l}{f'} 206265,$$

где φ'' — угол разрешения в сек;

l — ширина светлой полосы в мм;

f' — фокусное расстояние коллиматора в мм.

Число полос на миллиметр (R_N) для любого номера элемента данной миры вычисляется по формуле

$$R_N = \frac{60}{B} K_N,$$

где B — длина базы миры в мм (расстояние между марками, фиг. 31, в);

K_N — коэффициент, зависящий от номера элемента ($K_N = 1,06^{N-1}$, значение берется из таблицы);

N — номер элемента миры.

Объективы коллиматора и зрительной трубы должны быть высококачественными. Объектив коллиматора обычно имеет фокусное расстояние от 600 до 5000 мм и относительное отверстие не менее 1:9. Оптика зрительной трубы рассчитывается так, чтобы обеспечивалась возможность разрешения элемента миры с наименьшими расстояниями между штрихами.

Работа на приборе заключается в следующем.

Как указывалось выше, на чертеже в таблице «Требования к детали» у призм средней и высокой точности всегда

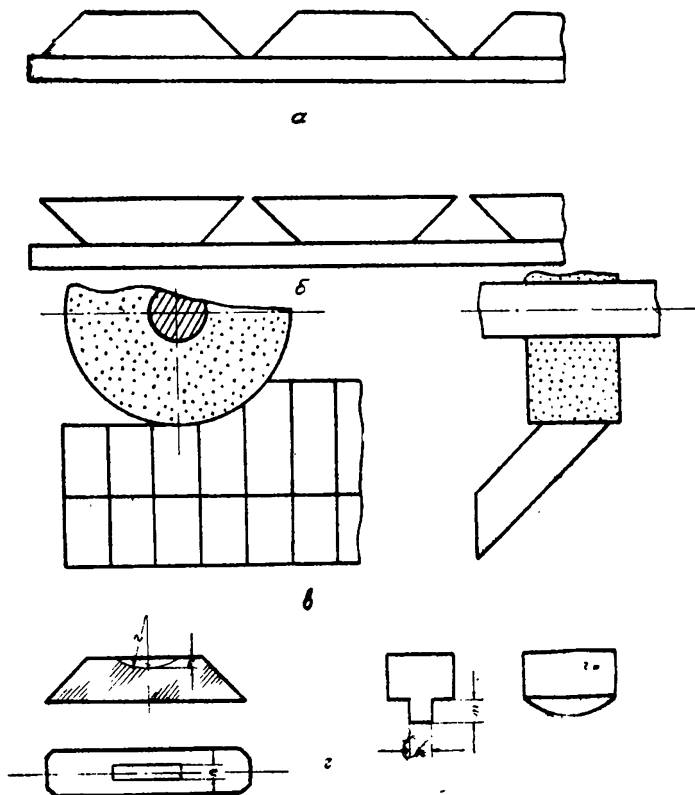
указывается значение предельного угла разрешения φ . Перед контролем призмы в коллиматор устанавливается мира, расстояние между штрихами которой содержит значение φ для фокусного расстояния объектива коллиматора. При этом штрихи контрольного элемента миры, соответствующего заданному φ , при рассматривании через зрительную трубу должны быть видны четко и раздельно. Затем в параллельный пучок лучей вводится испытываемая призма. Если при этом изображение контрольного элемента миры остается без изменений, значит предельный угол разрешения призмы выдержан в допуске. При нерезкости изображения контрольного элемента призма бракуется. Затем выясняется причина брака и в случае плохой плоскостности рабочих граней они переполнируются. Если причина заключается в неоднородности стекла (наличие большого двойного лучепреломления, свильность), призма считается забракованной из-за материала.

3. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПРИЗМЫ ДОВЕ

Как и в предыдущем случае, у призмы Дове первыми обрабатываются нерабочие грани, которые при дальнейших операциях являются измерительными базами. Затем призмы, склеенные нерабочими гранями в столбики, блоками проходят грубую и среднюю шлифовку остальных четырех поверхностей. Первой обрабатывается верхняя нерабочая грань. Перед этой операцией столбики наклеивают парафином на пластины (фиг. 32,а) или укрепляют в сепараторах, аналогичных приведенным на фиг. 14. В таких же условиях обрабатывают гипотенузную поверхность. Катетные грани чаще всего шлифуют связанным абразивом — шлифовальными кругами или алмазными фрезами. После того как проведена грубая шлифовка, столбики призм проходят доводку углов 45° и исправление пирамидальности. При этой операции используются автоколлиматор для контроля любых углов призм (фиг. 23) и прибор для контроля пирамидальности шлифованных призм (фиг. 24), причем на приборе для контроля пирамидальности устанавливают специальный столик для призм Дове. После доводки столбик расклеивают, призмы промывают и со всех ребер снимают фаски, а если это требуется по чертежу, то и скосы.

Дополнительной операцией при обработке призм Дове в заготовке является фрезерование канавки на ее верхней нерабочей грани. Этот процесс ведется цилиндрической алмазной фрезой на фрезерном станке. Детали при этом крепятся

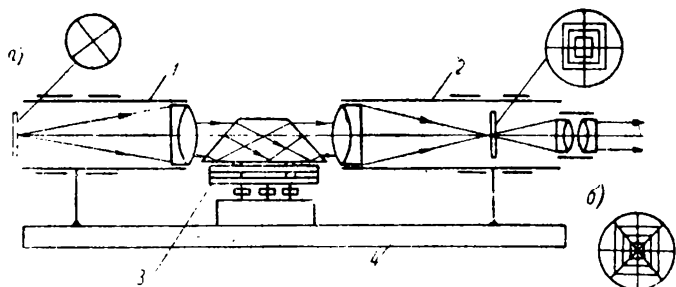
в специальном приспособлении. Контроль канавки осуществляют специальными шаблонами, которые измеряют ее ширину, глубину и радиус (фиг. 32,г).



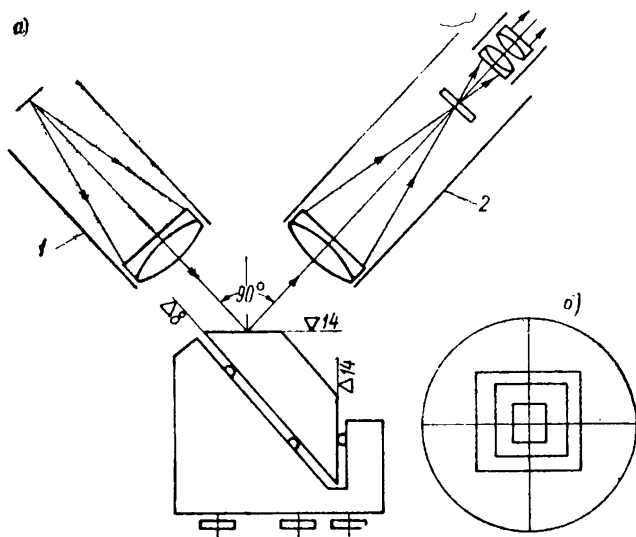
Фиг. 32. Изготовление призмы Дове: а — крепление при обработке верхней нерабочей грани; б — крепление при обработке гипотенузной грани; в — обработка шлифовальным кругом катетных граней; г — канавка и шаблон для ее контроля

На чистовом этапе мелкая шлифовка и полировка рабочих граней призмы производится в блоках. Вследствие того, что призма Дове имеет довольно жесткий допуск на пирамидальность, а именно, в пределах 15—16 сек, исправление ее производится при специальной доводочной операции, которая ведется на ножном станке. Призмы обрабатывают поштучно или столбиком. В первом случае, при креплении в гипсе или

на смоле шлифуют и полируют одну из катетных и гипотенузную грани. Затем поштучно, подшлифовывая на ножном



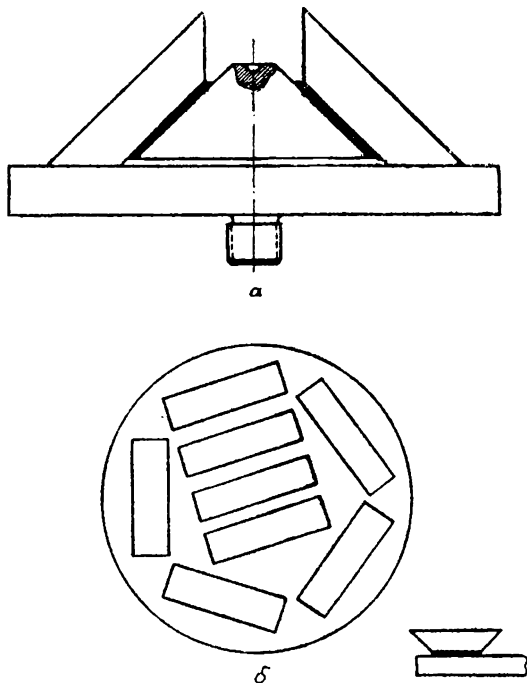
Фиг. 33. Установка для контроля разности углов 45° и пирамидальности призм Дове при обработке по первому методу: а — схема установки; б — вид поля зрения



Фиг. 34. Установка для контроля углов 45° и пирамидальности призм Дове при обработке по второму методу: а — схема установки; б — вид поля зрения

станке неполированную катетную грань, доводят пирамидальность до требуемого значения. Контроль призм ведут на установке для контроля разности углов 45° и пирамидальности призм Дове.

Установка (фиг. 33,*а*) состоит из коллиматора 1, зрительной трубы 2 и столика 3, жестко смонтированных на основании 4. Перед измерением поворотом одной из труб совмещают центр изображения перекрестия коллиматора с центром сетки зрительной трубы. Затем выставляют горизонтально столик



Фиг. 35. Крепление призм при мелкой шлифовке и полировке: *а* — второй катетной грани, которой велось исправление углов; *б* — гипотенузной грани, которой велось исправление углов (по второму методу)

прибора. Для этого на него ставят эталонную призму и, перемещая винты, добиваются совпадения центров перекрестий при ходе лучей через эталон. После этого начинают контролировать обрабатываемые детали. Вследствие того, что исправление ведут шлифовкой одного из катетов, то при контроле для устранения рассеяния света на этот катет на слой иммерсион-

ного масла накладывают точную полированную пластину или сам катет слегка прополировывают. Смещение изображения перекрестия коллиматора по горизонтали показывает ошибку пирамидальности, по вертикали — разность углов 45° .

Во втором случае (обработка столбиком) перед доводкой у призм в блоках шлифуют и полируют обе катетные грани. Затем призмы нерабочими гранями склеивают с помощью воска в столбики и шлифовкой гипотенузной поверхности, которую ведут на ножном станке, устраняют пирамидальность. В этом случае используют установку для контроля углов 45° и π у призм Дове (фиг. 34), состоящую из коллиматора 1 и зрительной трубы 2, развернутых под углом 90° .

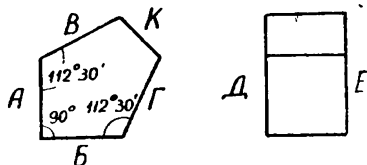
Отражение света происходит сначала от одной полированной катетной поверхности, а после поворота столбика призм на 180° — от другой. При этом контролируется пирамидальность и не разность углов 45° , а отклонение каждого угла 45° от эталона. Это дает возможность судить также об ошибке угла 90° , который на первой установке проверить нельзя.

После доводки призм тем или иным способом шлифованные грани, которыми велось исправление, шлифуют и полируют блоками; крепление призм производят в гипсе или смолой, в последнем случае на специальных приспособлениях (фиг. 35).

4. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПЕНТА-ПРИЗМЫ

Пента-призма (фиг. 36) имеет три грани нерабочие D , E , K и четыре рабочие: A , B , B и $Г$. Первыми на заготовительном этапе обрабатываются нерабочие грани D и E . Крепление

осуществляется наклейкой на пластины. Затем призмы обрабатываются в столбики и в приспособлениях или по одному столбику вручную производится грубая и средняя шлифовка нерабочей грани K и четырех рабочих граней. Вначале шлифуются грани A и B , между ними выдерживается угол 90° . Контроль ведется либо на приборе для контроля углов шлифованных призм (фиг. 22), либо на авто-

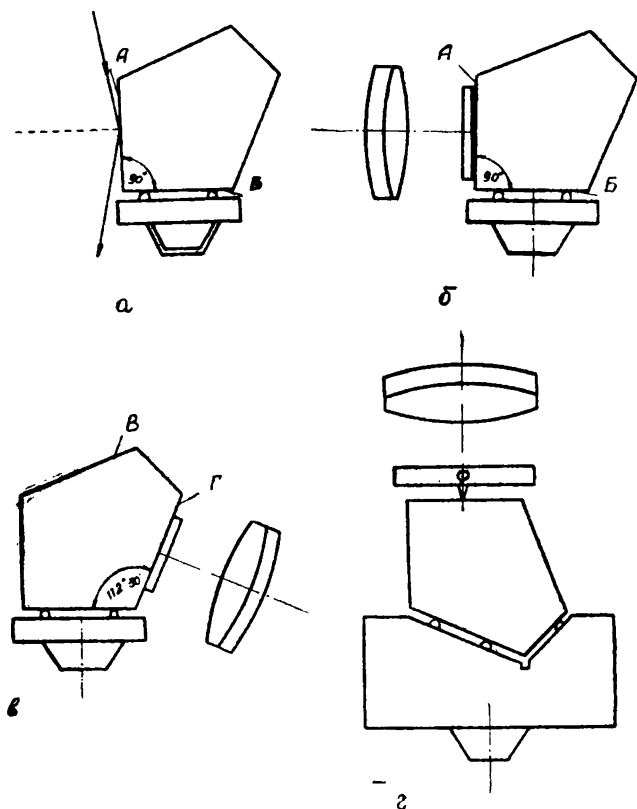


Фиг. 36. Пента-призма: D , E и K — нерабочие грани; A , B , B , $Г$ — рабочие

коллиматоре для контроля углов любых призм (фиг. 23) по схемам, приведенным на фиг. 37,а и 37,б. При обработке граней B и $Г$ на этих же приборах контролируются углы $112^\circ30'$ по схеме фиг. 37,в. Одновременно на приборе для

контроля пирамидальности призм, склеенных в столбик (фиг. 24), проверяют пирамидальность по схеме фиг. 37,г.

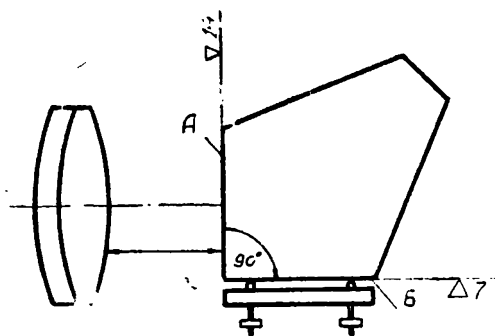
На чистовом этапе обработку рабочих граней ведут при блокировке в гипсе. Если допуски на углы лежат в пределах 3—5', все четыре грани обрабатывают в блоках последовательно одну за другой. Если допуски имеют меньшее значение,



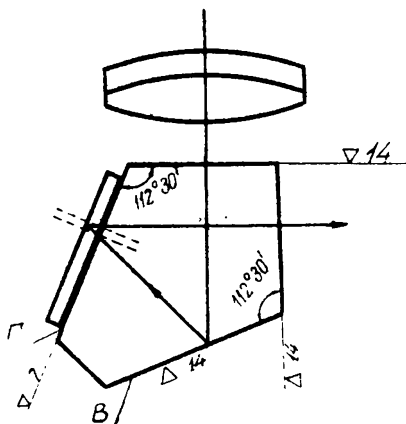
Фиг. 37. Положение пента-призмы при контроле на заготовительном этапе: а, б — угла 90°; в — углов 112°30'; г — пирамидальности

призмы доводятся вручную. Отполировав в блоке грань А, используют ее для контроля по схеме а (фиг. 38), а исправление угла 90° ведут шлифовкой грани Б. Эту грань окончательно шлифуют и полируют при креплении в гипсе, затем призмы переблокировывают и также шлифуют и полируют

грань B , причем полировка ведется с большей точностью, т. к. эта грань отражающая. Шлифуя грань Γ , ведут исправление



а



б

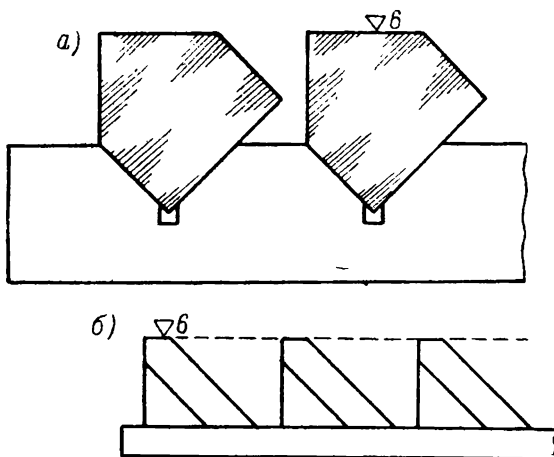
Фиг. 38. Положение пента-призмы при контроле на чистовом этапе обработки: а — угла 90° ; б — разности углов $112^\circ 30'$

разности углов $112^\circ 30'$. В этом случае контроль производят на автоколлиматорах (фиг. 23 и 30) по схеме, приведенной на фиг. 38,б, где рассеивающее действие шлифованной

поверхности Γ устраняется путем наложения на нее полированной пластинки, смоченной иммерсией. Последней операцией является обработка этой грани при блокировке призм в гипсе.

5. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ПРИЗМЫ С КРЫШЕЙ

Любая призма с крышей относится к призмам высокой точности, так как угол крыши, наносимый на одну из отражающих граней призмы, должен быть изготовлен с точностью $1-5''$, отступление от плоскостности граней крыши должно быть не более одного кольца интерференции, а количество

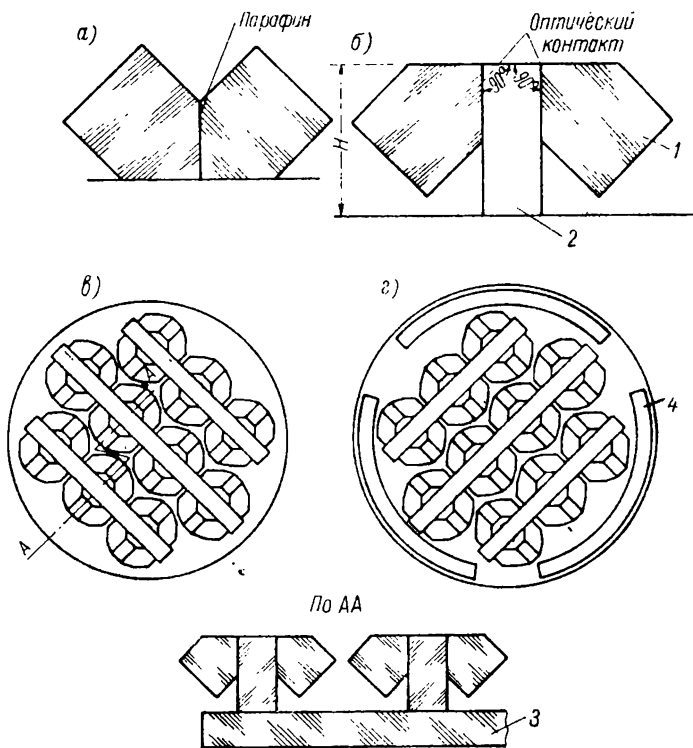


Фиг. 39. *a* — крепление призм при обработке сторон крыши; *б* — крепление призм при снятии скосов

рабочих граней в призме больше на одну, по сравнению с такой же призмой без крыши. Естественно, что технологический процесс изготовления таких призм более трудоемкий.

На заготовительном этапе изготовление призм с крышей идет в обычной последовательности. Первыми обрабатываются нерабочие грани, затем призмы этими гранями склеиваются в столбики и обрабатываются катетные грани. При данной операции угол 90° между катетными гранями выдерживается с точностью $2'$. Для контроля угла используются угольники, угломеры и контрольные приборы (фиг. 22 и 23). После этого столбики расклеивают и в приспособлениях обрабатывают грани крыши, наклеивая призмы так, как это показано на

фиг. 39,а. В связи с тем, что обработка призм в приспособлениях не обеспечивает требуемой точности, на некоторых заводах вводят поштучную доводку углов крыши, которую сопровождают контролем угла на одном из приборов, приведенных на фиг. 22 и 23. Затем снимают скосы на трехгранных углах и фаски на двухгранных, для снятия скосов призмы наклеивают на пластины (фиг. 39,б).



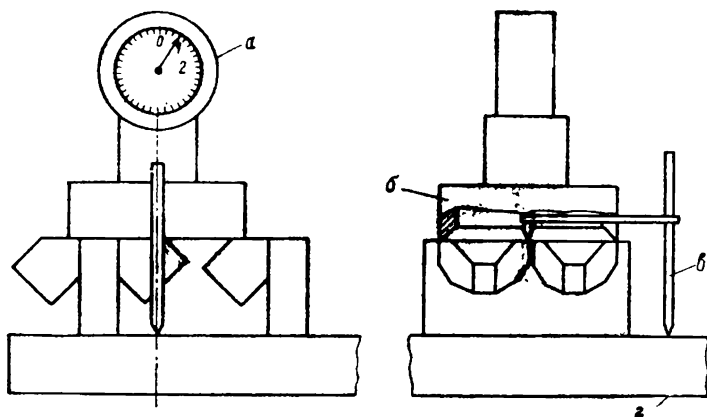
Фиг. 40. Крепление призм на чистовом этапе обработки
 а — попарная склейка призм парафином при обработке первой стороны крыши; б в, г — посадка на оптический контакт для обработки второй стороны крыши по первому методу

На операциях мелкой шлифовки и полировки первой обрабатывается крыша, которая при обработке катетных граней является измерительной базой. Призмы попарно сторонами крыши склеивают парафином для обеспечения устойчивого положения при обработке (фиг. 40,а), блокируют в гипсе,

шлифуют и полируют первую сторону крыши. Затем призмы разгипсовывают, промывают и поштучно исправляют на ножном станке угол крыши с точностью $10-15''$, контролируя на автоколлиматоре для контроля углов любых призм (фиг. 23). После этого приступают к обработке второй стороны крыши с одновременным выдерживанием угла крыши с точностью $1-5''$. Эту операцию осуществляют тремя методами. Выбор того или иного метода определяется типом производства. При массовом и крупносерийном производстве обработку второй стороны крыши производят методом многократного оптического контакта. Этот метод заключается в том, что призмы 1 (фиг. 40,б) полированной стороной крыши соединяют при помощи оптического контакта со стеклянной прямоугольной пластиной 2. Эта пластина обработана с большой точностью. Ее поверхности отполированы с отступлением от плоскостности не более $0,1$ кольца интерференции. Углы 90° выполнены с ошибкой порядка $1-2''$. Все пластины одного блока имеют одинаковую высоту H с разбросом — $0,01$ мм. В зависимости от размеров обрабатываемых призм их помещают по 4—10 штук с каждой стороны пластины. Контактные пластины 2 соединяют в свою очередь при помощи оптического контакта с круглой плоско-параллельной пластиной 3 (фиг. 40,в). Иногда для создания круглого блока с целью более быстрого получения точной поверхности по краям ставят на оптический контакт стеклянные сегменты 4 (фиг. 40,г). Для обеспечения стабильности контакта в процессе работы места соединения призм с контактной пластиной замазывают лаком, а на некоторых заводах промежутки между призмами заполняют пластином. Последний применяется для предотвращения попадания абразива и полирующих порошков в середину блока. Для упрочнения оптического контакта рекомендуется блоки помещать в термостат с $T = +50^\circ$ на 1—1,5 часа.

Подготовленный блок поступает на мелкую шлифовку, которую ведут только порошком М10. Во время шлифовки добиваются параллельности между обрабатываемыми поверхностями крыши и поверхностью контактной пластины 3, выдерживая неравенство размера H в пределах $0,001-0,002$ мм по всему блоку. Для этого промеряют отступление размера H в трех-четырех точках блока специальным индикатором (фиг. 41), состоящим из мерительного инструмента A (индикатора, миниметра), кольца B и щупа B . Отрегулировав предварительно щуп по измеряемой высоте H , устанавливают кольцо на обрабатываемую грань крыши, а щуп — на поверхность контактной пластины. Обнаруженная при измерении

клиновидность устраняется шлифовкой, которую ведут на станке, смещая палец поводка относительно центра блока в сторону наибольшего значения отклонения размера H . Для этой цели на блокировочной планшайбе имеются радиально расположенные углубления для пальца поводка.

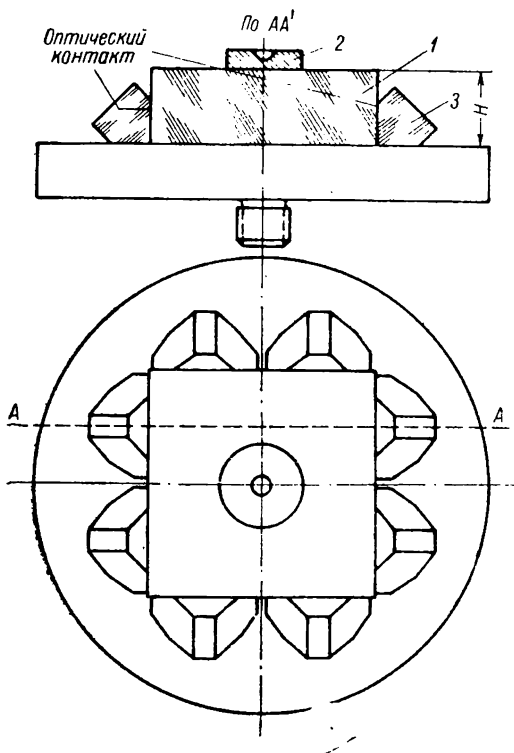


Фиг. 41. Индикатор со щупом для контроля клиновидности блока

Отсутствие клеящего слоя между призмами и приспособлением, точность самого приспособления и постоянство размера H по всему блоку обеспечивают изготовление угла крыши с точностью $1-5''$. Вследствие этого в большинстве случаев в процессе полировки неравенство размера H больше не контролируется, а на интерферометре (фиг. 28 или фиг. 29) проверяется только плоскостность полируемых поверхностей. В тех случаях, когда и полировка сопровождается контролем неравенства размера H по всему блоку (допуск на угол крыши $1''$), этот контроль ведется при помощи длиннофокусного автоколлиматора. Параллельный пучок лучей, вышедший из автоколлиматора, после отражения от граней призм и поверхности контактной пластины дает в случае их непараллельности два изображения автоколлимационной марки. По расстоянию между этими изображениями судят об ошибке угла крыши.

Обработка крыши по второму методу производится при мелкосерийном производстве. В этом случае крепление призм также осуществляется при помощи оптического контакта (фиг. 42). Приспособлением является прямоугольная стеклянная пластина 1, углы и поверхности которой выполнены точно.

В центре пластины наклеена планшайба 2 для передачи движения блоку призм от поводка станка. Подлежащие обработке призмы 3 полированной стороной крыши крепят при помощи оптического контакта, как это показано на фиг. 42.

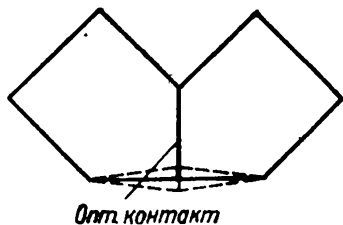


Фиг. 42. Крепление призм при обработке крыши по второму методу

В зависимости от размеров призм и приспособления одновременно обрабатывается различное количество призм. Процесс ведут, одновременно шлифуя призмы и пластину порошком М10. Точность угла крыши обеспечивается плоско-параллельностью приспособления совместно с призмами, т. е. постоянством размера H по всему блоку. Контроль плоско-параллельности ведется индикатором или микрометром в процессе шлифовки и автоколлиматором в процессе полировки. Плос-

костность обрабатываемых граней блока проверяют пробными стеклами или на интерферометре.

При обработке по третьему методу призмы крепят парами на оптическом контакте (фиг. 43). Этот метод применяется при единичном производстве и исправлении призм, обработанных двумя предыдущими методами. Перед посадкой на контакт призмы проверяют на автоколлиматоре (фиг. 23), а затем комплектуют парами в соответствии с ошибками, близкими по величине и одинаковыми по знаку. Пары призм соединяют при помощи оптического контакта, затем только полировкой ведут процесс исправления вручную или на полуавтоматах [3]. В последнем случае призмы крепят в формующих стеклянных сепараторах. Сепаратор представляет собой стеклянный диск с отверстиями, в которые заложены призмы. Сепаратор через палец поводка передает деталям рабочее движение и одновременно формует поверхность полировальника. Для предохранения от выкалывания углов призм при ударе о стенки сепаратора имеются вкладыши из винипласта. В формующих сепараторах можно доводить углы любых призм, создавая с помощью груза дополнительное давление на ту зону поверхности призмы, с которой нужно снять больше стекла.



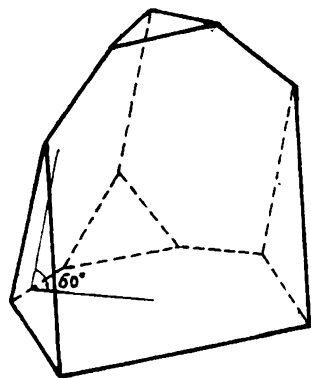
Фиг. 43. Крепление призм при обработке крыши по третьему методу

Контроль плоскостности полируемых граней ведут пробными стеклами или на интерферометре. Полировка продолжается до тех пор, пока полосы интерференции не станут прямолинейными и расположенными на одинаковом расстоянии одна от другой. Затем призмы снимают с оптического контакта и проверяют на приборе, опять комплектуют парами, крепят на оптический контакт и полируют. Процесс повторяется до того момента, пока ошибка угла крыши не достигнет заданного допуска.

После изготовления угла крыши приступают к обработке катетных граней. При данной операции необходимо для обеспечения эквивалентности призмы плоско-параллельной пластинке выдержать углы между крышей и катетными гранями с точностью 2—5'. При шлифовке катетных граней полированные поверхности крыши используются как измерительные базы для контроля углов. Процесс осуществляется двумя

методами. По первому методу, наиболее распространенному, шлифовка обеих катетных граней производится вручную, при этом выдерживаются двугранные углы 60° , образованные сторонами крыши с катетными гранями (фиг. 44). Контроль углов 60° ведется на автоколлиматоре, подобном приведенному на фиг. 23; при этом для отражения пучка лучей, строящего автоколлимационное изображение марки, используется полированная грань крыши.

При втором методе производится исправление углов 45° , образованных ребром крыши и катетными гранями, а также пирамидальности шлифовкой одного из катетов. При обработке по этому методу после изготовления крыши призмы загипсовывают в блоки для шлифовки и полировки первого катета. После его обработки шлифовкой второй катетной грани у призм исправляют пирамидальность и разность углов 45° . Эта операция ведется поштучно на ножном станке и сопровождается периодическим контролем призм на специальной установке (фиг. 45). Здесь *А* — коллиматор; *Б* — зрительная труба; *В* — столик с призмой *Г*; *Д* — полированная пластина, накладываемая на слой иммерсии. На фиг. 45,а показан вид поля зрения в приборе. Смещение изображения перекрестия коллиматора по вертикали характеризует ошибку $\delta 45^\circ$, по горизонтали — пирамидальность. На нулевое деление изображение перекрестия



Фиг. 44. Двугранные углы 60° , образованные катетными гранями с поверхностями крыши

коллиматора устанавливается по эталонной призме.

Величина ошибки может быть определена по формуле

$$\Delta\alpha' = \frac{10^4 t \cdot a_1}{6f'_{об} n_D}$$

или

$$\Delta\alpha' = \frac{t \cdot a_2}{2n_D},$$

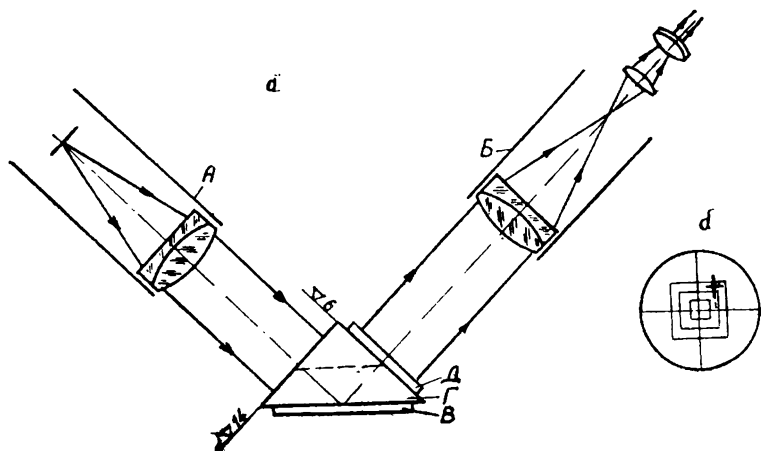
где t — отсчет по шкале сетки в делениях;

a_1 — цена деления в мм;

a_2 — цена деления в минутах.

При работе по второму методу у призм, кроме $\delta 45^\circ$ и пирамидальности, необходимо контролировать, например, на

автоколлиматоре, (фиг. 23) угол 90° , ибо только что упомянутая нами установка (фиг. 45) ошибку этого угла не определяет. К недостаткам второго метода следует также отнести то, что при наложении призмы при контроле на столик полированными гранями крыши можно нарушить их чистоту.



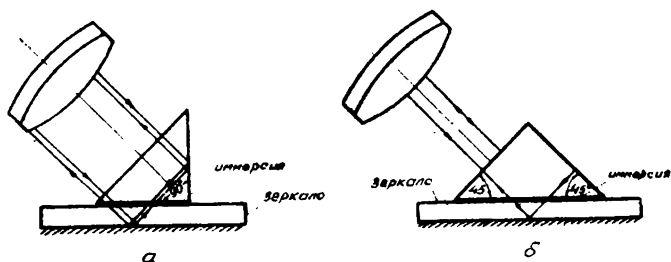
Фиг. 45. Установка для контроля разности углов 45° и пирамидальности прямоугольных призм с крышей: а — схема установки; б — вид поля зрения

После поштучной доводки любым методом призмы блокируются в гипсе и проходят мелкую шлифовку и полировку катетных граней. На этом процессе обработка призм с крышей заканчивается. При контроле призм на длиннофокусной коллиматорной установке, кроме предельного угла разрешения по двоению мира, определяется ошибка угла крыши.

6. ИСПРАВЛЕНИЕ ЗАБРАКОВАННЫХ ПРИЗМ

Независимо от конфигурации призм исправление их ведется по одному технологическому процессу. Призмы, забракованные по чистоте и неплоскостности рабочих граней, повторно перешлифовываются и переполировываются при креплении в гипсе. Исправление ошибок углов ведется поштучно шлифовкой одной из граней призмы порошком М20 на ножном станке. Процесс сопровождается контролем углов призм на приборах. Рекомендуется вести контроль при прохождении лучей через призму, т. е. в рабочем положении, без эталона.

Для устранения рассеивающего действия шлифованной гранью, которой ведется поправка, применяется иммерсия. На шлифованную поверхность призмы накладывается точная плоско-параллельная пластинка, на которую предварительно наносится иммерсионное масло, или же на столик прибора укрепляется точное зеркало и на него на иммерсию шлифованной гранью ставится призма. На фиг. 46,а приведена схема контроля прямоугольной призмы при исправлении катетом угла 90° и гипотенузной гранью — разности 45° (фиг. 46,б). Лучи,



Фиг. 46. Расположение призм при контроле их после исправления: а — угла 90° — катетной гранью; б — разности углов 45° — гипотенузной гранью

пройдя с некоторым рассеянием слой иммерсии, заполнившей неровности шлифованной грани призмы, отражаются от серебряной поверхности зеркала. Поле зрения прибора и определение ошибок аналогичны данным, приведенным на стр. 39 и 40 настоящей работы.

После исправления призмы блокируют в гипсе или на смоле для шлифовки и полировки той грани, которой велась поправка.

7. ЗАМЕЧАНИЯ ПО ИЗГОТОВЛЕНИЮ ДРУГИХ ПРИЗМ

Преломляющие и не рассмотренные выше отражательные призмы изготавливаются по той же технологической схеме. Некоторое отличие имеется только в методах контроля углов призм. Вследствие того, что преломляющие призмы не развертываются в плоско-параллельную пластинку, контроль их углов при изготовлении производится только на приборах, настраиваемых по эталону (фиг. 22, 23). Если точность углов лежит в пределах нескольких секунд, то контроль ведут на точном гониометре, который дает абсолютное значение измеряемого угла.

Особую технологию имеют призмы: тетраэдр, бипризма, многогранная (36, 72-гранная). Эти призмы характеризуются высокой точностью углов (допуски часто лежат в пределах $1 \div 5''$). Они крепятся при помощи оптического контакта, обязательно проходят поштучную доводку углов, которая ведется вручную. Контроль углов таких призм, как правило, ведется на точных гониометрах. Вследствие того, что эти призмы применяются редко и изготавливаются мелкими партиями их технология не приводится.

ЛИТЕРАТУРА

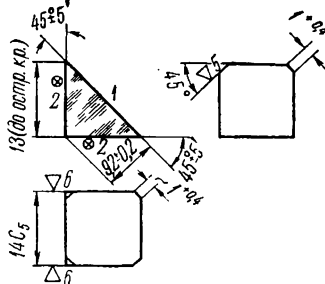
1. Соколовский А. П. Курс технологии машиностроения, ч. 1, Машгиз, 1947.

2. Twyman F. Prism and Lens making. L. Hilger Watts LTD, Hilger Division, L., 1952.

3. Куманин К. Г., Кузнецов С. М., Шишкин Г. М. Механизированная доводка плоских оптических деталей, Оборонгиз, 1955.

		Регистр. №	
		Утвердил:	▽14 остальное
Требования к стеклу	Δn_D	4B	
	$\Delta (n_F - n_C)$	4B	
	Однородн.	2	
	Двойн. луч.	2	
	Светопогл.	1	
	Бессвильн.	2Б	
	Пузырн.	2Б	
Требования к детали	$N_1 = \pm 1,0$		
	$\Delta N_1 = \pm 3,0$		
	$N_2 = \pm 5,0$		
	$\Delta N_2 = \pm 0,5$		
	$\pi = 10'$		
	$\Delta 90^\circ = 2'$		
	$P = IV$		
	$f = 15''$		
l	13		
св. ∅	10		

1. Просветл. 24И
2. Размеры без допусков выполнить по 7 классу точности
3. Фаска кругом $0,3 \pm 0,3$ ▽5.



Взамен инв.
№ подлин.

Инв. №
подлин.

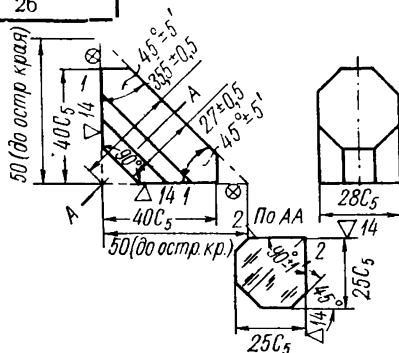
Дата | Подпись

					Прямо- уголь- ная призма			
Лит. изм.	Кол.	Докум. и его №	Под- пись	Дата		Литера	Вес	Ма- сштаб
Констр.								2,5 : 1
Нормы пр.								
Рук. груп.								
Нач. КБ					Стекло К8 ГОСТ 3514-57	Лист	Всего листов	
						ЛИТМО		

Сличил

Копир.

		Регистр. №	▽6 остальное
		Утвердил	
Требования к стеклу	Δn_D	3В	1. Просветл. 24И 2. Размеры без допусков выполнить по 7 классу точности 3. Фаски кругом $0,3+0,3 \nabla 5$, кроме угла крыши, где фаска $0,05$ 4. Фаска на трехгранных углах $1,0 \div 0,4$ 5. Все матовые поверхности окрасить фасочной эмалью "Е" по НВ 104.43.60
	$\Delta (n_F - n_C)$	3Б	
	Однородн.	2	
	Двойн. луч	2	
	Светопогл.	1	
	Бессвильтн.	2Б	
Требования к детали	Пузырн.	4Г	
	$N_1 = \pm 2,0$		
	$\Delta N_1 = \pm 1,0$		
	$N_2 = \pm 1,0$		
	$\Delta N_2 = \pm 0,5$		
	$P = V$		
	$\pi = 5'$		
	$\Delta 90^\circ = 10'$		
l	$f = 5''$		
		50	
св. □		26	



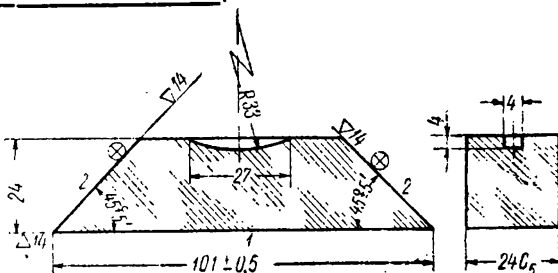
Взамен инв. № подлин.

						Призма прямо- уголь- ная с крышей			
Инв. № подлин.	Лит. изм.	Кол.	Докум. и его №	Под- пись	Дата		Литера	Вес	Ма- сштаб
	Констр.								1 : 1
	Нормы пр.								
Дата	Рук. групп.					Стекло К8 ГОСТ 3514-57	Лист	Всего листов	
	Нач. КБ						ЛИТМО		

Сличил

Копир.

		Регистр. №	▽6 остальное
		Утвердил	
Требования к стеклу	Δn_D	3B	1. Просветл. 24И 2. Размеры без допусков выполнить по 7 классу точности 3. Фаски кругом 0,3+0,3 ▽5.
	$\Delta (n_F - n_C)$	3B	
	Однородн.	2	
	Двойн. луч	2	
	Светопогл.	1	
	Бессвильт.	2B	
	Пузырн.	4Г	
Требования к детали	$N_1 = \pm 2,0$		
	$\Delta N_1 = \pm 0,5$		
	$N_2 = \pm 3,0$		
	$\Delta N_2 = \pm 1,0$		
	$P = V$		
	$\pi = 1'$		
	$\delta 45^\circ = 5'$		
	$\alpha = 5''$		
l	80		
св. ∅	22		



Взамен инв
№ подлин.

							</		

Призма
Дове

Стекло
К8
ГОСТ
3514-57

Сличил

Копир.

Ответственный редактор *А. Л. КУРИЦКИЙ*

Цена 21 коп.