Региональному Северо-Западному Центру ЛАС - 22 года.

Лазерная ассоциация отмечает 25 летний ЮБИЛЕЙ.

А.ИГНАТОВ*, член бюро ЛРСЗЦ ЛАС (1993-2015), С.-Петербург.
Http://www.laseris.ru E-mail: laseris-spb@peterlink.ru

*2 сентября с.г. в Санкт-Петербурге прошло очередное заседание бюро РСЗЦ ЛАС.
В работе приняли участие члены бюро: **Баранов Г.А.,** профессор, д.т.н., председатель Совета, научн.руководитель НТЦ "Лазерная техника и технология" НИИЭФА им.Д.В.Ефремова, **Хухарев** Владимир Валентинович, к.ф.-м.н., нач.лаборатории ФГУП НИИЭФА им.Д.В.Ефремова, **Смирнов С.Н.,** директор ЛРСЗЦ и генеральный директор ООО «СП»Лазертех», **Игнатов А.Г.,** ген.директор ООО "ЛазерИнформСервис", **Горный** С.Г., к.т.н., директор Лазерного Центра, **Смирнов В.Н.,** к.т.н., ген.директор ООО «Рула», **Кирьянова В.В.,** зав. кафедрой СПбМАПО и президент СПбФА (С.-Петербургской физиотерапевтической ассоциации), а также: **Самохвалов А.А.**, к.т.н., НИУ ИТМУ.*

Лазерной Ассоциации 7 сентября исполняется 25-лет, а Региональному Северо-Западному Центру ЛАС несколько позднее - 17 декабря - будет 22 года.

Северо-Западный регион и Санкт-Петербург с советских времён отличались высокой концентрацией ведущих российских промышленных предприятий, НИИ и ВУЗов и выделялись развитыми: судо-, и энерго-, транспортным машиностроением, атомной энергетикой, мосто- и автомобилестроением, ВПК.

Сегодня в области лазерных технологий и Фотоники в Северо-Западном регионе и Санкт Петербурге работает порядка 150 промышленных крупных, средних и малых предприятий, НИИ, ВУЗов и организаций.

Широко известны в России и за рубежом питерские специалисты-лазерщики мировой величины – академик РАН Александров Евгений Борисович (ФГУП «НИИ лазерной физики»); академик РАН Алфёров Жорес Иванович (ФТИ им.А.Ф.Иоффе РАН); чл.-корр.РАН, профессор, д.ф.-м.н. Ананьев Юрий Алексеевич; чл.-корр. РАН, д.т.н. Бонч-Бруевич Алексей Михайлович (ВНЦ ГОИ); чл.-корр. РАН, д.т.н. Лопота Виталий Александрович; профессор, д.т.н. Баранов Геннадий Алексеевич (ФГУП «НИИЭФА им.Д.В.Ефремова»); профессор, д.т.н., Борейшо Анатолий Сергеевич (БГТУ«Военмех»); профессор, д.т.н. Вейко Вадим Павлович (НИУ ИТМО); д.м.н. Гуревич Константин Яковлевич (СПбМАПО); д.ф.-м.н. Данилов Олег Борисович (ФГУП «НИИ лазерной физики»); профессор, д.м.н. Кирьянова Вера Васильевна (ГОУ ВПО СЗГМУ/СПбМАПО); д.ф.-м.н. Либенсон Михаил Наумович (ГОИ); д.т.н. Маламед Евгений Рафаилович (ОАО «ЛОМО); профессор, д.ф.-м.н. Мак Артур Афанасьевич (ФГУП «НИИ лазерной физики»); профессор, д.т.н. Привалов Вадим Евгеньевич (БГТУ«Военмех»); д.ф.-м.н. Розанов Николай Николаевич (НИИ ЛФ ГОИ); профессор, д.т.н. Серебряков Виктор Анатольевич (ВНЦ ГОИ / ИЛФ); профессор, д.т.н. Туричин Глеб Андреевич (СПбГПУ/ИЛИСТ/РГЦЛТ); д.т.н. Фёдоров Игорь Апполинариевич (РНЦ «Прикладная химия») и др.

---

* Игнатов А.Г., ген.директор ООО ЛазерИнформСервис» (1992-2015), гл.сварщик ЛРСЗЦ, член Коллегии национальных экспертов стран СНГ по лазерам и лазерным технологиям (2005-2017)

Рис.1 – Участники заседания 2.09.2015, члены Бюро РСЗЦ ЛАС: Кирьянова В.В., Баранов Г.А., Игнатов А.Г., Самохвалов А.А., Горный С.Г., Смирнов С.Н., Хухарев В.В., Смирнов В.Н. (слева-направо)

Значительный вклад в развитие и продвижение лазерной техники и технологий внесли: к.т.н. Аллас Александр Арнольдович (Центр «Творчество»); к.т.н Горный Сергей Георгиевич (ООО «Лазерный Центр»), к.ф.-м.н. Елохин Владимир Александрович (ОАО «Научные приборы»), к.т.н. Левшаков Валерий Михайлович (ЦТСС); к.т.н. Морозов Алексей Владимирович (БГТУ «Военмех»); к.т.н. *Скрипченко Александр Иванович* (Лаборатория «ЛазерСофт»); к.т.н. Смирнов Валентин Николаевич (ЗАО «Лазерные технологии»); Стешенкова Наталья Алексеевна (ЦТСС); к.т.н. Тер-Мартиросян Александр Леонович и к.ф.-м.н. Чалый Виктор Петрович (ЗАО «Полупроводниковые приборы»); *Штернин Лев Александрович* (ВНИИЭСО / Институт Сварки России) и др.

Признавая важнейшую роль Фотоники для сегодняшней цивилизации, 68-я сессия Генеральной ассамблеи ООН в декабре 2013 года объявила 2015-й год международным годом Фотоники, а мировое сообщество лазерщиков недавно отметило 50-летие создание ЛАЗЕРА [1].

Правительство России провозгласило ФОТОНИКУ стратегической отраслью и, во многом, благодаря настойчивой и многолетней работе Лазерной ассоциации [2]**.**

По оценке Минпромторга доля Фотоники России составляет лишь 300 млн.долл., из ~400-500 млрд.долларов мирового рынка [2-6]. К сожалению, к середине 2015 года стабилизации в российской экономике не произошло. Надежды и оптимизм, которыми была пропитана прошедшая в Москве выставка «ФОТОНИКА-2015» [7] – пока мало оправдываются.

Основой для дальнейшего развития и продвижения лазерных технологий могли бы служить созданные в 2011/2012 годах технологическая платформа «Фотоника» (*в рамках ДОРОЖНОЙ КАРТЫ*) и Рабочая группа по частно-государственному партнёрству в инновационной сфере при Правительственной комиссии по высоким технологиям и инновациям, Межведомственная рабочая группа по ФОТОНИКЕ при Минпромторге [7]. Но до сих пор отрицательно сказываются практикуемые подходы и «либеральные механизмы» построения российской экономики, науки и промышленности,

предложенные и внедрённые в начале *ПЕРЕСТРОЙКИ* известными реформаторами и заокеанскими консультантами.

В последние 5-10 лет прослеживалась прямая связь в развитии рынка Фотоники (с ростом до 5-10%/год) с общей экономической ситуацией в мире. Некоторые прорывные направления, такие как **аддитивные технологии, волоконные, диодные и дисковые лазеры - росли более высокими темпами - до 30-60%/год** [3-6].

Согласно последним опубликованным данным Ассоциации VDW и консалтинговой компании «Optech Consalting» (Швейцария), лазерное технологическое оборудование (ЛТО) занимает сегодня 12% мирового рынка обрабатывающего технологического оборудования (в стоимостном выражении), при чем, эта доля достаточно быстро увеличивается [8].

Мировой объём продажи лазеров в 2014 году практически удвоился и составил 9,2 млрд.долл., а в 2015 году должен составить 9,75 млрд.долл. Продажи промышленных лазеров в 2014 году достигли объёма в 2,631 млрд.долл.США и должны составить в 2015 году – 2,759 млрд.долл. – это примерно 25-30% от общего объёма продажи лазерных систем.

По данным ведущих экономических обозревателей рынка Фотоники, STRATEGIES Unlimited и Лазерной Ассоциации (ЛАС) - за прошедшие 10 лет **рынок лазерных систем и промышленных лазеров более, чем УДВОИЛСЯ, а продажи волоконных лазеров выросли в 20 раз, с 55 до 960-1085 млн.долл.** [3-6].

Необходимо учитывать также существенную **узость высокотехнологичного рынка РФ, который на сегодня составляет до 1% мирового рынка** [9]**.** Но несмотря на его небольшие размеры, именно здесь наиболее востребованы новейшие - лазерные технологии, и тем более сегодня - с учётом обострения международной обстановки и потери ряда зарубежных поставщиков оборудования и комплектующих, острой потребности в импортозамещении. Кроме того, **надо иметь в виду ещё один сектор - мощнейшего потенциального потребителя лазерной техники и технологий - российский военно-промышленный комплекс (ВПК)**.

Фантастика, что **Россия** после так называемой «ПЕРЕСТРОЙКИ», при относительно малых затратах (меньше на порядок, чем у США с 610 млрд.$), **умудряется быть вторым экспортёром вооружений** и представлять серьёзного и адекватного противника для стран НАТО [10-12].

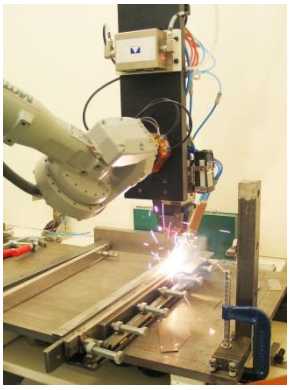
По итогам 2014 года **экспорт российской продукции военного назначения превысил 15,5 миллиарда долларов**. **Россия уверенно занимает второе место в списке мировых лидеров по поставкам вооружений, военной техники**. Первое место занимают Соединённые Штаты, у них 31 процент рынка, Россия на втором месте, с 27 процентами рынка. Отечественная продукция поставлялась в 62 страны мира, а в целом соглашения о военно-техническом сотрудничестве связывают Россию с 91 государством мира. Портфель заказов стабилен и превышает 50 миллиардов долларов [11].

И это наукоёмкая продукция высочайшего класса, где широкое поле деятельности для технологов лазерной обработки материалов: сварки и резки, термоупрочнения и наплавки, маркировки и очистки, для разработчиков лазеров и техники военного и двойного назначения, см. [12]**.**

Широко известны в России и за рубежом: ПО «Ижорские заводы» и ЛО НПО «ЦНИИТМАШ», НИИЭФА им.Д.В.Ефремова - которые **первыми в России и Европе** в середине 80-х годов **разработали технологию, оборудование и оснастку для лазерной сварки приводов СУЗ** из коррозионностойкой стали 08Х18Н10Т толщиной до 12 мм на базе 15 кВт-х СО2-лазеров собственного производства [13,14]. Технологию аттестовали для швов 1 категории 1 контура АЭС.

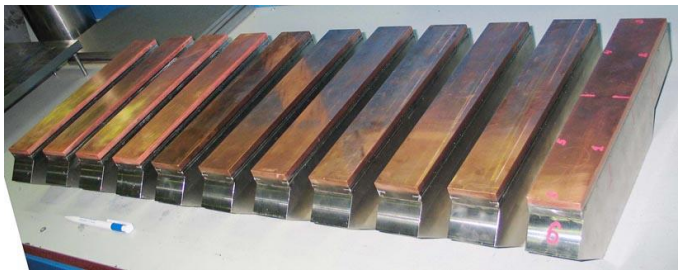
Позднее, в конце 80-х годов, ЦНИИ КМ «Прометей» и НИИЭФА запустили **первый в Европе 30-50 кВт-ый СО2-лазер** «Титан» [14], провели фундаментальные исследования и отработали технологию лазерной сварки сталей разных классов соединений разных типов: стыковых и нахлёсточных, угловых и тавровых, проплавных многослойных из судокорпусных и энергомашиностроительных сталей разных классов толщиной до 12-15 мм [15]**.** *Опустим обсуждение успешно выполненных работ в эти годы - по созданию ЛТО и ЛТ названными предприятиями для задач ВПК.*

а



б

в



г

д

Рис.1 – Эксперты ИТЭР и специалисты НИИЭФА, ЛазерИнформСервис (а,д) во время лазерной сварки 15 кВт-м волоконным лазером (а,б) и сваренные изделия: коллектора (в) и корпуса (г) дивертора по международной программе создания термоядерного реактора ИТЭР (ФГУП «НИИЭФА им.Д.В.Ефремова», СПб, 2010 г.)

В 2008-2012 годах в НИИЭФА им.Д.В.Ефремова ЗАО «ЛазерИнформСервис» (с участием специалистов ЛРСЗЦ: ООО «СП «Лазертех» и «Лазерный Центр») **была впервые разработана и внедрена технология лазерной сварки** коррозионно-стойких сталей 316L и ХМ-19 толщиной до 12 мм

15 кВт-м волоконным лазером (производства ООО НТО «ИРЭ-Полюс», г.Фрязино Московской обл.) для термоядерного реактора по международному проекту ИТЭР – см.рис.1. [16]**.** Соответственно был обучен персонал, а технология и оборудование, персонал были, соответственно, аттестованы Бюро Веритас. В 2013-2014 годах и по настоящее время работы НИИЭФА им.Д.В.Ефремова по проекту ИТЭР в области лазерных технологий, и, в первую очередь – сварки, продолжаются.

Лидером в России в области разработки и поставки маркеров и гравёров (а также установок для прецизионной резки и сварки) является ООО «Лазерный Центр», входящий в ЛРСЗЦ – см.рис.2. В год ЛЦ поставляет российским и зарубежным потребителям более 100 установок. Серийно поставляются лазерные системы “Минимаркер-2”, ”Black Light”, "Фотон Компакт", “С-маркер”, "RX-20/50/100", “Speedy ” и другие. Конкуренцию ему успешно составляет Центр Лазерных Технологий, известный уже около 30 лет как ЦЛТ [17].

Рис.2 – ООО «Лазерный центр» на «Фотонике-2015» (а), образцы цветной маркировки (б,в) и гравировки (г), установки ЛЦ для маркировки (д), прецизионной сварки и резки (е,ж)

Кроме производственного и научно-исследовательского направлений, активной выставочной деятельности, ЛРСЗЦ активно осуществляет учебно-образовательную деятельность, успешно дополняющую работу ведущих ВУЗОВ России и Санкт-Петербурга, в т.ч.: СПбГТУ и БГТУ.

Сегодня, узким местом в подготовке технических специалистов как в системе высшего, так и среднего профессионального образования, особенно, в области высоких технологий, таких как лазерная техника и технологии, является отсутствие материально-технической базы и учебно-методических программ проведения производственной практики.

Совместно с предприятиями Лазерного регионального Северо-Западного центра Санкт-Петербургским государственным университетом информационных технологий, механики и оптики в рамках инновационной образовательной программы приоритетного национального проекта «Образование» создан на площадке ООО «СП»Лазертех» Учебно-производственный центр лазерных технологий (УПЦ ЛТ) - см.рис.3. Основная задача центра - подготовка специалистов в области инновационных лазерных технологий и продвижения их на промышленных предприятиях различных отраслей Санкт-Петербурга и Северо-Западного региона России.

УПЦ ЛТ оснащен современным лазерным технологическим оборудованием (около 10 установок), на котором возможна реализация лазерных технологий маркировки и гравировки, сварки и резки, термообработки, наплавки и легирования.

При этом уделено особое внимание лазерным технологическим комплексам (в т.ч. широко распространённым в России «рабочим лошадкам» - *Хебрам и Трумпфам*), в т.ч. и на базе волоконных лазеров, которые в настоящее время доминируют на лазерном рынке. В учебном процессе задействован современный производственный комплекс оборудования предприятия ООО «СП«Лазертех» – см.рис.3,4.

Рис.3 – Открытие в ЛРСЗЦ (СПб) 27.10.2008 года учебно-производственного центра лазерных технологий (УПЦ ЛТ)

Уровень оснащения предприятия оборудованием и его загрузки лазерной резкой (в 2-3 смены *5 Трумпфов и 4 Хебра*) превосходит многие средние и крупные петербургские промышленные предприятия (уступая, пожалуй, только предприятиям из других регионов – Россельмашу и

Курганмашзаводу), а кроме этого направления успешно реализуются технологии лазерной сварки, наплавки и термоупрочнения, очистки и маркировки.

а б

в г

Рис.4 – Сварочный стенд (а), установки лазерной резки (в,г) и гость Лазерного Регионального Северо-Западного Центра (2009 г., СПб) – Гапонцев Валентин Павлович, выдающийся российский физик и создатель волоконных лазеров, руководитель и создатель международной корпорации IPG (б)

а

б

Рис.5 – Российско-немецкий семинар в Смольном (а) и экскурсия в Центре Лазерных Технологий (ЦЛТ) участников конференции по лазерным технологиям (б)

Разработанная программа и современные учебно–методические пособия для обучения специалистов, бакалавров и магистров по профильным специальностям, позволяют получить необходимые практические знания и навыки инженерной технологической работы не только студентам НИУ ИТМО, но и других ВУЗов, а также учащимся Петровского колледжа, который взял на себя функцию подготовки операторов лазерного оборудования.

За последние 2 года по специальности «Оператор лазерных установок» проведено обучение 4-х групп специалистов, а также в рамках производственной практики, ознакомительных экскурсий курс «молодого лазерщика» прошли более 80 студентов, из них 15 человек защитили дипломные проекты.

Лазерные микротехнологии в Университете ИТМО (СПб) развивает, д.т.н., профессор, зав. кафедрой лазерных технологий и лазерной техники - В.П.Вейко. За 50 лет пройден тернистый путь от инициативной научной группы до ведущей научной школы Российской Федерации. Разработаны «Фундаментальные основы лазерных микро- и нанотехнологий». В мае этого года, в процессе кардинальных изменений в Университете ИТМО, происходящих под руководством ректора В.Н.Васильева, принято решение объединить кафедры «Лазерных технологий и экологического приборостроения» и «Лазерной техники и биомедицинской оптики» в одну большую кафедру «Лазерных технологий и лазерной техники». Объединенная кафедра, несомненно, обладает уникальными возможностями по своему интеллектуальному заделу и кадровому потенциалу, составу лабораторий, научному и образовательному опыту [18].

2 сентября 2015 года члены бюро РСЗЦ ЛАС единогласно проголосовали за ходатайство от РСЗЦ ЛАС **к присвоению почётного звания «Заслуженный деятель науки и техники»** - д.т.н., профессору **Кирьяновой Веры Васильевны**, главному физиотерапевту Санкт-Петербурга, заведующей кафедрой физиотерапии и медицинской реабилитации ГБОУ ВПО СЗГМУ, избиравшуюся четырежды в Коллегию Национальных Экспертов (2001-2003, 2008-2010, 2011-2013, 2014-2017 г.г.), внёсшей большой вклад в развитие медицины на основе применения лазерной техники, имеющей 562 научные публикации, в т.ч.: 16 патентов, 4 монографии, 55 учебных пособий и методических рекомендаций. Санкт - Петербурской физиотерапевтической ассоциацией, под её руководством, по лазеротерапии проводятся 2-3 раза в год конференции с международным участием по основным направлениям в медицине: неврологии, пульмонологии, гинекологии и т. д. Кроме того, в Санкт-Петербурге проводятся научно - практические конференции посвященные вопросам инновационных технологий лазерного и светодиодного излучения. Под руководством В.В.Кирьяновой активно разрабатывается применение в медицине узкополосного излучения. С 2003 года по данной тематике защищено 15 диссертаций. Обосновано применение узкополосного излучения при туберкулезе легких, при критических состояниях в условиях отделений реанимации, в гнойной стоматологии, неврологии, косметологии, инфекционных заболеваниях, в лечении ожогов, в педиатрии.

В соответствии с результатами 4-го ежегодного рейтинга на основе статистических показателей и масштабных опросов среди 17,4 тысячи респондентов, Рейтинговое агентство RAEX («Эксперт РА») составило топ-20 лучших вузов России. Санкт-Петербургский государственный Университет на *шестом*, а политехнический университет - на 11 месте. СПб ГПУ широко известен своими

разработками и исследованиями в области лазерных технологий, значительным вкладом в учебно-образовательный процесс, в т.ч. выполненных профессором, д.т.н., профессором Туричиным Г.А. и Академиком Лопотой В.А – см.рис.5б.

Открытое акционерное общество «Центр технологии судостроения и судоремонта» (ранее ФГУП «ЦНИИТС») — признанный лидер современных технологий судостроения в России, одна из крупнейших научных организаций Санкт-Петербурга. Организация имеет статус Государственного научного центра Российской Федерации, занимается фундаментальными и поисковыми исследованиями в области создания современных технологий для судостроения и машиностроения.

ЦТСС (СПб, Россия) и IMG (Германия), продемонстрировали в 2013 году в Санкт-Петербурге, на судостроительном заводе «Северная верфь», впервые в России, современный участок лазерной резки и сварки судокорпусных элементов (см.рис.6), аналог применяемого передового оборудования на немецкой Meyer Werft [6].

Рис.6 - Портал фирмы IMG (Германия) и ЦТСС (Россия) для лазерной сварки листовых полотнищ и судовых наборов (с рёбрами жёсткости) с рабочей зоной: 12 м х 12 м на судостроительном заводе «Северная верфь» (Россия, СПб)

Рис.7 – Научно-практическая конференция ЦТСС «Лазерные технологии и методики в промышленности» на выставке «Фотоника-2015» (г.Москва).

Сегодня ОАО «Центр технологии судостроения и судоремонта» представляет собой много-профильный научно-производственный комплекс. В его состав входят научно-исследовательские лаборатории, проектные и конструкторские подразделения, а также производственные мощности для изготовления и выпуска новейших образцов технологического оборудования [19].

Комплексы для лазерной резки используются для прецизионной резки сталей и сплавов на многих предприятиях Санкт-Петербурга, в т.ч. *флагманах* промышленной индустрии – АО «Электросила» и ПО «Кировский завод».

В марте с.г. на выставке «Фотоника-2015» (г.Москва) прошло Совместное заседание Межведомственной рабочей группы по фотонике при Минпромторге России, Секретариата ТП "Фотоники" и НТС ЛАС. В его работе приняли участие: директор Департамента Минпромторга России Тарабрин К.А. и его заместитель Капранов Д.В., министр промышленности и науки Правительства Свердловской области Мисюра А.В., президент ЛАС КОВШ И.Б., руководители Лазерных Региональных Центров Урала, Сибири, Москвы и Санкт-Петербурга, Калужского и других регионов, а также ведущие специалисты ВУЗов и НИИ, академической науки, малых предприятий. ЦТСС, являющийся официальным координатором раздела технологической платформы *Фотоника в рамках «дорожной карты»* [20], также принял участие в его работе – см.рис.7 [7].

В мае 2015 года Лазерная ассоциация опубликовала итоги Конкурса на лучшую отечественную разработку в области лазерных приборов и технологий, вышедшую на рынок не ранее 2014 года. Номинантами от петербургских предприятий и организаций в 2014/2015 г.г. стали: ООО «Федал» - за разработку системы питания мощного многоканального лазера киловаттного класса с диодной накачкой SF 310, ОАО «ЦТСС» - за разработку оптической головки «ЛЦС-П1» для лазерной сварки в труднодоступных местах.

В настоящей статье не представляется возможным перечислить все достижения специалистов-лазерщиков, предприятий и организаций С.-Петербурга и СЗ в области лазерной техники и технологий, лазерной оптики и медицины, образования и других областей лазерной техники и физики. С ними Вы можете более подробно ознакомиться в соответствующих публикациях информационного издания ЛАС – «ЛазерИнформ», журналов «Фотоника» и «Ритм», а также в других научно-технических периодических изданиях и монографиях, а также в Интернете.

ЛИТЕРАТУРА

1. Отчётный доклад Президента ЛАС И.Б.Ковша // Лазер-Информ.- 2014, №7-8 (526-527).-).- М.: ЛАС. С.1-8.
2. Председатель Правительства России провозгласил ФОТОНИКУ стратегической отраслью // Лазер-Информ.- 2014, №14 (533).-).- С.1-6.
3. Laser Marketplace 2015: Lasers surround us in the Year of Light / G.Overton, D.Belforte, A.Nogee, C. Holton. // Laser Focus World.- **2015, № 1** // Лазер-Информ.- **2015, N 6** (549).- С.1-6. URL: http://www.laserfocusworld.com/articles/print/volume-51/issue-01/features/laser-marketplace-2015-lasers-surround-us-in-the-year-of-light.html, 16/01/2015
4. Belforte David A. Fiber lasers continue growth streak in 2014 laser market // Industrial Laser Solutions.- **2015, №1** Jan/Feb.- P.5, 6, 8, 10,12,13
5. Игнатов А.Г. Десять лет успеха: рынок фотоники и лазерных технологий (2004-2015 годы) // Фотоника.- 2015, №3.- С.10-26. URL: Http://www.photonics.su.

6. Игнатов А.Г. Рынок лазерных технологий 2004-2015 // Ритм.- 2015, сентябрь.- С.28-35.
7. Игнатов А.Г. Выставка «ФОТОНИКА-2015» завершила свою работу несколькими сенсациями // Фотоника.- 2015, №2.-С.10-14. URL: Http://www.photonics.su.
8. Сапрыкин Д.Л. Российский рынок и производство лазерного технологического оборудования в контексте развития станкостроения // Лазер-Информ.- 2014, №1 (520).- С.2-8.
9. Ленчук Е.Б. Стратегия инновационного развития России: выбор приоритетов и институтов // Лазер-Информ.- 2012, N 9-10 (480-481).- С.10-14.
10. Sam Perlo-Freeman, Aude Fleurant, Pieter D. Wezeman, Siemon T. Wezeman. Trends in world military expenditure, 2014. SIPRI Fact Sheet. SIPRI (April 2015) // URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/
11. Экспорт российских вооружений в 2014 году составил 15,5 миллиардов долларов // URL: http://bmpd.livejournal.com/1316458.html
12. Игнатов А.Г. Военное применение лазерной техники набирает обороты. Часть 1. Военные бюджеты и экспорт, финансирование лазерных проектов // Фотоника.- 2015, №4.- С.1-13. URL: Http://www.photonics.su.
13. Лазерная сварка со сквозным проплавлением сталей различных классов // А.Г.Игнатов, А.В.Козлов, А.И.Скрипчеко и др. // Автоматическая сварка. - 1987, М 9.- С.26 - 29.
14. Баранов Г.А., Астахов А.В., Зинченко А.К. Мощные технологические CO_2 - лазерные комплексы на основе поперечного самостоятельного разряда. - СПб: Изд-во СПбГПУ.- 2005.- 236 с.
15. Игнатов А.Г. Работы по лазерной сварке энергомашиностроительных и судостроительных сталей и сплавов больших толщин в России и за рубежом // ЛазерИнформ N 13-14, июль 1998.- С.10-13.
16. Лазерные сварные соединения из коррозионно-стойких сталей / Игнатов А.Г., Криворотов В.И., Миргородский В.А. // Фотоника.- 2010, №2.- С.18-21. URL: http://www.photonics.su/journal/2010/2
17. Лазерная маркировка материалов / А.Валиулин, С.Горный, Ю.Гречко и др. // Фотоника.- 2007, №3.- С.16-22.
18. Вейко В.П. Лазерные микротехнологии в Университете ИТМО - от инициативной научной группы до ведущей научной школы Российской Федерации // ЛазерИнформ, 2015, N 11-12 (554-555).- М.: ЛАС. - С.1-7.
19. Афанасьев Н.А., Носырев Н.А. Лазерные технологии на службе у судостроителей // ЛазерИнформ, 2013, N 15 (510).- С.9-11.
20. Фотоника как отрасль отечественного хай-тека – возможности поддержки её развития // Лазер-Информ.- 2014, №17-18 (536-537).).- С.1-3.