

# Академик РАН Владимир Павлович Шорин и дифракционная компьютерная оптика

**В.О. Соколов<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Самарский научный центр РАН, Студенческий пер. 3А, Самара, Россия, 443001

**Аннотация.** В статье коротко описаны основные достижения в области лазерных технологий и применения дифракционной компьютерной оптики научной школы академика РАН, доктора технических наук, профессора, заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, лауреата Государственной премии Российской Федерации в области науки и техники Шорина Владимира Павловича.

## 1. Введение

Действительный член Российской академии наук Шорин Владимир Павлович – известный деятель науки и образования России. Он является автором более 350 научных работ, в том числе, 70 авторских свидетельств и патентов на изобретения. Под руководством В.П. Шорина были разработаны руководящие технические материалы авиационной техники, регламентирующие единую методологию проектирования устройств подавления колебаний в гидрогазовых и топливных системах летательных аппаратов и двигателей, что позволило значительно сократить сроки доводки изделий. Созданные гасители колебаний и корректирующие устройства обеспечили работоспособность гидравлической системы самолета АН-124, гидросистемы агрегата привода рулевых машин ракет-носителей, топливных систем авиационных двигателей. Газовые демпферы нашли применение в системах подачи компонентов топлива жидкостных ракетных двигателей малой тяги. На предприятиях Российской Федерации внедрены методы и средства обеспечения устойчивости регуляторов пневмогидравлических систем изделий ракетной техники. Значительный экономический эффект дали разработанные под руководством Шорина В.П. методы ускоренных ресурсных испытаний авиационных агрегатов, трубопроводов и их соединений. Кроме авиационной и ракетно-космической техники, под руководством Шорина В.П. созданы средства снижения виброакустических нагрузок для стационарных энергоустановок (ТЭЦ), гидросистемы аммиачной компрессорной станции и гидротрансмиссии комбайна Дон-1500. Разработанные под его руководством высокоэффективные глушители шума выхлопа производственного оборудования и глушители шума ручного механизированного пневмоинструмента используются в автомобилестроительной промышленности. Большое внимание Владимир Павлович Шорин уделял развитию лазерных технологий, Этот аспект его научной и организационной деятельности описывается в настоящей статье.

## 2. Основные вехи

Владимир Павлович Шорин (Рис. 1) родился 27 июля 1939 года в г. Нижний Ломов Пензенской области. После окончания средней школы Шорин В.П. в 1956 году поступил в Пензенский

сельскохозяйственный институт, из которого в 1959 году был переведен для продолжения учебы на факультет «Двигатели летательных аппаратов» в Куйбышевский авиационный институт (ныне – Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва). После окончания с отличием института в 1963 году он остается в нем для продолжения своей научной и преподавательской деятельности. Здесь до 1990 года Шорин В.П. прошел путь от инженера и аспиранта до проректора и ректора института. В этот период им были подготовлены и защищены кандидатская и докторская диссертации по техническим наукам, получены ученые звания доцента, а затем – профессора. Созданная им научная школа «Динамические процессы в двигателях и энергетических установках» входит в число ведущих научных школ Российской Федерации.



**Рисунок 1.** Академик РАН Владимир Павлович Шорин.

В 1990 году Шорин В.П. избирается в Верховный Совет РСФСР, где возглавляет Комитет по науке и народному образованию. В процессе своей депутатской деятельности он инициировал Постановление Верховного Совета о создании Российской академии наук и принял активное участие в формировании ее состава. Под его руководством и при его непосредственном участии подготовлены проекты Указа Президента России № 1 и Закона РФ об образовании, проекты ряда других законов и постановлений, регламентирующих деятельность в сфере науки и образования.

Шорин В.П. внес существенный вклад в развитие интеграции науки и образования, являясь исполнительным директором федеральных целевых программ «Государственная поддержка интеграции высшего образования и фундаментальной науки» (1997 – 2001 годы) и «Интеграция науки и образования России» (2002 – 2004 годы). В ходе реализации данных программ на территории России была создана сеть инфраструктурных организаций, обеспечивающих взаимосвязь вузовской и академической науки в целях развития науки и подготовки высококвалифицированных кадров.

В 1991 году Шорин В.П. избран действительным членом Российской академии наук, а с 1994 года по 2017 год – возглавлял Самарский научный центр РАН.

Трудовая деятельность Шорина В.П. отмечена государственными наградами: орденом Трудового Красного Знамени, орденом Почета, орденом Дружбы, почетным званием «Заслуженный деятель науки и техники РСФСР». Он является лауреатом Государственной премии РФ в области науки и техники, лауреатом премий Правительства РФ в области науки и техники и в области образования.

### **3. Создание интегрированных лазерных технологий с использованием дифракционных оптических элементов**

В 1982 году на факультете двигателей летательных аппаратов была открыта кафедра автоматических систем энергетических установок (АСЭУ). Основателем и руководителем кафедры и научно-исследовательской группы (НИГ АСЭУ), а также научно-исследовательской лаборатории энергетических установок (НИЛ-34), в которую в связи с повышением объема хозяйственных работ позднее была преобразована НИГ АСЭУ, являлся Владимир Павлович Шорин. В этом же году вместе с открытием на этой кафедре новой специализации «Лазерные системы» было открыто и новое технологическое научное направление – применение лазеров в различных технологических процессах.

Благодаря большой организационной и методической работе преподавателей и сотрудников кафедры, становление учебного процесса по специализации «Лазерные системы» прошло в максимально сжатые сроки. Этому способствовало и то, что занятия в первом учебном году проводились не со студентами, а со слушателями Факультета повышения квалификации инженерно-технических работников предприятий, разрабатывающих и эксплуатирующих лазерную технику. Уже к 1985 году были поставлены несколько лабораторных работ по лазерной технике и обработке материалов [1-3]. Дальнейшее оснащение лабораторий кафедры лазерными технологическими установками (например, ЛК-1300 «Хебр», ЛАТУС-31, Квант-17, ГОС-1000, ОГМ-20), современной регистрирующей и измерительной аппаратурой, систематизация выпускных работ слушателей Факультета повышения квалификации, прохождение преподавателями стажировки на лазерных участках предприятий позволило к 1986 году завершить формирование таких дисциплин специализации, как «Лазерная обработка материалов», «Оптика лазеров», «Измерение и эксплуатация лазерных установок». Накопленный кафедрой опыт подготовки высококвалифицированных специалистов, созданная учебно-исследовательская база, оснащенная как серийной, так и экспериментальной лазерной техникой, позволили в 1988 году открыть специальность 131200 «Лазерные системы». Это помогло решить многие организационные и учебно-методические вопросы, связанные с нагрузкой преподавателей, работой учебно-методического совета, укреплением связей с предприятиями. Больше внимание стало уделяться профориентационной работе сотрудников цикла в выпускных классах школ по выявлению и привлечению на специальность талантливой молодежи. Лидирующая роль коллектива в подготовке инженеров-механиков по лазерным системам была признана Госкомитетом РФ по образованию, доверившим преподавателям кафедры АСЭУ в 1994 году разработку государственного образовательного стандарта (ГОС-1) специальности 131200 «Лазерные системы». В дальнейшем кафедра разработала государственный образовательный стандарт специальности 200202 «Лазерные системы в ракетной технике и космонавтике».

Наряду с другими направлениями научной деятельности, одним из основных направлений являлась разработка перспективных технологий лазерной обработки материалов. Научным коллективом под руководством В.П. Шорина были получены существенные результаты в областях лазерной резки и сварки металлов и сплавов, лазерного отжига перед обработкой металлов давлением, упрочнения и т.д. Однако наибольшего эффекта при применении лазеров в различных технологических процессах удалось достичь при использовании синтезированных с помощью компьютера дифракционных оптических элементов (ДОЭ), разработанных на кафедре технической кибернетики и в Институте систем обработки изображений РАН под руководством Виктора Александровича Сойфера. ДОЭ для формирования излучения технологических лазеров обладают уникальными возможностями. Они могут управлять лазерным лучом, его интенсивностью в пучке излучения и формой зоны обработки.

В 1988 году в журнале «Компьютерная оптика» была опубликована работа [4], посвященная описанию технологических возможностей применения ДОЭ при лазерной обработке материалов. В ней были представлены результаты экспериментальных исследований операций лазерного отжига, поверхностного легирования стали, сварки полимерных материалов с использованием ДОЭ, перераспределяющего лазерное излучение в отрезок прямой линии. Использовался технологический CO<sub>2</sub>-лазер в одномодовом и многомодовом режимах

генерации непрерывного излучения. Было показано, что применение ДОЭ предоставляет возможность значительно улучшить эксплуатационные характеристики деталей после проведения лазерной обработки, увеличить производительность процессов их изготовления и сократить затраты на материалы. Перечисленные научные положения получили развитие при проектировании перспективных технологических процессов изготовления деталей летательных аппаратов и их двигателей [5-12], а способы лазерной обработки объектов с применением подвижных ДОЭ были запатентованы в нашей стране и за рубежом [13-20].

В результате проводимых исследований было установлено, что применение интегрированных плазменных, ионно-плазменных вакуумных и лазерных технологий с использованием дифракционных оптических элементов позволяет получать детали и покрытия с уникальными свойствами с различным функциональным назначением. В.П. Шорин в составе коллектива авторов в 1992 г. был удостоен Государственной премии Российской Федерации в области науки и техники за разработку и внедрение таких интегрированных лазерных и плазменных технологий создания изделий новой техники авиационного и космического назначения. Данное направление нашло отражение в работах [21-23], в которых решены проблемы интегрирования лазерных и машиностроительных технологий при разработке конкурентоспособных производств по созданию надежных современных машин и аппаратов, работающих в теплонапряженных условиях с наличием агрессивных сред. Предложены способы устранения производственных дефектов в виде трещинообразования, отслоения покрытий, коробления изделий и др. путем регулирования теплового воздействия лазерных и комбинированных лазерно-плазменных потоков энергии.

#### **4. Развитие лазерные технологий с применением дифракционной компьютерной оптики**

В 2007 году в Самарском государственном аэрокосмическом университете имени академика С.П. Королева на факультете двигателей летательных аппаратов под руководством академика РАН Шорина В.П. рамках в Национального проекта «Образование» и инновационной образовательной программы «Развитие центра компетенций и подготовка специалистов мирового уровня в области аэрокосмических геоинформационных технологий» был создан научно-образовательный центр лазерных систем и технологий. Научно-образовательный центр создан на учебной и педагогической базе специальности 200202 «Лазерные системы в ракетной технике и космонавтике» при кафедре АСЭУ. Кроме активного содействия повышению квалификации и переподготовке преподавателей и работников промышленности в сфере лазерных технологий, в качестве одной из основных задач научно-образовательного центра указывалась помощь промышленным предприятиям и малым предприятиям в создании, отработке и передаче в производство лазерных технологий. Создана уникальная лаборатория, оснащенная мощным технологическим газовым лазером ROFIN DC 010 и автоматизированным координатным устройством, приобретена специализированная установка для сварки на базе твердотельного лазера Rofin Star Weld.

Создание научно-образовательного центра в значительной степени способствовало подготовке в достаточно короткие сроки силами преподавателей кафедры ряда учебных пособий, в том числе учебного пособия [24]. В одном из разделов был представлен анализ оптических систем преобразования параметров излучения, применяемых для формирования излучения мощных технологических лазеров. Указано на то, что применение лазерных технологий обуславливает тщательный выбор оптических систем транспортировки и формирования излучения. Они предоставляют возможность в ряде случаев реализовать требуемый характер энергетического воздействия. Однако ни одна из оптических систем кроме ДОЭ – фокусаторов излучения не может обеспечить одновременного сочетания таких свойств, как создание требуемого распределения интенсивности, концентрации энергии лазерного излучения в зоне воздействия заданной формы и высокой надежности, в значительной степени определяющих эффективность процессов и уровень совершенства лазерных технологий. Кроме расчета формы рабочей поверхности отражающих ДОЭ в рамках положений геометрической оптики для проведения различных операций лазерной обработки в работе [24] представлено описание технологическое приспособления на базе ДОЭ, используемое для проведения лазерной обработки материалов в

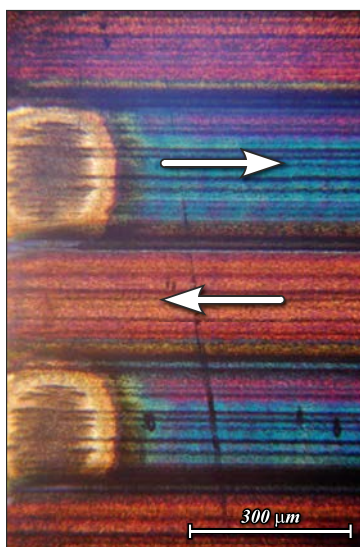
промышленности. Научно- образовательный центр лазерных систем и технологий до сих пор является важным формированием, способствующим развитию лазерных технологий, подготовке специалистов и оказанию технической помощи предприятиям промышленности.

Распоряжением Правительства Российской Федерации от 25 октября 2010 г. №1868-р за научно-практическую и методическую разработку «Создание инновационной научно-образовательной системы подготовки кадров высшей квалификации в области лазерной технологии обработки материалов» в составе авторского коллектива академик Российской академии наук, доктор технических наук, Председатель Самарского научного центра Российской академии наук, профессор кафедры автоматических систем энергетических установок СГАУ В.П. Шорин был удостоен премии Правительства Российской Федерации 2010 года в области образования с присвоением звания «Лауреат премии Правительства Российской Федерации в области образования».

Лазерные технологии с применением ДОЭ активно развиваются [25-28]. Коллективом научно-образовательного центра лазерных систем и технологий были созданы методы и средства формирования энергетического воздействия с управляемым в соответствии с заданным изменением состояния технологических объектов распределением плотности мощности лазерного излучения [29-33]. Разработаны методы улучшения свойств деталей двигателей летательных аппаратов лазерной обработкой с применением ДОЭ: термоупрочнения, нанесения и спекания покрытий [34-36], а также лазерного отжига листовых металлических материалов [37-39]. Разработан технологический метод повышения эксплуатационных характеристик деталей двигателей летательных аппаратов лазерной обработкой. Метод отличается от существующих тем, что форма лазерного пятна и распределение плотности мощности излучения рассматриваются в качестве основных параметров режима обработки, выбор параметров лазерного источника и разработка технологических оптических систем проводится в соответствии с результатами решения обратной задачи теплопроводности [40].

В работах [41-45] были рассмотрены возможности генерации наноматериалов и выполнен синтез нанопористых, а также композитных наноматериалов на основе ZnO импульсно-периодическим лазерным воздействием. Впервые было отмечено значительное увеличение (в несколько раз по сравнению с только тепловым действием) коэффициента диффузии в металлическом материале, обусловленное синергией теплового воздействия и лазерно-индуцированных вибраций (в основном в звуковом диапазоне частот), вызванных импульсно-периодическим лазерным лучом с длительностью импульса в микро- и миллисекундном диапазоне [46-48]. Условие для интенсификации массопереноса в твердой фазе селективно оксидируемых медно-цинковых металлических материалов было идентифицировано как нестационарное напряженно-деформированное состояние, обусловленное лазерно-индуцированными звуковыми волнами [49-51].

При проведении экспериментальных исследований для целенаправленного изменения распределения плотности мощности воздействующего лазерного излучения использовались оптические системы, включающие в свой состав ДОЭ - фокусаторы излучения [52-55]. Применение таких систем позволило осуществить микроструктурирование поверхности карбидокремниевой керамики методом импульсно-периодической лазерной обработки для снижения коэффициента трения при контактных напряжениях, возникающих в элементах подшипников качения в реальных условиях эксплуатации [56, 57]. В диапазоне измерений коэффициент трения после лазерной обработки был более чем на 30% меньше по сравнению с исходной структурой. Значительное снижение трения в подшипниках качения до этого уровня предоставляет возможность повысить эффективность различных машин. Перспективной является также лазерная сварка различных металлических материалов с использованием излучения, сфокусированного с помощью ДОЭ [58]. Для изготовления ДОЭ эффективным методом является наноструктурирование поверхности, например, медьсодержащих, покрытых пленками молибдена и других материалов с помощью непрерывного излучения [59-60], коротких и ультракоротких лазерных импульсов [61-63] (Рис. 2). Полученные таким методом периодические поверхностные структуры способны, например, разлагать падающий свет на спектральные составляющие.



**Рисунок 2.** Результат обработки медной пластины сфокусированным излучением фемтосекундного лазера [61] (частота импульсов 1 кГц, длительность импульса <30 фс, центральная длина волны 800 нм, скорость движения пластины 135 мм/мин.; получаемый цвет материала зависит от направления движения, показанного стрелками).

## 5. Заключение

В заключение хотелось бы пожелать Владимиру Павловичу Шорину крепкого здоровья, неиссякаемой энергии и новых свершений на благо нашей Родины и отечественной науки!

## 6. Литература

- [1] Шорин, В.П. Лазерная скоростная фоторегистрация факела форсунки / В.П. Шорин, О.А. Журавлев, Л.Н. Мединская, А.Г. Осадчук, В.В. Токарев // Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. – 1985. – № 2. – С. 100-102.
- [2] Шорин, В.П. Голографическая установка для изучения двухфазных потоков / В.П. Шорин, О.А. Журавлев, Л.Г. Логак, Л.Н. Мединская, А.И. Федосов // Приборы и техника эксперимента. – 1985. – Т. 28, № 5. – С. 158-161.
- [3] Шорин В.П. Разработка лазерной технологической установки и применение ее для обработки листовых материалов / В.П. Шорин, В.И. Мордасов, О.А. Журавлев // Деп. ВИНТИ 24.10. 84, № 6890-84. – 11 с.
- [4] Шорин, В.П. Технологические возможности применения фокусаторов при лазерной обработке материалов / И.Н. Сисакян, В.П. Шорин, В.А. Сойфер, В.И. Мордасов, В.В. Попов // Компьютерная оптика. – 1988. – Т. 3. – С. 94-97.
- [5] Шорин, В.П. Применение фокусаторов в лазерной обработке материалов / И.Н. Сисакян, В.П. Шорин, В.А. Сойфер, В.И. Мордасов // Применение лазеров в технологии и системах передачи информации: Тез. докл. III Всесоюзн. конф. – Таллинн, 1987. – С. 179.
- [6] Шорин, В.П. Повышение стойкости высокотемпературных защитных и износостойких покрытий лазерным спеканием / В.П. Шорин, В.И. Мордасов, А.Н. Морозов, С.П. Мурзин // Применение лазеров в народном хозяйстве: Тез. докл. III Всесоюзн. конф. – Троицк, НИЦТЛ АН СССР, 1988. – С. 108.
- [7] Шорин, В.П. Применение фазовых ЭПО в лазерной технологии производства двигателей летательных аппаратов / В.П. Шорин, В.А. Сойфер, В.И. Мордасов, С.П. Мурзин // Конструкционная прочность двигателей: Тез. докл. XI Всесоюзн. научно-техн. конф. – Куйбышев: КуАИ, 1988. – С. 168-169.
- [8] Шорин, В.П. Разработка технологического процесса лазерного легирования штампов холодной высадки с использованием фазовых ЭПО / В.П. Шорин, В.И. Мордасов, А.Н. Морозов, С.П. Мурзин, В.С. Соловьев // Теплофизика технологических процессов: Тез. докл. VII Всесоюзн. научно-техн. конф. – Тольятти, 1988. – С. 71-72.

- [9] Шорин, В.П. Улучшение штампуемости листовых материалов с использованием лазерного отжига / В.П. Шорин, В.И. Мордасов, А.Н. Морозов, Л.Л. Гопштейн, С.П. Мурзин // Теплофизика технологических процессов: Тез. докл. VII Всесоюзн. науч.-техн. конф. – Тольятти, 1988. – С. 72.
- [11] Шорин, В.П. Исследование процессов лазерной поверхностной обработки деталей ГТД / В.П. Шорин, В.И. Мордасов, С.П. Мурзин // Лазерные технологические установки и перспективы их применения в промышленности: Тез. докл. межотраслевого совещания. – М.: НИАТ, 1988. – С. 20-22.
- [12] Шорин, В.П. Исследование процессов лазерной поверхностной обработки деталей ГТД / В.П. Шорин, В.И. Мордасов, С.П. Мурзин // Авиационная промышленность. – 1990. – Приложение № 4. – С. 18-20.
- [13] Shorin, V.P. Device for laser treatment of an object / V.A. Danilov, V.V. Popov, A.M. Prokhorov, I.N. Sisakian, D.M. Sagatelian, V.A. Soifer, E.V. Sisakian, L.P. Naumidi, Ju.K. Danileiko, Ju.D. Terekhin, V.S. Akopian, S.P. Murzin, V.P. Shorin, V.I. Mordasov // United States Patent 5103073. PCT Filed 28.08.1987. Date of Patent 7.04.1992.
- [14] Shorin, V.P. Method and device for laser processing of an object / V.A. Danilov, V.V. Popov, A.M. Prokhorov, I.N. Sisakyan, D.M. Sagatelyan, E.V. Sisakyan, V.A. Soifer, V.S. Akopyan, Ju.K. Danileiko, L.P. Naumidi, Ju.D. Terekhin, V.P. Shorin, V.I. Mordasov, S.P. Murzin // European Patent Application 0329787. Priority to PCT/SU1987/000098 28.08.1987. Date of publication 30.08.1989.
- [15] Shorin, V.P. Method and device for laser processing of an object / V.A. Danilov, V.V. Popov, A.M. Prokhorov, I.N. Sisakyan, D.M. Sagatelyan, E.V. Sisakyan, V.A. Soifer, V.S. Akopyan, Ju.K. Danileiko, L.P. Naumidi, Ju.D. Terekhin, V.P. Shorin, V.I. Mordasov, S.P. Murzin // Japan Patent JPH03500620. Priority to PCT/SU1987/000098 28.08.1987. Date of publication 14.02.1991.
- [16] Шорин, В.П. Устройство для локального отжига листовых заготовок / И.Н. Сисакян, В.П. Шорин, В.А. Соифер, В.И. Мордасов, С.П. Мурзин // А.С. 1706219. Заявл. 4168247/31-02, 27.10.1986. Оpubл. 15.09.1991.
- [17] Шорин, В.П. Способ разупрочнения листовой заготовки перед штамповкой и устройство для его осуществления / В.П. Шорин, В.А. Соифер, В.И. Мордасов, С.П. Мурзин, В.В. Попов // А.С. 1839119. Заявл. 4150175/31-27, 17.11.1986. Оpubл. 30.12.1993.
- [18] Шорин, В.П. Способ непрерывной сварки полимерных материалов внахлест и устройство для его осуществления: А.С. 1599239, МКИ5 В 29 С 65/16 / В.П. Шорин, В.И. Мордасов, С.П. Мурзин. Заявл. 4218379, 05.01.1987. Оpubл. 15.10.1990.
- [19] Шорин, В.П. Способ изготовления изогнутых деталей из листовых заготовок / В.П. Шорин, В.И. Мордасов, С.П. Мурзин // А.С. 1515495. Заявл. 4238550/27, 03.02.1987. Оpubл. 20.05.1999.
- [20] Шорин, В.П. Устройство для поверхностной обработки материалов излучением / И.Н. Сисакян, В.П. Шорин, В.А. Соифер, В.И. Мордасов, С.П. Мурзин. Заявл. 4406312/31-02, 29.02.1988. Оpubл. 3.01.1991.
- [21] Барвинок, В.А. Высокоэффективные лазерно–плазменные технологии в машиностроении / В.А. Барвинок, В.И., Мордасов, В.П. Шорин. – М.: Международный центр научной и технической информации, 1997. – 76 с.
- [22] Mordasov, V.I. On the formation of plasma-laser coatings / V.I. Mordasov, S.P. Murzin, N.A. Sazonnikova, A.A. Shuvaev // Russian Metallurgy (Metally). – 2001. – Vol. 3. – P. 291-293.
- [23] Mordasov, V.I. Formation of plasma-laser coatings / V.I. Mordasov, S.P. Murzin, N.A. Sazonnikova, A.A. Shuvaev // Metally. – 2001. – Vol. 3. – P. 79-82.
- [24] Шорин, В.П. Оптика лазеров: учебное пособие / В.П. Шорин, С.П. Мурзин. – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2006. – 146 с.
- [25] Bielak, R. Simulation of forming processes with local heating of dual phase steels with use of laser beam shaping systems / R. Bielak, F. Bammer, A. Otto, C. Stiglbanner, C. Colasse, S.P. Murzin // Computer Optics. – 2016. – Vol. 40(5). – P. 659-667.

- [26] Murzin, S.P. Laser beam shaping for modification of materials with ferritic-martensitic structure / S.P. Murzin, N.L. Kazanskiy, G. Liedl, A. Otto, R. Bielak // *Procedia Engineering*. – 2017. – Vol. 201. – P. 164-168.
- [27] Murzin, S.P. Laser welding of dissimilar metallic materials with use of diffractive optical elements / S.P. Murzin, G. Liedl // *Computer Optics*. – 2017. – Vol. 41(6). – P. 848-855. DOI: 10.18287/2412-6179-2017-41-6-848-855.
- [28] Liedl, G. Joining of aluminium alloy and steel by laser assisted reactive wetting / G. Liedl, R.G. Vázquez, S.P. Murzin // *Lasers in Manufacturing and Materials Processing*. – 2018. – Vol. 5(1). – P. 1-15.
- [29] Kazanskiy, N.L. Formation of the laser radiation to create nanoscale porous materials structures / N.L. Kazanskiy, S.P. Murzin, A.V. Mezhenin, E.L. Osetrov // *Computer Optics*. – 2008. – Vol. 32(3). – P. 246-248.
- [30] Murzin, S.P. Application of radiation focusators for creation of nanoporous metal materials with high specific surface area by laser action / S.P. Murzin, V.I. Tregub, A.A. Melnikov, N.V. Tregub // *Computer Optics*. – 2013. – Vol. 37(2). – P. 226-232.
- [31] Bolotov, M.A. Method for uncertainty evaluation of the spatial mating of high-precision optical and mechanical parts / M.A. Bolotov, V.A. Pechenin, S.P. Murzin // *Computer Optics*. – 2016. – Vol. 40(3). – P. 360-369. DOI: 10.18287/2412-6179-2016-40-3-360-369.
- [32] Murzin, S.P. Redistribution of the laser beam power using diffractive optical elements / S.P. Murzin, G. Liedl, R. Bielak // *Proc. SPIE*. – 2017. – Vol. 10342. – P. 103420G.
- [33] Murzin, S.P. Laser beam shaping with purposefully changing of spatial power distribution / S.P. Murzin, N.L. Kazanskiy // *Proc. SPIE*. – 2018. – Vol. 10774. – P. 107740Q.
- [34] Murzin, S.P. Formation of structures in materials by laser treatment to enhance the performance characteristics of aircraft engine parts / S.P. Murzin // *Computer Optics*. – 2016. – Vol. 40(3). – P. 353-359. DOI: 10.18287/2412-6179-2016-40-3-353-359.
- [35] Smelov, V.G. Particularly selective sintering of metal powders by pulsed laser radiation / V.G. Smelov, A.V. Sotov, S.P. Murzin // *Key Engineering Materials*. – 2016. – Vol. 685. – P. 403-407.
- [36] Murzin, S.P. Development of mathematical model of laser treatment heat processes using diffractive optical elements / S.P. Murzin, A.Yu. Tisarev, M.V. Blokhin, S.A. Afanasiev // *CEUR Workshop Proceedings*. – 2017. – Vol. 1900. – P. 101-105.
- [37] Murzin, S.P. Local laser annealing for aluminium alloy parts / S.P. Murzin // *Laser. Eng.* – 2016. – Vol. 33(1-3). – P. 67-76.
- [38] Murzin, S.P. Formation of a non-detachable welded titanium-aluminium compound by laser action / S.P. Murzin // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. – 2018. – Vol. 302(1). – P. 012072.
- [39] Murzin, S.P. Softening of low-alloyed titanium billets with laser annealing / S.P. Murzin, N.L. Kazanskiy // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. – 2018. – Vol. 302(1). – P. 012070.
- [40] Murzin, S.P. Algorithm for calculation of the power density distribution of the laser beam to create a desired thermal effect on technological objects / S.P. Murzin, R. Bielak, G. Liedl // *Computer Optics*. – 2016. – Vol. 40(5). – P. 679-684. DOI: 10.18287/2412-6179-2016-40-5-679-684.
- [41] Murzin, S.P. The research of intensification's expedients for nanoporous structures formation in metal materials by the selective laser sublimation of alloy's components / S.P. Murzin // *Computer Optics*. – 2011. – Vol. 35(2). – P. 175-179.
- [42] Murzin, S.P. A study of vibration characteristics and determination of the conditions of nanopores formation in metallic materials during laser action / S.P. Murzin, E.V. Shakhmatov, A.A. Igolkin, L.F. Musaakhunova // *Procedia Engineering*. – 2015. – Vol. 106. – P. 266-271.
- [43] Murzin, S.P. Influence of conditions of the samples fixation on the intensity of the nanoporous structure formation in the metallic material by laser action with thermocycling / S.P. Murzin, A.N. Kryuchkov // *Procedia Engineering*. – 2015. – Vol. 106. – P. 272-276.



- [44] Murzin, S.P. Formation of nanoporous structures in metallic materials by pulse-periodic laser treatment / S.P. Murzin // *Optics and Laser Technology*. – 2015. – Vol. 72. – P. 48-52.
- [45] Murzin, S.P. Formation of ZnO / CuO heterostructure caused by laser-induced vibration action / S.P. Murzin, A.N. Kryuchkov // *Procedia Engineering*. – 2017. – Vol. 176. – P. 546-551.
- [46] Murzin, S.P. Thermocycling with pulse-periodic laser action for formation of nanoporous structure in metal material / S.P. Murzin, V.I. Tregub, E.V. Shokova, N.V. Tregub // *Computer Optics*. – 2013. – Vol. 37(1). – P. 99-104.
- [47] Murzin, S.P. Synthesis of metal materials nanoporous structures with cyclic elasto-plastic deformation under laser treatment using radiation focusators / S.P. Murzin // *Computer Optics*. – 2014. – Vol. 38(2). – P. 249-255.
- [48] Murzin, S.P. Study of Cu-Zn alloy objects vibration characteristics during laser-induced nanopores formation / S.P. Murzin, A.B. Prokofiev, A.I. Safin // *Procedia Engineering*. – 2017. – Vol. 176. – P. 552-556.
- [49] Murzin, S.P. Determination of conditions for the laser-induced intensification of mass transfer processes in the solid phase of metallic materials / S.P. Murzin // *Computer Optics*. – 2015. – Vol. 39(3). – P. 392-396. DOI: 10.18287/0134-2452-2015-39-3-392-396.
- [50] Murzin, S.P. Creation of ZnO-based nanomaterials with use synergies of the thermal action and laser-induced vibrations / S.P. Murzin, A.B. Prokofiev, A.I. Safin, E.E. Kostriukov // *J. Phys. Conf. Ser.* – 2018. – Vol. 1096(1). – P. 012150.
- [51] Murzin, S.P. Pulse-periodic laser action to create an ordered heterogeneous structure based on copper and zinc oxides / S.P. Murzin, S.A. Afanasiev, M.V. Blokhin // *J. Phys. Conf. Ser.* – 2018. – Vol. 1096(1). – P. 012139.
- [52] Golub, M.A. Infra-red Radiation Focusators / M.A. Golub, I.N. Sisakian, V.A. Soifer // *Optics and Lasers in Engineering*. – 1991. – Vol. 15(5). – P. 297-309. DOI: 10.1016/0143-8166(91)90017-N.
- [53] Kazanskiy, N.L. Diffraction investigation of geometric-optical focusators into segment / N.L. Kazanskiy, V.A. Soifer // *Optik*. – 1994. – Vol. 96(4). – P. 158-162.
- [54] Казанский, Н.Л. Исследовательский комплекс для решения задач компьютерной оптики / Н.Л. Казанский // *Компьютерная оптика*. – 2006. – № 29. – С. 58-77.
- [55] Kazanskiy, N.L. The connection between the phase problem in optics, focusing of radiation, and the Monge-Kantorovich problem / N.L. Kazanskiy, S.I. Kharitonov, I.N. Kozlova, M.A. Moiseev // *Computer Optics*. – 2018. – Vol. 42(4). – P. 574-587. DOI: 10.18287/2412-6179-2018-42-4-574-587.
- [56] Murzin, S.P. Determining ways of improving the tribological properties of the silicon carbide ceramic using a pulse-periodic laser treatment / S.P. Murzin, V.B. Balyakin, A.A. Melnikov, N.N. Vasiliev, P.I. Lichtner // *Computer Optics*. – 2015. – Vol. 39(1). – P. 64-69. DOI: 10.18287/0134-2452-2015-39-1-64-69.
- [57] Murzin, S.P. Microstructuring the surface of silicon carbide ceramic by laser action for reducing friction losses in rolling bearings / S.P. Murzin, V.B. Balyakin // *Optics and Laser Technology*. – 2017. – Vol. 88. – P. 96-98.
- [58] Murzin, S.P. Laser welding of dissimilar metallic materials with use of diffractive optical elements / S.P. Murzin, G. Liedl // *Computer Optics*. – 2017. – Vol. 41(6). – P. 848-855. DOI: 10.18287/2412-6179-2017-41-6-848-855.
- [59] Волков, А.В. Термоокислительная деструкция пленок молибдена при лазерной абляции / А.В. Волков, Н.Л. Казанский, О.Ю. Моисеев, С.Д. Полетаев // *Журнал технической физики*. – 2015. – Т. 85, № 2. – С. 107-111.
- [60] Казанский, Н.Л. Формирование микрорельефа методом термического окисления пленок молибдена / Н.Л. Казанский, О.Ю. Моисеев, С.Д. Полетаев // *Письма в Журнал технической физики*. – 2016. – Т. 42, № 3. – С. 106-110.
- [61] Liedl, G. Features of changes in the nanostructure and colorizing of copper during scanning with a femtosecond laser beam / G. Liedl, R. Pospichal, S.P. Murzin // *Computer Optics*. – 2017. – Vol. 41(4). – P. 504-509. DOI: 10.18287/2412-6179-2017-41-4-504-509.

- [62] Murzin, S.P. Study of the action of a femtosecond laser beam on samples of a Cu-Zn alloy / S.P. Murzin, G. Liedl, R. Pospichal, A.A. Melnikov // J. Phys. Conf. Ser. – 2018 – Vol. 1096(1). – P. 012138.
- [63] Тукмаков, К.Н. Изготовление методом лазерной абляции и исследование кремниевого фокусатора излучения терагерцового диапазона с непрерывным дифракционным микрорельефом / К.Н. Тукмаков, М.С. Комленок, В.С. Павельев, Т.В. Кононенко, В.И. Конов // Компьютерная оптика. – 2018. – Т. 42, № 6. – С. 941-946. DOI: 10.18287/2412-6179-2018-42-6-941-946.

## **RAS Academician Vladimir P. Shorin and diffractive computer optics**

**V.O. Sokolov<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Samara Scientific Center of RAS, Studencheskiy pereulok 3A, Samara, Russia, 443001

**Abstract.** The article briefly describes the main achievements in the area of laser technologies and the application of diffractive computer optics of Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of technical sciences, Professor, Honoured Scientist of the RSFSR, Laureate of the State Prize of the Russian Federation in the area of science and technology Vladimir P. Shorin.