

ОПТИКО-МЕХАНИЧЕСКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ БЕЛАРУСИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕЕ РАЗВИТИЯ

Шкадаревич А.П.

(Белорусское оптико-механическое объединение)

1. Введение

Оптическая промышленность, включая лазерную, является одной из наиболее динамичных отраслей производства в мире, демонстрируя ежегодное увеличение объемов выпуска продукции на уровне 20–30 %, причем прогнозируются такие темпы роста на ближайшие 20 лет.

Следует выделить следующие наиболее перспективные области для оптической продукции:

- оптическая связь;
- лазерная обработка материалов;
- медицина и биотехнологии;
- метрология и измерительная техника;
- контроль окружающей среды;
- компьютерная периферия и бытовая техника;
- оборонные технологии.

Республика Беларусь относится к числу стран с наиболее высоким уровнем развития оптических и лазерных технологий, таких как США, Германия, Россия, Англия, Франция, Япония. Созданная в период СССР за счет многомиллионных инвестиций и технической помощи, в первую очередь, России, оптическая промышленность за период становления суверенитета нашего государства не только сумела сохранить свой потенциал, но и развить новые направления и интегрироваться в мировые рынки.

В данной статье рассматривается история становления оптической отрасли нашей страны, ее современное состояние и место в структуре промышленности РБ, основные наиболее существенные направления разработки и производстве оптической продукции, перспективы развития белорусской оптики.

2. Исторический экскурс

Создание оптической отрасли в Беларуси началось в середине 50-х годов прошлого века со строительства Минского механического завода им. С.И. Вавилова. Для этого с родственных

оптических предприятий России в Минск были направлены десятки и сотни опытных руководителей, инженеров и рабочих, которые обеспечили не только строительство завода, но и быстрый выпуск оптической продукции белорусского производства, которая увидела свет в 1957 г.

Практически одновременно в стенах Академии наук Беларуси был создан Институт оптического профиля — Институт физики. Важную роль в его быстром становлении сыграл переезд в Минск таких известных ученых-оптиков, как Б.И. Степанов, М.А. Ельяшевич, А.Н. Севченко, Н.А. Борисевич. Открытие оптических кафедр вначале в БГУ, а затем и БПИ обеспечило подготовку кадров для быстро развивающегося завода, на базе которого в 1971 г. было создано Белорусское оптико-механическое объединение, чему способствовало строительство оптических заводов в небольших белорусских городах: Вилейке, Рогачеве, Жлобине.

Начиная с простейших оптических изделий, таких как линзы, очковые линзы, фотоаппараты, заводы БелОМО в 70-е смогли приступить к производству такой сложной и уникальной оптической продукции, как космическая и аэрофотоаппаратура, фотограмметрическая техника, кинотеодолитная техника, прицельные комплексы и системы управления огнем бронетанковой техники.

Если первые сложные изделия БелОМО создавались на базе разработок российских предприятий, то с середины 70-х появились первые белорусские разработки, созданные в стенах открытого в 1974 г. ЦКБ «Пеленг». Следует признать, что все это стало возможным в связи с созданием в нашей республике стройной системы подготовки кадров, включая кадры высшего уровня (кандидатов и докторов наук), тесных связей между научными учреждениями и промышленными предприятиями, привлечением научного потенциала республики к решению производственных задач.

О высоком уровне создаваемой в оптической промышленности продукции говорит тот факт, что ее авторам были присуждены 2 Ленинские премии и десятки Государственных премий СССР и БССР.

Учитывая положительный опыт создания и работы БелОМО, Министерство оборонной промышленности СССР, в ведении которого находилось объединение, создали в республике еще ряд оптических предприятий: Сморгонский завод оптических стекол, Лидский завод «Оптик» и Научно-исследовательский технологический институт вакуумной техники и оптических станков. Параллельно и другие союзные Министерства последовали этому и в Минске появились Конструкторское бюро точного электронного машиностроения (Министерство электронной промышленности СССР), ЦКБ «Спектр» (Министерство радиопромышленности СССР) и Опытное производственное предприятие НТО АН СССР.

Достаточно быстро указанные предприятия прошли период становления и стали головными оптическими предприятиями своих министерств. Таким образом, следует констатировать, что в конце 80-х Беларусь стала одним из ведущих оптических центров СССР.

3. Роль оптической отрасли в структуре промышленности РБ

Оптическая промышленность, как и все приборостроение, имеет целый ряд неоспоримых достоинств применительно к производственному сектору нашей республики.

Во-первых, оптическое приборостроение идеально соответствует характерным особенностям нашей промышленности, являвшейся «сборочным» производством большой страны, поскольку для него характерны низкая энерго- и материалоемкость (доля энергетики в структуре цены, как правило, не превышает единиц процентов).

Во-вторых, в конечном оптическом продукте высока доля интеллектуального труда. Нередко удельная стоимость 1 кг изделия превышает 10 тысяч долларов США.

В-третьих, оптическая продукция является областью востребованных инноваций. Даже самые простейшие оптические приборы широко используют последние достижения фотоники и информационных технологий.

В-четвертых, для оптической отрасли характерно существенное превышение экспортной составляющей над импортной (часто это соотношение

составляет от 3:1 до 7:1), к тому же оптическое производство менее критично по сравнению, например, с микроэлектронной к времени обязательного обновления технологического оборудования.

К вышеуказанному можно добавить важную роль оптической отрасли в общенациональных проектах (оборона, здравоохранение, образование), заметное влияние на прогресс в смежных областях (микроэлектроника, металлообработка, машиностроение). Наша республика имеет достаточное количество высококвалифицированных кадров по оптике: около 30 академиков и членкорреспондентов, более 100 докторов наук, около 300 кандидатов наук, способных обеспечить решение технических задач любой сложности.

Хотя после распада Советского Союза и обретения независимости РБ, оптическая отрасль, традиционно работающая преимущественно на оборону, столкнулась с такими серьезными проблемами, как потеря госзаказа и конверсией, отсутствием опыта внешней торговли и маркетинговой деятельности, именно наличие высокопрофессиональных кадров позволило ей не только сохранить свой потенциал, но и добиться заметного успеха как в завоевании стабильных рынков сбыта, так и создании новых видов продукции, некоторые из них будут рассмотрены ниже.

4. Основные направления оптического приборостроения Беларуси

4.1. Космическая фотоаппаратура

Лидером разработки этого направления не только в РБ, но и в СНГ является ОАО «Пеленг», которое также является ведущим оптическим предприятием Беларуси. Предприятие имеет 40-летний опыт работы в данной области. Аппараты первого поколения (рис. 1, а) имели пространственное разрешение около 10 м и обеспечивали точную привязку снимков к системе координат земли. С их помощью были созданы высококачественные топографические карты земли, а также цифровые карты местности. Однако использование фотопленки для регистрации снимков не позволило проводить наблюдение в реальном масштабе времени, что удлиняло процесс получения информации.

Прогресс в развитии электронных компонентов и информационных технологий, включая системы связи, позволили перейти к созданию цифровых космических аппаратов, что существенно уменьшило их весо-габаритные параметры и сократило время передачи сигналов на землю.

На рис. 1, б показан космический фотоаппарат нового поколения для первого белорусского спутника БЕЛКА, обеспечивающий снимки в режиме

реального времени с пространственным разрешением 2 м. В стадии разработки находится уникальный аппарат с разрешением порядка 1 м (рис. 1, в).

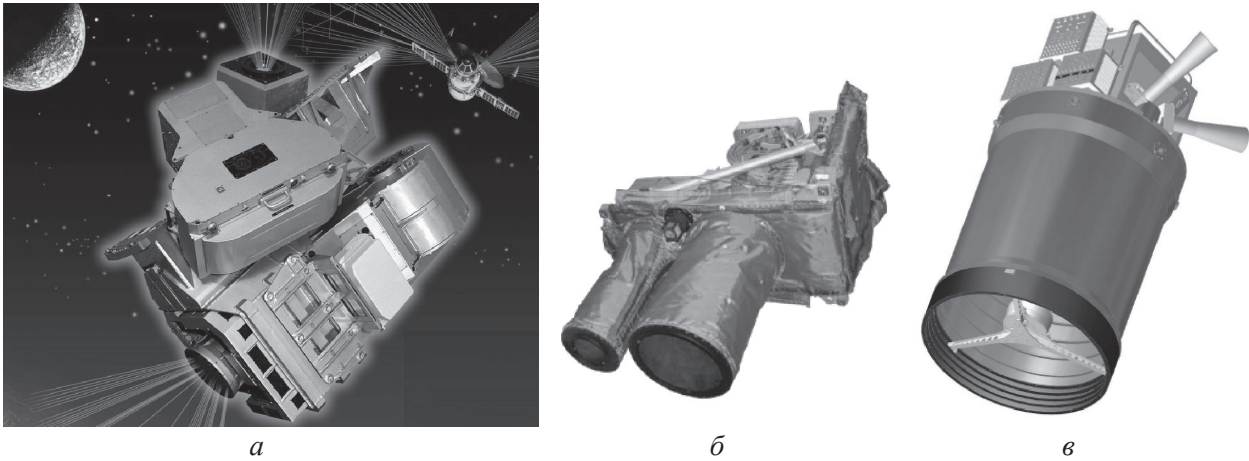


Рис. 1. Космическая фотоаппаратура:
 а — аппарат I поколения; б — оптико-электронная система для БЕЛКА;
 в — перспективный аппарат высокого разрешения

Современные аппараты позволяют решить следующие народнохозяйственные задачи:

- картографирование;
- контроль чрезвычайных ситуаций;
- контроль промышленной инфраструктуры;
- контроль землепользования сельскохозяйственного производства;
- экологический контроль окружающей среды;
- контроль лесных ресурсов.

Важна роль этого оборудования и в решении оборонных задач.

4.2. Системы управления огнем бронетанковой техники

Данное направление обеспечивают ОАО «Пеленг» как головной разработчик и заводы «БелОМО» как изготовители серийной продукции. Начав в 70-е гг. с освоения приборов ночного видения первого поколения для танков и боевых машин пехоты, в настоящее время эти предприятия разработали и освоили выпуск современных прицелов, обеспечивающих всепогодную и круглосуточную стрельбу на дальность до 5...6 км с точностью попадания 0,5...1,0 м. Фотографии некоторых приборов и их технические характеристики приведены на рис. 2–4.

Кроме того, что данная продукция является средством повышения обороноспособности нашей страны, она также — перспективный экспортный товар, приносящий Республике десятки миллионов долларов ежегодно.

4.3. Лазерно-оптическое оборудование для производства высокоточных оригиналов сверхбольших интегральных схем (СБИС)

Ведущим разработчиком этого направления является научно-производственное республиканское унитарное предприятие «КБТЭМ-ОМО» которое создало и постоянно совершенствует полный набор технологического оборудования, обеспечивающего все стадии технологического процесса производства фотошаблонов СБИС, включающего многоканальные лазерные генераторы изображений, системы автоматического контроля дефектности топологических структур и системы их лазерного ремонта. На рис. 5–7 показана динамика развития данной аппаратуры с указанием достигнутых технических параметров. Следует отметить, что это оборудование имеет высокую сложность и стоимость (миллионы долларов), находится под экспортным контролем и его приобретение не всегда возможно. Только несколько стран мира добились успеха в этой области, поэтому белорусские разработчики (Матюшков В.Е., Аваков С.М. и др.), имея несопоставимо меньший объем финансирования, заслуживают самой высокой оценки.

4.4. Лазерные дальномеры

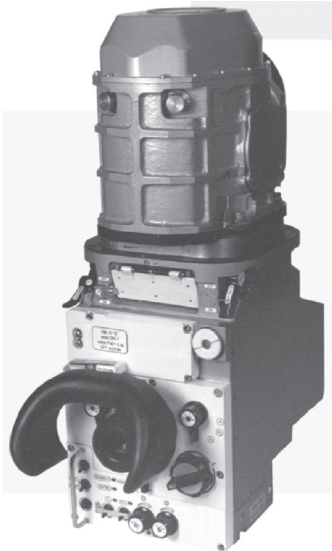
Первый лазерный дальномер «Нева» начал серийно производиться на БелОМО в середине 70-х после неудачной попытки его освоения на российских предприятиях.



ПРИЦЕЛ ПАНОРАМНЫЙ ВИЗИРНЫЙ

Дальность распознавания цели днем, min, м	3000
Система стабилизации полей зрения	2-х плоскостная следящая
Точность слежения за ЛВ панорамного прицела командира:	
- вертикаль, угл. мин	2
- горизонт, угл. мин	2
Среднеквадратическая ошибка стабилизации, не более, мрад	0,25
Углы линии визирования	
- вертикаль, град.	от -10 до +60
- горизонт, град.	n x 360
Скорость наведения линии визирования, min, град/сек.	0,02
Скорость наведения линии визирования, max, град/сек.	5 - 7
Скорость переборки ЛВ - горизонт, град/сек.	45
Увод линии визирования, max, мрад/мин	8
Увеличение: W FOV, X	3,6
N FOV, X	12

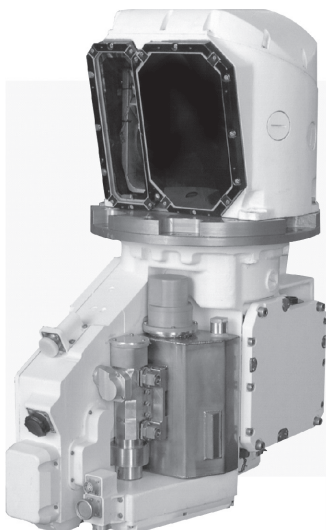
Рис. 2. Панорамный прицел командира



ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Дальномерный канал	
Дальность измерения, м	500-6000
Погрешность измерения, м	+/-10
Встроенная выверка дальномерного канала	
Автоматический ввод измеренной дальности:	
- в баллистический вычислитель	
Ручной ввод дальности и плавное регулирование минимальной измеряемой дальности	
Информация о дальности и типе боеприпаса вводится в окуляр прицела	
Дневной стабилизированный канал наблюдения	
Увеличение/Поле зрения, град.	1X /20 x 5
Ночной канал	
Дальность наблюдения, м	
- в пассивном режиме	800
- в активном режиме	1200
Имеется ручная подфокусировка	
Система стабилизации	
Точность стабилизации поля зрения, мрад	0,1
Дрейф линии прицеливания, не более, мрад/мин	8
Дневной визирный канал	
Увеличение/Поле зрения, град.	14X /3,5; 4X /12

Рис. 3. Прицел «Сож-М»

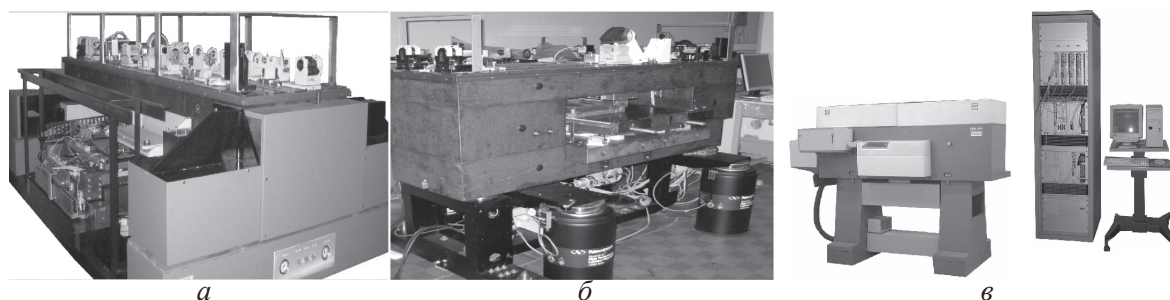


ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Визирный канал	
-увеличение/угол поля зрения, угл. град.	4X /12 и 12X /4
Тепловизионный канал	
Тепловизор "CATHERINE" с длиной волны, мкм	8 - 12
Поле зрения, угл. град.:	
-широкое поле (W FOV)	9 x 6,75
-узкое поле (N FOV)	3 x 2,25
-с электронным увеличением (N FOVx2)	1,5 x 1,12
Канал управления ракетой	
Дальность управления ракетой с наведением по лучу лазера, м.	днем и ночью до 5500
Дальномерный канал	
Измеряемая дальность	

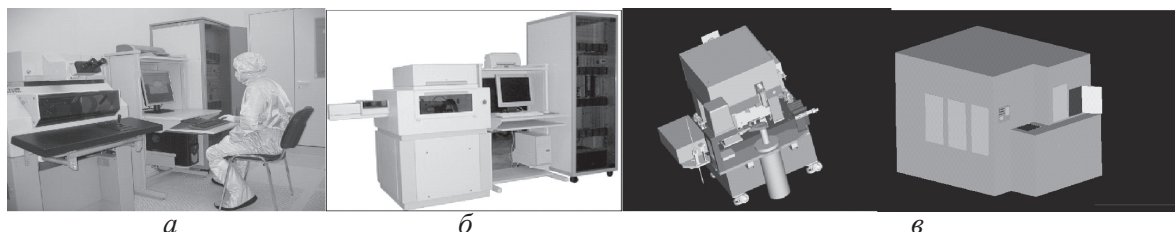
Рис. 4. Прицельный комплекс «Сосна-У»

2009 г.	7-е поколение: уровень технологии 90 нм	ЭМ-5389 Rmin=200/120 нм
2008 г.	6-е поколение: уровень технологии 180нм	ЭМ-5289 Rmin=350/180 нм
2005 г.	5-е поколение: уровень технологии 350нм	ЭМ-5189 Rmin=600/350 нм
1999 г.	4-е поколение: уровень технологии 500нм	ЭМ-5089Б Rmin=800 нм
1994г.	3-е поколение: уровень технологии 1,0 мкм	ЭМ-5089А Rmin=1 мкм
1988 г.	2-е поколение: уровень технологии 1,5 мкм	ЭМ-5089 Rmin=1.5 мкм
1988 г.	1-е поколение: уровень технологии 2,0 мкм	ЭМ-589Б Rmin=2.0 мкм



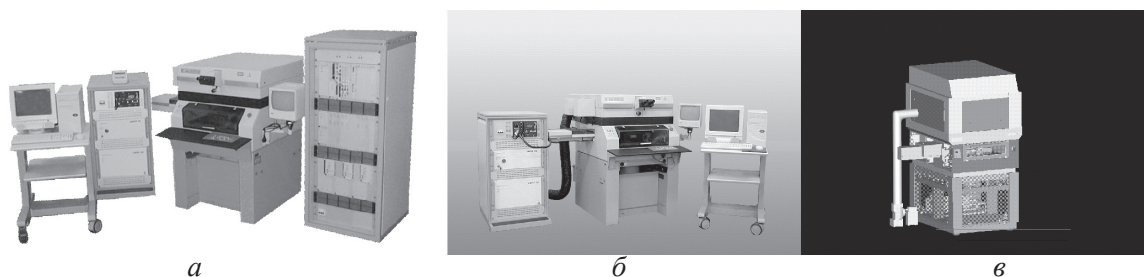
*Рис. 5. Модельный ряд многоканальных лазерных генераторов:
а — ЭМ-5289; б — ЭМ-5189; в — ЭМ-5089Б*

2009 г.	7-е поколение: уровень технологии 65-45нм	ЭМ-6729 Rmin=65 нм
2008 г.	6-е поколение: уровень технологии 130-110нм	ЭМ-6329В Rmin=150 нм
2006 г.	5-е поколение: уровень технологии 180нм	ЭМ-6329 Rmin=250 нм
2001 г.	4-е поколение: уровень технологии 350нм	ЭМ-6029В Rmin=500 нм
1995 г.	3-е поколение: уровень технологии 800нм	ЭМ-6029АМ Rmin=800 нм
1991 г.	2-е поколение: уровень технологии 1 мкм	ЭМ-6029А Rmin=1 мкм
1987 г.	1-е поколение: уровень технологии 1,5 мкм	ЭМ-6029 Rmin=1.5 мкм



*Рисунок 6 – Модельный ряд установок автоматического контроля оригиналов топологии на фотошаблонах:
а — ЭМ-6029В; б — ЭМ-6329; в — ЭМ-6729*

2009 г.	6-е поколение: уровень технологии 90нм	ЭМ-5131 Rmin=200 нм
2007 г.	5-е поколение: LCD (поле 900x600мм)	ЭМ-5201 Rmin=500 нм
2001 г.	4-е поколение: уровень технологии 350нм	ЭМ-5001Б Rmin=500 нм
1995 г.	3-е поколение: уровень технологии 800нм	ЭМ-5001АМ Rmin=11 мкм
1990 г.	2-е поколение: уровень технологии 1,5 мкм	ЭМ-5001А Rmin=1.5 мкм
1990 г.	1-е поколение: уровень технологии 2 мкм	ЭМ-551Б Rmin=2 мкм



*Рисунок 7 – Модельный ряд установок устранения дефектов оригиналов топологии на фотошаблонах:
а — ЭМ-5001; б — ЭМ-5001Б; в — ЭМ-5131*

В настоящее время усилиями ОАО «Пеленг» и УП «ЛЭМТ» БелОМО разработан и освоен серийный выпуск широкой гаммы лазерных дальномеров, обеспечивающих измерение дальности от сотен метров до сотен километров, способных работать как на земле, так и в космосе.

На рис. 8 показан внешний вид некоторых лазерных дальномеров и их технические характеристики. Использование современной элементной базы (лазерных компонентов, фотоприемников) позволило существенно уменьшить весо-габаритные параметры, увеличить их дальность действия, освоить безопасный для глаз диапазон длин волн, обеспечить потребности в данных изделиях сухопутные войска, включая бронетанковую технику, подразделения ПВО, космические аппараты.

Большой вклад в создание лазерных передатчиков внесен Институтом физики НАН Беларуси.

4.5. Оптика для стрелкового вооружения

Данное направление развивается на БелОМО с середины 80-х гг., когда был начат выпуск снайперских прицелов ПСО и прицелов для гранатометов ПГО по российской конструкторской документации. Сегодня усилиями УП «ЛЭМТ» создана широкая номенклатура (свыше 50 наименований) прицелов, охватывающая все известные типы прицелов: лазерные, коллиматорные, телескопические, ночного видения.

Создание в последние годы тепловизионных и «интеллектуальных» прицелов (см. рис. 9) не только обеспечивает круглосуточное ведение стрельбы и снижает влияние человеческого фактора, но и открывает возможность построения робототехнических боевых комплексов.

Оптические прицелы обладают хорошим экспортным потенциалом (ежегодно десятки миллионов долларов). БелОМО решена проблема оснащения оптическими прицелами силовых Министерств республики, что позволило полностью отказаться от импорта подобных изделий.

4.6. Лазерная медицинская техника

Данным направлением успешно занимаются Институт физики НАН Беларуси, УП «ЛЭМТ» БелОМО, НИИ ПФП, частные предприятия «Соляр-ЛС», «Линлайн», «Фотек», «Люзар». В табл. приведены основные типы лазерной медицинской аппаратуры, производимых в Беларуси.

4.7. Другие оптические приборы

Среди других направлений оптического приборостроения, развитого в нашей республике, можно назвать нижеследующие.

Институтом физики НАН Беларуси успешно развивается лазерное зондирование атмосферы

Разработанные и изготовленные под руководством А.П. Иванова и А.П. Чайковского уникальные лазерно-оптические комплексы эффективно используются не только для решения экологических задач нашей страны, но и широко используются в международных проектах.

Для обеспечения развития нанотехнологий широкое применение нашли атомные микроскопы, разработанные под руководством С.А. Чижика (Институт тепло- и массообмена), в которых используются лазерно-оптические модули БелОМО.

Успешно развиваются в республике лазерные технологии обработки материалов, ведущим научным центром в этом направлении является Физико-технический институт НАН Беларуси. Лазерное оборудование частных предприятий «Лотис» и «Соляр-ЛС» широко экспортируется в США и Японию.

5. Перспективы развития оптического приборостроения

Приведенные в п. 4 примеры созданных в Беларуси лазерно-оптических приборов подтверждают ее высокий научно-технический потенциал в области оптического приборостроения, могут являться предметом гордости любой высоко развитой страны.

Наличие в Республике мощных конструкторских и научно-исследовательских организаций, сохраненные и частично модернизированные производственные мощности, приобретенный опыт маркетинговой и внешнеторговой деятельности, высокая степень замкнутости нашей оптической подотрасли (у нас производятся ряд оптических материалов, технологическое оборудование для изготовления оптических деталей, широкая номенклатура оптических изделий) создают предпосылки успешной работы оптических предприятий и в будущем.

Вместе с тем, потенциал оптического приборостроения нашей страны далеко не исчерпан. Так, лазерно-оптическая отрасль хотя и включена в число валообразующих, но ее вклад в ВВП невелик и по своим объемам она заметно уступает другим промышленным подотраслям, например машиностроению. Доля Беларуси в мировом оптическом рынке находится в пределах 0,5...1,0 %, что с учетом численности населения нашей страны является неплохим результатом, но намного уступает тракторостроению и автомобилестроению, которые имеют сегмент мирового рынка не ниже 10 %.

	ДЛ-20	Лотос	Оса	Зенит-30	Зенит-40	«Мушкет»
Максимальная измеряемая дальность, м	20 000	10 000	15 000	30 000	40 000	1000
Точность измерения, м	± 3					±0,3 / 1
Длина волны излучения, мкм	1,064	1,064	1,57	1,064	1,064	0,905
Энергия лазерного излучения, мДж, не менее	40	40	50	100	250	–
Частота измерений дальности, Гц	0,2	1...5	1...12,5	1...12,5	0,2	–
Напряжение питания, В	12 (9...15)	24 (18...32)				6
Габаритные размеры, мм, не более	240×130×60	325×170×115	284×142×150	432×202×198	440×255×140	109×76×46
Масса, кг, не более	3,4	5,6	6,3	17,0	10,0	0,35
Диапазон рабочих температур, °С	–30...+55					
Интерфейс	RS-422					RS-485
Система охлаждения	–	–	–	Жидкостная	–	–



Рис. 8. Модельный ряд лазерных дальномерных модулей

а

Видимое увеличение	3,0 крат
Угловое поле зрения	10 угл. град.
Удаление выходного зрачка	50 мм
Диапазон измеряемых дальностей	от 20 до 1000 м
Дальность стрельбы в ночное время	до 250 м
Погрешность измерения расстояний	не более ± 2 м
Габаритные размеры	182×97×83 мм
Масса	1,5 кг
Диапазон рабочих температур	– 30...+ 50 °С



б

Детектор	Неохлаждаемый микроболометр
Формат матрицы	320×240
Спектральный диапазон	8 ... 13,5 мкм
Дальность обнаружения	до 1000 м
Термочувствительность	0.1 К
Фокусное расстояние объектива	50 мм *
Угловое поле зрения	14°
Телевизионный окуляр	Цветной OLED микродисплей 800×600 пикселей
Чувствительность NEdT	< 85 мК при f/1.6
Управление изображением	2-кратное цифровое увеличение
Возможность внешнего управления	Интерфейс RS232
Питание	5 аккумуляторов типа AAA
Прицельная марка	Перекрестие, с возможностью выверки
Диапазон рабочих температур	–20...+ 55°С

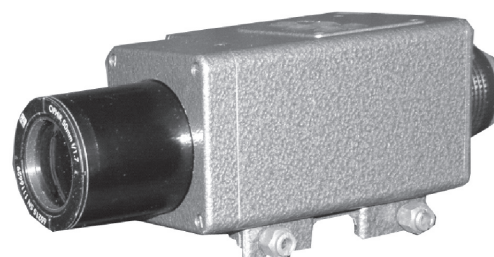


Рис. 9. Новое поколение прицелов для стрелкового оружия:

а — телевизионный прицел-дальномер «Аметист»; б — прицел тепловизионный TV/S-1

Рассмотрим некоторые пути повышения эффективности оптико-механической промышленности.

1. Для модернизации производства и внедрения новых технологий необходимо более широкое привлечение инвестиций, а также привлечение крупного частного бизнеса. Интересная деталь: в данной области работает свыше 30 малых частных предприятий, которые, несмотря на кризис, обеспечены заказами, преимущественно экспортными. Остро ощущается отсутствие в Республике таких оптических технологических процессов, как прессованная асферика, оптические покрытия с предельной лучевой прочностью, лазерные кристаллы.

2. Для наращивания экспорта и сокращения сроков внедрения результатов необходимо более широкое вовлечение академических и вузовских ученых в производственную деятельность. Хорошим примером могут служить созданные при академических институтах малые внедренческие предприятия («Люзар» при Институте физики, «Феррит» при Институте физики твердого тела и полупроводников НАН Беларуси и др.). Однако необходимо придать этому подходу массовый характер: например, в Китае при небольших институтах таких предприятий десятки. Это позволит не только сократить время от научной разработки до коммерческого продукта, облегчит продажу интеллектуального продукта, но и решит проблему обеспечения наиболее активных и эффективных ученых достойной зарплатой. При этом функционирование подобных предприятий на лабораторных площадях, использование институтской интеллектуальной собственности не должно рассматриваться как криминальные действия.

3. Для наращивания экспорта чрезвычайно важно уравнивать условия хозяйствования с нашими основными конкурентами. Особенно трудно конкурировать с китайскими производителями.

Причем речь не идет о представлении преференций одному или нескольким предприятиям, а о стимулировании и поддержке производства high-tech-продукции, в частности лазерно-оптических приборов.

Одной из форм поддержки может быть создание Парка передовых технологий по аналогии с Парком высоких технологий, специализирующегося в области программирования. Тем более, что созданный несколько лет назад ПВТ сумел в сжатые сроки доказать свою состоятельность и достичь объемов, превышающих 300 млн. долларов.

Заключение

Республика Беларусь получила после распада Советского Союза высокоразвитую оптико-механическую промышленность. За годы независимости Беларуси, совпавшие с многочисленными проблемами (конверсия, отсутствие госзаказа, необходимость выхода на мировые рынки), данная отрасль доказала свою конкурентоспособность и по сравнению с аналогичными предприятиями России и Украины сумела не только сохранить свой потенциал, но и создать принципиально новые виды продукции, найти свои ниши на мировых рынках.

Лазерно-оптическая продукция принесла Республике известность и закрепила за ней имидж страны, владеющей и развивающей высокие технологии.

Вместе с тем, имея наиболее сильный научно-инженерный кадровый состав, в т. ч. наибольшее количество докторов наук, член-корреспондентов и академиков, оптическая подотрасль не находится на ведущих ролях в промышленном производстве и экспорте нашей Республики.

Для реализации в полной мере своего потенциала оптическая отрасль при поддержке Государства должна объединить свои усилия, сконцентрировав их на повышение наукоемкости ВВП, увеличение объемов производства и экспорта своей продукции.

Таблица

Лазерные медицинские установки, производимые в РБ

Модель	Тип лазера	Назначение	Производитель
Аппарат лазерный диодный Diolas 810	Полупроводниковый (длина волны 810 нм)	1. Общая и эндоскопическая хирургия 2. Онкология 3. Дерматология и косметология 4. Гнойная хирургия	УП «ЛЭМТ»
Аппарат лазерный диодный Diolas 940	Полупроводниковый (длина волны 940 нм)	1. Эндоскопическая хирургия, нейрохирургия и общая хирургия 2. Стоматология, флебология 3. Отоларингология 4. Дерматология и косметология 5. Гинекология	

Окончание табл.

Модель	Тип лазера	Назначение	Производитель
Лазерный хирургический аппарат «Пульсар»	Твердотельный (Nd:YAG длина волны 1064 нм)	1. Общая — «открытая» плановая и неотложная хирургия 2. Нейрохирургия 3. Лапароскопическая хирургия 4. Эндоскопическая остановка кровотечений из желудочно-кишечного тракта 5. Гнойная хирургия 6. Хирургическая отоларингология 7. Онкология: эндоскопические и «открытые» операции, доброкачественные и злокачественные заболевания кожи и слизистых различных локализаций 8. Фтизиохирургия: открытые и эндоскопические операции 9. Урология	УП «ЛЭМТ»
Лазерная стоматологическая установка «Оптима»	Твердотельный: а) Nd:YAG длина волны 1064 нм б) Nd:YAG длина волны 1320 нм в) Er:YAG длина волны 2940 нм	1. Терапевтическая стоматология 2. Челюстно-лицевая хирургия 3. Ортопедическая стоматология	
Устройство полупроводниковое лазерное УПЛ-3.0	Полупроводниковый (длина волны 810 нм)	1. Лечение патологий глазного дна и цилиарного тела	
Устройство полупроводниковое лазерное УПЛ-ФДТ	Полупроводниковый (длина волны 670 нм)	1. Онкология 2. Офтальмология 3. Оториноларингология 4. Хирургия и нейрохирургия 5. Гинекология	
Multiline	Твердотельный: а) Nd:YAP длина волны 540 нм б) RUBY длина волны 694 нм в) ALEX длина волны 755 нм г) Nd:YAP длина волны 1079 нм (лазерный скальпель) д) Nd:YAP длина волны 1340 нм е) Nd:YAP длина волны 1079 нм (лазерный эпилятор) ж) Er:YAG длина волны 2936 нм	1. Эпиляция волос 2. Лечение сосудистых заболеваний 3. Фотоомоложение кожи 4. Лечение гиперпигментации кожи 5. Удаление татуировок 6. Лазерная абляция 7. Лечение рубцов (в т. ч. келоидных) 8. Лазерная коагуляция тканей	ООО «Линлайн медицинские системы»
Аппарат лазерный медицинский «Медиола-Эндо» (ФОТЭК ЛК-50)	Твердотельный: а) Nd:YAG длина волны 1064 нм б) Nd:YAG длина волны 1320 нм в) Er:YAG длина волны 2090 нм	1. Эндоскопия 2. Оториноларингология 3. Амбулаторная хирургия 4. Общая хирургия 5. Флебология 6. Урология 7. Онкология 8. Проктология 9. Акушерство и гинекология	Научно-производственное частное унитарное предприятие «ФОТЭК»
Лазерная система фотодинамической терапии «ПДТ-лазер»	Полупроводниковый (длина волны 660 нм)	Данная лазерная система может применяться в онкологических центрах, клиниках и поликлиниках	Институт физики НАНБ
МУЛ-1	Твердотельный: а) Nd:YAG длина волны 1064 нм б) Nd:YAG длина волны 1320 нм в) Nd:YAG длина волны 1440 нм	1. Рассечение тканей 2. Коагуляция, гемостаз	Институт прикладных физических проблем БГУ
МУЛ-2	Твердотельный а) Nd:YAG длина волны 1064 нм б) Nd:YAG длина волны 532 нм	1. Рассечение тканей 2. Коагуляция, гемостаз 3. Лечение сосудистых патологий	