

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Лазерная техника и технология»

Р.В. Фёдорцев

А.Ю. Луговик

ЭЛЕМЕНТЫ И ДЕТАЛИ ОПТИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ

Учебно-методическое пособие
по выполнению курсового проекта
для студентов приборостроительных специальностей

*Рекомендовано учебно-методическим объединением
вузов Республики Беларусь по образованию
в области приборостроения*

Минск 2010

УДК 681.7.02 (076.5)

ББК 22.34 я 7

Ф 33

Рецензенты:

И.Е. Зуйков, Н.К. Артюхина, В.О. Кузнечик

Фёдорцев, Р.В.

Ф33 Элементы и детали оптических приборов: учебно-методическое пособие по выполнению курсового проекта для студентов приборостроительных специальностей / Р.В. Фёдорцев, А.Ю. Луговик. – Минск: БНТУ, 2010. – 149 с.

ISBN 978-985-525-282-6.

Издание состоит из трёх разделов. Первый раздел включает общие методические рекомендации по выполнению курсового проекта по одноименной дисциплине, предусматривающего разработку узла крепления оптической детали с винтовым механизмом её юстировки. Во втором разделе на примере конструкции узла крепления призмы АР-90° подробно рассматриваются основные стадии проектирования: определение назначения оптической детали, обзор оптических схем приборов, в которых она используется, расчёт точности перемещений основных элементов механизма, технологическая схема сборки, описание конструкции устройства и принципа его работы. В третьем разделе учебно-методического пособия даны рекомендации по оформлению текста пояснительной записки и графического материала. Предлагается примерный перечень тем курсового проекта, а также список литературных и электронных источников.

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов специальности 1-38 01 02 «Оптико-электронные и лазерные приборы и системы» (специализаций 1-38 01 02-01 «Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы» и 1-38 01 02-02 «Лазерные системы и технологии»).

ISBN 978-985-525-282-6.

© Р.В. Фёдорцев, А.Ю. Луговик, 2010

© БНТУ, 2010

Содержание

Предисловие.....	6
1. ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫПОЛНЕНИЮ ПУНКТОВ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ И ГРАФИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА.....	7
1.1. Определение назначения и основных характеристик оптической детали.....	8
1.1.1. Определение условий выполнения полного внутреннего отражения для призм.....	14
1.2. Рекомендации по выбору, анализу и систематизации оптических схем приборов и узлов, включающих заданную оптическую деталь.....	15
1.3. Расчёт заданной точности механизма юстировки, составление кинематической схемы и определение геометрических параметров составных элементов.....	17
1.3.1. Определение толщины слоя клея и погрешностей фиксации оптической детали в оправе.....	19
1.4. Общие рекомендации по разработке конструкции узла крепления и юстировки оптической детали.....	22
1.4.1. Правила описания внутреннего устройства и принципа работы оптического узла.....	23
1.4.2. Правила и последовательность составления технологической схемы общей и узловой сборки механизма крепления и юстировки оптической детали....	25
1.5. Типовые ошибки, возникающие у студентов при выполнении курсового проекта.....	27
2. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА...	29
2.1. Введение.....	29

2.2. Назначение и основные характеристики призмы АР-90°	31
2.3. Анализ оптических схем приборов, определение в них функционального назначения призмы АР-90° и описание существующих способов её крепления.....	35
2.3.1. Биноклярная насадка.....	36
2.3.2. Окулярное или объективное колено.....	40
2.3.3. Переключение оптических каналов.....	44
2.3.4. Подстройка качества изображения.....	48
2.4. Определение заданной точности механизма юстировки призмы АР-90° и расчёт его основных элементов.....	54
2.4.1. Разработка кинематической схемы узла крепления призмы и вывод функции преобразования движения.....	54
2.4.2. Определение геометрических размеров барабана для настройки положения призмы и числа делений отсчётной шкалы.....	57
2.4.3. Расчёт геометрических параметров первичных передаточных механизмов и определение общей погрешности устройства.....	58
2.4.4. Расчёт параметров крепёжных элементов, обеспечивающих жёсткую фиксацию призм в продольном направлении.....	59
2.5. Устройство и принцип работы оптического узла....	60
2.5.1. Технологическая схема сборки узла.....	67
2.5.2. Юстировка и регулировка отдельных элементов конструкции.....	71
2.6. Заключение.....	72
3. ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА..	73
3.1. Оформление пояснительной записки.....	73
3.2. Общие требования к оформлению основных конструкторских документов.....	77
3.2.1. Правила выполнения рабочих чертежей деталей....	85
3.2.2. Составление технических требований.....	92
3.2.3. Ведомость технического предложения, эскизного и	93

технического проектов.....	
3.2.4. Компьютерное оформление графического материала.....	95
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	97
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	101
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Перечень оптических деталей для курсового проекта.....	102
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Образец оформления титульного листа пояснительной записки.....	116
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Образец заполнения задания по курсовому проектированию.....	117
ПРИЛОЖЕНИЕ 4. Сравнительная таблица показателей преломления различных марок оптических стекол и кристаллов.....	119
ПРИЛОЖЕНИЕ 5.....	138
Пример выполнения чертежа общего вида «Узел крепления и юстировки призмы АР-90°».....	138
Пример выполнения рабочих чертежей деталей.....	140
Пример составления ведомости технического проекта.....	146
Пример заполнения таблицы составных частей к чертежу общего вида.....	147
ПРИЛОЖЕНИЕ 6. Перечень принятых условных сокращений.....	148

Предисловие

Предлагаемое учебно-методическое пособие предназначено для студентов, изучающих дисциплины «Элементы и детали оптических приборов», «Детали приборов», и позволяет закрепить полученные ими знания по предметам «Инженерная графика» и «Стандартизация норм точности», а также способствует лучшему усвоению лекционного материала и выполненной серии лабораторных работ по одноименной дисциплине.

Цель курсового проекта предусматривает обучение студентов последовательному осуществлению всех стадий проектирования от изучения информационных материалов, касающихся конкретной самостоятельно выбранной оптической детали из предложенного перечня, до разработки чертежа общего вида небольшого узла её крепления, входящего в оптический прибор, с подробным изображением всех элементов его конструкции.

Успешное выполнение поставленной задачи в этом случае напрямую зависит от способностей студента обрабатывать и систематизировать исходный материал, полученный им из различных электронных, литературных и патентных источников информации, старательности проведения точностных и кинематических расчётов устройства, умения правильно применить известные технические решения, а также возможности проявить творческие способности, когда необходимо предложить новые оригинальные идеи по воплощению будущей конструкции.

При работе над курсовым проектом необходимо строго придерживаться всех промежуточных этапов проектирования и приступать к выполнению графического материала только после проведения всех необходимых расчётов.

Авторы пособия выражают особую благодарность студентам приборостроительного факультета БНТУ И.А. Шедко и М.П. Демешу за выполнение рабочих чертежей некоторых деталей и трёхмерной модели узла крепления призмы AP-90°.

1. ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫПОЛНЕНИЮ ПУНКТОВ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ И ГРАФИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

Тематика курсового проекта предусматривает разработку конструкции узла крепления оптической детали с механизмом её юстировки. В прил. 1 приведен перечень оптических деталей, из которого студент самостоятельно выбирает подходящий для него вариант задания. Пример оформления титульного листа пояснительной записки и бланка задания приведены соответственно в прил. 2 и 3.

Задания, в прил. 1 обозначенные (*), предназначены для тех, кто хочет проявить себя с творческой стороны, и требуют от потенциальных претендентов на высокую оценку более глубоких знаний в области физики и других смежных предметов.

В случае необходимости световой диаметр d_{CB} может быть изменён (при дополнительном согласовании с преподавателем).

Пояснительная записка должна иметь общую смысловую структуру. Все её отдельные разделы и параграфы должны быть взаимосвязаны, и каждый последующий пункт должен логически вытекать из предыдущего.

Во введении рекомендуется отразить современные тенденции и уровень развития отрасли оптического приборостроения, показать новые направления развития оптических приборов в целом и раскрыть отдельные эволюционные изменения в их конструкциях, которые обеспечат решение многих задач по повышению качества и надёжности изделий приборостроения; отметить необходимость и актуальность подготовки будущего специалиста с точки зрения приобретения им практических навыков по выполнению проектирования реального механизма для юстировки отдельного узла в оптическом приборе по указанной дисциплине.

Можно акцентировать внимание, например, на следующих моментах. Современные тенденции развития приборостроения направлены на разработку оптических приборов, обеспечивающих высокую точность выходных параметров и обладающих минимальными габаритными размерами и

стоимостью. Это требует от разработчиков проектировать компактные оптические узлы, взаимодействующие с электронными и механическими системами управления, их позиционирования или перемещения.

Объём введения должен составлять не более 1–2 страниц.

1.1. Определение назначения и основных характеристик оптической детали

Перед началом выполнения проекта необходимо:

- дать полное определение понятию «призма» (зеркало, линза или светофильтр) как оптической детали с точки зрения геометрической формы образующих её поверхностей и изменению хода лучей в оптической системе;

- показать преимущества и недостатки рассматриваемой оптической детали по сравнению с другими, выполняющими в оптической системе схожие функции. Например, сопоставить между собой призмы и зеркала на предмет сохранения точности углов падения и отражения при различных внешних воздействиях, а также дать оценку простоте или сложности узлов их крепления. Если тема курсового проекта касается зеркал, то необходимо провести сравнительный анализ по видам их рабочих поверхностей (плоских, сферических или асферических) и выполняемым функциям.

С оптической точки зрения призма характеризуется углом отклонения, длиной хода луча и видом оборачивания изображения. При расчете призмы обязательно рассматривается ход лучей в её главном сечении, т.е. плоскости, перпендикулярной к ребрам призмы. Для нахождения размеров призмы и длины хода лучей в ней пользуются приемом оптической развертки, т.е. замены призмы плоскопараллельной пластинкой (ПП), которая преломляет лучи так же, как и призма, а отражения исключены. Чтобы развернуть призму в ПП, нужно построить зеркальные изображения граней призмы и отраженного луча, даваемые каждой отражающей поверхностью, в той последовательности, в которой происходит отражение луча от отражающих граней (по ходу луча).

Основным оптическим свойством зеркал является то, что при повороте зеркала на какой-либо угол относительно исходного положения отражённый луч поворачивается на угол, равный удвоенному углу поворота зеркала.

При общей характеристике оптической детали следует рассмотреть различные формы зеркал, а также варианты их исполнения – с внешним и внутренним покрытием. В зависимости от необходимости обеспечения требуемой точности зеркала выбрать соотношение между его толщиной и внешними габаритными размерами (высотой, шириной или диаметром) [1].

Для удобства чтения оптических схем и общей классификации однотипных деталей практически любая стандартная (каталожная) призма имеет своё кодовое оптическое обозначение. Призмы обозначаются одной или двумя буквами и цифрой: первая буква – число отражающих граней (А – одна грань; Б – две грани; В – три грани и т. д.). «Крыша» в призме условно считается одной гранью, и для её обозначения ставят индекс «к» после первой буквы (Ак, Бк, Вк). Третья буква указывает характер конструкции призмы (Р – равнобедренная; П – пентапризма; У – полупентапризма; С – ромбическая; М – дальномерного типа; Л – призма Лемана). Цифра, записанная через дефис, указывает угол отклонения входного осевого луча в градусах от выходного (0, 45, 60, 90, 180° и т. д.) [2, 3].

Для своего типа призмы необходимо расшифровать её кодовое обозначение: определить число отражающих граней, наличие или отсутствие крыши, характер конструкции и тип, а также угол отклонения осевого луча.

Основным определяющим конструктивным параметром для любой оптической детали является её световой диаметр $d_{св}$, который на практике обычно определяется на стадии проведения предварительных расчётов, а в данном случае приведен в качестве исходных данных в прил. 1. Все остальные геометрические размеры призмы математически связаны с этим параметром через соответствующие формулы, которых на первом этапе проектирования вполне достаточно для определения общих габаритов изделия.

Однако при выполнении рабочего чертежа оптической детали необходимо дополнительно учитывать особенности технологического процесса её изготовления на производстве.

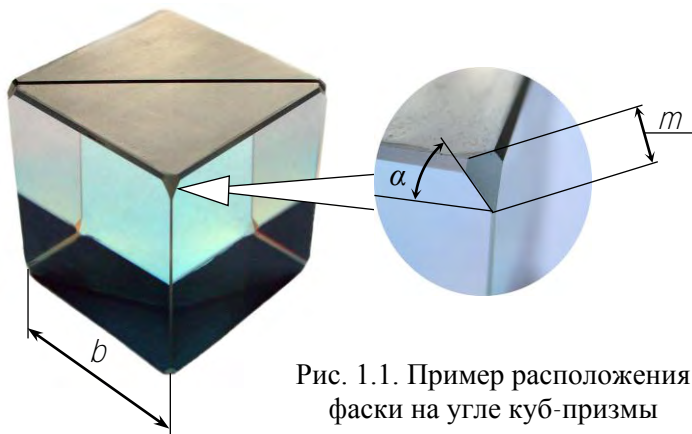


Рис. 1.1. Пример расположения фаски на угле куб-призмы

Например, в краевой зоне заготовки для различных марок оптического стекла или материала кристалла возможно образование трещин, выбоин, сколов и прочих дефектов, впоследствии отрицательно сказывающихся на качестве функционирования оптической системы в случае их попадания в пределы светового диаметра. Для избежания подобного явления необходимо увеличивать общие габариты оптической детали путём увеличения её линейных размеров по диаметру или длине, ширине и высоте, а также за счёт введения фасок на ребрах и углах (рис. 1.1) (табл. 1.1–1.4) [2]. При изображении дополнительных видов на диагональные грани необходимо помнить, что расстояние от световой зоны до края оптической детали в направлении большей диагонали будет несколько увеличенным по отношению к малой диагонали. Для определения точного линейного размера необходимо выполнить построение хода лучей в призме по крайним точкам.

Таблица 1.1

Зависимость ширины призмы, диаметра D линзы или зеркала
от их светового диаметра d_{CB} , мм

Световой диаметр d_{CB}	Наименьший диаметр D		Световой диаметр d_{CB}	Наименьший диаметр D	
	при креплении завальцовкой	при креплении кольцом		при креплении завальцовкой	при креплении и кольцом
До 6	$d_{CB} + 0,6$	—	Св. 80 до 120	—	$d_{CB} + 3,0$
Св. 6 до 10	$d_{CB} + 0,8$	$d_{CB} + 1,0$	Св. 120 до 180	—	$d_{CB} + 4,0$
Св. 10 до 18	$d_{CB} + 1,0$	$d_{CB} + 1,5$	Св. 180 до 260	—	$d_{CB} + 5,0$
Св. 18 до 30	$d_{CB} + 1,2$	$d_{CB} + 1,8$	Св. 260 до 360	—	$d_{CB} + 6,0$
Св. 30 до 50	$d_{CB} + 1,5$	$d_{CB} + 2,0$	Св. 360 до 500	—	$d_{CB} + 8,0$
Св. 50 до 80	$d_{CB} + 2,0$	$d_{CB} + 2,5$			

Таблица 1.2

Зависимость ширины m фаски от диаметра D оптической детали, мм

Диаметр оптической детали D	Ширина фаски m при креплении завальцовкой	Ширина фаски m при креплении кольцом
До 6	$0^{+0,2}$	$0,1^{+0,1}$
Св. 6 до 10	$0,3^{+0,2}$	$0,1^{+0,2}$
Св. 10 до 18	$0,4^{+0,2}$	$0,2^{+0,3}$
Св. 18 до 30	$0,5^{+0,3}$	$0,3^{+0,3}$
Св. 30 до 50	$0,7^{+0,5}$	$0,3^{+0,4}$
Св. 50 до 80	$1,0^{+0,5}$	$0,4^{+0,5}$
Св. 80 до 120	—	$0,5^{+0,6}$
Св. 120	—	$0,7^{+0,8}$

Таблица 1.3

Зависимость ширины m фаски от длины короткого ребра b
плоской оптической детали, мм

Длина короткого ребра b	Ширина m фаски на ребрах	Длина короткого ребра b	Ширина m фаски на трёхгранных углах
До 6	$0,1^{+0,2}$	До 18	$1,0^{+0,4}$
Св. 6 до 10	$0,2^{+0,2}$	Св. 18 до 30	$1,5^{+0,5}$
Св. 10 до 18	$0,3^{+0,2}$	Св. 30 до 50	$2,0^{+0,6}$
Св. 18 до 30	$0,5^{+0,3}$	Св. 50	$2,5^{+0,8}$
Св. 30 до 50	$0,7^{+0,5}$		
Св. 50	$1,0^{+0,5}$		

Таблица 1.4

Угол наклона фаски α , град., на торце сферической поверхности
в зависимости от отношения D/R

D/R	На выпуклой поверхности	На вогнутой поверхности	На плоской поверхности
До 0,4	45	45	45
Св. 0,4 до 0,7	40	50	
Св. 0,7 до 1,0	35	55	
Св. 1,0 до 1,3	30	60	
Св. 1,3 до 1,5	25	65	
Св. 1,5 до 1,75	—	70	
Св. 1,75 до 2,0	—	90	

Световая зона и её границы на чертеже изображаются двумя способами:

- 1) по контуру тонкой штрихпунктирной линией без внутреннего заполнения (см. рис. П5.2, прил. 5);
- 2) по контуру тонкой линией с заполненной внутренней областью наклонной мелкой штриховкой (см. прил. 1).

Провести анализ литературных, патентных и электронных источников информации, определить наиболее часто применяемые марки материалов для изготовления данной оптической детали, уточнить геометрические параметры, точность технологического исполнения рабочих поверхностей по N и ΔN , а также другие конструктивные параметры, например пирамидальность, предельные допуски на угловые размеры и т.п.

Исходя из рекомендуемой производителем марки материала, по таблице в прил. 4 [4] определить показатель преломления n_d и с учетом его значения выполнить расчёты на полное внутреннее отражение. В результате данных расчётов будут определены углы падения и отражения лучей от диагональных граней, которые в дальнейшем позволят определить необходимость нанесения дополнительного зеркального покрытия на рабочие поверхности оптической детали (табл. 1.5).

Таблица 1.5

Таблица типов покрытий на оптических деталях и их условных обозначений [5, 6]

Тип покрытия	Условное графическое обозначение и ход лучей в оптической детали
Отражающие непрозрачные (зеркальные): – внешнее (наружное)	
– заднее (внутреннее)	
Светоделительные	
Просветляющие	
Фильтрующие	
Защитные	
Электропроводящие (токопроводящие)	
Поляризующие	
Светопоглощающие	

Выбор типа покрытия, материалов и количества наносимых слоёв определяется также назначением оптической детали и

условиями её работы с учётом обеспечения необходимого коэффициента отражения или пропускания излучения для расчётной длины волны [5].

Далее на отдельном рисунке необходимо провести построение хода лучей в оптической детали и показать схему преобразования исходного изображения, например буквы «Р», в конечное: прямое, зеркальное, перевернутое или их сочетание.

1.1.1. Определение условий выполнения полного внутреннего отражения для призм

Согласно закону преломления, луч света h_1 , падающий на границу раздела двух однородных изотропных сред, на границе раздела меняет свое направление, при этом падающий h_1 и преломленный лучи T_1 , а также нормаль к поверхности в точке падения лежат в одной плоскости, а между углами падения ϵ_1 и преломления ϵ'_1 существует зависимость (рис.1.2)

$$n_1 \sin \epsilon_1 = n_2 \sin \epsilon'_1,$$

где n_1, n_2 – показатели преломления оптических сред;

ϵ_1, ϵ'_1 – углы падения и преломления луча [7].

При распространении луча $h_{\text{ПВО}}$ из оптически более плотной среды в менее плотную, при некотором предельном угле падения $\epsilon_{\text{ПВО}}$, угол преломления достигнет значения 90° (преломленный луч $S_{\text{ПВО}}$ распространяется вдоль границы раздела), при этом

$$\sin \epsilon_{\text{ПВО}} = n_2 / n_1.$$

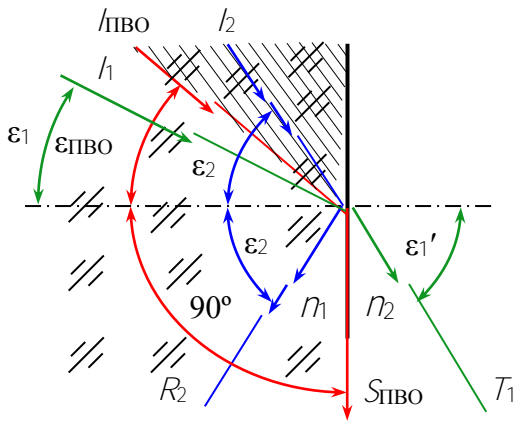


Рис. 1.2. Ход лучей на границе раздела двух сред

(1.1)

Луч l_2 , падающий на границу раздела двух сред (при $n_1 > n_2$) под углом $\varepsilon_2 > \varepsilon_{\text{ПВО}}$, отразится под таким же углом ε_2 к нормали поверхности. Преломления в этом случае не наблюдается, а происходит полное внутреннее отражение (см. рис. 1.2).

Как правило, явление полного внутреннего отражения рассматривается на границе «стекло-воздух». Показатель преломления воздуха принимают равным единице, тогда выражение (1.1) примет вид

$$\sin \varepsilon_{\text{ПВО}} = 1/n_1. \quad (1.2)$$

Для исключения дополнительных технологических операций по нанесению зеркального покрытия на рассматриваемую грань призмы можно уменьшить численное значение $\varepsilon_{\text{ПВО}}$ путём замены исходного материала оптической детали на другой материал с большим показателем преломления n_2 (прил. 4).

1.2. Рекомендации по выбору, анализу и систематизации схем оптических приборов и узлов, включающих заданную оптическую деталь

При написании данного раздела рекомендуется провести глубокий доскональный поиск и анализ оптических схем различных приборов, в которых потенциально применяется рассматриваемая оптическая деталь.

Необходимо учитывать, что представленные в прил. 1 призмы и другие оптические детали имеют как широкую, так и узкую (специализированную) область применения в оптических приборах и узлах. Поэтому искомая информация и желаемый конечный результат могут иметь различную скорость воплощения.

В случае большой степени распространения оптические приборы рекомендуется разбивать на типы, например, микроскопы, телескопы, фотографические, прицельные или визирные устройства. Привести технические характеристики, нескольких (4–5) популярных моделей. В соответствии с оптической схемой (предпочтительно) или в крайнем случае по внешнему виду дать краткое общее описание конструкции и

принципа работы прибора и более подробно рассмотреть ту его часть, в которой применяется рассматриваемая оптическая деталь [9–13].

В случае малой степени распространения приводится подробное описание одного или двух конкретных оптических приборов или конструкций.

Для повышения вероятности нахождения искомой оптической детали целесообразно перевести её название на английский язык и осуществлять поиск на зарубежных сайтах удалённого доступа. Также следует посещать российские оптические форумы, а также патентные базы данных России, США и Европы [14–18].

Следует учитывать, что в сложных оптических системах, содержащих несколько склеенных призм, с целью упрощения иллюстрации и большей наглядности представления на схемах могут быть условно изображены только внешние контуры блока без детальной прорисовки внутренних составных компонентов. В этом случае стоит ориентироваться по направлению хода луча до входа и после выхода из призмной системы.

После описания схемы и принципа работы каждого прибора желательно сделать подробный анализ той его части, в которой непосредственно расположена рассматриваемая оптическая деталь, и привести один из вариантов существующих конструкций узла её крепления и юстировки. Далее из всех рассмотренных способов крепления и регулировки выбрать тот прибор, в котором необходимо обеспечить наибольшую точность юстировки с использованием выбранной оптической детали.

1.3. Расчёт заданной точности механизма юстировки, составление кинематической схемы и определение геометрических параметров составных элементов

Первый шаг. Точность механизма юстировки отдельного узла не должна превышать значения суммарной точности на весь оптический прибор, которая обычно указывается в техническом задании или технических характеристиках. Необходимо учитывать также, что данный параметр напрямую связан с общей погрешностью оптического прибора, вызываемой неточностями изготовления и сборки отдельных его деталей, узлов и компонентов.

Исходя из значения точности, указанного в угловой или линейной мере (обычно не более десятка минут или микрометров), а также из условий работы прибора, необходимо определить способ юстировки рассматриваемой оптической детали: автоматически от электромагнита, электродвигателя и т.п. или вручную посредством маховиков и рукояток. Кроме того, следует определить стадию и частоту юстировки: однократно при сборке или многократно (периодически) в процессе работы самого прибора.

Второй шаг. Разрабатывается общая кинематическая схема проектируемого узла крепления и юстировки оптической детали, включающая последовательно или параллельно соединённые отдельные элементарные первичные передаточные механизмы (рычажные: синусные, тангенсные, шарнирные и т.п., винтовые, зубчатые, реечные, кулачковые и т.п.), функции перемещения и схемы которых подробно рассмотрены в источниках [1, 19]. Оптическая деталь и взаимосвязанные с ней компоненты изображаются сплошными толстыми линиями в исходном положении и тонкими пунктирными линиями – в конечном. Образованные расстояния между ними по главной оптической оси и осям симметрии обозначаются соответственно линейными и угловыми параметрами, которые в дальнейшем необходимо учитывать в расчётных формулах. Все изображённые на схеме элементы нумеруются и расшифровываются в подрисуночной надписи.

Третий шаг. При вычислении функции преобразования движения (ФПД) в качестве выходной координаты выступает, например, поворот самой оптической детали или точность линейного перемещения отклоняемого ей луча, а в качестве входной – движение, прилагаемое от внешнего воздействия: человека, двигателя или сопряженных узлов и компонентов. В соответствии с ГОСТ 22613–77 диаметр рукоятки винтового механизма для плавного непрерывного регулирования необходимо брать не более 50 мм. В этом случае максимальная чувствительность, которую может обеспечить оператор при вращении маховика от руки, составляет не менее 1° [20]. Чувствительность электродвигателя задается в паспорте и зависит от выбора конкретной модели.

Для уменьшения числа ошибок возникающих в ходе проведения расчётов желательно каждый элементарный механизм рассчитывать отдельно и лишь в конце параграфа приводить общую результирующую формулу.

При наличии клеевого соединения смещение оптической детали относительно исходного положения в оправе возникает в результате высыхания клея (испарения водных и эфирных составляющих) и возникновения впоследствии эффекта термоусадки. Данная величина также рассчитывается в соответствии с рекомендациями источника [21].

Четвертый шаг. Необходимо выполнить расчёты по определению оптимальных геометрических размеров для элементов юстировки: диаметров маховиков и рукояток, длин рычагов, профиля кулачков, шага винтовых механизмов и т.п., а также установить расстояния между делениями шкал для визуальной оценки измеряемых параметров. Так, например, от правильно выбранного шага резьбового соединения зависит не только количество оборотов совершаемых оператором, но и точность перемещения самой оптической детали из одного крайнего положения в другое.

В винтовом механизме из технологических соображений нежелательно использовать шаг резьбы $p < 0,75$ мм. При необходимости применения меньшего шага, т.е. обеспечения

линейного перемещения менее 1 мкм, целесообразно использовать дифференциальные винтовые механизмы [20].

Для гарантированной фиксации оптической детали или обеспечения силового замыкания элементов кинематической схемы в этом разделе определяются также геометрические параметры и жесткость плоских или цилиндрических пружин. Для унификации деталей конструкции узла при расчёте и подборе пружин для них рекомендуется выбирать стандартные значения параметров в соответствии с [22, 23].

При составлении данного раздела очень важно давать подробные комментарии, на основании каких соображений были выбраны те или иные значения ряда параметров.

Иногда применение винтовых механизмов нецелесообразно или они неоправданно усложняют конструкцию узла. В этом случае используют неподвижный вариант установки оптической детали в оправе посредством клеевого соединения [1].

1.3.1. Определение толщины слоя клея и погрешностей фиксации оптической детали в оправе

Формирование клеевого соединения происходит в три стадии:

- 1) растекание (занимает несколько секунд, реже – минут);
- 2) вытекание (в среднем продолжается около часа);
- 3) затвердевание (в течение суток и более).

На первой стадии формирования клеевого соединения деталей важно обеспечить равномерность распределения клея по сопрягаемым поверхностям. Для ускорения рассматриваемого процесса чаще всего прикладывают давление, которое обеспечивает быстрое растекание клея через зазоры между склеиваемыми поверхностями и вытекание его избытков в межфасочное пространство. По мере вытекания клея поверхности сближаются и скорость течения в зазоре H , пропорциональная H^2 , быстро уменьшается. Толщина слоя постепенно приближается к своему окончательному значению, а вязкость клея нарастает. Клей вытекает из зазора до тех пор, пока не превратится в гель. Далее процесс отвердевания

замедляется, происходит дальнейшее небольшое сближение склеиваемых поверхностей вследствие уплотнения клея (усадки) [6].

Расчёт величины усадки проводится для тонких плоских и цилиндрических оболочек в соответствии с рекомендациями [21]. Поскольку плотность материала оправы и самой оптической детали, а также их толщина многократно превышают аналогичные параметры клеевого шва, то будут наблюдаться две границы раздела: «стекло-клей» и «клей-металл». Для рассматриваемого соединения тонких неполигих (изогнутых) ортотропных (ориентированных) оболочек (рис. 1.3) принимаются следующие два предположения:

1. В оболочках справедлива гипотеза Кирхгофа–Лява (согласно которой любое прямое волокно, нормальное к срединной поверхности до деформации, остаётся прямым и нормальным к срединной поверхности и после деформации; вместе с тем его длина остаётся неизменной [24]).

2. Прогиб клеевого слоя ω_k изменяется согласно закону квадратной параболы по толщине. Сдвиги $\varphi_{\gamma k}$, $\varphi_{\beta k}$ между осями γ , z и β , z постоянны по толщине клеевого слоя.

Объём клея берётся в избытке, и окончательная толщина

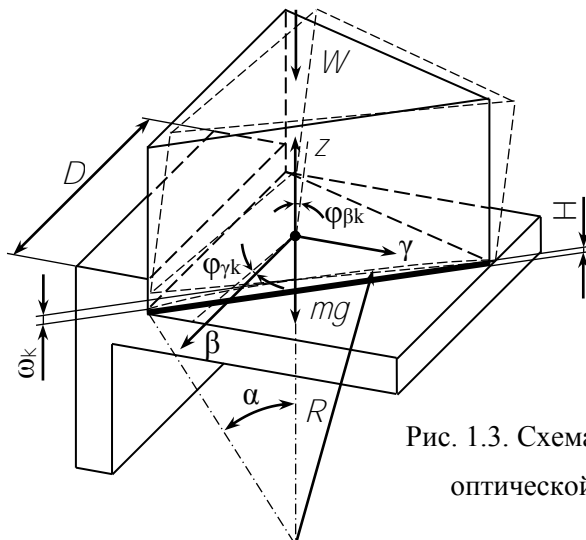


Рис. 1.3. Схема смещений оптической детали

слоя практически не зависит от исходного количества клея

, а зависит от размеров и конфигурации склеиваемых деталей, исходной вязкости клея, скорости затвердевания, а также от силы W сжатия деталей между собой. Если $W = \text{const}$, то окончательная толщина слоя H определяется по приближённой формуле

$$H = FD^2 k(\eta_0 / \tau_3 W)^{1/2} \text{ мкм},$$

где F – множитель, зависящий от формы склеенных поверхностей;

D – размер склеенных поверхностей, мм;

k – коэффициент, учитывающий усадку клея после его гелеобразования;

η_0 – вязкость клея в начальный момент растекания, Па·с;

τ_3 – время увеличения вязкости в e раз (время загустения клея), с;

W – усилие при склеивании, Н.

В зависимости от формы контура склеиваемой площади размер D обозначает диаметр окружности, ось эллипса, сторону квадрата или ширину прямоугольника. Значение F равно 0,38 – для плоских дисков; 0,46 – для квадратов; $0,54(\epsilon + \epsilon^3)^{-1/2}$ – для эллипсов; $0,65(\epsilon + \epsilon^3)^{-1/2}$ – для прямоугольников (ϵ – отношение размера D к длине другой оси эллипса или другой стороны прямоугольника); для сферических поверхностей линз, ограниченных окружностью:

$$\{3\pi[\text{tg}^2\alpha + 2 \ln \cos \alpha / (32 \sin^4 \alpha)]\}^{1/2},$$

где $\alpha = \arcsin[D/(2R)]$;

R – радиус кривизны, или приближённо при $\alpha < 25^\circ$ ($R > 1,2D$)

$F = 0,38 / \cos^2(\alpha/2)$; при $\alpha > 80^\circ$ $F = 0,54 / \cos \alpha$.

Значение k близко к единице ($k < 1$), $k = 1 - 0,01U$, где U – объёмная усадка после образования геля, %. Реологические характеристики клея η_0 и τ_3 определяются по методу Брукфильда и в соответствии с [25, 26]. Усилие W кроме веса (mg) самой детали может включать также дополнительную силу, сжимающую склеиваемые детали (например, вес дополнительного груза или силу давления прессы). В отдельных случаях при склеивании

тонких отрицательных менисков с крутым радиусом может возникать гидростатическая подъёмная сила.

На основании практического производственного опыта установлено, что оптимальной является толщина клеевого соединения $H = 10\text{--}20$ мкм [6].

1.4. Общие рекомендации по разработке конструкции узла крепления и юстировки оптической детали

При разработке чертежей необходимо:

- 1) предусматривать оптимальное применение стандартных и покупных изделий;
- 2) выбирать диаметры резьбы, линейные и угловые размеры из предпочтительных рядов;
- 3) по возможности использовать широко распространённые марки и сортамент материалов;
- 4) придерживаться модульного принципа построения изделия и взаимозаменяемости для входящих узлов и компонентов оптического прибора;
- 5) конструктивно обеспечить возможность доступа к тем узлам и механизмам, которые необходимо юстировать и регулировать в процессе сборки или заменять при ремонте [27].

Для повышения эстетических показателей и снижения массы изделия проектируемый узел крепления и юстировки оптической детали должен иметь компактную конструкцию. Поэтому необходимо обеспечить расположение его элементов таким образом, чтобы, с одной стороны, в процессе работы они не мешали друг другу в крайних положениях, а с другой – общие габаритные размеры узла были бы минимальными.

На корпусе разрабатываемого узла в доступных местах должны быть предусмотрены направляющие посадочные диаметры или буртики, малые крепёжные отверстия под штифты и винты для присоединения к общему корпусу прибора или более крупной сборочной единице.

Необходимо руководствоваться модульным принципом построения конструкции, который позволит исключить излишние промежуточные разборки в случае необходимости

проведения мелкого ремонта или устранения других неисправностей, возникающих в процессе работы.

Следует обеспечивать свободный (прямой) доступ вспомогательного инструмента (ключей, отвёрток и пр.) к местам установки крепёжных деталей (винтов, резьбовых колец, штифтов и т. д.). В дальнейшем для предотвращения самопроизвольного развинчивания и при отсутствии необходимости юстировки в процессе работы подвижные элементы рекомендуется ставить на герметик или краску. Для исключения попадания влаги и пыли во внутренние полости узла в местах соединения, например корпуса и крышки, устанавливаются промежуточные прокладки. Для исключения повреждения при зажиме необходимо применять прокладки, рекомендуемые также между поверхностью оптической детали (вне пределов светового диаметра) и крепёжными элементами.

1.4.1. Правила описания внутреннего устройства и принципа работы оптического узла

Описание конструкции узла крепления и юстировки оптической детали производится в статике и динамике.

Первоначально перечисляется, из каких отдельных сборочных единиц состоит узел, и одновременно производится их нумерация. Указывается, как и посредством чего они соединены между собой. Далее подробно перечисляются все детали, входящие в узел, включая все мельчайшие крепёжные элементы. Описание устройства следует начинать с крупных базовых деталей (корпуса, тубуса, основания, плато и др.), которые обеспечивают базирование всех остальных, более мелких компонентов, входящих в изделие.

Рекомендуется применять такие глаголы, как «состоит», «включает», «входит», «содержит», «соединен», «вкручен» и т. д., с дополнительным указанием, каким образом: «посредством», «с помощью», «благодаря», «за счёт» и т. п. (см. п. 2.4).

Отдельно на странице приводится рисунок (копия чертежа общего вида), на котором указываются позиции деталей в строгом соответствии с теми, что упоминаются в тексте

пояснительной записки. Если формат графического листа достаточно большой (А2 – А1) и многие детали при уменьшении до формата А4 «сливаются в точки», необходимо разделять исходный чертёж на виды («главный», «сверху», «сбоку») и представить каждый из них в пояснительной записке на отдельном листе формата А4.

Часто возникают ситуации, когда деталь является частью более мелкой сборочной единицы и имеет свой внутренний номер, но её упоминание крайне необходимо при описании общего принципа работы изделия, в этом случае вначале указывается собственно номер сборочной единицы, в которую деталь входит, а затем в круглых скобках дополнительно записывается основной её номер, например – винт 3 (10).

Должно быть указано назначение всех деталей, изображённых на чертеже, а потому их количество при проектировании выбирается минимальным, но достаточным для обеспечения правильной работы узла.

После этого описание узла крепления и юстировки оптической детали в динамике начинается с фразы «Устройство работает следующим образом».

Если имеется необходимость, то предварительно в описании указывается тот перечень действий, которые необходимо произвести оператору или сборщику, перед тем как узел перейдет в рабочее состояние (совместить деления на шкалах, выставить горизонтальный/вертикальный уровень, снять защитный колпачок/крышку, подсоединить разъём питания и пр.).

На данной стадии не обязательно будут упоминаться все вышеперечисленные детали и компоненты (особенно это касается крепёжных элементов). Главным образом здесь будут задействованы те элементы, которые непосредственно обеспечивают или участвуют в движении (маховики, подшипники, кулачки, направляющие, зубчатые колёса и др.).

Рекомендуется применять такие глаголы, как «включаем» (двигатель) или «поворачиваем» (маховик), «перемещается» (оправа), «наклоняется» (призма) и т.д.

В конце описания необходимо сформулировать рекомендации, каких стоит придерживаться пользователю, чтобы обеспечить

долгую и продолжительную работу узла и, как следствие, оптического прибора в целом. Эти рекомендации часто содержат информацию, указываемую в технических требованиях на сборочных чертежах и чертежах общего вида. Однако в данном случае в пояснительной записке приводятся более подробные сведения о методике их выполнения или обеспечения.

1.4.2. Правила и последовательность составления технологической схемы общей и узловой сборки механизма крепления и юстировки оптической детали

Построение технологической схемы начинается последовательно снизу вверх (↑) от «базовой детали» до готового «изделия». Указанные детали подписываются курсивом соответственно снизу и сверху от изображенного блока-таблички. Блок-табличка включает три ячейки: в центральной нижней ячейке приводится точное наименование детали или сборочной единицы; в верхней левой ячейке отображается основной номер; в верхней правой ячейке указывается необходимое количество данных деталей в сборочной единице. Внесённые параметры должны в точности соответствовать тем, что проставлены на рабочих и сборочных чертежах, а также в перечне элементов и спецификации. Для стандартных деталей, например винтов, болтов, гаек, дополнительно указывается кодовое обозначение метрической резьбы, поле допуска, длина, размер «под ключ»; для шариков, штифтов, шайб – диаметр, длина или толщина; для пружин и подшипников – номер по каталогу. В конце записывается соответствующий ГОСТ, ОСТ или ISO. Для оригинальных деталей при выборе наименования на первом месте всегда должно стоять существительное, а в качестве дополнения или введения различий при большом числе элементов можно использовать прилагательное, поясняющее назначение или конфигурацию детали, например «винт регулировочный» или «пружина плоская» и т. п. При записи призмы указывается её кодовое обозначение, например AP-90°.

Перед обозначением сборочной единицы ставится её порядковый номер, например №1 СБ 113124.26.10.000. При

соединении двух деталей, требующих применения дополнительного слесарно-сборочного инструмента, в точке их сопряжения на выносных линиях-полках со стрелкой курсивом указывается тип соединения. Например: «запрессовать» (штифт в основание), «притереть, выдержав зазор 0,1 мм» (ось к втулке подшипника скольжения) или «приклеить, Герметик УТ-34 ГОСТ 24285–80» (прокладку к крышке) и т. д. (см. рис. 2.22).

В качестве базовой детали, как правило, выбирается наиболее крупный несущий элемент конструкции: корпус прибора, основание, платформа, плато и т. п., в который последовательно устанавливаются остальные, более мелкие, сборочные единицы, а также оригинальные и стандартные детали. Все стандартные детали располагаются слева от основного «ствола дерева» сборки, а оригинальные – справа [28].

Данные правила характерны как при построении общей, так и узловой сборки механизма крепления и юстировки оптической детали.

После составления общей схемы технологической сборки ещё раз самостоятельно с карандашом проверить по чертежу общего вида последовательность установки отдельных деталей и места сопряжения их блок-табличек со стволом и отдельными ветвями дерева сборки, а также основных номеров на предмет принадлежности к соответствующим сборочным единицам и возможности обеспечения собираемости изделия.

1.5. Типовые ошибки, возникающие у студентов при выполнении курсового проекта

При стремлении получить на защите курсового проекта хорошую и отличную оценку не стоит подходить к составлению и оформлению пояснительной записки, а также выполнению чертежей по формальным признакам, т. е. отводить на каждый пункт задания по одной странице любого текста и таблиц произвольного содержания. Как показывает практика многих лет выполнение курсового проекта за три–четыре дня не позволяет получить приемлемый результат.

Многие студенты полагают, что введение не содержит ничего нового и служит лишь приемом, позволяющим автору курсового проекта начать, как говорят, не с «чистого листа». Это неверно, так как на самом деле в той части работы, которая традиционно именуется вступлением, введением или литературным обзором, обычно отражается тема курсового проекта, её значение, дается история вопроса, а также прямо формулируется затрагиваемая тематика и проблематика работы.

Следует обратить внимание, что технические характеристики анализируемых приборов оформляются в виде таблиц, а не вставляются второпях по центру страницы как часть текста. Допустимо выносить указанные сведения в приложение. Для каждого оптического прибора должна быть указана компания-производитель, обозначена конкретная модель или серия.

Детали на оптических схемах, а также другие рисунки должны хорошо читаться и иметь достаточное разрешение для печати. Если это не обеспечивается, первоначальный вид указанных рисунков должен быть восстановлен автором собственноручно.

Не стоит для уменьшения личных трудозатрат заимствовать формулы для расчёта ФПД из пояснительных записок студентов одnogруппников. Правильно составленная формула является эксклюзивной и подходит для описания функционирования только того устройства, для которого и была первоначально предназначена. Многократно переписанная, во всех остальных

случаях она будет содержать не свойственные ей ошибки и обозначения, которые отсутствуют в рассматриваемой конструкции.

В том случае если приводится промежуточная расчётная формула, в которую входит ряд переменных или конструктивных параметров устройства, их необходимо обязательно отразить на рисунке в этом же параграфе.

Схема сборки и описание устройства конструкции узла крепления и юстировки оптической детали являются отдельными параграфами и несут различную смысловую нагрузку, не стоит их объединять на одну страницу и тем более – один абзац. Если в первом случае проверяется возможность и последовательность соединения деталей между собой, то во втором – рассматривается функциональное назначение каждой отдельно взятой детали.

Показанная на рисунке трёхмерная модель дает представление лишь о внешней форме узла и практически бесполезна при описании внутреннего устройства прибора.

В «Заключении» курсового проекта обязательно приводятся обоснованные выводы, отражающие приобретенные навыки и умения, а также полученные конкретные результаты. Не следует в «Заключении» ограничиваться несколькими общими фразами по теме работы.

Страницы сайтов в Интернете не подпадают под заголовок «Список литературы», а относятся к «Списку использованных источников». Недопустимы также абстрактные ссылки типа « [55] «Википедия» или google.com».

При оформлении приложения следует учитывать разницу между ведомостью технического проекта, составляемой к чертежу общего вида, и спецификацией, непосредственно связанной со сборочным чертежом. В ведомости технического проекта в первом столбце обязательно указываются форматы входящих в узел деталей для всех наименований.

2. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

2.1. Введение

Если не спеша пролистать страницы истории, то нетрудно заметить, что человечество вот уже на протяжении нескольких тысячелетий пытается сделать свою жизнь на Земле комфортнее и проще, но, как не парадоксально, в результате с каждым годом окружает себя всё более сложными и высокотехнологичными изделиями бытового и промышленного назначения. Каждому из нас сейчас уже сложно представить наш мир без таких, казалось бы, тривиальных на первый взгляд оптических приборов, как очки, лампочка, дверной глазок, фотоаппарат или DVD-проигрыватель, а также многих других предметов, широко вошедших в нашу жизнь. Но не стоит забывать, что каждый из этих предметов имеет свою историю развития, которая не прекращается и по сей день.

Как известно, выходные показатели любого оптического прибора определяются в том числе свойствами материалов и качеством изготовления входящих в него оптических элементов: линз, призм, зеркал и подобных деталей.

В древности линзы изготавливали из прозрачных камней – прежде всего из горного хрусталя и берилла. Много таких линз было обнаружено при раскопках в Египте, Греции, Месопотамии, Италии. Несколько линз нашли при раскопках легендарной Трои (возраст последних определяют в 2500 лет) [29].

Сегодня значительная часть оптических приборов работает не только в видимом интервале длин волн (380–770 нм), допускающих использование обычных кроновых или флинтовых марок стекол. Всё чаще их рабочий диапазон смещается в инфракрасную (770–5000 нм) или ультрафиолетовую (20–380 нм) область спектра, требуя применения в качестве материалов оптических компонентов различного рода искусственно выращенных монокристаллов (например, фторидов) или кристаллов, легированных ионами других элементов (например, Nd:YAG). В большинстве случаев это связано с использованием новых когерентных и монохроматических источников энергии. Если в середине XX столетия в качестве осветителей в основном

устанавливали небезопасные ртутные или специальные лампы накаливания, то уже к его концу источниками энергии являлись твердотельные и газовые лазеры.

Современные тенденции развития точного приборостроения направлены на миниатюризацию конструкций большинства оптических приборов, например, за счёт применения малогабаритных и энергоэффективных полупроводниковых лазеров с диодной накачкой.

Высокие требования к выходным показателям и техническим характеристикам изделия предусматривают наличие в его конструкции большого числа оптических компонентов и узлов, неточность изготовления которых, а также их взаимное положение регулируется либо посредством применения электронных корректирующих программ (например, телескоп Хаббл), либо за счёт использования различного рода юстировочных устройств и механизмов (компенсаторов).

Актуальным становится проектирование таких промышленных оптических приборов, как электронные и атомные силовые микроскопы, спектрофотометры и лазерные интерферометры, многоканальные лазерные дальнометры, установки для лазерной гравировки и нанесения голограмм, орбитальные и стационарные телескопы и многие другие.

После того как в 1971 году Денис Габор получил Нобелевскую премию за открытие голографии, последняя выделилась в одно из самостоятельных и перспективных направлений в оптическом приборостроении.

Голография нашла своё применение в таких областях науки и техники; как космические исследования, средства трёхмерного отображения объектов для подтверждения подлинности изделий, оптические методы записи, хранения и передачи информации, а также в прикладном искусстве и пр.

Для получения качественной голограммы крайне важно, чтобы длины волн (частоты) объектного и опорного лучей с максимальной точностью совпадали друг с другом, и разность их фаз не менялась в течение всего времени записи. Такое условие выполняется при использовании следующих лазеров: гелий-неоновых с длиной волны 632,8 нм, неодимовых на второй

гармонике ($\lambda=514$ нм), гелий-аргоновых ($\lambda=488$ нм), полупроводниковых и др.

Технический уровень систем с использованием голографических решений постоянно повышается и получает широкое практическое применения. Однако обостряющаяся конкуренция между ведущими компаниями требует больших затрат времени и материальных вложений, связанных с совершенствованием собственных установок в основном в области оптических компонентов. Но небольшим фирмам, в которых, как правило, нет штатных специалистов-оптиков высокой квалификации, это подчас не по силам [30]. Такие тенденции подтверждают преимущества тех специалистов, которые владеют навыками решения подобных задач по оптимизации конструкции оптических приборов.

В данном курсовом проекте будут подробно рассмотрены этапы проектирования небольшого механизма для юстировки положения прямоугольной призмы в голографической установке.

2.2. Назначение и основные характеристики призмы AP-90°

В соответствии с заданием на курсовое проектирование необходимо разработать механизм юстировки для призмы AP-90°.

Призмой называют оптическую деталь, ограниченную плоскими преломляющими и отражающими поверхностями, образующими двугранные и трёхгранные углы. В зависимости от изменения хода луча в оптической системе призмы делят на *преломляющие* и *отражательные* [31].

Данная призма относится к отражательным элементам. Любая отражательная призма может служить для изменения направления оптической оси (ломаные трубы), в том числе параллельного смещения оси системы; оборачивания изображения; разделения или соединения пучков лучей; изменения направления линий визирования; вращения

изображения или компенсации его поворота; изменения расстояния между осями окуляров в бинокулярных системах.

По сравнению с зеркалами отражательные призмы имеют ряд преимуществ:

- углы между отражающими поверхностями призм неизменны, тогда как углы между зеркалами могут изменяться под действием механических и термических воздействий;
- простота крепления;
- отсутствие потерь в случае полного внутреннего отражения на гранях.

Прямоугольная призма АР-90° (рис. 2.1,*а*), имеет одну отражательную грань *BC* и отклоняет луч на 90° от первоначального направления, создавая при этом зеркальное изображение (рис. 2.1, *б*). Главное сечение призмы – это равнобедренный треугольник. Призма разворачивается в плоскопараллельную пластину перпендикулярную оптической оси.

Основные конструктивные параметры призмы определяются по формулам:

$$a = D; \quad c = 1,414 D; \quad l = D,$$

где *c* – длина отражательной гипотенузной грани;

l – геометрическая длина хода лучей в призме.

Определим предельный угол падения излучения на входную грань *AB* призмы при условии, что излучение будет испытывать полное внутреннее отражение на грани *BC*, а материалом оптической детали является, например, стекло К8 ($n_1 = 1,5183$).

Из рис. 2.1,*а* видно, что $\varepsilon_{\text{пво}} = 45^\circ - \varepsilon_1$, откуда $\varepsilon_1 = 45^\circ - \varepsilon_{\text{пво}}$. По закону преломления $n_2 \cdot \sin \varepsilon = n_1 \cdot \sin \varepsilon_1$, или

$$n_2 \cdot \sin \varepsilon = n_1 \cdot \sin (45^\circ - \varepsilon_{\text{пво}}), \quad (2.1)$$

где $n_2 = 1,0$ – показатель преломления воздуха;

ϵ – угол падения на входную грань призмы;
 $\epsilon_{\text{ПВО}}$ – предельный угол полного внутреннего отражения.

Значение угла $\epsilon_{\text{ПВО}}$ рассчитаем по формуле (1.2):

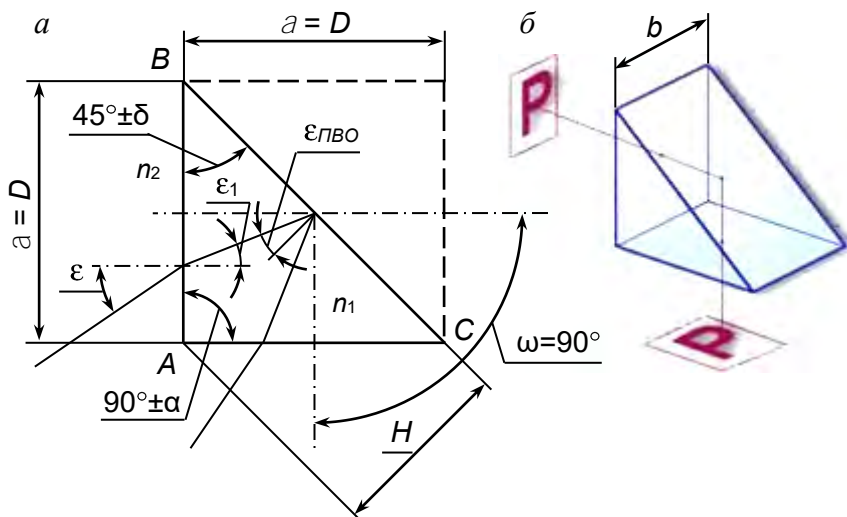


Рис.2.1. Оптические и конструктивные параметры призмы AP-90°:

a – основные геометрические размеры детали;

b – схема преобразования изображения

$$\begin{aligned} \epsilon_{\text{ПВО}} &= \arcsin(1/n_2) = \arcsin(1/1,5183) = \\ &= 0,719 \text{ рад} = 41,196^\circ \approx 41^\circ 12'. \end{aligned}$$

Тогда подставив в выражение (2.1) значение для $\epsilon_{\text{ПВО}}$, получим

$$\epsilon = \arcsin(1,5163 \cdot \sin(45 - 41,196)) = 0,101 \text{ рад} \approx 5^\circ 47'.$$

Если угол падения излучения на входную грань призмы AB окажется больше, чем рассчитанный угол ϵ , то на грань BC необходимо нанести *отражающее покрытие*, серебряное с защитой медью и лаком – например 25P.3E.72П, или алюминиевое, например 1И.72П. На входную грань AB и на выходную AC обычно наносят *просветляющие покрытия*: $\otimes_{A,B}$ – просветл. X.041+ ОСТ 3-1901-95, ОСТ 3-5714, $\lambda = 640 \pm 50$ нм, $\rho \leq 0,3\%$.

Для предотвращения боковых вторичных отражений на обе боковые грани призмы наносится светопоглощающее черное лакокрасочное покрытие, например: Эмаль ХС76«У»ГМ, чёрная ТУ 6-10-2136–88 [32].

Для исключения сколов и выколов на ребрах и углах необходимо предусмотреть технологические фаски. Исходя из ширины призмы $b = a = 23,8$ мм (см. рис. 2.1) и с учётом рекомендованных значений, приведённых в табл. 1.3, фаски на ребрах будут равны $0,5^{+0,3}$ мм, а на трёхгранных углах $1,5^{+0,5}$ мм.

Анализ информации, представленной в литературных и электронных интернет источниках, показал, что производители выпускают призмы AP-90°, удовлетворяющие следующим конструктивным, технологическим и экономическим параметрам (табл.2.1–2.2).

Таблица 2.1

Основные конструктивные параметры призмы AP-90° [33]

Линейные размеры			Допуски на угловые размеры		
a , мм	b , мм	H , мм	α''	δ''	Π'' (пирамидальность)
10	10	7,1	5 – 1	5 – 3	5 – 3
15	15	10,6	1 – 10	1 – 30	1 – 40
20	20	14,2	30 – 5	30 – 10	30 – 40
25	25	17,7	10 – 2	20 – 10	40 – 20
30	30				

Таблица 2.2

Зависимость стоимости призмы AP-90° от марки стекла и геометрических параметров [34]

$a \times b$, мм	Стекло К8		Кварц КУ-1	
	модель	цена у.е.	модель	цена у.е.
15,0×15,0	31055	44	31005	85
25,4×25,4	31010	48	31010	120
30,8×30,8	31065	58	31015	210

Световой диаметр d_{CB} составляет 80 % от линейного размера. В зависимости от назначения и условий работы оптического прибора в качестве материала применяют крон К8 или кварц

марки КУ-1. Чистота рабочих поверхностей P при этом должна соответствовать III–IV классу.

Точность изготовления плоских поверхностей данной призмы задаётся либо в зависимости от рабочей длины волны λ (на предприятии ОАО «Вектор-Оптик» – плоскостность составляет $\lambda/8$), либо числом интерференционных колец N . На предприятии ОАО «Зенит» плоскостность выдерживается в пределах:

для преломляющих поверхностей:	для отражающей поверхности:
$N = 1,0; \Delta N = 0,3;$	$N = 0,5; \Delta N = 0,2;$
$N = 0,5; \Delta N = 0,2.$	$N = 0,2; \Delta N = 0,1.$

По конфигурации и геометрическим параметрам к призмам, аналогичным AP-90°, относится призма БР-180°, а также призмённые системы Порро I и II рода, К-0°. Призма AP-90° может иметь несколько исполнений, которые будут определяться принципом работы оптического прибора.

2.3. Анализ оптических схем приборов, определение в них функционального назначения призмы AP-90° и описание существующих способов её крепления

Призма AP-90° является одной из самых распространённых в своем классе оптических деталей с точки зрения использования в конструкциях большинства оптико-механических и оптико-электронных приборов. Исходя из анализа различных оптических схем и с учетом функционального назначения призмы AP-90°, можно выделить следующие основные области её применения.

2.3.1. Бинокулярная насадка

Бинокулярная насадка используется в биологических микроскопах и приборах на их основе. Принцип её работы заключается в следующем. Система из трёх призм АР-90° и одной разновидности призмы БР-180° осуществляет разделение исходного светового пучка на два идентичных для снижения утомляемости глаз оператора и обеспечения комфортного наблюдения за изображением предмета в процессе работы.

Рассмотренная выше оптическая схема бинокулярной насадки, например модели ТРН-1 используется, в люминесцентных агрегатных микроскопах серии «ЛЮОМAM», предназначенных для изучения биологических объектов; при этом используется излучение определённой длины волны по методу светлого и тёмного поля (рис. 2.2) [35].

Бинокулярная насадка ТРН-1 применяется также в лабораторных поляризационных агрегатных микроскопах серии «ПОЛАМ-Л», получивших широкое распространение в геологии, минералогии, петрографии, стекольной промышленности, биологии и предназначенных для изучения прозрачных и непрозрачных анизотропных материалов (рис. 2.3) [35].

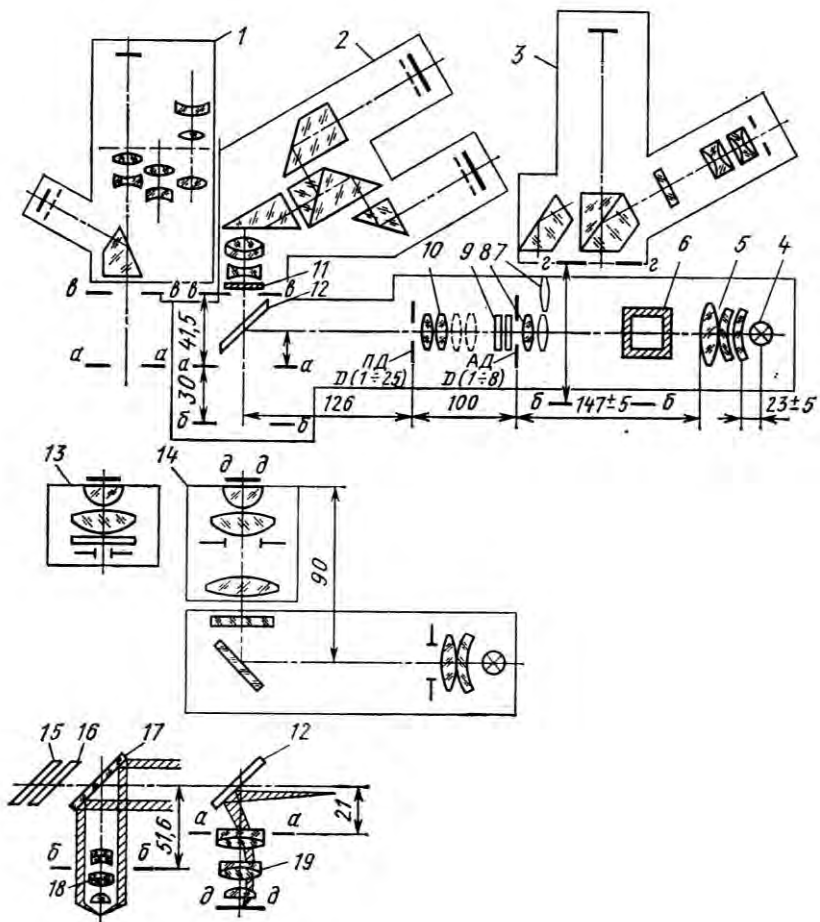


Рис. 2.2. Оптическая схема люминесцентного микроскопа ЛЮМАМ-72-Р3

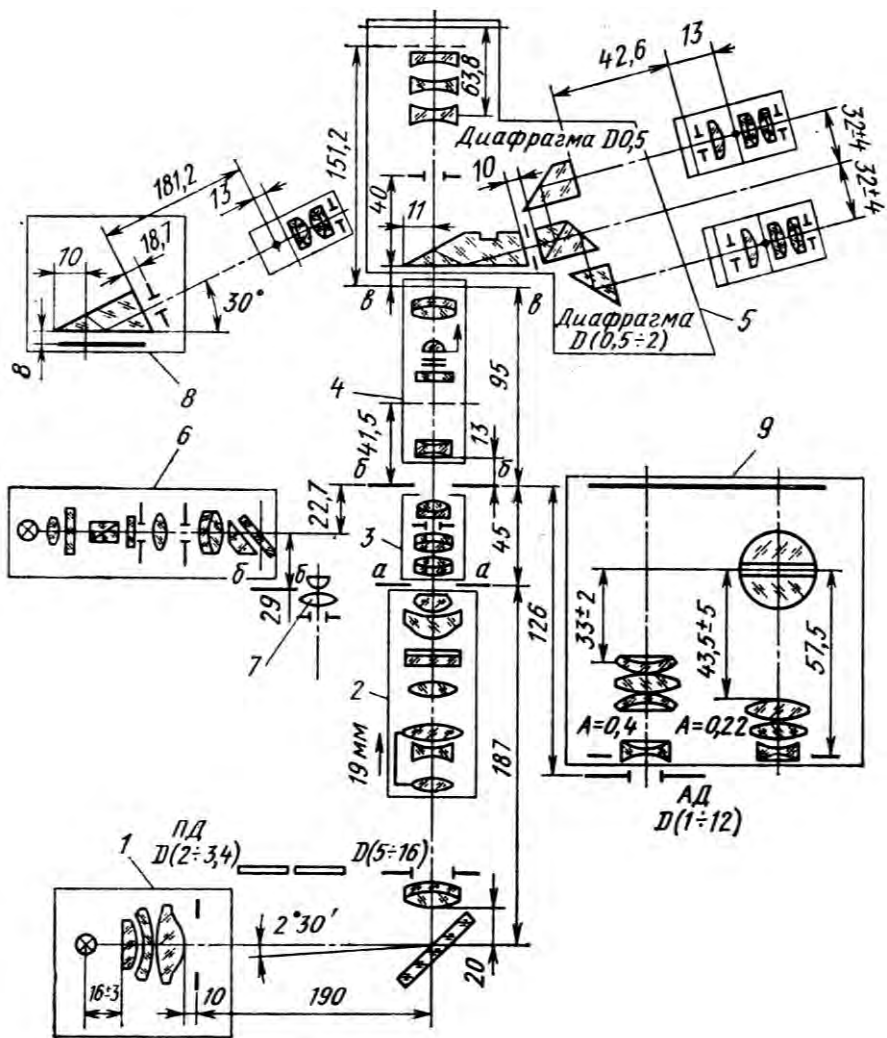


Рис. 2.3. Оптическая схема лабораторного поляризационного агрегатного микроскопа ПОИАМ-Л

В последнее время на рынке оптических приборов появились также предложения от компании William Optics в виде бинокулярных насадок для телескопов (рис. 2.4). Биновььюер содержит собственно приставку с 1,25" окулярными узлами, оборудованными компрессионными кольцами; два высококачественных широкоугольных окуляра с фокусным расстоянием $f' = 20$ мм и полем зрения $2\omega = 66^\circ$; 1,6× встраиваемую линзу Барлоу, для облегчения фокусировки при использовании любого типа телескопа. Бинокулярная насадка имеет следующие технические характеристики:

- материал призм ВаК-4;
- изменяемое межзрачковое расстояние 53–75 мм;
- числовая апертура 20,5 мм;
- габаритные размеры 120×112×42 мм;
- длина оптического тракта 100 мм.

Окулярный узел обеспечивает отдельную резьбовую фокусировку для каждого глаза. Ориентировочная цена – 290 USD [36].

Как видно из рис. 2.4, большинство бинокулярных насадок имеет эллиптическую составную форму корпуса, образуемую за счёт пересечения двух цилиндрических колен. Точность установки прямоугольной призмы 1 в данном случае определяется точностью изготовления посадочных поверхностей призмодержателя 4 и самого корпуса 2. Фиксация призмы обеспечивается двумя установочными резьбовыми кольцами 3 (рис. 2.5).



Рис. 2.4. Внешний вид бинокулярной насадки для телескопа

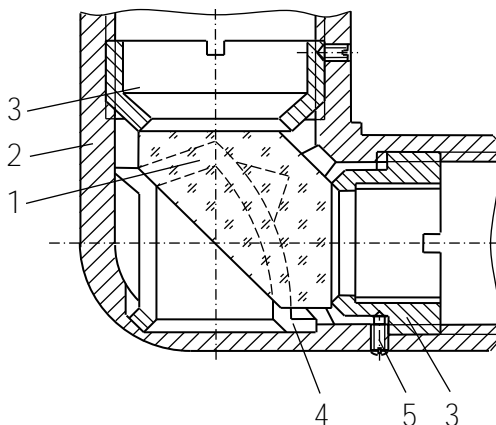


Рис. 2.5. Узел крепления прямоугольной призмы с крышей АкР-90°

призмодержателем:

- 1 – призма; 2 – корпус; 3 – установочные кольца;
4 – призмодержатель; 5 – стопорные винты

2.3.2. Окулярное или объективное колено

Окулярное или объективное колено применяется в стационарных и небольших переносных телескопах или медицинских приборах.



Рис. 2.6. Окулярное колено с диагональной призмой 918А

На рис. 2.6 показан узел крепления диагональной призмы мод. 918А торговой марки «Meade» с посадочным отверстием под окуляр 1,25" [37]. Призма АР-90° в данном случае используется как альтернатива плоскому зеркалу, установленному под углом 45° и предназначенному для изменения направления главной оптической оси на угол 90° с целью удобства наблюдения изображения звёзд в окуляр телескопа, находящихся высоко над горизонтом.

В связи с тем что в процессе работы телескопа нет необходимости в дополнительных настройках и юстировке

призмы, её целесообразно установить в оправу коробчатой формы и закрепить посредством четырёх планок и винтов. Планки удерживают оптическую деталь за грани, через которые проходит световой поток. Поэтому при разработке конструкции крепления форму и размеры планок необходимо выбирать таким образом, чтобы они не попадали за пределы светового диаметра

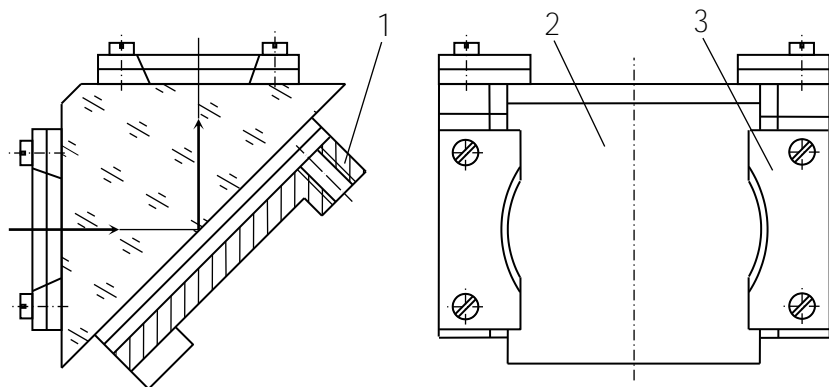


Рис. 2.7. Крепление прямоугольной призмы AP-90° планками:

1 – оправка; 2 – призма; 3 – планка

призмы (рис. 2.7) [1].

В медицинских приборах, например эндоскопах, размеры призмы AP-90° на порядок меньше, поскольку она устанавливается в дистальный наконечник эндоскопа сразу после первой линзы объектива 2 (рис. 2.8). Основное назначение призмы 1 – уменьшение угла поворота наконечника при осмотре труднодоступных участков внутренних полостей тела человека.

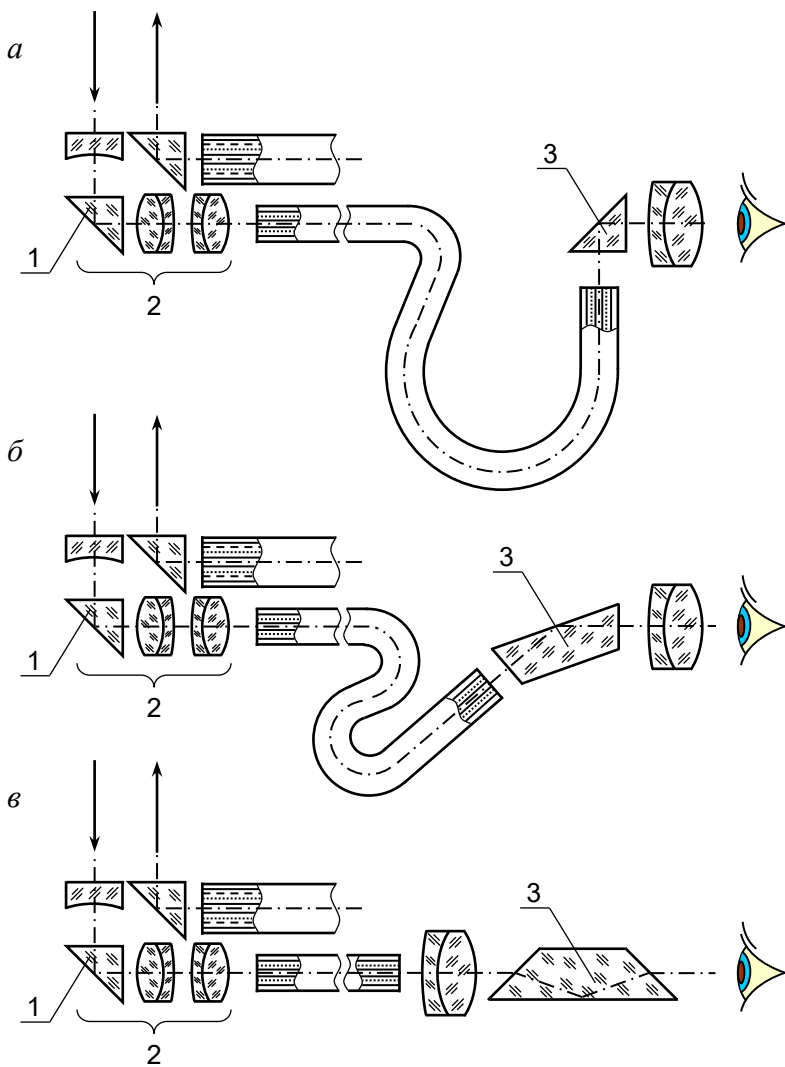


Рис. 2.8. Оптические схемы эндоскопа с различными вариантами введения призмы в оптическую систему для компенсации зеркальности изображения при боковом обзоре:
a – призма AP-90°; *б* – призма Дове AP-60°; *в* – призма Дове AP-0°

В случае применения бокового обзора возникает задача устранения или компенсации зеркального изображения. Для этого в оптическую схему окулярной части эндоскопа вводится еще одна призма 3, которая может устанавливаться либо между жгутом и окуляром (рис. 2.8, а и б), либо непосредственно за окуляром (рис. 2.8, в). Очевидно, что призму $AP-0^\circ$ целесообразнее располагать в параллельных пучках лучей за окуляром, где её влияние на качество изображения будет меньше [7].

В оптических приборах подобного рода в основном применяются неотчетливые призмы, габаритные размеры которых, как правило, не превышают 2–5 мм. Единственным целесообразным способом их крепления становится приклеивание к плоскому основанию корпуса через диагональную грань (рис. 2.9) [1].

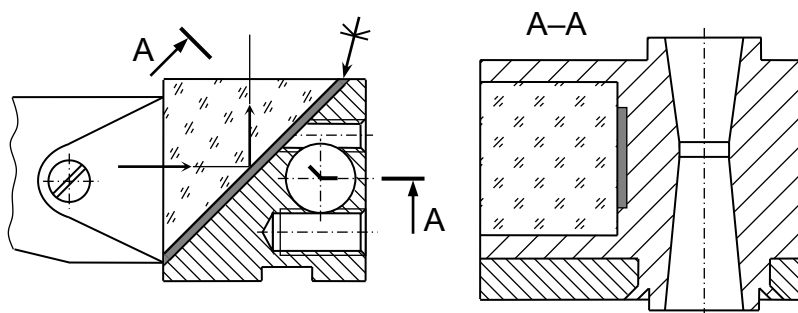


Рис. 2.9. Крепление призмы $AP-90^\circ$ приклеиванием

В качестве вспомогательного материала преимущественно используют следующие марки клеев: бальзамин, акриловый (130, 88-П1), ОК-50, УФ-235. Материал оправы выбирается таким образом, чтобы коэффициент её линейного расширения был близок к марке конкретного оптического стекла [2].

Применение при креплении миниатюрных планок, накладок и угольников может вызвать значительные технологические трудности ещё на этапе их изготовления или сборки.

2.3.3. Переключение оптических каналов

Переключение оптических каналов, как правило, осуществляется в комбинированных приборах, предназначенных для регистрации нескольких параметров и величин, или в обычных приборах, предусматривающих возможность ввода рабочего излучения от различных источников.

На рис. 2.10 приведена оптическая схема фотометра АФМ, предназначенного для измерения силы света и направленного светового потока до $1 \cdot 10^3$ кд от постоянных источников света, яркости светящихся и освещённых объектов до $1,25 \cdot 10^8$ кд/м², общей освещённости до $1 \cdot 10^5$ лк [35]. Фотометр состоит из трёх основных частей: свечемера, яркомера и люксметра. Все три части фотометра имеют общий приёмник света – мультищелочной фотоэлемент 13, а также общие призму 16, конденсор 8, нейтральные 9, 10, цветные 11 светофильтры, молочное стекло 12 и шторку 18. Призма 16 (AP-90°) в данном случае при необходимости обеспечивает переключение оптических каналов между указанными частями фотометра.

Пример использования призмы AP-90° в качестве переключателя между двумя различными источниками ввода лазерного излучения будет рассмотрен ниже, при описании конструкции голографического интерференционного микроскопа МГИ-1.

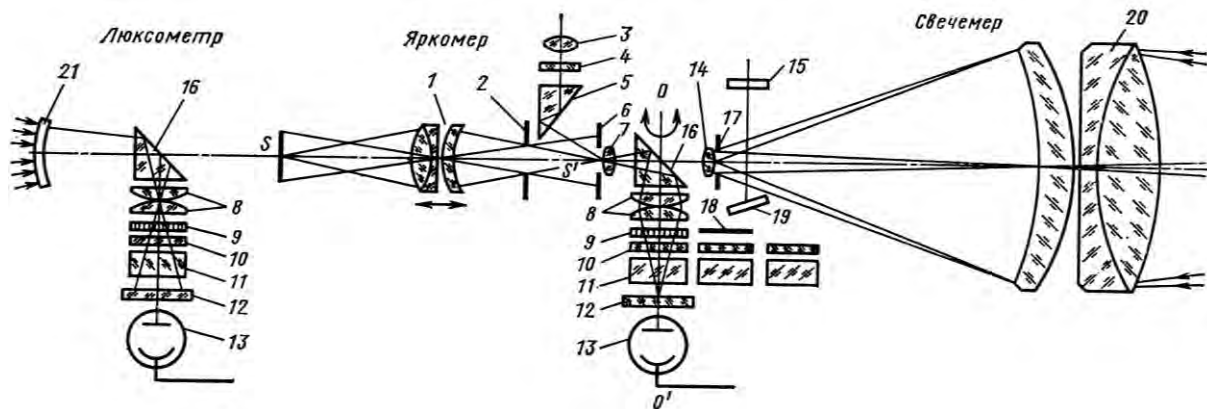


Рис. 2.10. Оптическая схема фотометра АФМ

Для поворота призмы АР-90° на 180° относительно исходного положения необходимо осуществить её центрально-симметричную установку на круглое плато и обеспечить свободный доступ к исполнительным боковым граням.

Одним из способов крепления призмы 2 в данной ситуации могут являться угольники 3, которые, как правило, применяют совместно с планками 5. Такой способ крепления характерен для оправ типа плат 1 (рис. 2.11) и не рекомендуется для фиксации деталей размером по высоте выше 25 – 30 мм, поскольку при больших размерах призмы угольники не могут обеспечить достаточную жёсткость.

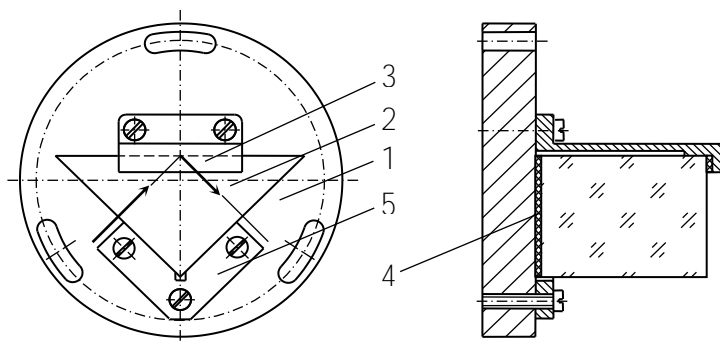


Рис. 2.11. Крепление прямоугольной призмы АР-90° планками и угольниками:

1 – оправка; 2 – призма; 3 – угольник;

4 – эластичная прокладка; 5 – низкая планка

Другой простой и надёжный способ крепления прямоугольной призмы АР-90° – это применение накладки. В некоторых случаях он позволяет дополнительно производить юстировку призмы в оправе. Для фиксирования призмы 1 на плато 2 фрезеруют уступы или в случае необходимости юстировки ставят планки 3 (рис. 2.12). Высота стоек 4, на которые устанавливается накладка 5, должна быть несколько больше высоты призмы, так как для предохранения призмы от деформации под накладку дополнительно устанавливают

эластичную прокладку 6. С нижней стороны плато 2 устанавливается на цилиндрическую опору (подшипник скольжения) в виде неподвижной втулки 7 и подвижной оси 8. Ось крепится во втулке шайбой и винтом 9.

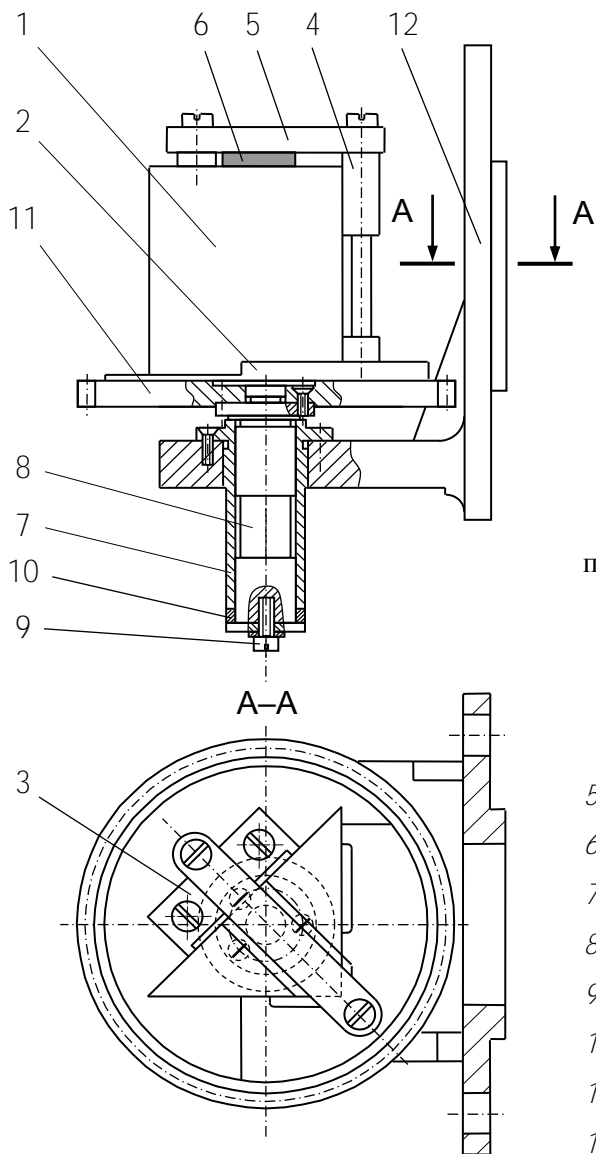


Рис. 2.12. Крепление прямоугольной призмы накладкой:

- 1 – призма;
- 2 – плато;
- 3 – планка;
- 4 – стойка;
- 5 – накладка;
- 6 – эластичная прокладка;
- 7 – втулка;
- 8 – ось;
- 9 – винт;
- 10 – кольцо;
- 11 – зубчатое колесо;
- 12 – несущий кронштейн

Для регулировки зазора используется кольцо 10. Плато 2 и все жёстко связанные с ним элементы приводятся во вращение от цилиндрического зубчатого колеса 11, точное положение которого определяется шариковым или пружинным фиксатором [1].

2.3.4. Подстройка качества изображения

Подстройка качества изображения применяется в большинстве оптических приборов с целью компенсации конструктивных, технологических и эксплуатационных погрешностей оптических узлов и механизмов.

Например, на рис. 2.13 приведена оптическая схема трубки оптиметра модели ИКВ, в основу принципа действия которого заложена рычажно-оптическая система [35]. Дневной свет (или свет от лампы 7) направляется зеркалом 8 в осветительную прямоугольную призму 9 и, отразившись от её скошенной грани, освещает сетку 6. На сетку 6, находящуюся в фокальной плоскости объектива автоколлиматора, нанесена шкала (± 100 делений) и отсчётный индекс (рис. 2.13). Пройдя сквозь шкалу, лучи попадают в прямоугольную призму 5 ($AP-90^\circ$) где, отразившись от её диагональной грани, входят в объектив 4 и далее параллельным пучком падают на зеркало 3.

С противоположной стороны зеркало 3 опирается на стержень 2, который нижней частью связан с измеряемой поверхностью образца 1. В обратном ходе лучи отражаются от зеркала 3 и дают автоколлимационное изображение шкалы 11 на сетке 6.

В данном случае точность установки призмы $AP-90^\circ$ обеспечивает параллельность хода лучей в оптической системе, четкость и контрастность изображения шкалы 11 на сетке 6, а также определяет величину наклона и смещения автоколлимационного изображения шкалы.

Рассмотрим второй случай применения указанной призмы.

В голографическом интерференционном микроскопе МГИ-1 [35], оптическая схема которого представлена на рис. 2.14, одновременно используется пять призм AP-90°. Анализ схемы показывает, что в процессе сборки и регулировки четыре призмы необходимо юстировать покачиванием на небольшой угол относительно их диагональных граней, установленных перпендикулярно главной оптической оси, и одну призму юстируют за счёт её вращения на 180° вокруг катета.

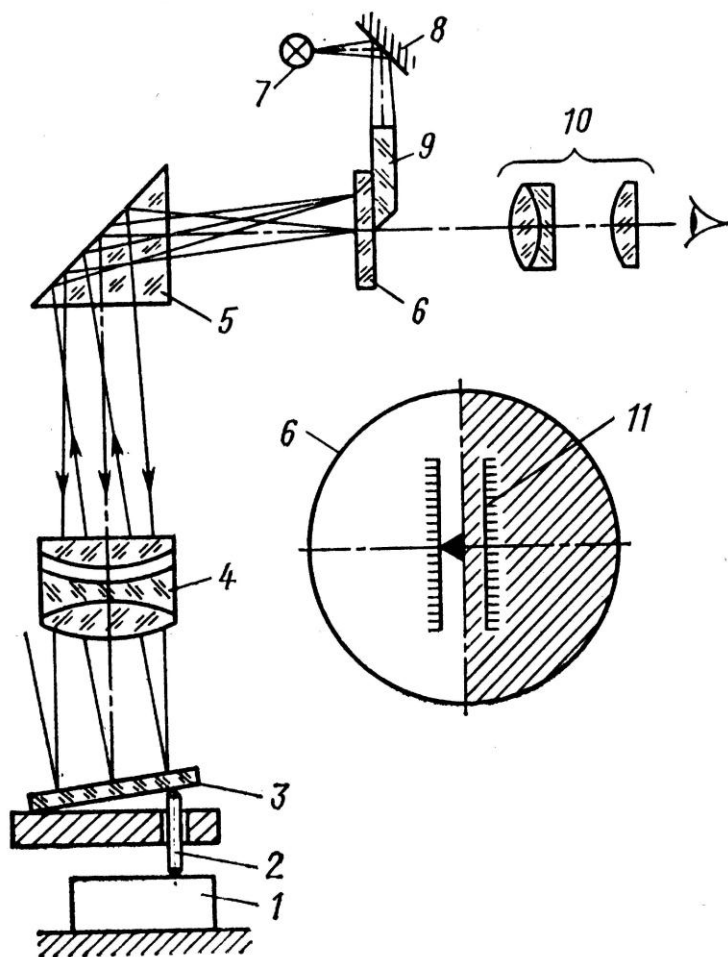


Рис. 2.13. Оптическая схема вертикального оптиметра ИКВ 49

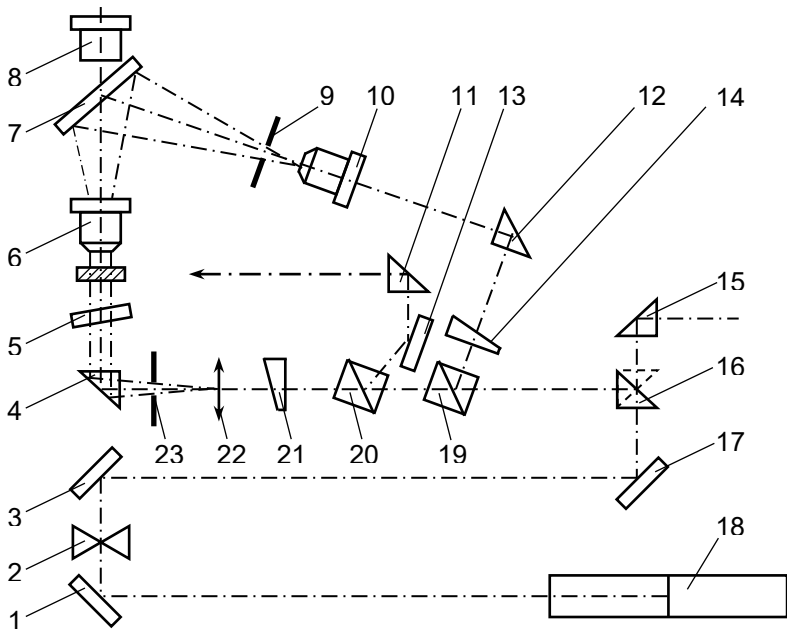


Рис. 2.14. Оптическая схема голографического интерференционного

Микроскоп работает следующим образом. Луч лазера 18 направляется зеркалами 1, 3, 17 и призмой 16 (при использовании внешнего лазера его излучение отражается призмой 15 и также направляется на призму 16, которая в этом случае разворачивается в положение, обозначенное штриховой линией) на светоделитель 19, делящий его на два луча – сигнальный и опорный. Сигнальный луч трансформируется линзой 22 и диафрагмой 23 в расходящийся пучок, который призмой 4 направляется на объект. Плоскопараллельная пластина 5 при повороте осуществляет параллельный сдвиг луча. Объектив 6 установлен за объектом; световой пучок после объектива попадает на фотопластинку 7. Наблюдение объекта производится через окуляр 8. Часть сигнального луча, отражённая светоделителем 20, направляется зеркалом 13 и призмой 11 на объект для его боковой подсветки. Опорный

луч призмой 12 направляется через короткофокусный объектив 10 и точечную диафрагму 9 также на фотопластинку 7. Интенсивность сигнального и опорного пучков может регулироваться нейтральными клиньями 14 и 21. Время экспонирования голограммы ограничивается электромеханическим затвором 2.

При настройке качества изображения предмета к узлу призмы кроме надежности крепления предъявляются также требования по точности её установки относительно базовых поверхностей оправы и возможности автоматической компенсации дополнительных погрешностей от любых случайных внешних воздействий.

Основные технические данные голографического интерференционного микроскопа МГИ-1 приведены в табл. 2.3.

Таблица 2.3
Технические характеристики МГИ-1

Наименование параметра	Численное значение
Увеличение микроскопа, крат	40 – 1800
Диапазон измерения оптической разности хода, мкм	1 – 10
Предельная суммарная погрешность микроскопа при измерении оптической разности хода, мкм (не более)	$\pm 0,06$
Предельная суммарная погрешность микроскопа при определении размеров и распределения частиц в пределах голографируемой области, мкм (не более)	3
Размер голограммы, мм	45×60
Тип источника излучения	ЛГ-52-1
Длина волны излучения, мкм	0,6328
Габаритные размеры микроскопа, м	1,044×0,676×1,300

В данной ситуации целесообразно использовать метод крепления с использованием плоских пружин, которые нивелируют натяжения в призме, появляющиеся при изменении температуры. Выбор жёсткости пружины определяется силой её давления на призму и зависит от массы оптической детали. Для лабораторных приборов величина давления обычно в два раза ниже расчетных значений. Например, при массе призмы 200 г она составляет обычно 15–20 Н [1].

Форма оправы зависит от общей конфигурации корпуса оптического прибора. Так, например, в планетарных механизмах орудийной панорамы, включающих прямоугольную призму $AP-90^\circ$ со световым диаметром до 25 мм, преимущественно применяется крепление в круглом барабане 1 (рис. 2.15). Небольшие габаритные размеры оптической детали допускают использование одной цилиндрической опоры, ось которой должна совпадать с отражающей гипотенузной гранью призмы.

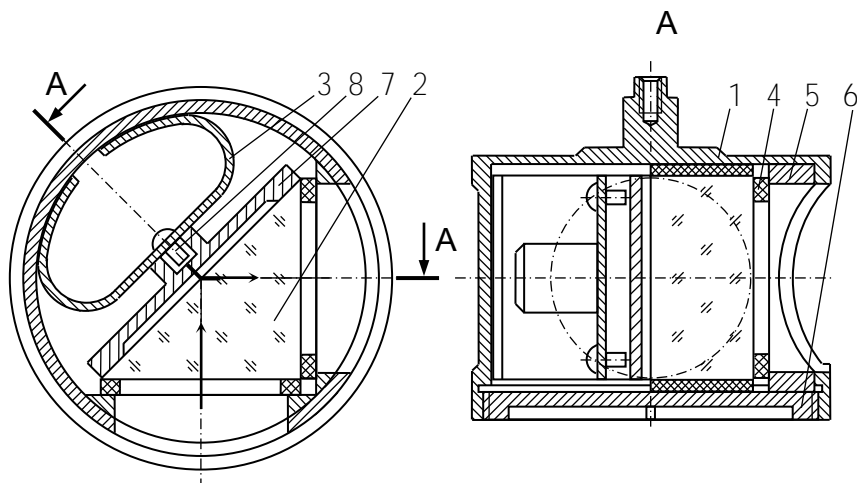


Рис. 2.15. Узел крепления призмы перископа

$AP-90^\circ$ плоской пружиной:

- 1 – круглый барабан с опорой; 2 – призма; 3 – пружина;
- 4 – прокладка; 5 – сегмент; 6 – резьбовое кольцо;
- 7 – накладка; 8 – штифт

Рассмотренные выше лабораторные приборы: вертикальный оптиметр ИКВ и интерференционный микроскоп МГИ-1 имеют прямоугольную форму корпуса, поэтому для установки призмы АР-90° целесообразно использовать коробчатую оправу 6 с двумя симметрично расположенными цилиндрическими опорами 5 (рис. 2.16).

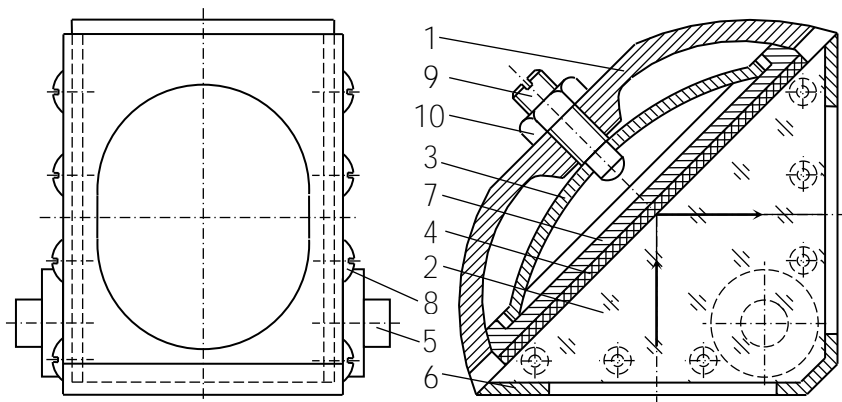


Рис. 2.16. Узел крепления высокоточной призмы АР-90° плоской пружиной:

- 1 – корпус; 2 – призма; 3 – пружина; 4 – прокладка;
 5 – цилиндрическая опора; 6 – оправка; 7 – накладка;
 8 – крепёжный винт; 9 – регулировочный винт; 10 – гайка

Из всех рассмотренных выше областей применения призмы АР-90° с точки зрения юстировки наибольший интерес представляет четвёртый случай, а именно – подстройка качества изображения предмета, поскольку в данной ситуации требуется разработка специального механизма для точной ориентации оптической детали относительно других элементов конструкции прибора.

2.4. Определение заданной точности механизма юстировки призмы AP-90° и расчёт его основных элементов

2.4.1. Разработка кинематической схемы узла крепления призмы и вывод функции преобразования движения

Составление кинематической схемы [38] приведём для узла крепления призмы AP-90°, установленного в голографическом интерференционном микроскопе МГИ-1 и предназначенного для наведения расходящегося пучка лучей на исходный объект.

В соответствии с техническими характеристиками оптического прибора необходимо обеспечить предельную суммарную погрешность микроскопа при определении размеров и распределения частиц в пределах голографируемой области $\Delta x \leq 3 \text{ мкм}$.

Для удобства юстировки призмы угол поворота визирной оси примем равным $\alpha = \pm 2^\circ$

Поскольку рассматриваемый голографический интерференционный микроскоп является универсальным и полуавтоматическим оптическим прибором, коррекция пучка лучей, падающего на объект, осуществляется оператором вручную, посредством рукоятки, связанной с отсчётным устройством нониусного типа. Угол отклонения луча относительно исходного нулевого положения является небольшим, поэтому для повышения точности настройки и чувствительности при его коррекции необходимо использовать систему из первичных передаточных механизмов, преобразующих вращательное движение рукоятки в качательное движение плато с призмой относительно цилиндрических опор.

Выходной координатой будем считать положение отклонения визирного луча α , а в качестве входной координаты принимаем угол поворота φ , барабана винтового механизма с отсчётной шкалой (рис. 2.17).

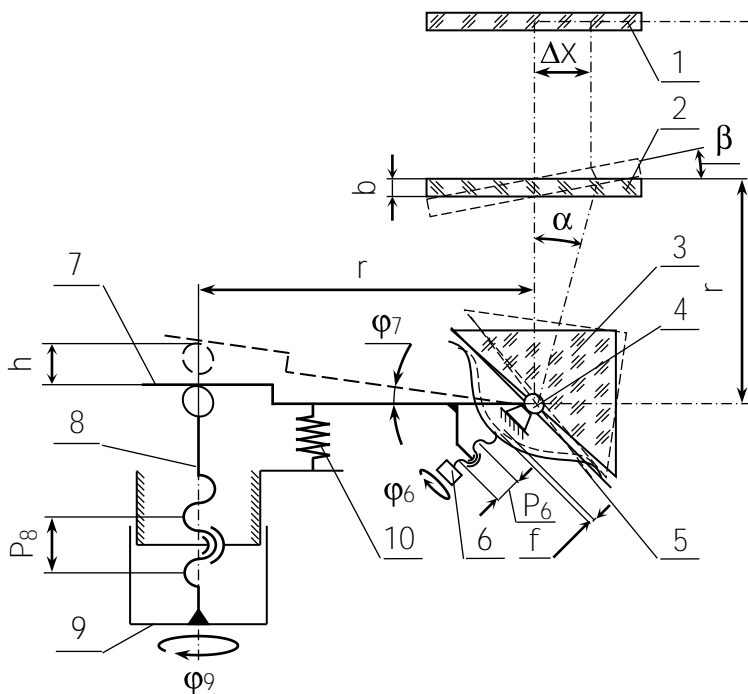


Рис. 2.17. Кинематическая схема устройства юстировки призмы АР-90°:

- 1 – объект; 2 – компенсационная плоскопараллельная пластинка; 3 – призма; 4 – шарнирная опора;
 5 – плоская пружина; 6 – регулировочный винт;
 7 – рычаг; 8 – толкатель; 9 – барабан винтового механизма;
 10 – цилиндрическая пружина сжатия

Таким образом, в общем виде ФПД запишется как:

$$\alpha = f(\varphi_9). \quad (2.2)$$

Поскольку в рассматриваемом приборе прямоугольная призма выполняет функцию, идентичную зеркалу, то для неё справедлива зависимость, согласно которой поворот зеркала на какой-либо угол γ вызывает поворот падающего на него луча на угол ψ , равный удвоенному углу поворота зеркала [2], т. е. в нашем случае

$$\alpha = 2\varphi_7, \quad (2.3)$$

где φ_7 – угол поворота призмы.

Для обеспечения точности перемещения корпус узла призмы должен быть жёстко связан с горизонтально расположенным рычагом 7 тангенсного механизма, приводимым в движение от вертикально установленного толкателя 8:

$$\varphi_7 = \arctg(h/r), \quad (2.4)$$

где h – высота подъёма толкателя, мм;

r – длина рычага, мм.

В свою очередь, толкатель 8 жёстко связан с винтовым механизмом 9, и величина его перемещения h определяется конструктивными параметрами соединения винт-гайка:

$$h = \frac{n \cdot \rho_8 \cdot \varphi_9}{360^\circ}, \quad (2.5)$$

где n – число заходов резьбы (в отсчётных механизмах обычно принимается равным $n = 1$);

ρ_8 – шаг резьбы, мм;

φ_9 – угол поворота барабана винтового механизма, град.

После подстановки выражений (2.3)–(2.5) в исходную формулу (2.2) получим функцию преобразования движения в окончательном виде:

$$\alpha = 2 \arctg \left(\frac{n \cdot \rho_8 \cdot \varphi_9}{360^\circ r} \right).$$

Малое число оборотов барабана 9 и небольшие углы поворота призмы в качестве опор допускают применение подшипников скольжения, отличающихся простотой изготовления и высокой точностью, за счёт меньших зазоров в соединениях подшипника и цапфы [1].

2.4.2. Определение геометрических размеров барабана для настройки положения призмы и числа делений отсчётной шкалы

Определим число делений n шкалы барабана отсчётного устройства для обеспечения диапазона перекрытия по углу поворота призмы $\alpha = \pm 2^\circ$ в обе стороны от нулевого положения:

$$n = \frac{2\alpha}{\Delta u_{\text{цд}}} = \frac{4^\circ}{5'} = \frac{240'}{5'} = 48$$

где $\Delta u_{\text{цд}}$ – цена деления шкалы; для металлических барабанов технологически обеспечиваемая точность исполнения обычно составляет $5'$.

Согласно требованиям, указанным в источнике [2], по мнемоничности и безопасности управления при вращении рукоятки пальцами без перехвата ее диаметр должен находиться в пределах 10–40 мм, а допустимый момент для поворота должен составлять 1,0–2,3 Н·м. При этом угол поворота рекомендуется выбирать в пределах от 180 до 120° , т.е. предпочтение следует отдавать однооборотным шкалам.

Величина линейных интервалов делений шкалы ΔL обычно находится в пределах от 1,0 до 1,7 мм [38] и выбирается исходя из углового предела разрешения глаза ($\varepsilon = 1'$ или $0,00029$ рад), расположенного на расстоянии 250 мм до объекта наблюдения.

Выберем интервал $\Delta L = 1,5$ мм (или в угловой мере $7,5^\circ$). Тогда с учётом длины окружности барабана, $P = \pi \cdot D = \Delta L \cdot n$, определим диаметр D участка барабана, на котором нанесена шкала:

$$D = \frac{\Delta L \cdot n}{\pi} = \frac{1,5 \cdot 48}{3,14} = 22,918 \text{ мм.}$$

2.4.3. Расчёт геометрических параметров первичных передаточных механизмов и определение общей погрешности устройства

Как было установлено выше, для обеспечения отклонения визирной оси на угол $\alpha = \pm 2^\circ$ необходимо повернуть маховик на угол, не превышающий 180° . Для установления гарантированного запаса хода по шкале в обоих направлениях, а также основываясь на конструктивных соображениях, примем $\varphi_0 = \pm 170^\circ$.

Основные размеры деталей винтового механизма взаимосвязаны между собой. Поэтому исходя из того, что наружный диаметр участка барабана 9 (см. рис. 2.17), на котором нанесена шкала, равен $D = 23$ мм, определим диаметр резьбы винта 8 – М6 мм. Диаметр резьбы винта выбирают с учётом требований жёсткости и прочности при его обработке и эксплуатации. Из технологических соображений изготавливать точные винты с шагом меньше 0,75 мм не рекомендуется [19], поэтому примем $p_8 = 1$ мм.

Кроме того исходя из габаритов призмы и размеров оправы для её крепления длина рычага должна составлять $r \geq 25$ мм.

Тогда после подстановки известных численных значений и несложных тригонометрических преобразований формулы (2.6) получим

$$l = \operatorname{arctg} \left(\frac{1 \cdot 1 \cdot 170^\circ}{360^\circ r} \right).$$

Откуда $r = 27,05369$ мм.

Теперь проверим соответствие разработанного механизма юстировки призмы параметрам чувствительности оптического прибора.

Известно, что минимально возможная точность установки значения на отсчётном устройстве посредством маховика

пальцами руки составляет 1° [19], т.е. при $\Phi_9 = 1^\circ$ по формуле (2.5) линейная величина смещения толкателя будет равна $h = 0,002778$ мм, что согласуется с заданными требованиями $h < \Delta x$. Однако при этом необходимо обеспечить соблюдение следующих условий:

- дополнительно установить плоскопараллельную пластинку 2, угол наклона β которой компенсирует удвоенное отклонение визирного луча α ;
- выходная грань плоскопараллельной пластинки должна находиться от отражательной грани призмы 3 на расстоянии γ (см. рис. 2.17).

2.4.4. Расчёт параметров крепёжных элементов, обеспечивающих жёсткую фиксацию призм в продольном направлении

В соответствии с рекомендациями, приведенными в п. 2.4.3, рассчитаем величину деформации f плоской пружины при наличии контакта с диагональной гранью призмы, в случае приложения к ней нагрузки $P = 20$ Н (рис. 2.18).

Величина деформации пружины зависит от её геометрических параметров и светового диаметра призмы ($DCB = 23$ мм) и определяется по следующей формуле [1]:

$$f = \frac{1}{4} \cdot \frac{l^3 P}{bt^3 E} = \frac{1}{6} \cdot \frac{l^2 \sigma_{II}}{t E}, \text{ мм,}$$

где l – расстояние между опорами пружины, мм:

$$l = 35 \text{ мм;}$$

b – ширина пружины, мм:

$$h = 25 \text{ мм;}$$

t – толщина пружины, мм:

$$t = 0,5 \text{ мм;}$$

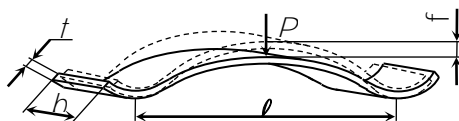


Рис. 2.18. Внешний вид плоской пружины с основными конструктивными параметрами

$\sigma_{и}$ – допустимое напряжение материала на изгиб (для стали 65Г [$\sigma_{и}$] = 70 кгс/мм²);

E – нормальный модуль упругости ($E \approx 21000$ кгс/мм²).

После подстановки численных значений получим

$$f = \frac{1}{6} \cdot \frac{35^2 \cdot 70}{0,5 \cdot 21000} = 1,36 \text{ мм.}$$

Жёсткая фиксация призмы в продольном направлении в нашем случае обеспечивается установкой регулировочного винта М5 с мелким шагом 0,5 мм и путём его небольшого вращения в осевом направлении.

2.5. Устройство и принцип работы оптического узла

Проектирование механизма крепления и юстировки призмы АР-90° по конструктивным элементам проводим в соответствии с расчётными значениями, полученными в п. 2.4, и на основе разработанной кинематической схемы, изображённой на рис. 2.17.

Механизм юстировки призмы непосредственно состоит из двух сборочных единиц: собственно самого узла крепления 1 призмы АР-90° и винтового механизма 3 для его поворота. Кроме того, присутствует третья сборочная единица – насадка 2, содержащая тонкую пластинку для нивелирования удвоенного угла поворота призмы и обеспечения плоскопараллельного хода лучей в оптической системе (рис. 2.19).

Устройство имеет прямоугольное основание 4, содержащее с правой стороны резьбовое отверстие для присоединения к тубусу прибора и вертикальный квадратный паз для установки сборочной единицы № 1 «Узел крепления призмы» 1 (рис. 2.19).

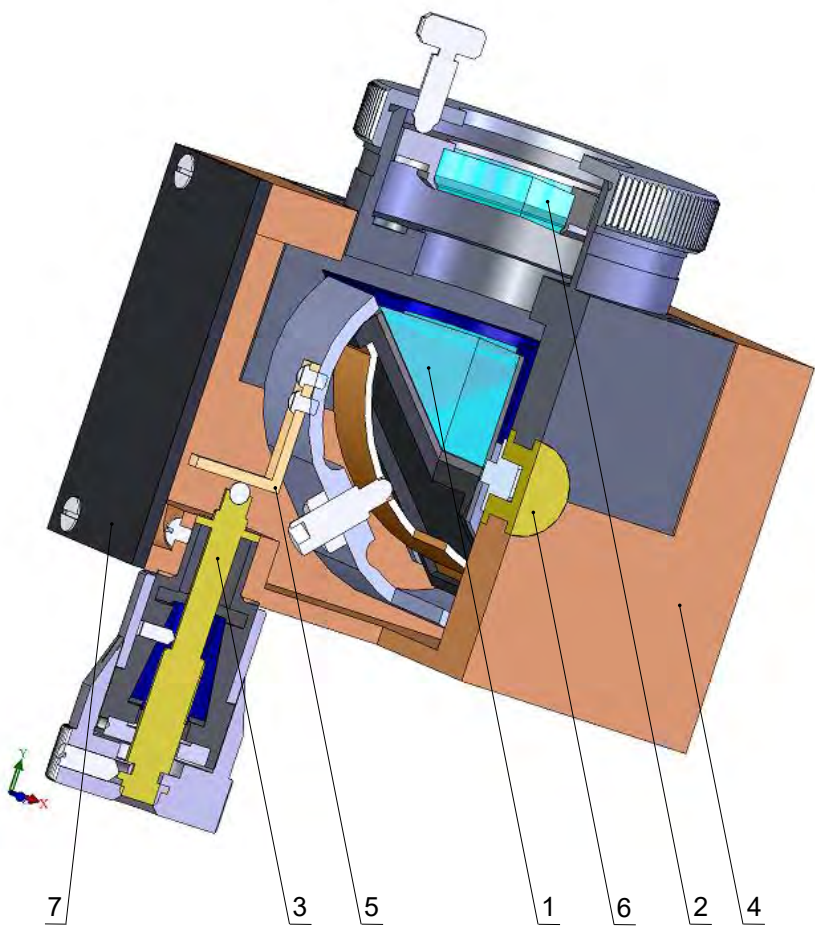


Рис. 2.19. Конструкция механизма юстировки и крепления призмы АР-90°
(3D – модель, выполненная в графическом пакете SolidWorks)

Узел крепления призмы содержит прямоугольную призму 1 (6), которая прижимается к оправе 1 (7) посредством плоской пружины 1 (3) через накладку 1 (4) и эластичную прокладку 1 (5). Пружина 1 (3) свободно устанавливается на две опоры по краям накладки 1 (4). Нагружение пружины осуществляют в центральной зоне за счёт вращения специального винта 1 (2), установленного в кронштейне 1 (1). При достижении необходимого натяжения положение винта фиксируют гайкой 1 (10). Для исключения смещения призмы в боковом направлении с левой и правой торцевой стороны оправы 1 (7) и кронштейна 1 (1) оптическая деталь фиксируется шестью крепёжными винтами 1 (9). Для обеспечения поворота призмы в вертикальной плоскости в кронштейн 1 (1) через оправу 1 (7) соосно вкручены две цилиндрические опоры 1 (8). Цилиндрические опоры 1 (8) и надетые на них вставки 6, образуют подшипники скольжения, посредством которых узел крепления призмы базируется в основании 4. Фиксация подшипников осуществляется сборочной единицей № 2 «Насадка» посредством четырёх винтов 9 (рис. 2.20 и 2.21).

Компенсатор содержит, в свою очередь, подсборочную единицу № 4 «Компенсатор» – плоскопараллельную пластинку 2 (1-2), завальцованную в оправе 2 (1-1). Пластина в оправе удерживается в правой части корпуса 2 (2) и имеет возможность поворачиваться относительно цилиндрической оси 2 (5), представляющей собой сквозной запрессованный штифт. Наклон пластины в вертикальной плоскости обеспечивается вращением юстировочного винта 2 (4), вкрученного в защитное резьбовое кольцо 2 (3). В исходное положение плоскопараллельную пластинку возвращает цилиндрическая пружина сжатия 2 (6) которая установлена с противоположной стороны винта в посадочное отверстие корпуса 2 (2).

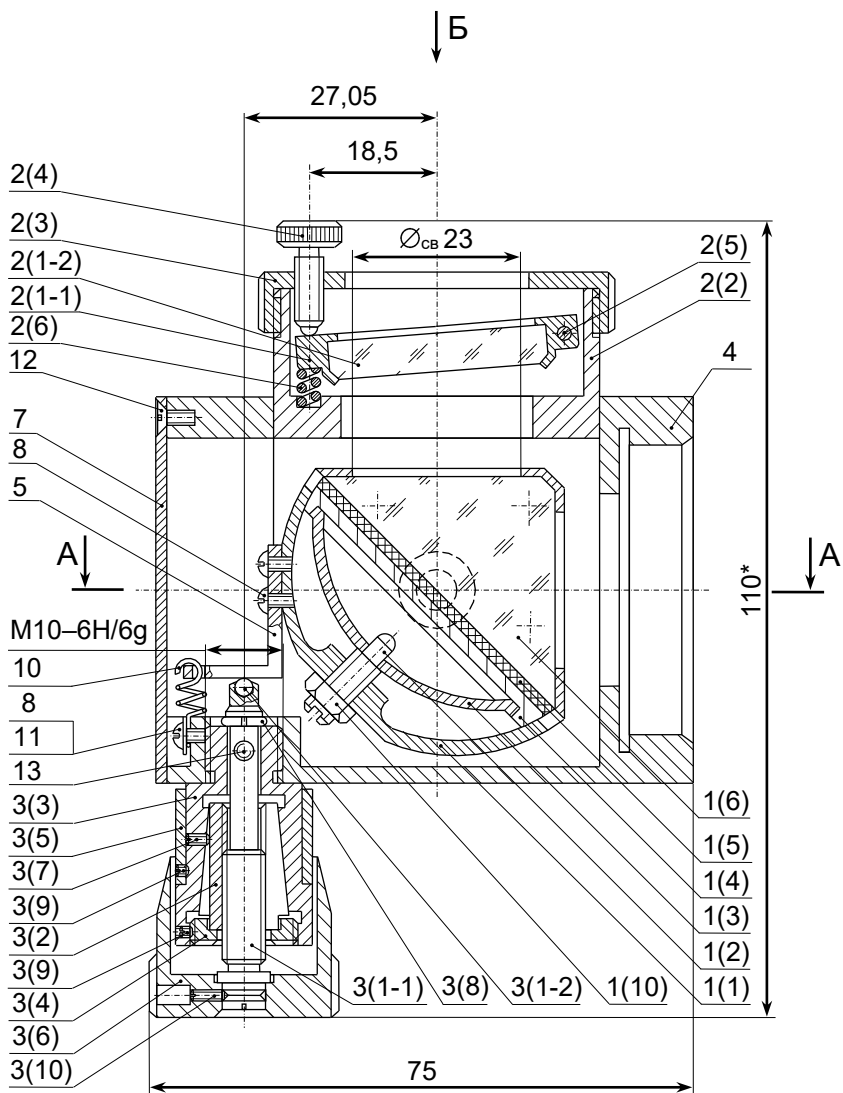


Рис. 2.20. Конструкция механизма юстировки и крепления призмы АР-90° (главный вид)

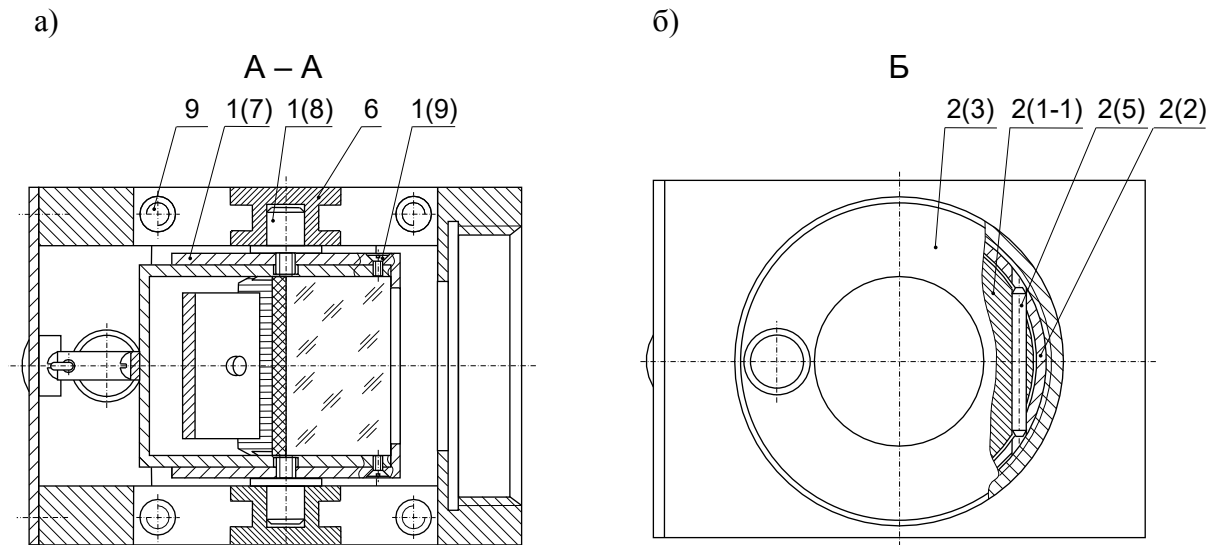


Рис. 2.21. Конструкция механизма юстировки и крепления призмы АР-90°:
 а – осевой разрез А-А на рис. 2.20, б – вид сверху Б на рис. 2.20

В нижней части основания 4 вкручена типовая сборочная единица № 3 «Механизм винтовой». Конструктивной особенностью двухзвенного отсчётного механизма является неподвижная гайка, относительно которой винт совершает вращательное и поступательное перемещение.

Базовой деталью винтового механизма является ступенчатая втулка 3 (3), на внешнем диаметре которой посредством стопорного винта 3 (9) закреплена шкала грубого отсчёта 3 (5), а внутри установлена гайка 3 (2) в виде конуса с продольным разрезом, удерживаемая внутренним резьбовым кольцом 3 (4). Деформация гайки обеспечивает выборку радиального зазора в резьбе и способствует уменьшению кинематической ошибки. В результате давления резьбового кольца 3 (4) на гайку 3 (2) последняя начинает сжиматься в коническом отверстии ступенчатой втулки 3 (3). От разворота гайку удерживает стопорный винт 3 (7). Внутри гайки 3 (2) вкручивается подсборочная единица № 5 «Толкатель», представляющая собой ось 3 (1-1) с завальцованным на конце шариком 3 (1-2). Для предохранения от вывинчивания толкателя 3 (1) в осевом направлении, в канавку на оси 3 (1-1) устанавливается ограничительная пружинная шайба 3 (8). На толкателе закреплён также барабан 3 (6) со шкалой точного отсчета, посредством трех стопорных винтов 3 (10), которые обеспечивают установку минимального гарантированного зазора по всему внутреннему диаметру относительно шкалы грубого отсчёта 3 (5). Крепление винтового механизма в основании 4 осуществляется с помощью резьбы на ступенчатой втулке 3 (3).

Узел крепления призмы и винтовой механизм связаны между собой посредством рычага 5, прикрученного с внешней стороны кронштейна 7 (1) двумя винтами 8, а силовое замыкание между толкателем 3 (1) и кронштейном 7 (1) осуществляется через цилиндрическую пружину растяжения 10. После установки и натяжения пружины винтом 8 через шайбу 11, основание 4 с левой стороны закрывается крышкой 7, удерживаемой четырьмя винтами 12.

Устройство работает следующим образом.

Луч от лазера, пройдя систему зеркал и ряд оптических компонентов, расходящимся пучком падает на диагональ призмы АР-90° и, отразившись от её поверхности, проецируется на объект. Оператор через окуляр наблюдает качество изображения предмета и в случае его нечёткости производит юстировку призмы следующим образом. При повороте барабана 3 (6) винтового механизма по часовой стрелке толкатель 3 (1) упирается в рычаг 5 и осуществляет наклон узла крепления призмы вниз относительно исходного вертикального положения. Часть пучка лучей смещается вправо и изображение тускнеет. Далее оператор поворачивает по часовой стрелке юстировочный винт 2 (4) и тем самым осуществляет наклон плоскопараллельной пластинки 2 (1-2), которая выравнивает наклонный луч от призмы и создаёт свой параллельный пучок лучей. В случае превышения угла наклона призмы или плоскопараллельной пластинки оператору необходимо немного повернуть винт и барабан против часовой стрелки, для того чтобы пружины 2 (6) и 10 смогли вернуть оптические детали в исходное положение.

При работе с узлом юстировки призмы не рекомендуется выкручивать подвижные резьбовые механизмы в крайние верхние или нижние положения для исключения повреждений резьбовых соединений и деформации пружин.

2.5.1. Технологическая схема сборки узла

Устройство содержит пять сборочных единиц: три крупные (от 6 до 10 элементов) и две мелкие (по два элемента), входящие в них (рис. 2.22).

При выполнении операции завальцовки плоскопараллельной пластинки и фиксации плоской пружиной призмы АР-90° не следует прилагать чрезмерных усилий, чтобы не появились пережимы в стекле на оптических деталях.

При закреплении призмы 1 (6) в кронштейне 1 (1) и оправе 1 (7) рекомендуется зачистить торцевые поверхности винтов 1 (9) для исключения повреждения боковых поверхностей оптической детали (см. рис. 2.20).

При установке плоской пружины 1 (3) в накладку 1 (4) обеспечить равномерное прилегание двух её опорных поверхностей для исключения нежелательных перекосов.

Пружину 2 (6) следует устанавливать в корпус 2 (2) в вертикальном положении. Пружину 10 вставить в отверстие кронштейна 5 и закрепить на основании 4 до установки винтового механизма 3.

При сборке подшипников скольжения селективно притереть с минимальным зазором рабочие поверхности вставок 6 и цилиндрических опор 1 (8). Перед установкой в основание 4 на их внутренние поверхности нанести смазку индустриальную.

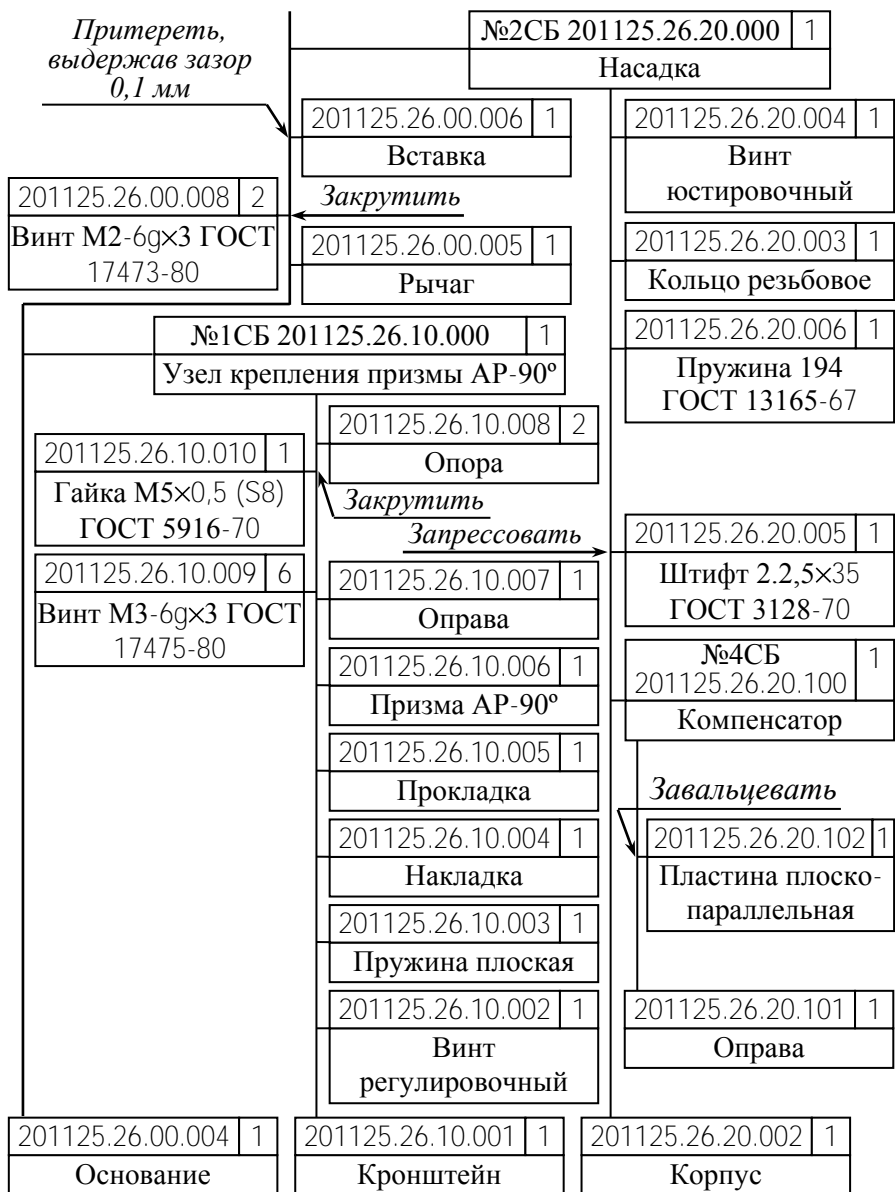
Рекомендуется также нанести индустриальную смазку на ось 2 (5) при установке в компенсатор 2 (1). Для повышения точности и облегчения процесса сборки сквозное отверстие под ось 2 (5) в корпусе 2 (2) целесообразно выполнить за один проход.

Отверстие под юстировочный винт 2 (4) в резьбовом кольце 2 (3) разметить после его сборки с корпусом 2 (2) и выполнить отдельно от сборочной единицы для исключения попадания металлической пыли внутрь оптического узла.

Конические поверхности ступенчатой втулки 3 (3) и разрезной гайки 3 (2) притереть друг к другу до сборки остальных элементов узла.

Отверстия под крепёжные винты 12 в крышке 7 и основании 4 выполнить совместно при сборке.

Технологическая схема общей и узловой сборки механизма юстировки призмы AP-90° представлена на рис. 2.22.



Базовая деталь

Рис. 2.22. Технологическая схема общей и узловой сборки механизма юстировки призмы АР-90°

2.5.2. Юстировка и регулировка отдельных элементов конструкции

В связи с тем что узел юстировки и крепления призмы AP-90° не имеет собственной базовой опорной поверхности, а устанавливается непосредственно на тубус прибора через посадочное отверстие М42, необходимо соблюдать меры предосторожности относительно выступающего в нижней части винтового механизма. Подвижный барабан со шкалой точной настройки не должен подвергаться случайным ударам. После монтажа узла необходимо выставить его вертикальное положение относительно главной оптической оси прибора и зафиксировать стопорными винтами.

После установки плоской пружины 1 (3) рекомендуется проверить величину её натяжения с помощью испытательного прибора для контроля силы и длины пружины при сжатии или растяжении, например серии 2С.

Заключение

В ходе выполнения курсового проекта определены назначение и функциональные возможности призмы AP-90°. Рассмотрены различные схемы оптических приборов, в которых применяется указанная выше оптическая деталь, и выполнен анализ существующих способов её крепления применительно к каждой конкретной конструкции устройства. Разработана кинематическая схема узла крепления призмы, выведена функция преобразования движения, определены геометрические параметры передаточных механизмов и основных крепёжных элементов. Установлено соответствие полученных расчётных значений заданным исходным параметрам точности для голографического интерференционного микроскопа МГИ-1. На основании проведенных расчётов разработан механизм юстировки призмы AP-90°, описано его внутреннее устройство и принцип работы. Составлена технологическая схема общей и узловой сборки. Выполнены рабочие чертежи для наиболее сложных деталей конструкции.

При конструировании узла крепления и юстировки призмы были востребованы знания по таким дисциплинам, как «Инженерная графика», «Математика», «Теоретическая и прикладная механика», «Стандартизация норм точности», «Метрология», «Материаловедение», а также закреплён теоретический материал по курсу лекций «Элементы и детали оптических приборов».

Полученные практические навыки позволят в дальнейшем самостоятельно решать конструкторские задачи по проектированию оптических узлов и механизмов, применяемых в современных оптических приборах.

3. ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

3.1. Оформление пояснительной записки

Объём пояснительной записки определяется студентом самостоятельно и зависит от полноты раскрытия пунктов технического задания на проектирование. Ориентировочно он составляет 30–40 страниц, оформленных на компьютере в текстовом редакторе Word.

Пояснительная записка должна иметь следующую структуру:

1. Глава;
- 1.1. Раздел;
- 1.1.1. Подраздел;
- 1.1.1.1. Пункт.

В процессе написания и компьютерной вёрстки пояснительной записки необходимо придерживаться следующих правил и требований:

- печать текста осуществляется на листах формата А4 с одной стороны;
- поля – левое 2,5 см, правое – 1,5 см, верхнее – 2,0 см, нижнее – 2,0 см;
- колонтитулы – 1,5 см;
- нумерация страниц: положение – внизу страницы, выравнивание по правому краю – 14 пт. (нумерация страниц начинается с содержания);
- межстрочный интервал – множитель 1,2;
- красная строка (абзац) – 1,0 см;
- размер основного текста – 14 пт;
- размер подрисуночных надписей, обозначения, названия и текст внутри таблиц – 12 пт;
- шрифт – Times New Roman;
- содержание пояснительной записки оформляется в виде таблицы из двух столбцов (первый – заголовки; второй – номер страницы) при отключённом режиме обрамления внешних и внутренних границ;

- введение, заключение и список использованных источников не нумеруются;

- заголовки глав печатаются прописными буквами с выравниванием по центру, без красной строки и переносов;

- заголовки разделов и подразделов печатаются строчными буквами с выравниванием по центру, без красной строки;

- названия глав, разделов и подразделов пишутся жирным шрифтом и отделяются от основного текста вниз и вверх – 12 пт.;

- каждая глава начинается с новой страницы;

- допускается расстановка переносов по тексту пояснительной записки;

- выравнивание основного текста по ширине;

- запрещается вставлять формулы как графические объекты;

- допускается использовать только встроенный редактор формул Equation;

- внутри редактора Equation дополнительно «определяются» стиль и размеры: обычных элементов – 14, крупного индекса – 10, мелкого индекса – 9;

- выравнивание формул осуществлять по центру страницы, а в случае наличия их нумерации также симметрично, но по правому краю от ссылки (круглых скобок) на формулу;

- в конце формулы всегда ставится знак препинания: « . », « , » или « ; » и далее в обязательном порядке расписываются входящие в неё элементы; в этом случае слово «где...» пишется без красной строки, и после него сразу же следует расшифровка первого из элементов;

- в расчётной части пояснительной записки единицы измерения полученной величины после формулы пишутся, например, следующим образом:

$$\langle L = h \cdot l, \text{ мм} \rangle \text{ или } \langle L = 2 \cdot 3 = 6 \text{ мм} \rangle; \quad 2.3$$

- отступ формул и рисунков от основного текста «Интервал» вверх и вниз – 12 пт.;

- отступ номера таблицы от основного текста «Формат/Абзац/Интервал» вверх – 6 пт.; названия таблицы от рамки таблицы вниз – 6 пт.;

- в пояснительной записке к рисункам относятся собственно рисунки, фотографии, графики, фрагменты размерных цепочек и т.п.;

- подрисуночная надпись оформляется в отдельном блоке на панели «Рисование» – значок «Надпись» – и выравнивается по центру самого рисунка;

- в основном тексте ПЗ должна быть обязательно ссылка на рисунок, которая оформляется в круглых скобках, и при наличии нескольких фрагментов каждый из них обозначается русскими буквами в режиме курсива, например (рис. 2.21,*б*) или (рис. 2.21,*а и б*);

- в сложном случае при наличии нескольких рисунков после общего названия ставится двоеточие и следует уточнение названия каждого рисунка. Далее после « ; » идёт перечисление элементов на рисунке вынесенных как позиции (см. рис. 2.17);

- пояснения на рисунке, например позиция «5 – блок юстировочный», пишутся с начала строки с выравниванием по ширине текста;

- страница не может заканчиваться названием раздела или подраздела (минимально необходимое количество – две строки основного текста после заголовка);

- глава, раздел или подраздел не могут заканчиваться формулой, рисунком или таблицей;

- нумерация формул, таблиц и рисунков должна быть сквозной в пределах одной главы;

- рисунок или таблица ставятся после первого упоминания о них в тексте;

- формулы нумеруются только в том случае, если на них есть ссылки в тексте;

- ссылки на используемые источники должны расставляться в тексте в квадратных скобках по мере использования и в порядке возрастания нумерации (по возможности должна использоваться литература последних лет);

- перечень использованных источников необходимо оформлять общим списком, включив режим «нумерация»;

- каждый источник как минимум должен содержать: фамилии авторов, полное название книги или статьи, тип издания, город, название издательства, год, общее количество страниц для книги или конкретный диапазон страниц в журнале;

- при использовании интернет-источника необходимо указывать полный адрес страницы, название сайта, название статьи, фамилии авторов, дату написания статьи или последнего обновления сайта;

- после списка использованных источников приводится «Перечень принятых условных сокращений» по тексту пояснительной записки (гlossарий) (прил. 6).

- glossарий рекомендуется делать в том случае, если количество принятых условных сокращений не менее пяти. Сокращения приводятся в алфавитном порядке. Если имеются сокращения зарубежных наименований, то они приводятся после русских сокращений и также в соответствии с латинским алфавитом. В конце строки зарубежного сокращения в круглых скобках даётся русский перевод употребляемого термина;

- все приложения отделяются от основного текста пояснительной записки чистым листом, по центру которого заглавными буквами печатается слово «ПРИЛОЖЕНИЯ»;

- на всех последующих первых листах в правом верхнем углу листа печатается слово «*Приложение...*» (с указанием порядкового номера), которое пишется курсивом, по аналогии с представленными методическими указаниями. «Ведомость технического проекта» является частью приложения, поэтому к ней предъявляются аналогичные требования (прил. 1 – 6);

- таблицы и подписи к рисункам в приложениях оформляются по аналогии с таблицами и рисунками в основном тексте пояснительной записки;

- перед выводом текста пояснительной записки на печать рекомендуется ещё раз внимательно её просмотреть на предмет отсутствия случайных смещений заголовков, разрыва таблиц, отрыва подрисуночных надписей и т. п.

3.2. Общие требования к оформлению основных конструкторских документов

Для всех типов чертежей отображение формы детали осуществляется по методу прямоугольного проецирования (рис. 3.1) в соответствии с [39]. Устанавливаются следующие названия видов: 1 – вид спереди (главный вид); 2 – вид сверху; 3 – вид слева; 4 – вид справа; 5 – вид снизу; 6 – вид сзади.

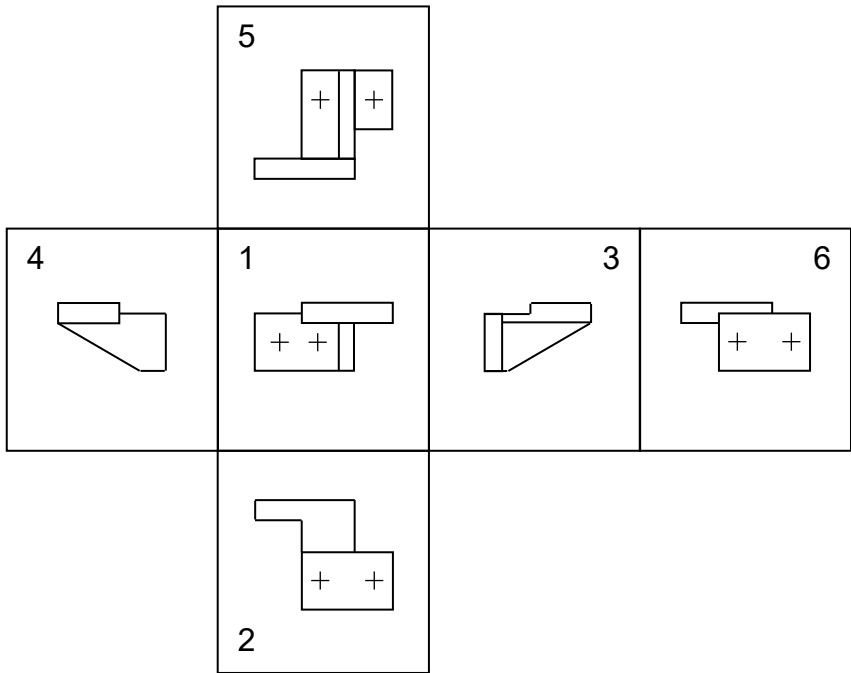


Рис. 3.1. Проекции детали

Изображение на фронтальной плоскости проекций принимается на чертеже в качестве главного. Количество видов должно быть минимальным, но достаточным для наглядного представления конфигурации детали или сборочной единицы.

Изображения на чертеже в зависимости от их содержания делятся на виды, разрезы, сечения.

Вид – изображение видимой части предмета. Для полноты отображения информации разрешается дополнительно штриховыми линиями указывать внутреннюю конфигурацию его элементов.

Разрез – изображение предмета, полученное в результате сечения одной или несколькими плоскостями, и то, что расположено за ней.

Сечение – изображение фигуры, полученное при мысленном рассечении предмета одной или несколькими плоскостями. На сечении показывается только то, что получается непосредственно в секущей плоскости.

На чертежах допускается совмещение вида и разреза.

На каждом чертеже в нижнем правом углу помещают основную надпись и дополнительные графы к ней в соответствии с требованиями ГОСТ 2.104–68 (рис. 3.2) [40].

Для быстрого нахождения на чертеже (схеме) составной части изделия или его элемента рекомендуется разбивать поле чертежа (схемы) на зоны. Отметки, разделяющие чертеж (схему) на зоны, рекомендуется наносить на расстоянии, равном одной из сторон формата А4 вертикального (рис. 3.3) или горизонтального расположения. Зоны обозначают сочетанием цифр и букв, например: 1А, 2А, 3А, 1В, 2В, 3В и т.д.

В графах основной надписи и дополнительных графах (номера граф на формах показаны в скобках) указывают:

в графе 1 – наименование изделия (в соответствии с требованиями ГОСТ 2.109–73 [27]), а также наименование документа, если этому документу присвоен код. Наименование изделия должно соответствовать принятой терминологии и быть по возможности кратким. Наименование изделия записывают в именительном падеже единственного числа.

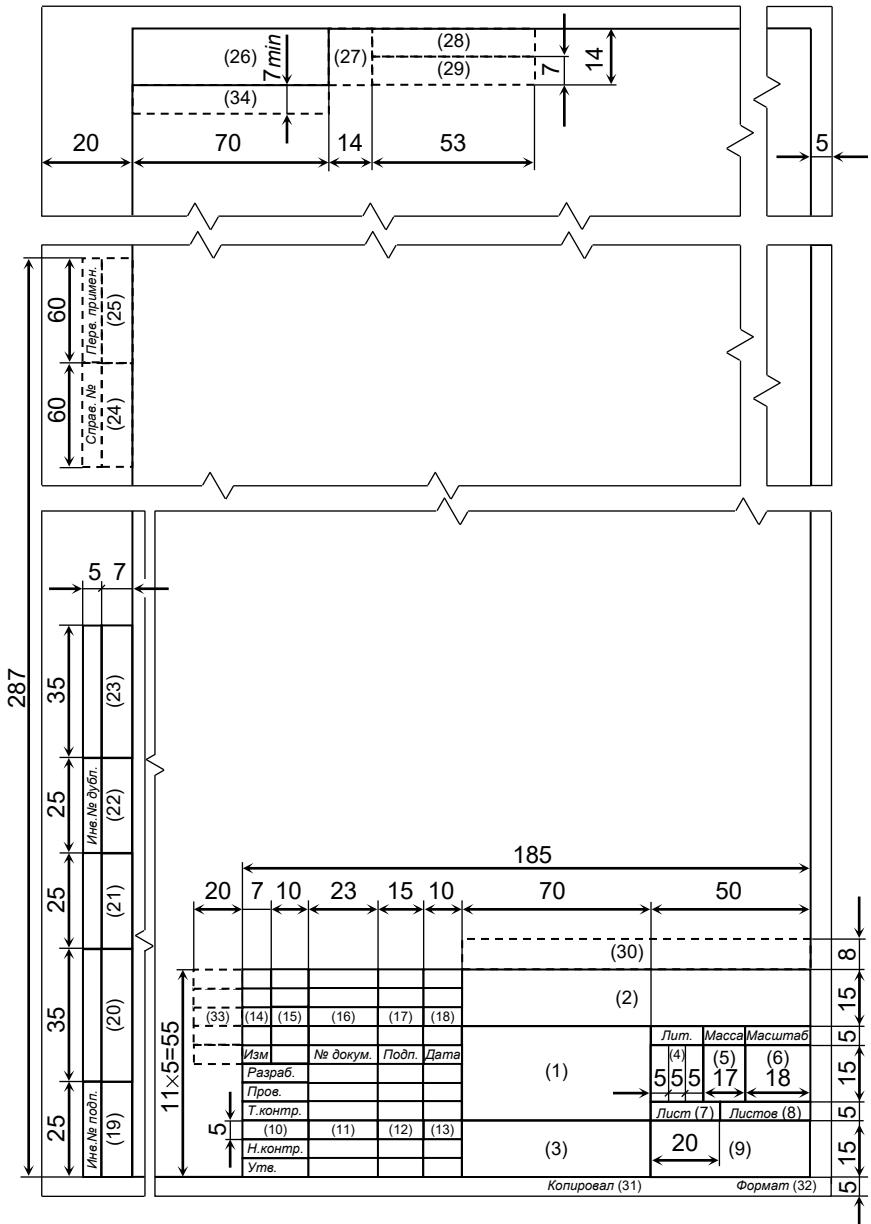


Рис. 3.2. Основная надпись для чертежей и схем (форма 1)

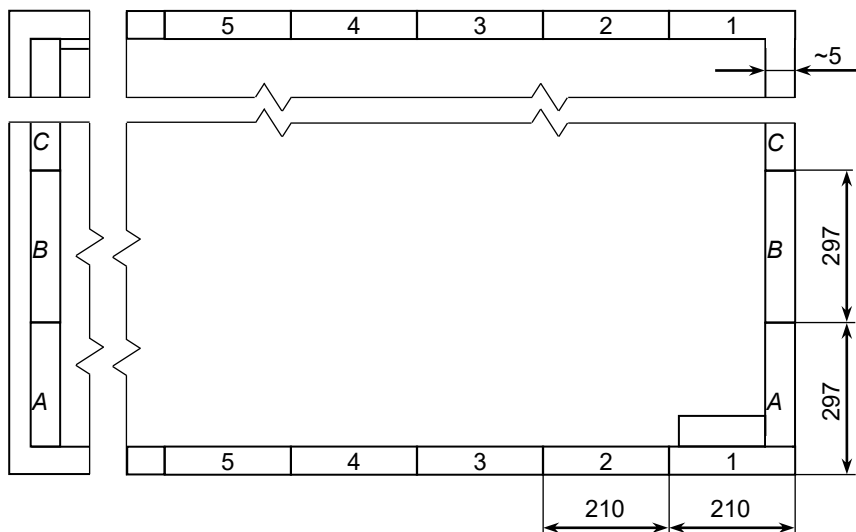


Рис. 3.3. Примеры разбивки поля чертежа на зоны

В наименовании, состоящем из нескольких слов, на первом месте помещают имя существительное, например: «Объектив широкоугольный». В наименование изделия не включают, как правило, сведения о назначении изделия и его местоположении;

в графе 2 – обозначение документа. Осуществляется в соответствии с ГОСТ 2.201–80 и имеет следующую структуру:



Код организации-разработчика содержит **четыре** буквы, например сокращённое наименование предприятия или вуза – БНТУ, которые в Республике Беларусь официально присваивает БелГИСС.

Код классификационной характеристики изделия содержит **шесть** цифр, например – 201125 (средства голографические, изобразительные), которые присваивает непосредственно конструктор в соответствии с Классификатором ЕСКД (ОКЕСКД ОК 012–93).

Порядковый регистрационный номер включает первые **две** цифры, которые обозначают сборочную единицу или узел в оптическом приборе (нумеруются целыми десятками: 10, 20, 30, ... и т. д.), и вторые **две** цифры определяют номер детали в этой сборочной единице или непосредственно в приборе, например 30 (третья сборочная единица – «Механизм винтовой») и 04 (оригинальная деталь – «Кольцо резьбовое внутреннее»). В особых случаях дополнительно могут быть приведены ещё две цифры, обозначающие номер варианта исполнения детали (см. п. 3.2.1).

Для самых общих конструкторских документов (чертежей общего вида, сборочных, габаритных или монтажных чертежей, а также для различного вида схем и плакатов) приводят обозначение следующего вида:

XXXX.XXXXXX.00.000 XX,

где последние две буквы обозначают, например:

ВО – чертёж общего вида;

СБ – сборочный чертёж;

ГЧ – габаритный чертеж;

КЗ – кинематическая схема;

ЛЗ – оптическая схема

ПЛ – плакат.

На рабочих чертежах деталей тип не обозначается (см. прил. 5).

При выполнении чертежа на нескольких листах на всех листах одного чертежа указывают одно и то же обозначение;

в графе 3 – обозначение материала детали (графу заполняют только на чертежах деталей);

в графе 4 – литеру, присвоенную данному документу (графу заполняют последовательно, начиная с крайней левой клетки). В рабочей конструкторской документации (КД) литеру допускается проставлять только в спецификациях и технических условиях. Присвоение литеры осуществляется в соответствии с ГОСТ 2.103–68 [41]: «П» – техническое предложение; «Э» – эскизный проект; «Т» – технический проект; «О» – корректировка КД по результатам изготовления и предварительных испытаний опытного образца (партии); «О₁» – корректировка КД по результатам приемочных испытаний опытного образца (партии); «О₂» – повторное изготовление и испытания опытного образца (опытной партии) и корректировка КД (для Министерства обороны, при необходимости); «А» – корректировка КД по результатам изготовления и испытания установочной серии; «Б» – изготовление и испытание головной (контрольной) серии и корректировка КД (для Министерства обороны, при необходимости); рабочим конструкторским документам изделия единичного производства, предназначенным для разового изготовления, присваивают литеру «И»;

в графе 5 – массу изделия по ГОСТ 2.109–73. На чертежах для изготовления опытных образцов – расчетную массу, на чертежах, начиная с литеры О₁, – фактическую. При этом под фактической массой следует понимать массу, определенную измерением (взвешиванием изделия). Массу изделия указывают в килограммах без указания единицы измерения;

в графе 6 – масштаб изображений и их обозначение на чертежах, устанавливаемые в соответствии с ГОСТ 2.302–68 [42]. Данный стандарт предусматривает следующий ряд значений:

– масштабы уменьшения: 1:2; (1:2,5); (1:4); 1:5; 1:10; (1:15); 1:20; (1:25); (1:40); 1:50; (1:75); 1:100; 1:200; (1:400); 1:500; (1:800); 1:1000 ...;

– масштабы увеличения: 2:1; (2,5:1); (4:1); 5:1; 10:1; 20:1; (40:1); 50:1; 100:1.

Примечание: масштабы в скобках относятся ко второму ряду и применяются в случае особой необходимости.

В обоснованных случаях (например, при изменении размеров на чертеже в процессе его разработки, когда переоформление чертежа нецелесообразно) допускается отступление от масштаба изображения, если это не искажает наглядность изображения и не затрудняет чтение чертежа в производстве;

в графе 7 – порядковый номер листа (на документах, состоящих из одного листа, графу не заполняют);

в графе 8 – общее количество листов документа (графу заполняют только на первом листе);

в графе 9 – наименование или различительный индекс предприятия, выпускающего документ (графу не заполняют, если различительный индекс содержится в обозначении документа);

в графе 10 – характер работы, выполняемой лицом, подписывающим документ, в соответствии с формами 1 и 2. Свободную строку заполняют по усмотрению разработчика, например: «Начальник отдела», «Начальник лаборатории», «Рассчитал»;

в графе 11 – фамилии лиц, подписавших документ;

в графе 12 – подписи лиц, фамилии которых указаны в графе 11.

Подписи лиц, разработавших данный документ и ответственных за нормоконтроль, являются обязательными.

При отсутствии титульного листа подпись лица, утвердившего документ, допускается размещать на свободном поле первого или заглавного листа документа в порядке, установленном для титульных листов по ГОСТ 2.105–95 [43].

Если на документе необходимо наличие визы должностных лиц, то их размещают на поле для подшивки первого или заглавного листа документа;

в графе 13 – дату подписания документа;

в графы 14–18 – графы таблицы изменений, которые заполняют в соответствии с требованиями ГОСТ 2.503–90 [44];

в графе 19 – инвентарный номер подлинника по ГОСТ 2.501–88;

в графе 20 – подпись лица, принявшего подлинник в отдел (бюро) технической документации, и дату приемки;

в графе 21 – инвентарный номер подлинника, взамен которого выпущен данный подлинник по ГОСТ 2.503–90;

в графе 22 – инвентарный номер дубликата по ГОСТ 2.502–68;

в графе 23 – подпись лица, принявшего дубликат в отдел (бюро) технической документации, и дату приемки;

в графе 24 – обозначение документа, взамен или на основании которого выпущен данный документ. Допускается также использовать графу для указания обозначения документа аналогичного изделия, для которого ранее изготовлена технологическая оснастка, необходимая для данного изделия;

в графе 25 – обозначение соответствующего документа, в котором впервые записан данный документ;

в графе 26 – обозначение документа, повернутое на 180° для формата А4 и для форматов больше А4 при расположении основной надписи вдоль длинной стороны листа и на 90° для форматов больше А4 при расположении основной надписи вдоль короткой стороны листа;

в графе 27 – знак, установленный заказчиком в соответствии с требованиями нормативно-технической документации и проставляемый представителем заказчика;

в графе 28 – номер решения и год утверждения документации соответствующей литеры;

в графе 29 – номер решения и год утверждения документации;

в графе 30 – индекс заказчика в соответствии с нормативно-технической документацией;

в графе 31 – подпись лица, копировавшего чертеж;

в графе 32 – обозначение формата листа по ГОСТ 2.301–68 [45];

в графе 33 – обозначение зоны, в которой находится изменяемая часть изделия;

в графе 34 – номера авторских свидетельств на изобретения, использованные в данном изделии.

Примечания:

1. Графа 26 на форме 2а является обязательной только для чертежей и схем.

2. Графы, выполненные штриховой линией, вводят при необходимости. Графы 27–30 обязательны для документов, утверждаемых заказчиком.

3. При использовании для последующих листов чертежей и схем формы 1 графы 1, 3, 4, 5, 6, 9 не заполняют.

4. В графах 13, 20, 23 при написании календарной даты год указывают двумя последними цифрами.

3.2.1. Правила выполнения рабочих чертежей деталей

Рабочие чертежи разрабатывают в соответствии с ГОСТ 2.109–73 [27], как правило, на все детали, входящие в состав изделия. Исключения составляют:

а) детали, изготавливаемые из фасонного или сортового материала отрезкой под прямым углом, по окружности или по периметру прямоугольника без последующей обработки;

б) детали изделий единичного производства, форма и размеры которых (длина, радиус сгиба и т.п.) устанавливаются по месту;

в) покупные детали, подвергаемые антикоррозионному или декоративному покрытию, не изменяющему характер сопряжения со смежными деталями.

На рабочем чертеже изделия указывают размеры, предельные отклонения, шероховатость поверхностей и другие данные, которым оно должно соответствовать перед сборкой (прил. 5, рис. П5.2–П5.6).

На каждое изделие выполняют отдельный чертеж. Исключение составляет группа изделий, обладающих общими конструктивными признаками, на которые выполняют групповой чертеж по ГОСТ 2.113–75 [46] (рис. 3.4).

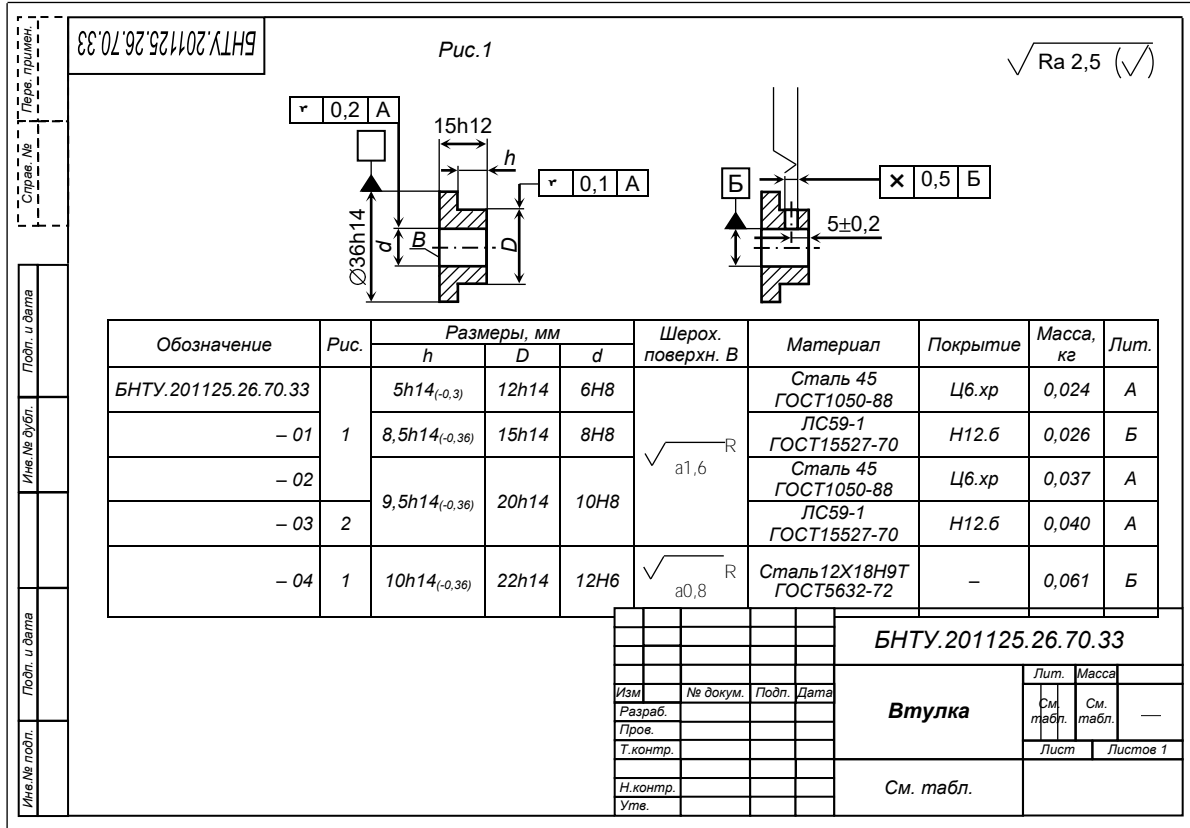


Рис. 3.4. Пример оформления группового чертежа детали

На рабочих чертежах не допускается помещать технологические указания.

В виде исключения можно:

а) указывать способы изготовления и контроля, если они являются единственными гарантирующими требуемое качество изделия, например, совместная обработка, совместная гибка или развальцовка и т.п.;

б) давать указания по выбору вида технологической заготовки (отливки, поковки и т.п.);

в) указывать определенный технологический прием, гарантирующий обеспечение отдельных технических требований к изделию, которые невозможно выразить объективными показателями или величинами, например: процесс старения, вакуумная пропитка, технология склеивания, контроль сопряжения двух притираемых элементов и др.

Размеры, предельные отклонения и шероховатость поверхностей элементов изделия, получающиеся в результате обработки в процессе сборки или после нее, указывают на сборочном чертеже (рис. 3.5,а).

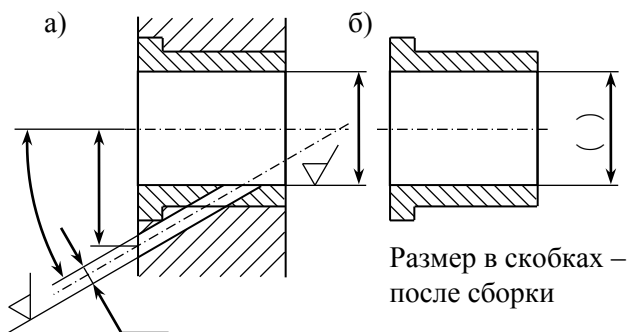


Рис. 3.5. Размеры, предельные отклонения и шероховатость поверхностей элементов изделия

Однако возможно исключение, когда при изготовлении изделия предусматривается припуск на последующую обработку его отдельных элементов в процессе сборки. В этом случае на

чертеже указывают размеры, предельные отклонения и другие данные, которым изделие должно соответствовать после окончательной обработки. Такие размеры заключают в круглые скобки, а в технических требованиях делают запись типа: «Размеры в скобках – после сборки» (см. рис. 3.5,б).

На рабочих чертежах изделий, подвергаемых покрытию, указывают размеры и шероховатость поверхности до покрытия. Допускается одновременно указывать размеры и шероховатость поверхности до и после покрытия. При этом размерные линии и обозначения шероховатости поверхностей до покрытия и после покрытия наносят, как показано на рис. 3.6.

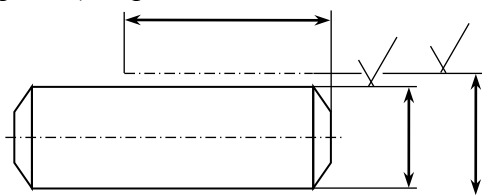


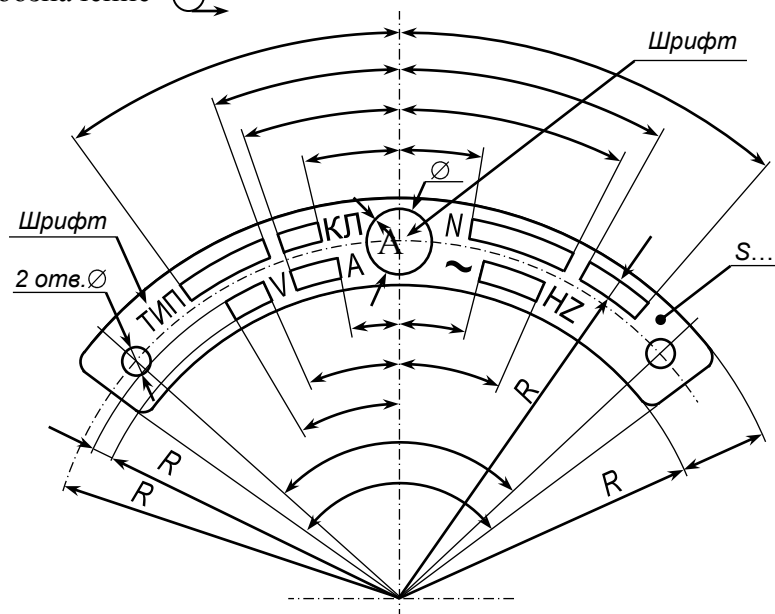
Рис. 3.6. Размерные линии и обозначения шероховатости поверхностей до покрытия и после покрытия

Надписи и знаки, наносимые на плоскую поверхность изделия, изображают, как правило, на соответствующем виде полностью, независимо от способа их нанесения.

Если надписи и знаки должны быть нанесены на цилиндрическую или коническую поверхность, то на чертеже помещают изображение надписи в виде развертки. На виде, где надписи, цифры и другие данные проецируются с искажением, допускается изображать их без искажения. На чертеже должен быть указан способ нанесения надписей и знаков (гравирование, штемпелевание, чеканка, фотографирование и т.п.), покрытие всех поверхностей изделия, покрытие фона лицевой поверхности и покрытие наносимых надписей и знаков (рис. 3.7).

В основной надписи чертежа детали указывают не более одного вида материала. Если для изготовления детали предусматривается использование заменителей материала, то их указывают в технических требованиях чертежа или технических условиях на изделие.

Когда изображение детали, изготавливаемой, например, гибкой, не дает представления о действительной форме и размерах отдельных ее элементов, на чертеже детали помещают частичную или полную ее развертку. На изображении развертки наносят только те размеры, которые невозможно указать на изображении готовой детали. Над изображением развертки помещают условное графическое обозначение $\bigcirc \rightarrow$



1. Фотохимическое травление плоское:
 - а) фон лицевой поверхности – черный;
 - б) надписи, буквы, знаки и площадка – цвета металла.
 2. Шрифт – по нормативно-технической документации.
- Рис. 3.7. Способ нанесения надписей и знаков, покрытие всех поверхностей изделия, покрытие фона лицевой поверхности и покрытие наносимых надписей и знаков

Развертку изображают сплошными основными линиями, толщина которых должна быть равна толщине линий видимого контура на изображении детали. При необходимости на изображении развертки наносят линии сгибов, выполняемые

тонкой штрихпунктирной линией с двумя точками, с указанием на полке линии-выноски «Линия сгиба».

Размер шрифта номеров позиций должен быть на 1 – 2 номера больше, чем размер шрифта, принятого для размерных чисел на том же чертеже.

Допускается делать общую линию-выноску с вертикальным расположением номеров позиций для группы деталей с отчетливо выраженной взаимосвязью, исключающей различное понимание, при невозможности подвести линию-выноску к каждой составной части (прил. 5, рис. П5.1).

В соответствии с ГОСТ 2.412–88 оптические детали изображают на чертеже по ходу луча, идущего слева направо.

Поверхности оптических деталей обозначают прописными буквами русского алфавита, которые наносят на полках линий-выносок. Поверхности, к которым предъявляют одинаковые требования по точности и качеству изготовления, допускается обозначать одной и той же буквой.

На чертежах оптических деталей в правой верхней части помещают таблицу, состоящую из трёх частей, в которых указывают основные величины физической (ГОСТ 9867–61) и геометрической (ГОСТ 7427–76) оптики, а также элементов оптических деталей и предельных отклонений физических величин и допустимой неточности их изготовления (рис. 3.8), (прил. 5, рис. П5.5):

$\Delta \Delta n_e$ – категория и класс по номинальному показателю

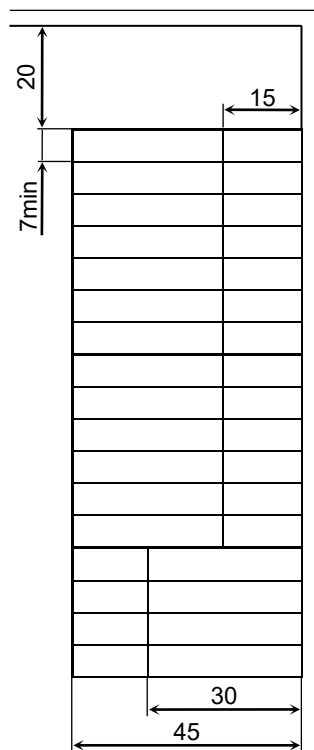


Рис. 3.8. Расположение и размеры таблицы, приводимой на чертежах оптических

преломления. Категории стекла по отклонению показателя преломления (1, 2, 3, 4, 5 → понижение);

$\Delta \Delta (n_F - n_C)$ – категория и класс по номинальной средней дисперсии;

Однородность – партии оптических деталей по показателю преломления и дисперсии означает одинаковость их значений у всех заготовок партии при отжиге. Однородность по Δn_e – 4-го класса (А, Б, В, Г → понижение).

Однородность по $\Delta \Delta (n_F - n_C)$ – 2-го класса (В и Г);

Двойное лучепреломление – чувствительность человеческого глаза в жёлтой части спектра, для приборов проекционной фотолиитографии на длине 546 нм (две линии спектра D и d);

Светопоглощение (показатель ослабления) – коэффициент, определяющий процентное отношение потока белого света (излучение газонаполненной лампы, близкое к излучению стандартного источника света А), поглощенного стеклом толщиной 1 см, к световому потоку в начале пути + потери на рассеяние света (0,002–0,080 на 1 см);

Бессвильность – стеклообразные прозрачные включения (одионочные и в виде потока), отличающиеся по показателю преломления от окружающего их стекла. Два класса бессвильности А – контроль стекла осуществляется в двух взаимно перпендикулярных направлениях (призмы), Б – в одном направлении (линзы);

Пузырность – количество включений пузырей воздуха размером более 0,03 мм в оптическое стекло (категории 1–10 → понижение);

$N_{A, B}$ – предельно допустимые отклонения стрелки кривизны исполнительных оптических поверхностей А и Б от стрелки кривизны поверхности пробного стекла (в интерференционных кольцах Ньютона одно интерференционное кольцо равно 0,25 мкм);

$\Delta \Delta N_{A, B}$ – предельно допустимые отклонения формы исполнительных оптических поверхностей А и Б;

P (класс чистоты) – предельно допустимые дефекты чистоты полирования ГОСТ 11141–76. Дополнительные более жёсткие

требования к чистоте исполнительных поверхностей оптических деталей: размеры и число дефектов – царапин и точек;

$\theta 0$ – предельно допустимое значение клиновидности, выражаемое в угловых секундах или минутах;

$\Delta R_A, \Delta R_B$ – предельно допустимые отклонения радиусов пробных стекол (калибров) ГОСТ 2.412–68;

f ($-f$) – заднее (переднее) фокусное расстояние – расстояние от задней (передней) главной плоскости до заднего (переднего) фокуса F' (F);

S_F ($-S_F$) – заднее (переднее) вершинное фокусное расстояние – расстояние от вершины последней (первой) поверхности системы до заднего (переднего) фокуса $O'F'$ (OF);

св. $\emptyset_A, \text{св. } \emptyset_B$ – световые диаметры на стороне A и B .

3.2.2. Составление технических требований

«Технические требования» или «Технические характеристики» приводятся на чертежах любого вида над рамкой основной надписи. Предназначены для пояснения методов достижения или способов обеспечения показателей качества и потребительских (эксплуатационные) характеристик продукции. В общем виде содержат следующие подразделы:

- основные параметры и характеристики (при необходимости дают изображение с габаритными, установочными и присоединительными размерами или делают ссылку на габаритный чертёж, который помещают в приложении);
- требования назначения (функциональной, геометрической, технологической, программной и другой совместимости по физико-химическим, механическим и другим свойствам);
- требования надёжности, ремонтпригодности и долговечности (в том числе и с количественной оценкой);
- требования к сырью, материалам, покупным изделиям;
- комплектность (отдельные составные части изделия, ЗИП, материалы и документация);

- маркировка (место: на продукции, на ярлыке, на таре и т.п.; содержание – в основном ^{ТМ}, наименование предприятия-изготовителя, знак соответствия сертификации; способ нанесения);
- упаковка (правила проведения монтажа/демонтажа, консервации, количество единиц изделий в одной упаковке, порядок размещения и способ укладки).

3.2.3. Ведомость технического предложения, эскизного и технического проектов

Ведомость технического предложения, эскизного и технического проектов составляют в соответствии с ГОСТ 2.106–96 [47] на формах 8 и 8а (прил. 5, табл. П5.1 и П5.2).

В ПТ, ЭП и ТП записывают все конструкторские документы, как вновь разработанные для данного технического предложения, эскизного и технического проекта, так и примененные из других проектов и рабочей документации на ранее разработанные изделия. При этом записывают только те документы, которые являются необходимыми и достаточными для рассмотрения и утверждения данного проекта.

Запись документов в ПТ, ЭП и ТП производят по разделам в следующей последовательности:

- документация общая;
- документация по сборочным единицам.

Каждый раздел должен состоять из подразделов:

- вновь разработанная;
- примененная.

Наименования разделов и подразделов записывают в графе «Наименование» в виде заголовков. Наименования разделов подчеркивают.

В раздел «Документация общая» записывают документы, относящиеся к основному комплекту документов изделия.

В раздел «Документация по сборочным единицам» записывают документы, относящиеся к составным частям проектируемого изделия.

При наличии в техническом проекте деталей их записывают после сборочных единиц. Перед перечислением деталей помещают заголовок «Документация по деталям».

В подраздел «Вновь разработанная» записывают документы, разработанные для проектируемого изделия.

В подраздел «Примененные» записывают документы, примененные из других проектов и из рабочей документации других изделий.

Документы в каждом подразделе записывают в порядке, установленном в ГОСТ 2.106–96.

Документы технического предложения, эскизного и технического проектов комплектуют в папки, книги или альбомы.

Графы ПТ, ЭП, ТП заполняют следующим образом:

– в графе «формат» указывают формат, на котором выполнен документ. Если документ выполнен на нескольких листах различных форматов, то в графе проставляют «звездочку со скобкой», а в графе «Примечание» перечисляют все форматы в порядке их увеличения;

– в графе «Обозначение» указывают обозначение документа;

– в графе «Наименование» указывают:

– в разделе «Документация общая» наименование документов, например, «Чертеж общего вида», «Габаритный чертеж», «Пояснительная записка»;

– в разделе «Документация по сборочным единицам» – наименование изделия и документа в соответствии с основной надписью, например «Гидроцилиндр. Чертеж общего вида», «Пульт управления. Габаритный чертеж», «Механизм подачи. Схема электрическая принципиальная»;

– в графе «Кол. листов» указывают количество листов, на которых выполнен данный документ;

– в графе «№ экз.» указывают номер экземпляра копии данного документа. При отсутствии номеров экземпляров графу прочеркивают;

– в графе «Примечание» указывают дополнительные сведения.

3.2.4. Компьютерное оформление графического материала

Чертежи общего вида и рабочие чертежи деталей, входящих в изделие, на данной стадии обучения по желанию студента могут быть выполнены как с использованием современных графических пакетов компьютерного проектирования, так и традиционным способом – «от руки».

При оформлении электронного графического материала курсового проекта необходимо придерживаться следующих правил:

- Выбирать формат листа, а также масштаб изображения узла следует таким образом, чтобы плотность заполнения листа графическим и текстовым материалом составляла не менее 70 – 80 %.

- При выполнении двумерных электронных чертежей рекомендуется использовать простые графические пакеты AutoCAD или Компас.

- 3D-модели узлов приборов выполняют в SolidWorks, Mechanical Desktop, T-Flex, Inventor или ProEngineer.

- На чертежах общего вида или сборочных чертежах в обязательном порядке проставляются позиции, установочные, присоединительные и габаритные размеры с указанием (при необходимости) посадок, шероховатостей, допусков формы и расположения поверхностей.

- Полки линий-выносок деталей и элементов располагаются в одну линию, вертикальную или горизонтальную (при большом количестве допускается их совмещение). Запрещается их перекрестное наложение друг на друга. Толщина линий-выносок должна быть равна толщине штриховых линий. Для лучшего восприятия выносного элемента рекомендуется на конце линии ставить небольшую точку и вытягивать линию через участок чертежа с наименьшей плотностью деталей. Линия-выноски не должна пересекать размерные линии.

- Общий объём рабочих чертежей деталей (предусматривающих различную технологию их изготовления) не должен превышать формат А1. Выбор перечня деталей в обязательном порядке согласовывается с преподавателем.

- Образец заполнения основной надписи на чертежах приведен в прил. 5.

- Ведомость технического проекта, а также таблица составных частей к чертежу общего вида или спецификация к сборочным чертежам оформляются в соответствии с ГОСТ 2.106–96 и подшиваются в конце приложений в пояснительной записке.

- Для снятия ограничений по перемещениям в пределах рабочего пространства экрана рекомендуется все построения, например в AutoCAD, выполнять во вкладке «Модель».

- С целью снижения утомляемости глаз целесообразно использовать обратный контраст: фон экрана монитора – тёмный (например, черный) линии построения – светлые (например, белые). Однако для лучшего восприятия чертежа в электронном виде рекомендуется проводить дополнительное цветовое деление: контурные линии деталей – красные, осевые штрихпунктирные линии – голубые, штриховые линии на разрезах и в сечениях деталей – жёлтые, размерные линии – зелёные. При наличии в чертеже общего вида большого числа сложных деталей с многократным взаимным пересечением элементов каждой детали рекомендуется задавать свой цвет контурных линий.

- При создании чертежей в обязательном порядке необходимо назначать не менее трёх слоёв, для каждого из которых задаётся свой тип и толщина линий. Рекомендуемые типы слоёв: 1-й – основной (контурные линии толщиной 0,8 мм); 2-й – вспомогательный (осевые и штриховые линии – 0,2 мм); 3-й – размерные линии – 0,25 мм.

- При выполнении рабочих чертежей деталей и лучшего чтения толщина основных линий также может быть уменьшена до 0,7 мм.

- Высота цифр для размеров определяется плотностью заполнения чертежа и рекомендуется в пределах от 6–8 мм.
- Высота цифр, обозначающих позиции деталей, должна быть равной высоте численных значений размеров или превышать её на 1–2 мм.
- При нанесении разрезов и сечений, отображении видов и местных выносных элементов их буквенные обозначения должны быть выполнены жирным шрифтом Arial (например – **A-A**).
- На чертежах высота букв вспомогательных надписей на всех видах чертежа, а также в технических требованиях и технических характеристиках составляет 8–10 мм.
- Технические требования задаются в отдельном текстовом блоке в виде списка, который располагается над основной надписью и выравнивается по её левому краю относительно первой колонки таблицы. Если поле листа над основной надписью непосредственно занято изображением самого изделия, в виде исключения блок с техническими требованиями допускается располагать слева от основной надписи.
- Технические требования обычно указывают в следующем порядке: (HRC) единицы твёрдости, (*) справочные, исполнительные или юстировочные размеры, общие допуски, неуказанные фаски, тип или вид покрытия и пр.
- При выводе на обычный лазерный принтер в «таблице стилей печати» выбрать режим `monochrome.ctb` для автоматического преобразования цветного изображения в черно-белое.
- Перед выводом графического материала на плоттер рекомендуется задать режим «предварительный просмотр» и ещё раз внимательно проверить «вес» основных и вспомогательных линий, а также масштаб при печати.
- Выбор форматов производить в соответствии с ISO A4 (210×297 мм) – A0 (841×1189 мм) Печатаемую область задавать в режиме «Рамка» с диагональной выборкой крайних точек формата листа.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Фёдорцев, Р.В. Элементы и детали оптических приборов: учебное пособие для студентов приборостроительных специальностей вузов / Р.В. Фёдорцев. – Минск: БНТУ, 2005. – 226 с.
2. Справочник конструктора оптико-механических приборов / М.Я. Кругер [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1967. – 760 с.
3. Википедия: свободная энциклопедия. Призма (оптика). 19.07.2009. <http://ru.wikipedia.org/wiki/>.
4. Сравнительная таблица оптических стекол по d - линии. VM-TIM / OHARA GmbH. Jena, Germany. 30.12.2008. <http://www.oharacorp.com/>.
5. Покрытия оптических деталей. Типы, основные параметры и методы контроля: ОСТ 3-1901–95.
6. Справочник технолога-оптика / М.А. Окатов [и др.]; под ред. М.А. Окатова. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Политехника, 2004. – 679 с.
7. Хацевич, Т.Н. Эндоскопы: учебное пособие / Т.Н. Хацевич, И.О. Михайлов. – Новосибирск: СГГА, 2002. – 196 с.
8. Конструирование приборов: в 2 кн. / под ред. В. Краузе; пер. с нем. В.Н. Пальянова; под ред. О.Ф. Тищенко. – М.: Машиностроение, 1987. – Кн.2. – 376 с.
9. Оптико-механические приборы: учебник для техникумов / С.В. Кулагин [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1984. – 352 с.
10. Эрвайс, А.В. Юстировка и ремонт оптико-механических измерительных приборов / А.В. Эрвайс. – М.: Машгиз, 1958. – 459 с.
11. Латыев, С.М. Компенсация погрешностей в оптических приборах. / С.М. Латыев. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1985. – 248 с.
12. Латыев, С.М. Конструирование точных (оптических) приборов: учебное пособие. / С.М. Латыев. – СПб.: Политехника, 2007. – 579 с.
13. PaParazzo. 2007. <http://www.optdesign.narod.ru/book.htm>.

14. Информационно-поисковые системы и БД зарубежных патентных ведомств. <http://www.ism.kiev.ua/site/netpatent.htm>
15. Евразийское патентное ведомство. esp@cenet (русская версия).1998 – 2008. http://ea.espacenet.com/search97cgi/s97_cgi.exe?Action=FormGen&Template=ea/RU/home.hts.
16. Роспатент. Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам. Информационные ресурсы. 2008. http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru/inform_resources/.
17. Форумы Пента-клуба. The Penta Club. 2009 IPS, Inc. <http://www.penta-club.ru/forum/index.php?showtopic=2041>.
18. Форум по оптике. <http://physics.nad.ru/cgi-bin/forum.pl?forum=opt>.
19. Милосердин, Ю.В. Расчёт и конструирование механизмов приборов и установок: учебное пособие для инженерно-физических и приборостроительных специальностей вузов / Ю.В. Милосердин, Б.Д. Семёнов, Ю.А. Кречко. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 408 с.
20. Ключникова, Л.В. Проектирование оптико-механических приборов: учебное пособие для сред. спец. учеб. заведений / Л.В. Ключникова, В.В. Ключников. – СПб.: Политехника, 1994. – 206 с.
21. Рябенков, Н.Г. К расчёту клеевых соединений оболочек: сборник аспирантских работ. Точные науки. Математика, механика. – Казань, Изд-во Казан. ун-та. – 1997. – С.104–112
22. Пружины винтовые цилиндрические сжатия и растяжения I класса, разряда I из стали круглого сечения. Основные параметры витков: ГОСТ 13766–86.
23. Анурьев, В.И. Справочник конструктора–машиностроителя: в 3 т. / В.И. Анурьев. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1980. – Т.3. – 557 с.
24. Вольмир, А.С. Оболочка в технике и теории упругости. Гипотеза Кирхгофа–Лява / А.С. Вольмир // Большая советская энциклопедия. – Издание 1969–1978. – Рубрикон, 2006. <http://slovari.yandex.ru/dict/bse/article/00054/>.

25. Дворецков, Г.А. Способы контроля и оценки качества клеев для деревообработки и мебельных производств. / Г.А. Дворецков. – ЗАО ТПК «МАГАМАКС». 16.09.2009. <http://www.maga.ru/>.
26. Пластмассы. Смолы жидкие, эмульсии или дисперсии. Определение кажущейся вязкости по Брукфильду: ГОСТ 25271–93.
27. Единая система конструкторской документации. Основные требования к чертежам: ГОСТ 2.109–73.
28. Фёдорцев, Р.В. Технология изготовления деталей и сборки узлов оптических приборов: учебно-методическое пособие по дисциплине «Технология оптического приборостроения» для студ. приборостроит. спец. высших учебных заведений / Р.В. Фёдорцев, В.А. Фёдорцев, В.И. Шамкалович. – Минск: БГПА, 2001. – 167 с.
29. Пятиизбянцева, Е.В. Развитие взглядов на природу света. Скорость света / Е.В. Пятиизбянцева. – М.: Сайт «Издательский дом "Первое сентября"». Оргкомитет фестиваля «Открытый урок». 2004–2005. <http://festival.1september.ru/>
30. Установки для 3-мерной графики. Лазерная трехмерная графика в оптических средах. – М.: Сайт «АстраОптика». 2001–2003. Последнее обновление 26.01.2005. <http://astra-optic.narod.ru/optics.htm>.
31. Прикладная оптика / А.С. Дубовик [и др.]; под общей ред. А.С. Дубовика. – М.: Недра, 1992. – 480 с.
32. Фёдорцев, Р.В. Элементы и детали оптических приборов: учебно-методическое пособие по лабораторным работам для студентов приборостроительных специальностей / Р.В. Фёдорцев, А.Ю. Луговик, В.И. Шамкалович. – Изд. 2-е, испр. – Минск: БНТУ, 2007. – 172 с.
33. Федеральный научно-производственный центр. ОАО «Красногорский завод им. С.А. Зверева». О предприятии. Оптические технологии. Призмы. AP-90° призма прямоугольная. <http://www.zenit-foto.ru/index.php?show=text&cat=optic&id=71&m=88>.
34. Прямоугольные призмы. – М.: Официальный сайт компании «Вектор Оптик». <http://www.vector-optics.com/>.

35. Лабораторные оптические приборы: учебное пособие для приборостроительных и машиностроительных вузов / Г.И. Федотов [и др.]; под ред. Л.А. Новицкого – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1979. – 448 с.

36. Аксессуары: Окуляры. Бинокулярная насадка William Optics. Интернет–магазин. Telescope.ru, 2009. <http://www.telescope.ru/catalog/pages/624.html>.

37. Принадлежности. Принадлежности для LX. Диагональная призма #918A (1.25"). Meade. 2009. <http://www.meade.ru/acc/product/qm-productId-eq-1248388079157274.htm>.

38. Михайлов, И.О. Пример курсовой работы на тему «Устройство точного позиционирования призмы AP-90» по дисциплине «Специальные вопросы конструирования оптических приборов». / И.О. Михайлов. – М.: Сайт «Микрон». 2003 – 2005. <http://mi-kron.narod.ru>.

39. Единая система конструкторской документации. Изображения – виды, разрезы, сечения: ГОСТ 2.305–68.

40. Единая система конструкторской документации. Основные надписи: ГОСТ 2.104–68.

41. Единая система конструкторской документации. Стадии разработки: ГОСТ 2.103–68.

42. Единая система конструкторской документации. Масштабы: ГОСТ 2.302–68.

43. Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам: ГОСТ 2.105–95.

44. Единая система конструкторской документации. Правила внесения изменений: ГОСТ 2.503–90.

45. Единая система конструкторской документации. Форматы: ГОСТ 2.301–68.

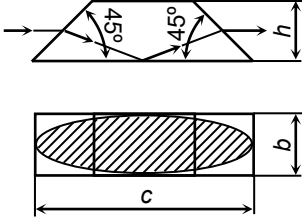
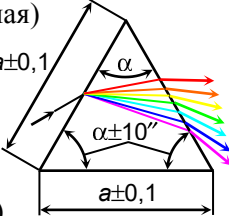
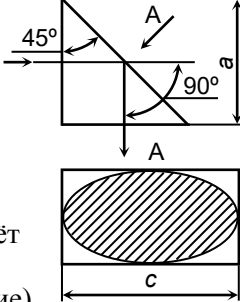
46. Единая система конструкторской документации. Групповые и базовые конструкторские документы: ГОСТ 2.113–75.

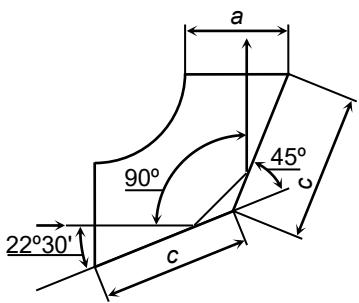
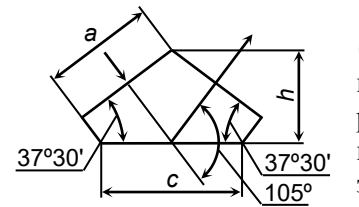
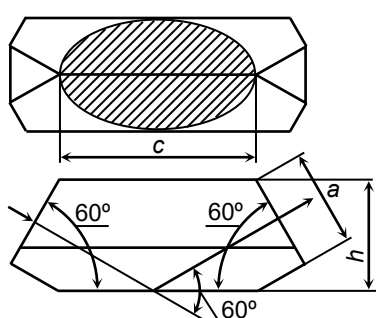
47. Единая система конструкторской документации. Текстовые документы: ГОСТ 2.106–96.

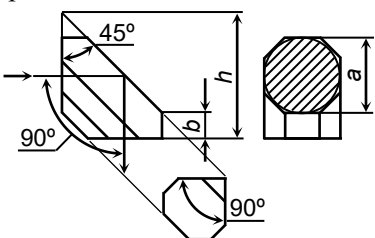
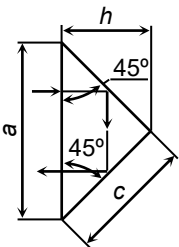
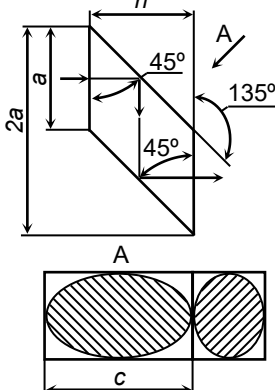
ПРИЛОЖЕНИЯ

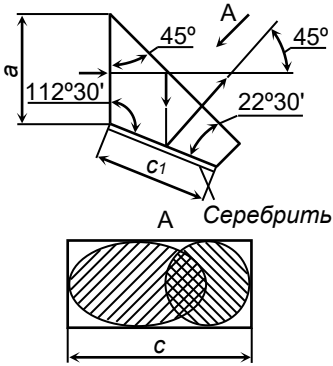
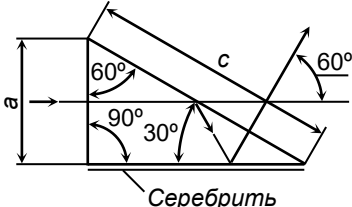
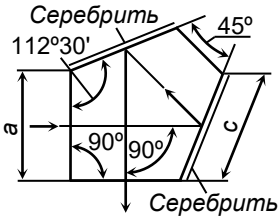
ПРИЛОЖЕНИЕ 1

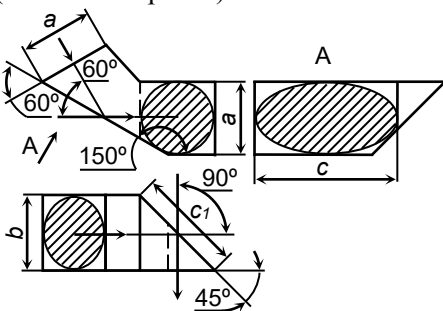
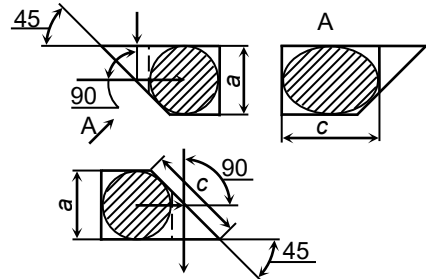
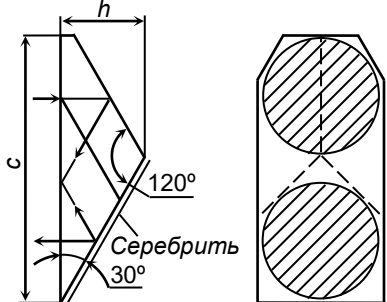
Перечень оптических деталей для курсового проекта

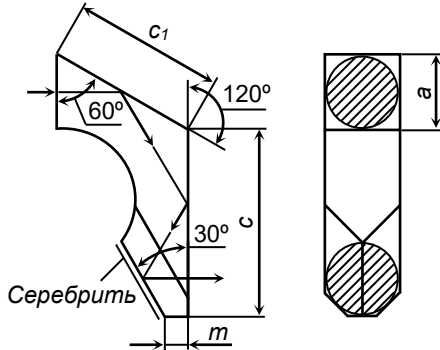
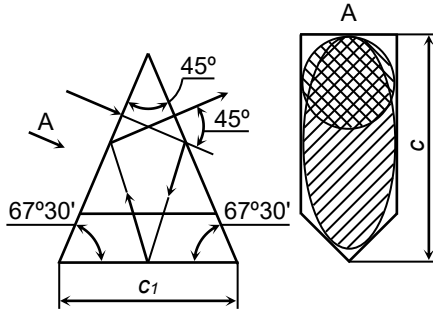
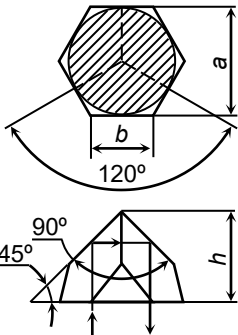
№ п/п	Наименование и конфигурация оптической детали	Исходные данные и взаимосвязь основных размеров, мм
1	2	3
1	<p>Призма AP-0° (Дове)</p>  <p>(призма даёт зеркальное изображение)</p>	$d_{CB} = 5, b = h = d_{CB},$ $c = d_{CB} \cdot \frac{2\sqrt{2n^2 - 1}}{\sqrt{2n^2 - 1} - 1},$ $l = d_{CB} \cdot \frac{2n}{\sqrt{2n^2 - 1} - 1},$ <p>материал – стекло БК10;</p> <p>область применения: авиационные секстанты, визеры, перископические системы, артиллерийские панорамы, прицелы, коленчатые трубы</p>
2	<p>Призма Корню AP-60° (дисперсионная)</p>  <p>(призма даёт зеркальное изображение)</p>	$d_{CB} = a = 30, \alpha = 60^\circ;$ <p>материал – стекло К8, ТФ5, КВ, LiF, CaF₂, BaF₂;</p> <p>область применения: одно- и многоканальные спектральные приборы, квантометры, спектрографы, сисам, лазерные системы</p>
3	<p>Призма AP-90° (прямоугольная)</p>  <p>(призма даёт зеркальное изображение)</p>	$d_{CB} = a = 23,$ $c = 1,414 \cdot d_{CB},$ $l = d_{CB},$ <p>материал – стекло КИ;</p> <p>область применения: бинокулярные насадки, окулярное или объективное колено, поворотные переключатели каналов, эндоскопы, микроскопы, оптиметры и др.</p>

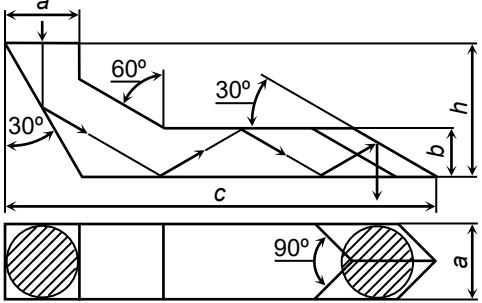
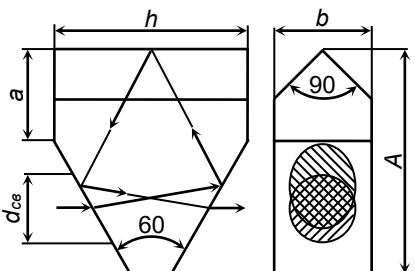
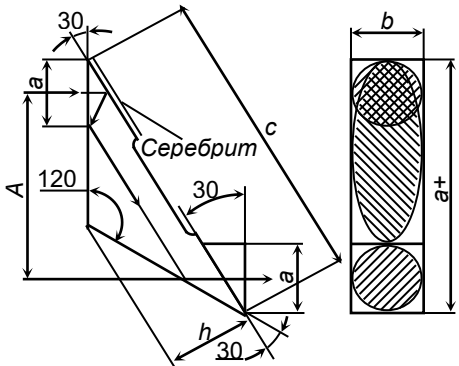
1	2	3
4	<p>Призма Волластона</p>  <p>(призма даёт зеркальное изображение)</p>	$d_{CB} = a = 16,$ $c = 1,307 \cdot d_{CB},$ $l = 2,440 \cdot d_{CB},$ материал – исландский шпат; область применения: спектральные и поляризационные приборы
5	<p>Призма AP-105°</p>  <p>(призма даёт зеркальное изображение)</p>	$d_{CB} = a = 5,$ $c = 1,260 \cdot d_{CB},$ $h = 0,821 \cdot d_{CB},$ $l = 1,303 \cdot d_{CB},$ материал – стекло ТК10; область применения: подсветка экрана в приборах слежения, морские секстанты, автоколлиматоры
6	<p>Призма АкР-60° (призма Амичи)</p>  <p>(призма даёт полное оборачивание изображения)</p>	$d_{CB} = a = 12,$ $c = 2 \cdot d_{CB},$ $h = 1,094 \cdot d_{CB},$ $l = 2,646 \cdot d_{CB},$ материал – стекло БК10; область применения: универсальные микроскопы, монокуляры, ПНВ, ОНВ, ЗТ, морские секстанты

1	2	3
7	<p>Призма АкР-90°</p>  <p>(призма даёт полное оборачивание изображения)</p>	$d_{CB} = a = 15,$ $b = 0,366 \cdot d_{CB},$ $h = 1,732 \cdot d_{CB},$ $l = 1,732 \cdot d_{CB},$ <p>материал – стекло К8, К108, БК10; область применения: микроскопы, следящие наземные станции, коленчатые трубы, визиры, теодолиты</p>
8	<p>Призма БР-180° (прямоугольная)</p>  <p>(призма даёт зеркальное изображение предмета)</p>	$d_{CB} = a = 10,$ $c = 1,414 \cdot d_{CB},$ $h = d_{CB},$ $l = 2 \cdot d_{CB},$ <p>материал – стекло К108Л, БК110; область применения: резонаторы в лазерах накачки танковых прицелов, монокуляры, теодолиты, стереоскопические ЗТ, стереофотокамеры</p>
9	<p>Призма-ромб БС-0° (Rhomboid Prism)</p>  <p>(призма даёт прямое изображение)</p>	$d_{CB} = a = 20,$ $c = 1,414 \cdot d_{CB},$ $h = d_{CB},$ $l = 2 \cdot d_{CB},$ <p>материал – стекло К8, К108, БК10; область применения: бинокулярные платы и головки, бинокли, зенитные стереодальномеры, стереоскопические и универсальные микроскопы, теодолиты, стереокомпараторы, стереопланиграфы, стереоавтографы</p>

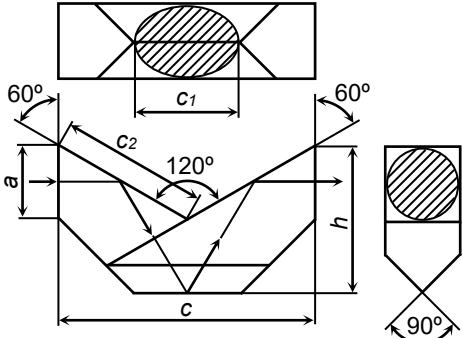
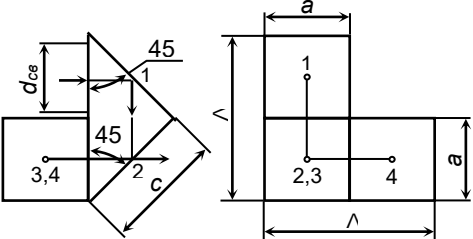
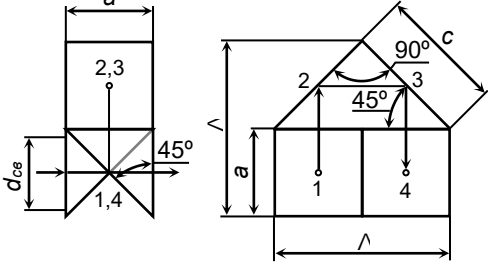
1	2	3
10	<p>Призма БУ-45° (полупентапризма)</p>  <p>(призма даёт прямое изображение)</p>	$d_{CB} = a = 16,$ $c = 1,707 \cdot d_{CB},$ $c_1 = 1,082 \cdot d_{CB},$ $l = 1,707 \cdot d_{CB},$ <p>материал – стекло К8, БК10; область применения: наземные станции слежения, бинокли, микроскопы, фотоаппараты</p>
11	<p>Призма БУ-60°</p>  <p>(призма даёт прямое изображение)</p>	$d_{CB} = a = 14,$ $c = 2 \cdot d_{CB},$ $l = 1,732 \cdot d_{CB},$ <p>материал – стекло К8, К108, БК10; область применения: биологические микроскопы, яркомеры, фотометры, микроинтерферометры</p>
12	<p>Призма БкП-90° (пентапризма)</p> <p>(призма даёт прямое изображение)</p> 	$d_{CB} = a = 12,$ $c = 1,082 \cdot d_{CB},$ $l = 3,414 \cdot d_{CB},$ <p>материал – стекло БК110, ТФ101, К8, К108; область применения: танковые прицелы, фотоаппараты, окулярная часть панорамных визиров, бинокулярные телескопические приборы</p>

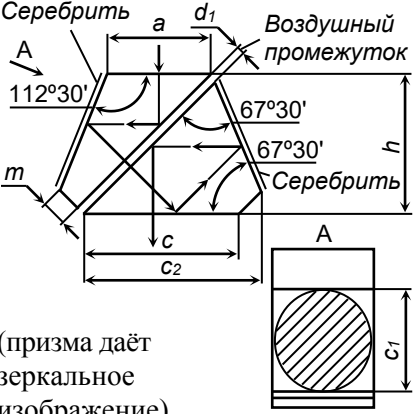
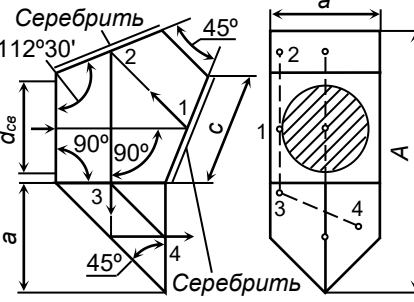
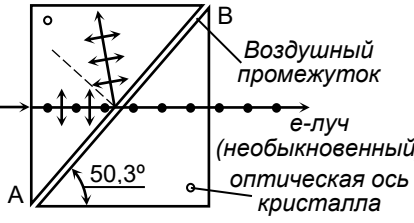
1	2	3
13	<p>Призма БМ-60-90° (левая или правая)</p>  <p>(призма даёт полное оборачивание изображения)</p>	$d_{CB} = a = 13,$ $b = d_{CB},$ $c = 2 \cdot d_{CB},$ $c_1 = 1,414 \cdot d_{CB},$ $l = 2,366 \cdot d_{CB},$ <p>материал – стекло БК10; область применения: артиллерийские стереотрубы (АСТ)</p>
14	 <p>Призма БМ-90-90° (призма даёт полное оборачивание изображения)</p>	$d_{CB} = a = 15,$ $c = 1,414 \cdot d_{CB},$ $c_1 = 1,414 \cdot d_{CB},$ $l = 1,707 \cdot d_{CB},$ <p>материал – стекло К8, ТК121; область применения: бинокли гироскопические, малогабаритные зенитные дальномеры, стереофотоаппараты</p>
15	<p>Призма ВкР-180°</p>  <p>(призма даёт зеркальное изображение)</p>	$d_{CB} = 12,$ $c = 2,618 \cdot d_{CB},$ $h = 0,934 \cdot d_{CB},$ $l = 2,802 \cdot d_{CB},$ <p>материал – стекло К8; область применения: дактилоскопы, стилометры и стилоскопы, стереотрубы, микроскопы, теодолиты</p>

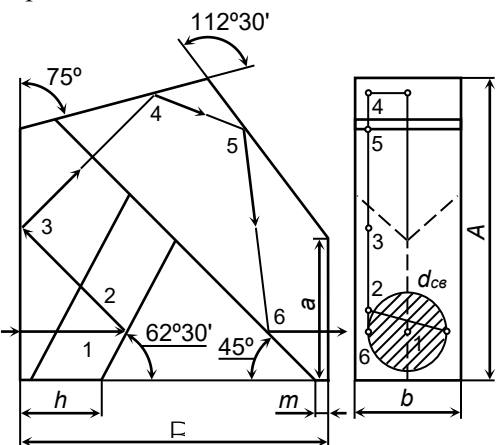
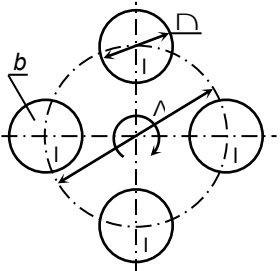
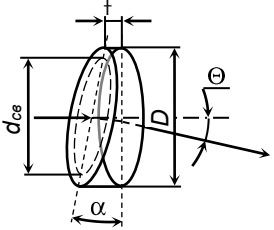
1	2	3
16	 <p>Призма ВкЛ-0° (Лемана) (призма даёт полное оборачивание изображения)</p>	$d_{CB} = a = 11,$ $c = 2 \cdot d_{CB},$ $c_1 = 2,618 \cdot d_{CB},$ $m = 0,357 \cdot d_{CB},$ $l = 4,535 \cdot d_{CB},$ <p>материал – стекло БК10;</p> <p>область применения: миномётные прицелы, биноклы, монокуляры, рефрактометры</p>
17	 <p>Призма ВкР-45° (призма даёт полное оборачивание изображения)</p>	$d_{CB} = 16,$ $c = 1,781 \cdot d_{CB},$ $c_1 = 1,363 \cdot d_{CB},$ $l = 3,04 \cdot d_{CB},$ <p>материал – стекло К8;</p> <p>область применения: биологические стереоскопические и инструментальные микроскопы, многолучевые интерферометры</p>
18	<p>Трипель-призма</p>  <p>(призма даёт зеркальное изображение)</p>	$d_{CB} = a = 45, b = d_{CB}/2,$ $h = 0,858 d_{CB},$ $l = 1,638 d_{CB},$ <p>материал – стекло К108;</p> <p>область применения: угольные отражатели, лазерные дальномеры, геодезические приборы, интерферометры Майкельсона, светодальномеры</p>

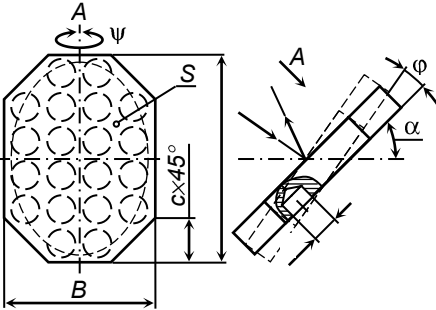
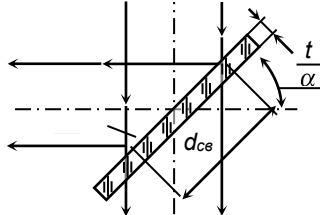
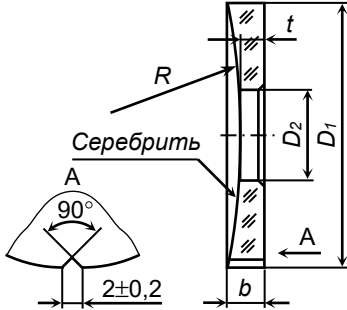
1	2	3
19	<p>Призма Густава</p>  <p>(призма даёт полное оборачивание изображения)</p>	$d_{CB} = 10,$ $a = 1,4 d_{CB},$ $c = 8 d_{CB},$ $b = 0,9 d_{CB},$ $h = 2,5 d_{CB},$ $l = 6,37 d_{CB},$ материал – стекло; область применения: наземные телескопические трубы, спектроскопы
20	<p>Призма Астори (призма даёт полное оборачивание изображения)</p>  <p>(призма даёт полное оборачивание изображения)</p>	$d_{CB} = 15,$ $a = 1,3 d_{CB},$ $A = 3,2 d_{CB},$ $b = 1,4 d_{CB},$ $h = 2,8 d_{CB},$ $l = 7,92 d_{CB},$ материал – стекло; область применения: наземные телескопические трубы
21	<p>Призма ВП-0° (призма даёт зеркальное изображение)</p>  <p>(призма даёт зеркальное изображение)</p>	$d_{CB} = a = 12,$ $b = d_{CB},$ $c = 1,155(A + d_{CB}),$ $h = 0,333(A + d_{CB}),$ $l = 1,115(A + d_{CB}),$ (без клина) материал – стекло; область применения: пулёмётные оптические прицелы

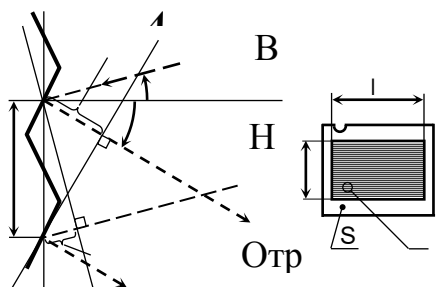
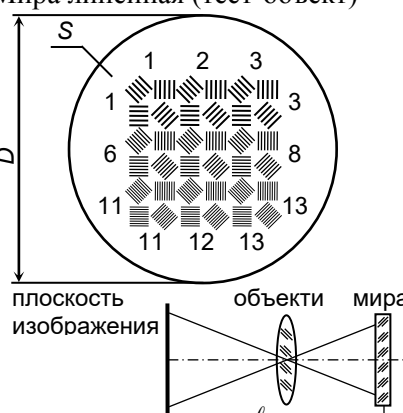
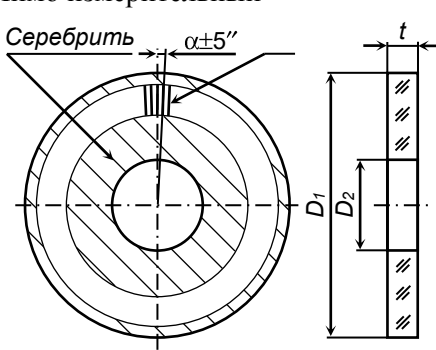
1	2	3
22	<p>Призма Б-90° (призма даёт прямое изображение)</p>	$d_{CB} = a = 14,$ $c = 2 d_{CB},$ $c_1 = 1,035 d_{CB},$ $c_2 = 1,155 d_{CB},$ $d = 0,002$ $h = 1,732 d_{CB},$ $l = 1,732 d_{CB}$ <p>(без клина)</p> <p>материал – стекло; область применения: монокуляры стереотруб, перископические призменные трубы, морские секстанты</p>
23	<p>Призма БК-90° (башмачная призма с крышей)</p> <p>(призма даёт зеркальное изображение)</p>	$d_{CB} = a = 30,$ $c = 2,33 d_{CB},$ $c_1 = 1,035 d_{CB},$ $c_2 = 1,155 d_{CB},$ $m = 0,33 \cdot d_{CB},$ $d = 0,002$ $h = 2,3 d_{CB},$ $l = 2,6 d_{CB} \text{ (без клина) },$ <p>материал – стекло К108; область применения: танковые прицелы</p>
24	<p>Призма К-0° (куб)</p> <p>(призма даёт зеркальное изображение)</p>	$d_{CB} = a = 20,$ $c = d_{CB} \cdot \frac{\sqrt{2n^2 - 1}}{\sqrt{2n^2 - 1} - 1},$ $c_1 = 0,707 d_{CB},$ $l = d_{CB} \cdot \frac{n}{\sqrt{2n^2 - 1} - 1},$ <p>материал – стекло К8; область применения: дверной глазок</p>

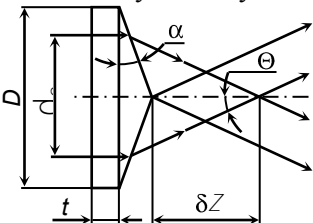
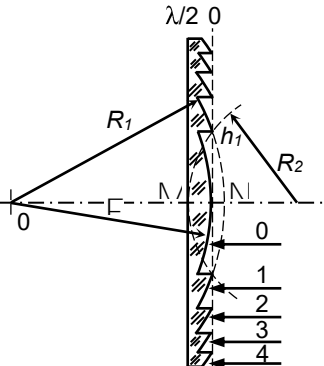
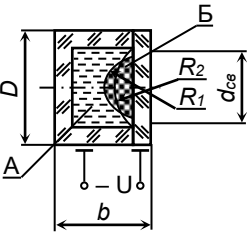
1	2	3
25	<p>Призма Ак-0° (призма Кенига)</p>  <p>(призма даёт полное оборачивание изображения)</p>	$d_{CB} = a = 4,$ $c = 3,46 d_{CB},$ $c_1 = 1,155 d_{CB},$ $c_2 = 2 d_{CB},$ $h = 2 d_{CB},$ $l = 5,2 d_{CB},$ <p>материал – стекло К8; область применения: телескопические ЗТ, бинокли, теодолиты</p>
26	<p>Призма Малафеева – Порро I рода</p>  <p>(призма даёт полное оборачивание изображения)</p>	$d_{CB} = 14,$ $a = 1,4 d_{CB}, c = 1,414 \cdot a,$ $A = 2,8 d_{CB}, l = 4 \cdot d_{CB},$ <p>материал – стекло Ф113, БК10; область применения: бинокли, танковые прицелы, АСТ, телескопические и бинокулярные лупы, стереоскопические насадки для микроскопов</p>
27	<p>Призма Порро II рода</p>  <p>(призма даёт полное оборачивание изображения)</p>	$d_{CB} = 17,$ $a = 1,4 d_{CB},$ $c = 1,414 \cdot a,$ $A = 2,8 d_{CB},$ $l = 4 \cdot d_{CB},$ <p>материал – стекло БК8; область применения: медицинские и инструментальные микроскопы</p>

1	2	3
28	<p>Призма Пехана Пк-0° (Roof)</p>  <p>(призма даёт зеркальное изображение)</p>	$d_{CB} = a = 12,$ $c = 1,414 d_{CB},$ $c_1 = 1,08 d_{CB}, c_2 = 1,705 d_{CB},$ $m = 0,39 d_{CB},$ $h = 1,205 d_{CB},$ $d_1 = 0,05 - 0,1 \text{ мм},$ $l = 4,12 d_{CB},$ <p>материал – стекло ТК21, БК10; область применения: бинокли, ЗТ, монокуляры, самолётные прицелы, проекторные индикаторы навигационной обстановки</p>
29	<p>Призма Добресса II рода*</p>  <p>(призма даёт зеркальное изображение)</p>	$d_{CB} = 10,$ $a = 1,4 d_{CB},$ $A = 3,4 d_{CB},$ $c = 1,082 \cdot d_{CB},$ $l = 5,146 \cdot d_{CB},$ <p>материал – стекло; область применения: видеоискатели, дальномеры</p>
30	<p>Призма Глана*</p>  <p>(призма даёт строгую линейную поляризацию выходного луча)</p>	$D_{CB} = 8,$ <p>материал – исландский шпат CaCO_3; область применения: аудио- и видеосистемы на основе CD, устройства внешней памяти PC на основе магнитооптических дисков, оптические изоляторы, оптические линии связи, поляриметры, эллипсометры</p>

1	2	3
31	<p>Призма Шмидта*</p>  <p>(призма даёт зеркальное изображение)</p>	$d_{CB} = 15,$ $a = 1,9 d_{CB},$ $b = 1,4 d_{CB},$ $A = 4 d_{CB},$ $B = 4,1 d_{CB},$ $m = 0,2 \cdot d_{CB},$ $h = 1,1 \cdot d_{CB},$ материал – стекло; область применения: эндоскопы, стереоскопические бинокли и микроскопы, телескопы рефракторы
32	<p>Светофильтры сменные в револьверной головке с фиксатором в рабочем положении</p> <p>(избирательное пропускание излучения с определённой длиной волны)</p> 	$d_{CB} = 30, D = 33,5;$ $b = 2 \pm 0,3; A = 50,$ материал: стекло I – ЖС18 (желтый), II – КС17 (красный), III – ИКС1 (зеркальный), IV – воздух (прозрачный); область применения: фотоаппараты, микроскопы
33	<p>Оптический клин (Wedge Prisms)</p>  <p>(отклонение или компенсация смещения лучей по главной оптической оси)</p>	$d_{CB} = 22,86,$ $D = 25,4, t = 3^{+0,1},$ $\Theta = 6^\circ, \alpha = \pm 3 \text{ arcmin},$ материал – стекло ВК7, UVFS, TF10, FS; область применения: онометры, теодолиты, интерферометры Майкельсона, альнометры, оптические квадранты

1	2	3
34	<p>Прямоугольное плоское зеркало (с внешней рабочей поверхностью)</p>  <p>(зеркальное симметричное отражение изображения)</p>	<p>$d_{CB} = 80, L \approx 2B, S = d_{CB}/5, \alpha = 45^\circ, \varphi = -15 \dots +30^\circ;$ $\psi = -8 \dots +8^\circ;$ d – технологические отверстия, задаются конструктивно, материал – Д16Т (подложки); область применения: танковые шарнирные прицелы, фотометры, ультраоптиметры, спектрографы, аэрофотоаппараты, интерферометры</p>
35	<p>Круглое полупрозрачное плоское зеркало</p>  <p>(зеркальное симметричное отражение части изображения)</p>	<p>$d_{CB} = 35, t = 3,$ $\alpha = 20 - 60^\circ \pm 10'$ (выбирается конструктивно); материал – стекло КВ; область применения: лазерные резонаторы, квантовый гироскоп, интерференционный дилатометр, видеокамеры для наружного наблюдения</p>
36	<p>Круглое сферическое зеркало</p> 	<p>$d_{CB} = 150/70, R = 414,$ $t = 15, b = 22,3;$ $D_1 = 155, D_2 = 65;$ материал – стекло ЛК6; область применения: эпиобъективы, осветители, биологические микроскопы, сканеры дактилоскопические, лазерные резонаторы, монохроматоры</p>

1	2	3
37	<p>Плоская тонкая амплитудная дифракционная решётка*</p> 	<p>$L = 80, B = 60, S = 12,$ $n\lambda = d(\sin \beta - \sin \alpha),$ λ – длина волны, нм; $d = 1 : 600$ – период решётки, n – число штрихов, α и β – соответственно угол падения и отражения излучения; материал – стекло К8; область применения: спектрофотометры</p>
38	<p>Мира линейная (тест-объект)</p> 	<p>$D = 30, l = 22f_{об}, S = 3,$ разрешающая способность в штрихах на 1 мм длины изображения $R = N/1,$ число линий $N = 5,$ материал – стекло К8; область применения: приборы для контроля разрешающей способности объективов, астрономические и геодезические инструменты</p>
39	<p>Лимб измерительный</p> 	<p>$d_{CB} = 41,5 \times 14, t = 1,5;$ $D_1 = 42,5; D_2 = 12;$ число штрихов $C = 1500;$ материал – стекло термическое полиров. зеркал. в/с 1,5 мм ГОСТ 7132–87; область применения: делительные столы, оптическая измерительная бабка к универсальному микроскопу, визеры, теодолиты</p>

1	2	3
40	<p>Линза Аксикон* (преобразование параллельного узкого луча в кольцо)</p> 	<p>$d_{CB} = 45,7_{-0,1}, D = 50,8, \Theta = (n-1)\alpha,$ $\alpha = 20^{\circ} \pm 0,01^{\circ}, t = 8^{+0,1}, \delta Z = d_{CB}/2/\Theta$ материал – стекло ВК7, КВ; область применения: лазерные системы для диагностики прочностных свойств тонких пленок и сухого вещества при поверхностной волновой спектроскопии, лазеры в медицине, голографические устройства хранения данных (SLM)</p>
41	<p>Линза Френеля (кольцевая)*</p> 	<p>$f = 317, MN = n \cdot \lambda / 2,$ n – номер зоны Френеля, $h_1 = \sqrt{n\lambda \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)^{-1}},$ h_1 – расстояние до точки пересечения падающих волновых фронтов, $\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{F},$ материал – стекло; область применения: светофоры, фары автомобилей, проекторы, телевизионные прожекторы</p>
42	<p>Линза жидкостная с переменными радиусами кривизны*</p> 	<p>$d_{CB} = 2, D = 3, b = 2,2, U = 250 \text{ В},$ R_1 и R_2 определяются исходя из условия $\Delta f = 5 - \infty \text{ мм},$ Материал корпуса – стекло ДВ-1 ОСТ 3-1899-81, А – электропроводящая жидкость (сульфат калия), Б – диэлектрическая жидкость (минеральное масло, Macrol 52, $n = 1,46$); область применения: CMOS-sensor, фотокамеры мобильных телефонов, миниатюрные видеокамеры для скрытого наблюдения (pin-hole)</p>

*Образец оформления титульного листа
пояснительной записки*

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
Приборостроительный факультет
Кафедра «Лазерная техника и технология»

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

по дисциплине «Элементы и детали оптических приборов»

**УЗЕЛ КРЕПЛЕНИЯ ПРИЗМЫ АР-90° С ВИНТОВЫМ
МЕХАНИЗМОМ ЕЁ ЮСТИРОВКИ**

Пояснительная записка

БНТУ.201125.26.00.000 ПЗ

Специальность

1-38 01 02 «Оптико-электронные и лазерные

приборы и системы»

Студент

группы 113124

И.А. Шедко

Руководитель

канд. техн. наук, доцент

Р.В. Фёдорцев

Объем проекта:

пояснительная записка – 44 страницы;

графическая часть – 6 листов.

Минск 20__

Образец заполнения задания по курсовому проектированию
Белорусский национальный технический университет

(название вуза)

Факультет Приборостроительный

«УТВЕРЖДАЮ»

Заведующий
кафедрой

_____ (подпись)

«7» сентября 2009 г.

ЗАДАНИЕ

по курсовому проектированию

Студенту Шедко Ирине Александровне (гр. 113124)

1. Тема проекта Разработать конструкцию узла крепления призмы
АР-90° с винтовым механизмом её юстировки

2. Срок сдачи студентом законченного проекта 27 декабря 2009 г.

3. Исходные данные к проекту

3.1. Световой диаметр $d_{CB} = 12$ мм (*взять из таблицы*);

3.2. Марка материала оптической детали – К8 (*крон*),
(*кроме лазерных поляризаторов*);

3.3. Покрытия: на рабочих гранях призмы просветляющие и
зеркальные, на остальных – матовые.

4. Содержание расчётно-пояснительной записки
(перечень подлежащих разработке вопросов)

4.1. Введение.

4.2. Назначение и основные характеристики оптической детали.

4.3. Анализ оптических схем приборов, определение в них
функции призмы и описание существующих способов её
крепления.

4.4. Определение заданной точности механизма юстировки

призмы и расчёт его основных элементов. 4.4.1. Разработка

кинематической схемы узла крепления, графическое построение
перемещений основных элементов и вывод функции

преобразования движения. 4.4.2. Определение размеров

конструктивных элементов узла крепления призмы. 4.4.3. Расчёт

геометрических параметров первичных передаточных

механизмов и определение общей погрешности устройства.

4.4.4. Расчёт параметров крепёжных элементов,

обеспечивающих жёсткую фиксацию призмы в продольном или

поперечном направлении.

4.5. Устройство и принцип работы оптического узла.

4.5.1. Технологическая схема общей сборки узла. 4.5.2. Юстировка и регулировка отдельных элементов конструкции.

4.6. Заключение.

4.7. Список использованных источников.

4.8. Приложение.

5. Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей и графиков)

5.1. Лист 1. Чертёж общего вида (формат А2 или А3)

5.2. Лист 2. Рабочие чертежи деталей, входящих в изделие (формат А1)

6. Консультант по проекту (с указанием разделов проекта) Фёдорцев Р.В.

7. Дата выдачи задания «5» сентября 2009 г.

8. Календарный график работы над проектом на весь период проектирования (с указанием сроков выполнения и трудоёмкости отдельных этапов)

8.1. Изучение литературы для определения назначения призмы и её конструкции (15.09.2009–05.10.2009).

8.2. Выполнение анализа существующих оптических схем приборов (06.10.2009–30.10.2009).

8.3. Проведение расчётов на точность перемещения оптической детали и составление кинематической схемы узла крепления (01.11.2009–09.11.2009).

8.4. Разработка чертежа общего вида изделия, составление перечня элементов к чертежу общего вида (10.11.2009–24.11.2009).

8.5. Составление раздела с описанием устройства, основным принципом сборки и юстировки оптического узла (25.11.2009–30.11.2009).

8.6. Разработка рабочих чертежей деталей (01.12.2009–09.12.2009).

8.7. Сдача на проверку ПЗ и подписание чертежей (10.12.2009–27.12.2009).

Руководитель

Р.В. Фёдорцев

(подпись)

Задание принял к исполнению

«5» сентября 2009 г.

(дата и подпись студента)

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Сравнительная таблица показателей преломления различных марок оптических стекол и кристаллов [4]

Код n _d -V _d	OHARA (Германия)		ГОСТ (Россия)		Schott (Германия)		CDGM (Китай)	
	название	n _d	название	n _d	название	n _d	название	n _d
1	2	3	4	5	6	7	8	9
439950	S-FPL53	1,4387504						
440688			ЛК1	1,439861				
447920			ОК4	1,44734				
470668			ЛК6	1,47046			H-QK1	1,47047
471686			ЛК8	1,47085				
478656			ЛК5	1,47817				
480652			ЛК115	1,480471				
483663			ЛК7	1,48287				
484664			ЛК107	1,483568				
487700			ЛК3	1,48746			H-QK3	1,48746
487702	S-FSL5	1,4874899						
487703	S-FSL5Y	1,4874904						
487704					N-FK5	1,48749	H-QK3L	1,48749
487845					N-FK51	1,48656		
488684			BO54	1,488006				
490651			ЛК4	1,490368				
496741			ОК3	1,495575				
497811	S-FPL51Y	1,4970033						
497816	S-FPL51	1,4969993			N-PK52A	1,497	H-FK61	1,497
498651			K1	1,49827				
498670					N-BK10	1,49782		
500621			КФ5	1,499678				

1	2	3	4	5	6	7	8	9
500660			K2	1,50047				
501564					K10	1,50137		
501572			KΦ6	1,50058				
508611							K4A	1,50802
508612					N-ZK7	1,50847		
510569			KΦ100	1,510068				
510634			K3	1,510069			H-K5	1,51007
510705			B510	1,509892				
511604					K7	1,51112		
511605							H-K6	1,51112
511643			K5	1,511074				
513628			B073-1	1,513157				
515545			KΦ1	1,51538				
515606			K14	1,51478			H-K7	1,51478
516636			K208	1,516476				
516641	L-BSL7	1,5163296	K17	1,516374			D-K9	1,51633
516641	S-BSL7	1,5163299	K8	1,51637				
516643	BSL7Y	1,5163303						
517642					N-BK7	1,5168	H-K9L	1,5168
517522							H-KF6	1,51742
517524	S-NSL36	1,5174170						
517642							D-K9L	1,5168
517642							H-UK9L	1,5168
518512			KΦ7	1,51759				
518635							D-K59	1,5176
518638			B518	1,518109				
518590	S-NSL3	1,5182289	KΦ4	1,51818			H-K10	1,51818

1	2	3	4	5	6	7	8	9
519579			БК1	1,518971				
519604			K18	1,519174				
519617			K19	1,518775				
519699			ФК1	1,519076				
520692			ФК11	1,519973				
520692			ФК1952	1,519993				
522550			K100	1,52158				
522595					N-K5	1,52249	H-K50	1,52249
522598	S-NSL5	1,5224939						
522636			BM522	1,521547				
522764			OK1	1,522265				
523515					N-KF9	1,52346		
523586							H-K51	1,52307
523586							H-K51A	1,52307
525550			БФ1	1,52479				
525568			K515	1,52459				
525602			K20	1,526384				
526602							H-K11	1,52638
528767			OK134	1,527966				
529770					N-PK51	1,52855		
529518			ОФ1	1,52949				
530389			B073-2	1,529597				
530605			БК4	1,53028			H-BaK1	1,53028
532488							QF6	1,53172
532488							H-QF6	1,53172
532489	S-TIL6	1,5317170						
532490	PBL6Y	1,5317174						

1	2	3	4	5	6	7	8	9
532755			OK706	1,531581				
533520			KΦ8	1,53329				
534555			K15	1,533583				
535754			OK1000	1,534821				
540449			ЛΦ12	1,540208				
540595	S-BAL12	1,5399559						
540597			БК6	1,53998	N-BAK2	1,53996	H-BaK2	1,53996
541472							QF8	1,54072
541472	S-TIL2	1,5407200	ЛΦ1	1,540698			H-QF8	1,54072
547546					N-BALF5	1,54739		
547628			БК8	1,54678			H-BaK3	1,54678
547676			ΦK13	1,546872				
548457	PBL1Y	1,5481407						
548458	S-TIL1	1,5481410			LLF1	1,54814	QF1	1,54811
548458							H-QF1	1,54814
548459			ЛΦ10	1,548104				
548540			БΦ4	1,548083			BaF1	1,54809
549524			БΦ23	1,549389				
550731			OK2	1,55027				
552634			БК11	1,552482			H-BaK4	1,55248
552635					N-PSK3	1,55232		
554486			ОΦ2	1,553903				
557587	BAL15Y	1,5567113						
558420			ЛΦ8	1,557515				
558540					N-KZFS2	1,55836		
559611			БК13	1,559485				
559625	L-PHL2	1,5588002						

1	2	3	4	5	6	7	8	9
561468			ЛФ11	1,56091				
561510			БФ18	1,560502				
561583			БК12	1,560681			H-BaK5	1,56069
564607	S-BAL41	1,5638390						
564608			TK1	1,563884	N-SK11	1,56384	H-BaK6	1,56388
565558			БК9	1,564682				
565608	L-PHL1	1,5645504						
566725			OK308	1,566486				
567428	S-TIL26	1,5673219					H-QF56	1,56732
567428	PBL26Y	1,5673222					QF56	1,56732
569560							BaK7	1,56883
569560			БК10	1,56889	N-BAK4	1,56883	H-BaK7	1,56883
569563	S-BAL14	1,5688320						
569629			TK12	1,56888			H-ZK1	1,56888
570495			БФ6	1,569704			BaF2	1,5697
570569			БК210	1,569983				
571508	S-BAL2	1,5709890						
571530	S-BAL3	1,5713510						
501572			КФ6	1,500571				
572575			TK2	1,57249				
573575					N-BAK1	1,5725	H-BaK8	1,5725
573578	S-BAL11	1,5725010						
575413			ЛФ5	1,57502				
575415	S-TIL27	1,5750059					QF3	1,57502
575415							H-QF3	1,57501
575706			OK307	1,574572				
578411			ЛФ7	1,57842				

1	2	3	4	5	6	7	8	9
579467			БФ32	1,57941				
580380			ЛФ9	1,58013				
580539			БФ7	1,5796	N-BALF4	1,57956	BaF3	1,5796
580651			ФК114	1,580339				
580651			ФК14	1,57998				
581407	S-TIL25	1,5814390						
581408	PBL25Y	1,5814394						
581409							QF50	1,58144
581409					LF5	1,58144	H-QF50	1,58144
581409							UQF50	1,58144
582420							QF5	1,58215
582648			ФК24	1,581582				
583464	S-BAM3	1,5826733						
583465			БФ8	1,58271			BaF4	1,58271
583466					N-BAF3	1,58272		
583594	L-BAL42	1,5831256					D-ZK2	1,58313
583594	S-BAL42	1,5831259						
583595							H-ZK2	1,58313
586418			BC92	1,585878				
587596							D-ZK82	1,587
589609			TK123	1,588782				
589612	L-BAL35	1,5891296						
589612	S-BAL35	1,5891299	TK23	1,58919			D-ZK3	1,58913
589612	BAL35Y	1,5891304						
589613					N-SK5	1,58913	H-ZK3	1,58913
590511			БФ19	1,589601				
590513			БФ219	1,589906				

1	2	3	4	5	6	7	8	9
592607							D-ZK83	1,5917
592607							D-ZK3L	1,5917
593353	S-FTM16	1,5927009						
596392	S-TIM8	1,5955090					H-QF14	1,59551
596393	PBM8Y	1,5955094						
596387	PBM18Y	1,5955094						
600477			OΦ7	1,600209				
601510			OΦ6	1,601202				
602661			TΦK11	1,601583				
603380							F1	1,60342
603380							H-F1	1,60342
603381			Φ106	1,60324				
603655	S-PHM53	1,6030009						
603606	BSM51Y	1,6031092			N-SK14	1,60311	H-ZK14	1,60311
603607	S-BSM14	1,6031119						
603379			Φ6	1,60324				
603380	S-TIM5	1,6034199			F5	1,60342	F1	1,60342
603425							BaF51	1,60323
604606			TK13	1,603883				
606437	S-BAM4	,605+C2436			N-BAF4	1,60568		
606439							BaF5	1,60562
607440			БΦ27	1,606822				
607494							ZBaF8	1,60729
607567					N-SK2	1,60738	H-ZK50	1,60738
607568	S-BSM2	1,6073789						
608461			БΦ25	1,60772				
608462							BaF6	1,60801

1	2	3	4	5	6	7	8	9
608589							H-ZK4	1,60811
608652			ТФК1	1,608481				
609466					N-BAF52	1,60863		
610547			ТКН1	1,610397				
611456			BC83	1,611116				
611558			TK4	1,611198			H-ZK5	1,61117
612441			ОФ3	1,612425			TF3	1,61242
613370	S-TIM3	1,6129293	Ф1	1,61294			F2	1,61239
613443	S-NBM51	1,6133973			KZFSN4	1,6134		
613445					N-KZFS4	1,61336		
613584			TK16	1,61269				
613586					N-SK4	1,61272	H-ZK6	1,61272
613606			TK14	1,61309			H-ZK7	1,61309
613687	S-BSM4	1,6127159						
614343			Ф19	1,613528				
614346			Ф9	1,613849				
614346			Ф109	1,614157				
614370			Ф101	1,613946				
614400			БФ21	1,61413			BaF7	1,61413
614550	S-BSM9	1,6140467						
614551			TK8	1,614104			H-ZK8	1,61405
615587			TK216	1,614518				
617366			Ф2	1,616551			F3	1,61659
617366			Ф102	1,617052	F4	1,61659		
617539							H-ZK20	1,6172
617540			TK9	1,6172				
618498	S-BSM28	1,617722			N-SSK8	1,61773		

1	2	3	4	5	6	7	8	9
618634	S-PHM52	1,6180000						
619634							H-ZPK1	1,618
620363	S-TIM2	1,620041	Φ13	1,62005				
620363	PBM2Y	1,6200414						
620364					N-F2	1,62005	F4	1,62005
620364					F2	1,62004	H-F4	1,62005
620498							ZBaF11	1,62012
620603	S-BSM16	1,6204110			N-SK16	1,62041	H-ZK9A	1,62041
620635					N-PSK53	1,62014		
621363			Φ113	1,620544				
622364			Φ200	1,621949				
622531			БΦ11	1,6223			ZBaF1	1,62231
622531							H-ZBaF1	1,62231
622532	S-BSM22	1,6222962						
622533					N-SSK2	1,62229		
622567			TK20	1,6221			H-ZK10	1,6221
623369			Φ7	1,623351				
623569							H-ZK10L	1,6228
623570	S-BSM10	1,6227990			N-SK10	1,62278		
623580					N-SK15	1,62296		
623581							H-ZK21	1,62299
623582	S-BSM15	1,6229919						
623595			ТΦK588	1,623484				
624359			Φ4	1,62435			F5	1,62435
624368							F12	1,62364
625353			Φ18	1,624957				
625356			Φ8	1,62495			F6	1,62459

1	2	3	4	5	6	7	8	9
625356			Φ108	1,625454				
625360			Φ104	1,624852				
626357	S-TIM1	1,6258819					F13	1,62588
626357							H-F13	1,62588
626391			БΦ12	1,62604			BaF8	1,62604
628594			TK17	1,628				
635368			БΦ24	1,63455				
636352			Φ20	1,636061				
636354							F7	1,63636
638424					N-KZFS11	1,63775		
639452							ZBaF13	1,6393
639554	S-BSM18	1,6385393						
639555							H-ZK11	1,63854
639449	S-BAM12	1,6392999						
640345	S-TIM27	1,6397990					H-F51	1,6398
640346							F51	1,6398
640483			БΦ13	1,639614			ZBaF2	1,63962
640601	S-BSM81	1,6399987			N-LAK21	1,64049		
640602							H-LaK4L	1,64
643480							H-ZBaF59	1,64328
645342			ТΦ200	1,644862				
648338	S-TIM22	1,6476889			SF2	1,64769	ZF1	1,64769
648338							H-ZF1	1,64769
648339			ТΦ1	1,64766				
648530	S-BSM71	1,6484980						
649316			ТΦ11	1,648782				
651383							ZBaF15	1,65128

1	2	3	4	5	6	7	8	9
651385			БФ26	1,650549				
651432			ОФ8	1,651127				
651435			ОФ4	1,650633				
651559					N-LAK22	1,65113	H-LaK10	1,65113
651562	S-LAL54	1,6509960						
652450					N-BAF51	1,65224		
652584							H-LaK50A	1,6516
652585	S-LAL7	1,6515969			N-LAK7	1,6516		
654337							ZF8	1,65446
654396					KZFSN5	1,65412		
654397	S-NBH5	1,6541153						
654507			ТКН3	1,654212				
657511			ТК21	1,65691			H-ZBaF3	1,65691
658509	S-BSM25	1,6584409			N-SSK5	1,65844	H-ZBaF50	1,65844
660574			СТК3	1,6595				
663418			ОФ5	1,66264				
664354			БФ28	1,66426				
664355							ZBaF4	1,66426
664360					N-BASF2	1,66446		
667483	S-BAH11	1,6667179						
667484							H-ZBaF16	1,66672
667330	S-TIM39	1,6667999						
667331					N-SF19	1,66679		
668419							ZBaF17	1,66755
669554							D-LaK70	1,6691
670392							ZBaF18	1,66998
670393	S-BAH32	1,6699794						

1	2	3	4	5	6	7	8	9
670471					N-BAF10	1,67003		
670472							H-ZBaF52	1,67003
670473	S-BAH10	1,6700289						
670517							H-LaK67	1,67
671473			БФ16	1,67102			H-ZBaF5	1,67103
673321	S-TIM25	1,6727000						
673322			ТФ2	1,67268	SF5	1,6727	ZF2	1,6727
673323					N-SF5	1,67271		
678507	S-LAL56	1,6778979						
678549					LAKL12	1,6779		
678549	L-LAL12	1,6779002					D-LaK5	1,6779
678552					N-LAK12	1,6779		
678553	S-LAL12	1,6779000						
678555							H-LaK5A	1,6779
682526			BC80	1,68241				
683445							ZBaF51	1,68273
687536			CTK7	1,68701				
689311	L-TIM28	1,6889307					D-ZF10	1,68893
689311	S-TIM28	1,6889309						
689312							ZF10	1,68893
689312							H-ZF10	1,68893
689313					N-SF8	1,68894		
690311			ТФ8	1,68949				
691547					N-LAK9	1,691		
691548	S-LAL9	1,6910019					H-LaK59	1,691
692288			ТФ14	1,691609				
692550			CTK12	1,69201				

1	2	3	4	5	6	7	8	9
693508	S-LAL58	1,6934951						
693532	L-LAL13	1,6934997						
694492							H-LaF1	1,69362
694531							D-LaK6	1,69384
694532	S-LAL13	1,6935009						
694534							H-LaK6A	1,6935
696363					KZFS12	1,696		
697485	S-LAM59	1,6970023						
697554					N-LAK14	1,6968		
697555	S-LAL14	1,6967969					H-LaK51	1,6968
697562							H-LaK12	1,6968
699300							H-ZF11	1,69894
699301	S-TIM35	1,6989470			SF15	1,69895	ZF11	1,69895
699302					N-SF15	1,69892		
700481	S-LAM51	1,6999980					H-LaF51	1,7
702412	S-BAH27	1,7015359					H-ZBaF20	1,70154
703497			CTK8	1,70312				
704394					N-BASF64	1,704		
706302					N-SF64	1,70591		
709548			CTK15	1,709315				
713538					N-LAK8	1,713	H-LaK7	1,713
713539	S-LAL8	1,7129950						
714389							D-ZBaF58	1,7143
717479	S-LAM3	1,7170039						
717480					N.LAF3	1,717		
717295	S-TIH1	1,7173620	TФ3	1,71741	SF1	1,71736	ZF3	1,71736
717295							H-ZF3	1,71736

1	2	3	4	5	6	7	8	9
717296					N-SF1	1,71736		
717319			BC56	1,716639				
717479							H-LaF2	1,717
718295			TΦ103	1,717928				
720502	S-LAL10	1,7199954						
720503							H-LaK8A	1,72
720506					N-LAK10	1,72003		
720437	S-LAM52	1,7199999					H-LaF62	1,72
720420	S-LAM58	1,7200004						
720460	S-LAM61	1,7200016						
720347	S-NBH8	1,7204673						
721352			OΦ9	1,720976				
722292	S-TIH18	1,7215069						
723292							D-ZF20	1,7225
722316			BC58	1,721729				
722338			B722	1,721853				
723380	S-BAH28	1,7234199					H-ZBaF21	1,72341
727322							H-ZF2	1,727
728283			TΦ7	1,72822			ZF4	1,72825
728283							H-ZF4	1,72825
728284			TΦ107	1,72822	SF10	1,72824		
728285	S-TIH10	1,7282500			N-SF10	1,72828		
729545					N-LAK34	1,72916		
729547	S-LAL18	1,7291570					H-LaK52	1,72916
731405	L-LAM69	1,7307696					D-LaF79	1,73077
733489	L-LAM72	1,7331000						
734514							H-LaK54	1,734

1	2	3	4	5	6	7	8	9
734515	S-LAL59	1,733997						
735331			B735	1,734664				
735488							D-LaF82L	1,73485
738481			CTK10	1,737934				
740282			TΦ4	1,74002			ZF5	1,74
740282			TΦ104	1,740026				
740283	S-TIH3	1,7399983					H-ZF5	1,74
741278							H-ZF50	1,74077
741278	S-TIH13	1,7407689					ZF50	1,74077
741526							H-LaK61	1,741
741527	S-LAL61	1,7409990						
742502			CTK9	1,74253				
743492							H-LaF53	1,7433
743493							D-LaF53	1,7433
743494					N-LAF35	1,7433		
744493	S-LAM60	1,7431979						
744448	S-LAM2	1,7439970						
744449					N-LAF2	1,74397	H-LaF3	1,744
744449							H-LaF3A	1,744
744504			CTK19	1,74413				
747510							H-LaK3	1,74693
749348					N-LAF7	1,7495		
749353	S-LAM7	1,7494974						
750350					LAFN7	1,7495	H-LaF4	1,7495
750353	S-NBH51	1,7495045						
752313			B752	1,752081				
754279			BC82	1,754442				

1	2	3	4	5	6	7	8	9
754375							H-LaFL5	1,75367
754523					N-LAK33A	1,75393		
755523	S-YGH51	1,7549985					H-LaK53A	1,755
755274					N-SF4	1,75513		
755275	S-TIH4	1,7551990	TΦ5	1,75523			ZF6	1,7552
755275							H-ZF6	1,7552
755276					SF4	1,7552		
756412			TБΦ3	1,755851				
757477							H-LaF6LA	1,757
757478	S-LAM54	1,7569980						
762265	S-TIH14	1,7618210			SF14	1,76182		
762266							ZF12	1,76182
762266							H-ZF12	1,76182
762401	S-LAM55	1,7620010						
765502			CTK20	1,764828				
768492							D-LaF050	1,76802
770260			TΦ15	1,769652				
772496	S-LAH66	1,7724989						
773496					N-LAF34	1,7725	H-LaF50A	1,7725
779381			TБΦ4	1,778772				
782371							H-LaF7	1,78179
784413							H-LaF8	1,78427
784439							H-LaF9	1,78443
785263	S-TIH23	1,7846960	TΦ13	1,784651				
785257	S-TIH11	1,7847230	TΦ12	1,785163			H-ZF13	1,78472
785258					SF11	1,78472	ZF13	1,78472
785261					N-SF56	1,7847	ZF51	1,7847

1	2	3	4	5	6	7	8	9
785261					SF56A	1,7847		
786441					N-LAF33	1,78582		
786442	S-LAH51	1,7858959					H-LaF52	1,7859
786456			CTK16	1,785947				
788474	S-LAH64	1,7880010						
788475					N-LAF21	1,788	H-LaF10L	1,788
795455					N-LAF32	1,79457		
800422	S-LAH52	1,7995159					H-LaF54	1,79952
800424					N-LAF36	1,79952		
801350	S-LAM66	1,8009989			N-LASF45	1,80107	H-ZLaF66	1,801
802443							H-ZLaF1	1,80166
803467							H-ZLaF2	1,8033
804465					N-LASF44	1,8042		
804466	S-LAH65	1,8040000					H-ZLaF50B	1,804
804396	S-LAH63	1,8043979						
805254	S-NPH6	1,8051800			SF6	1,80518		
805254	S-TIH6	1,8051809			N-SF6	1,80518		
805255							ZF7L	1,80518
805255							H-ZF7LA	1,80518
805255							ZF7LHT	1,80518
805396							H-ZLaF51	1,8045
806254			TΦ10	1,80627			ZF7	1,80627
806333							H-LaF56A	1,8061
806409	S-LAH53	1,8060979						
806409	L-LAH53	1,8060982						
806404	L-LAH81	1,8061000						
806406					N-LASF43	1,8061		

1	2	3	4	5	6	7	8	9
806410							H-LaF52	1,8061
806410							H-ZLaF52	1,8061
808414			ТБФ5	1,807978				
808428			ТБФ9	1,808468				
808228	S-NPH1	1,8080949						
810410							D-ZLaF52L	1,81
812375			ТБФ25	1,812385				
815334			ТБФ10	1,81481				
815370							D-ZLaF82	1,81474
816466	S-LAH59	1,8160000						
833431			ТБФ11	1,832766				
834372	S-LAH60	1,8339999					H-LaF53A	1,834
834372							H-ZLaF53A	1,834
834373					N-LASF40	1,83404		
835427	S-LAH55	1,8348072					H-ZLaF55A1	1,83481
835431					N-LASF41	1,83501		
847236					SFL57	1,84666		
847238	S-TIH53	1,8466599			N-SF57	1,84666	H-ZF52A	1,84666
847238					SF57	1,84666	ZF52	1,84666
847239	S-NPH53	1,8466600						
850301							H-ZLaF76	1,85013
850322					LASFN9	1,85025		
854406							D-ZLaF85L	1,8537
859366			ТБФ8	1,8585				
883335			ТБФ13	1,882535				
883408	S-LAH58	1,8829971						
881410					N-LASF31	1,88067		

1	2	3	4	5	6	7	8	9
891303			ТБФ7	1,891054				
901316					N-LASF46	1,90138		
901371							H-ZLaF78	1,90069
918215							ZF14	1,91761
923189	S-NPH2	1,9228600						
923209					SF66	1,92286		
944204			СТФ2	1,944499				
944204			СТФ376	1,944481				
946227			ТБФ512	1,945868				
953248			ТБФ14	1,953323				
2003283	S-LAH79	2,0033003						
2056166			СТФ11	2,056237				
2056166			СТФ351	2,056228				
2170170			СТФ3	2,170207				

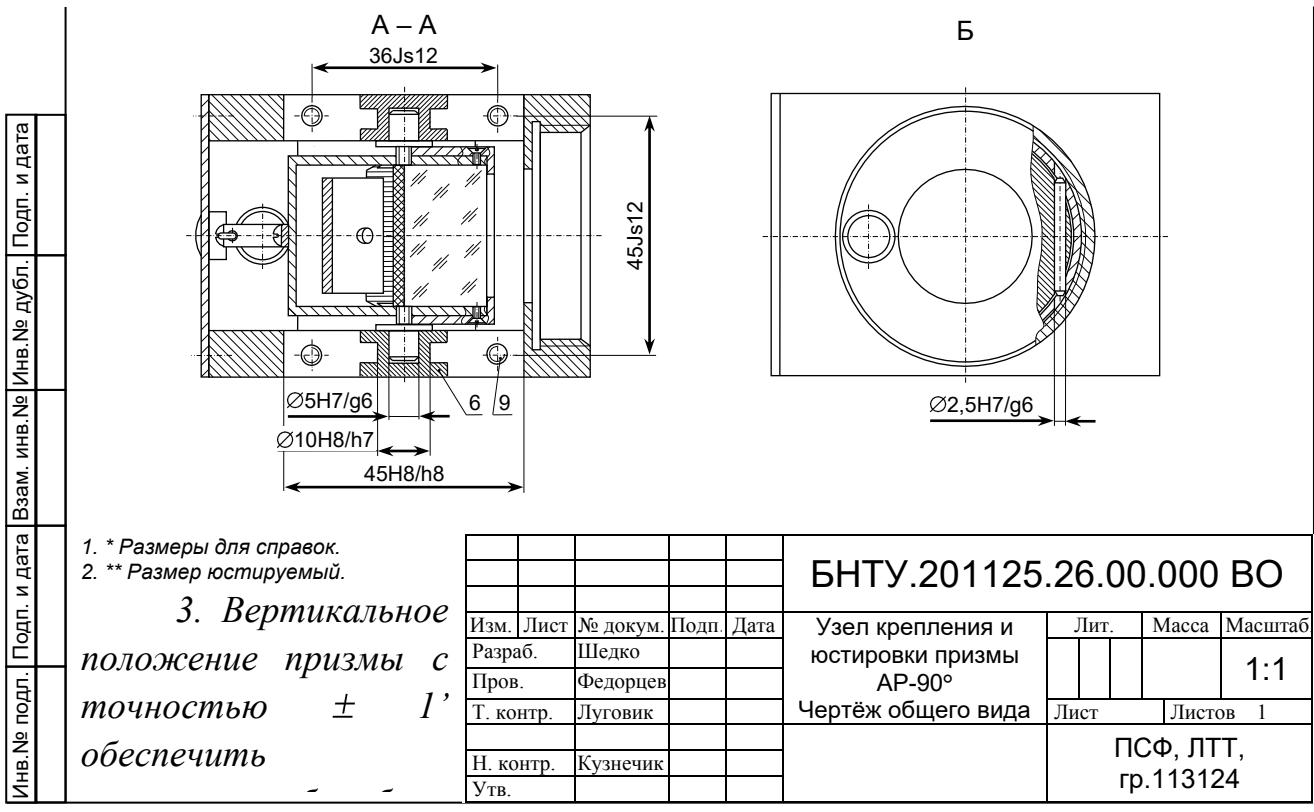


Рис. П5.1. Пример выполнения чертежа общего вида «Узел крепления и юстировки призмы AP-90°»

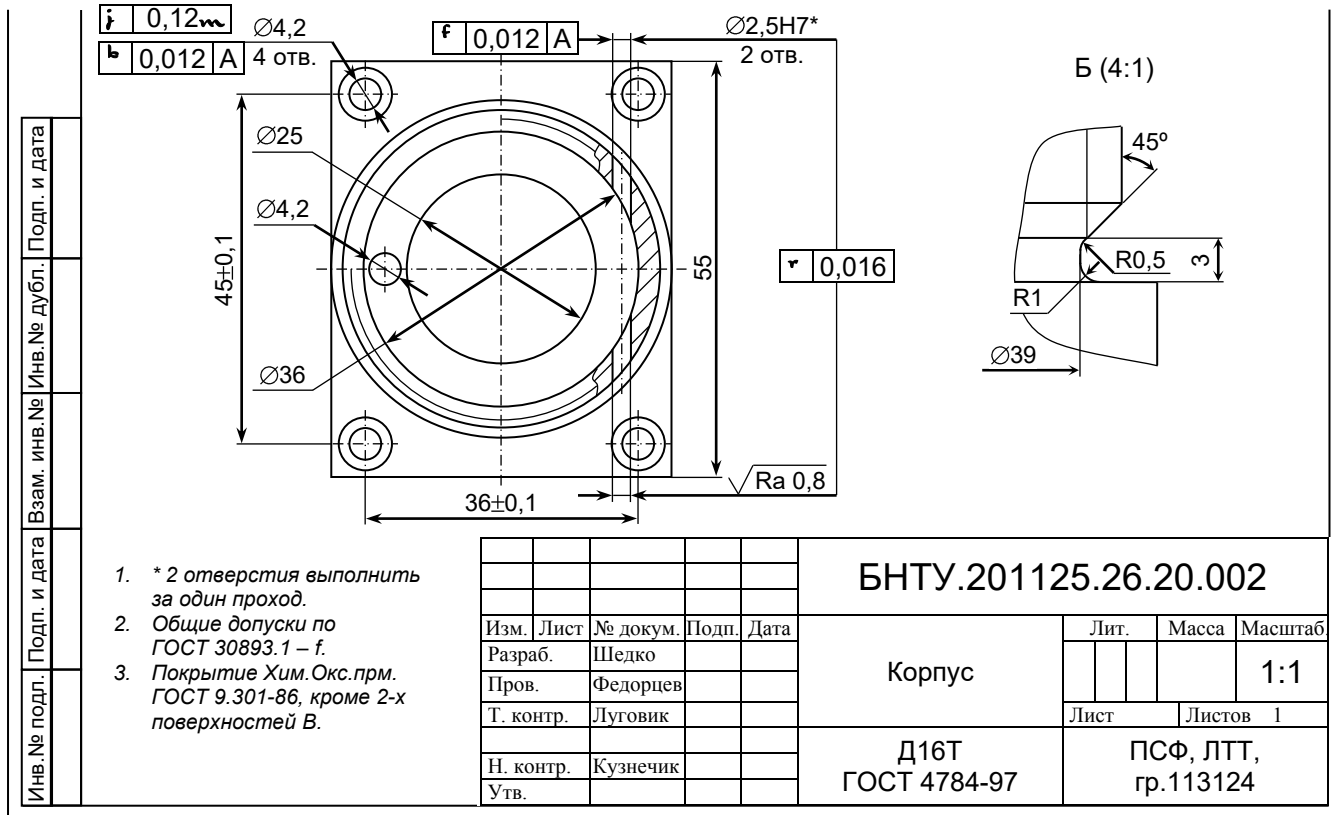
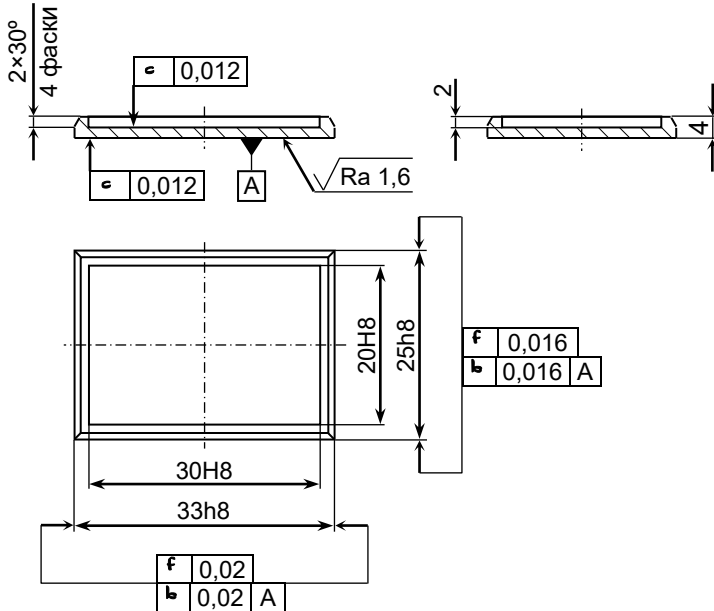


Рис. П5.2. Пример выполнения рабочего чертежа детали «Корпус»

БНТУ.201125.26.10.004

$\sqrt{Ra\ 2,5}$ (\checkmark)



1. Неуказанные фаски $0,5 \times 45^\circ$.
2. Общие допуски по ГОСТ 30893.1 – f.
3. Покрытие Хим.Окс.прм. ГОСТ 9.301-86.

				БНТУ.201125.26.10.004				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Накладка	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Шедко						1:1
Пров.		Федорцев						
Т. контр.		Луговик				Лист	Листов	1
Н. контр.		Кузнечик			Сталь 45 ГОСТ 1050-88	ПСФ, ЛТТ, гр.113124		
Утв.								

Рис. П5.4. Пример выполнения рабочего чертежа детали «Накладка»

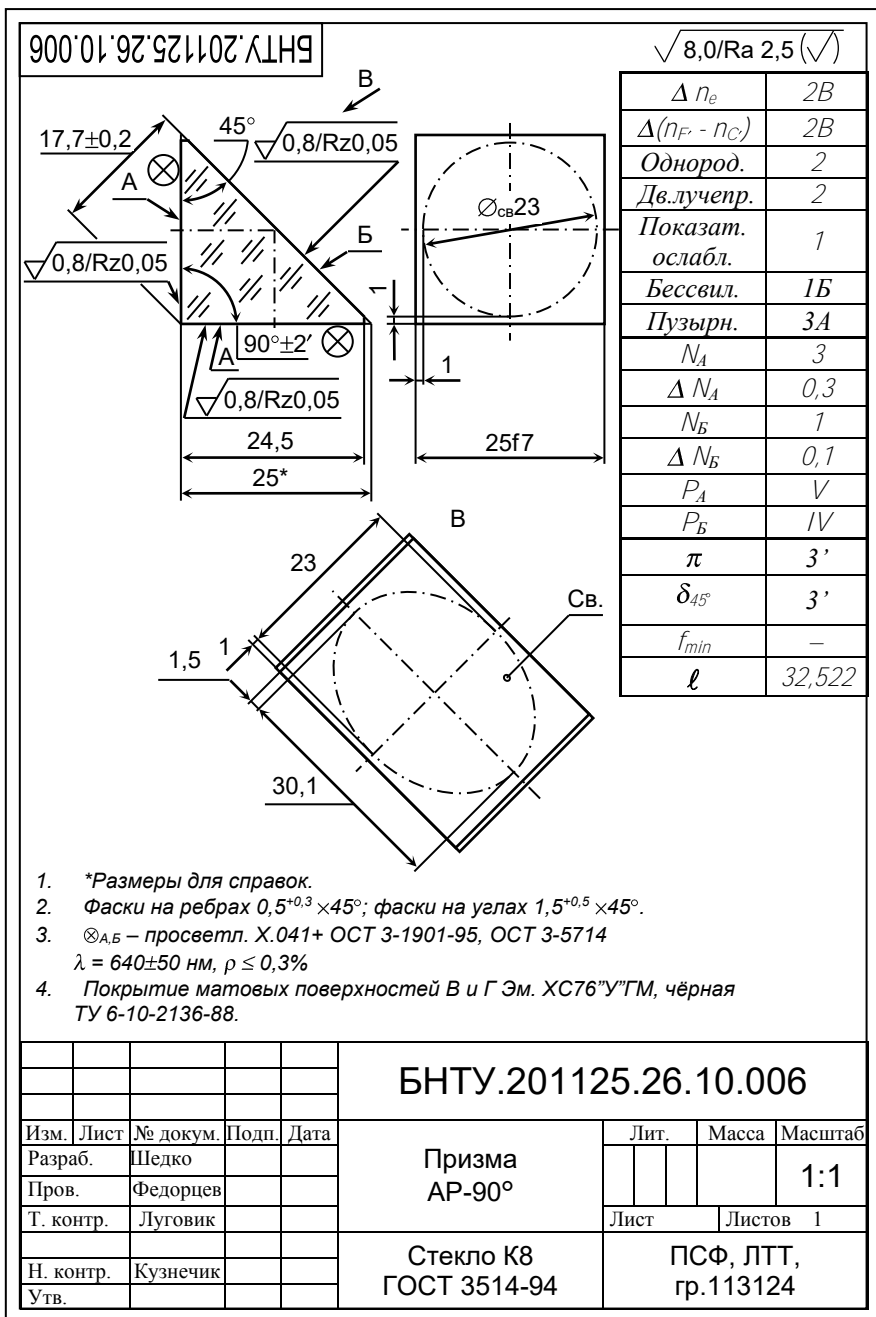
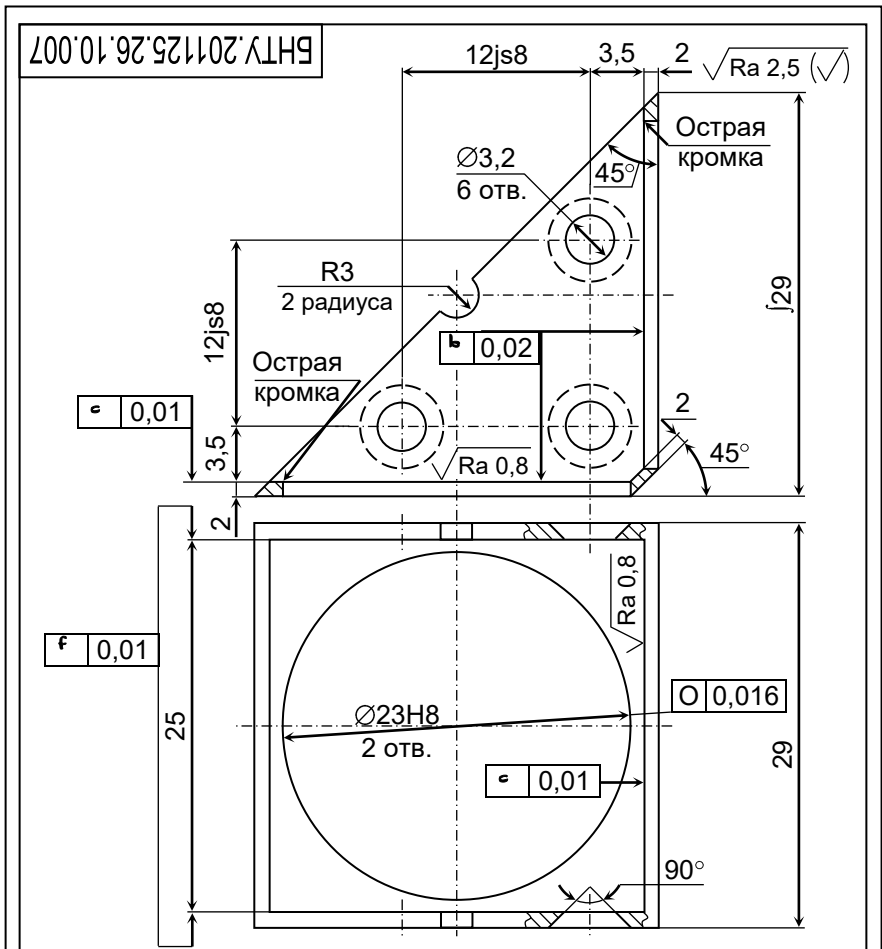


Рис. П15.5. Пример выполнения рабочего чертежа детали «Призма АР-90°»



1. Общие допуски по ГОСТ 30893.1 – f.
2. Покрытие Хим.Окс.прм. ГОСТ 9.301-86.

				БНТУ.201125.26.10.007					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Оправа		Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Шедко								5:1
Пров.	Федорцев								
Т. контр.	Луговик						Лист	Листов	1
Н. контр.	Кузнецик				Сталь 45 ГОСТ 1050-88		ПСФ, ЛТТ, гр.113124		
Утв.									

Рис. П5.6. Пример выполнения рабочего чертежа детали «Оправа»

Таблица П5.1

Пример составления ведомости технического проекта

№ строки	Формат	Обозначение	Наименование	кол. листов	№ экз.	Примечание	
1			<u>Документация общая</u>				
2							
3			вновь разработанная				
4							
5	A2	БНТУ.201125.26.00.000 В0	Чертёж общего вида	1	2		
6	A4	БНТУ.201125.26.00.000 ПЗ	Пояснительная записка	44	2		
7							
8			<u>Документация по</u>				
9			<u>сборочным единицам</u>				
10			вновь разработанная				
11							
12	A3	БНТУ.201125.26.10.000 СБ	Узел крепления	1	–		
13			призмы АР-90°.				
14			Сборочный чертёж				
15	A3	БНТУ.201125.26.20.000 СБ	Насадка	1	–		
16			Сборочный чертёж				
17	A3	БНТУ.201125.26.30.000 СБ	Винтовой механизм.	1	–		
18			Сборочный чертёж				
19							
20			<u>Документация</u>				
21			<u>по деталям</u>				
22			вновь разработанная				
23							
24	A3	БНТУ.201125.26.00.004	Основание	1	–		
25	A4	БНТУ.201125.26.00.005	Рычаг	1	–		
26	A4	БНТУ.201125.26.00.006	Вставка	1	–		
27	A4	БНТУ.201125.26.00.007	Крышка	1	–		
			БНТУ.201125.26.00.000 ТП				
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.		Шедко					
Пров.		Федорцев					
Н. контр.		Кузнецик					
Утв.							
Проект узла крепления и юстировки призмы АР-90°. Ведомость технического проекта				Лит.	Лист	Листов	
					1	2	
				ПСФ, ЛТТ, гр.113124			

**ПЕРЕЧЕНЬ ПРИНЯТЫХ УСЛОВНЫХ
СОКРАЩЕНИЙ**

- АСТ** – артиллерийская стереотруба
БелГИСС – Белорусский государственный институт
стандартизации и сертификации
ЗИП – запасной инвентарь и принадлежности
ЗТ – зрительная труба
КД – конструкторская документация
КУ – кварц для ультрафиолетовой области спектра
МГИ – микроскоп голографический интерференционный
ОНВ – очки ночного видения
ПВО – полное внутреннее отражение
ПНВ – приборы ночного видения
ПП – плоскопараллельная пластинка
ПТ – техническое предложение
ТМ – торговая марка
ТП – технический проект
ФПД – функция преобразования движения
ЭП – эскизный проект

Учебное издание

ФЁДОРЦЕВ Ростислав Валерьевич

ЛУГОВИК Алексей Юрьевич

ЭЛЕМЕНТЫ И ДЕТАЛИ ОПТИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ

Учебно-методическое пособие

по выполнению курсового проекта

для студентов приборостроительных специальностей

Редактор Т.Н. Микулик

Компьютерная вёрстка, рисунки и обложка Р.В. Фёдорцева

Подписано в печать 05.03.2010.

Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная.

Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 8,66. Уч.-изд. л. 6,77. Тираж 100. Заказ 1188.

Издатель и полиграфическое исполнение:

Белорусский национальный технический университет.

ЛИ №02330/0494349 от 16.03.2009.

проспект Независимости, 65, 220013, Минск.