

## **НИКОЛАЙ АЛЕКСЕЕВИЧ СОСНИН (1946-2014) – БИОГРАФИЯ И ВКЛАД В РАЗВИТИЕ ПЛАЗМЕННЫХ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ**

ЕРМАКОВ С.А., ТОПОЛЯНСКИЙ П.А.

Санкт-Петербургский политехнический университет, НПФ «Плазмацентр»,  
Санкт-Петербург, Россия

Приведена информация о жизнедеятельности одного из основоположников российской науки о плазменных методах обработки материалов – Н.А. Соснине. Рассмотрен его вклад в развитие плазменных технологий: сварки, наплавки, напыления, финишного плазменного упрочнения, закалки, модификации, резки биологических объектов.

Ключевые слова: плазма, плазменные технологии, плазменная сварка, плазменная наплавка, плазменное напыление, плазменное упрочнение, плазменная модификация, плазменная резка.

Information about N.A. Sosnin, one of the founders of the Russian science of the plasma treatment methods, is given. His contribution to the development of the plasma technologies, such as plasma welding, surfacing, sputtering, finishing plasma hardening, modification and biological objects cutting, is described.

Key words: plasma, plasma technologies, plasma welding, plasma surfacing, plasma sputtering, plasma hardening, plasma modification, plasma cutting.

Николай Алексеевич Соснин родился в Ленинграде 16 апреля 1946 года в семье учителя физики. Свою трудовую деятельность он начал сразу же после окончания средней школы. Уже в возрасте 15 лет он работает слесарем-электромонтажником на ленинградском заводе «Электрик». Это предприятие являлось самым известным в России, выпускающим электросварочное оборудование (завод был основан в Петербурге в 1896 году). Совмещая работу, он одновременно учится в вечерней школе, которую заканчивает в 1963 году с золотой медалью. И сразу же в 1963 году он поступает в Ленинградский политехнический институт на кафедру оборудования и технологии сварочного производства.

После окончания с отличием в 1969 году института, он возвращается работать на ленинградский завод «Электрик» уже в качестве инженера-конструктора. Там же он становится председателем Совета молодых специалистов и ученым секретарем Технико-экономического Совета завода.

В 1971 году он поступает в очную аспирантуру и в октябре 1974 года досрочно защищает кандидатскую диссертацию на тему «Исследование регулирования технологических характеристик плазменной сварочной дуги». И с конца 1974 года по апрель 2014 года вся его трудовая деятельность связана с Санкт-Петербургским политехническим университетом, где он прошел путь от ассистента до профессора и заведующего кафедрой.

С 1980 года он работает по совместительству заместителем декана, сначала – по учебной, а потом – по научной работе факультета. В 1991 году он становится руководителем Научно-исследовательского отдела по факультету технологии и исследования материалов.

В 1999 году он защищает докторскую диссертацию на тему «Технологические основы создания гибких модулей плазменной сварки, нанесения покрытий и упрочнения». А уже с февраля 2000 года он избирается заведующим кафедрой «Теория и технология сварки».

За время работы в университете им читались курсы лекций по сварочному производству, электросварочному оборудованию, механизации и

автоматизации сварочных и смежных технологических процессов, САПР технологических процессов сварочного производства, созданию интеллектуальных технологических систем сварочного производства.

Н.А. Соснин является автором более 200 научных трудов, в том числе – изданных в США, Германии и Венгрии; 17 изобретений; 7 учебных пособий, одной главной монографии его жизни – «Плазменные технологии. Руководство для инженеров» [1]. Им подготовлено 4 кандидата наук.

Он являлся членом специализированного совета по защите докторских и кандидатских диссертаций СПбГПУ, участником Координационного Совета по сварке СССР, участником Научно-технических Советов ряда промышленных предприятий, членом Совета новаторов Санкт-Петербурга и Ассоциации сварщиков Санкт-Петербурга, участником Совета по сварке и родственным технологиям Российской инженерной академии, принимал участие во многих международных выставках и научно-технических конференциях.

Н.А. Соснин награжден медалью Выставки достижений народного хозяйства СССР, Почетным знаком «Изобретатель СССР», юбилейной медалью СПбГПУ.

Круг его научных и инженерных интересов был связан с технологиями плазменной обработки материалов – сварки, наплавки, напыления, закалки, финишного плазменного упрочнения, микроплазменной резки органических объектов; моделированием технологических процессов, их оптимизацией и самоорганизацией; разработкой научных основ, технологий, алгоритмического и аппаратного обеспечения процессов и оборудования для плазменной обработки.

Первые статьи, опубликованные Н.А. Сосниным в 1972 году, связаны с его активной производственной деятельностью на заводе «Электрик» (с 1969 по 1971 гг.), где он занимался созданием унифицированного оборудования для дуговой сварки, и в частности, горелок для сварки неплавящимся электродом совместно с известным конструктором дугового электросварочного оборудования О.Я. Шапиро. Следует отметить, что в это время объем производства завода «Электрик» составлял порядка 20000 единиц электросварочных машин в год, поэтому унификация оборудования являлась актуальной задачей. В это же время Н.А. Соснин получает и первый свой патент на изобретение - «Механизм подачи сварочной проволоки» для установок электродуговой сварки.

После поступления в аспирантуру (1971-1974 гг.) его непосредственным учителем, научным руководителем его диссертационной работы и близким коллегой становится один из патриархов сварочной науки - В.П. Демянцевич. Выбор темы диссертационной работы был основан на активно развивающемся направлении использования концентрированных источников тепла, в частности плазменной сжатой дуги, для обработки материалов. В это время активно зарождались и развивались многочисленные плазменные технологические процессы. Достаточно вспомнить и назвать главных отечественных основоположников плазменных технологий, которые творили тогда в Ленинграде – Л.Н. Усов, А.И. Борисенко (плазменное напыление); А.Е. Вайнерман, В.Д. Веселков, В.С. Новосадов (плазменная наплавка); Д.Г. Быховский (плазменная резка); А.В. Донской, С.В. Дресвин, В.С. Клубникин, В.М. Гольдфарб (электроплазменные процессы); С.А. Крапивина (плазмохимические процессы); М.Д. Никитин, А.Я. Кулик, Н.И. Захаров (плазменная наплавка и напыление); Г.А. Лукьянов (плазмоструйные

процессы); М.А. Шатерин (плазменно-механическая обработка). В это время в нашем городе ниша использования сжатой дуги в сварочных процессах была свободна, и ее занял Н.А. Соснин.

В 1974 году по результатам кандидатской диссертации Н.А. Соснин опубликовал 6 статей, связанных с эффективностью использования, точностью поддержания, выбором режимов и оборудования для сварки сжатой дугой, в том числе две статьи в главном журнале отрасли «Сварочное производство» [2, 3].

Вся деятельность Н.А. Соснина после защиты кандидатской диссертации определялась заповедью известного ученого в области металлургии сварки Г.Л. Петрова (непосредственного начальника и заведующего кафедрой «Оборудование и технология сварочного производства»), который говорил, что преподаватель технического ВУЗа чувствует себя устойчиво только если он одновременно является преподавателем, исследователем (ученым) и инженером, решающим практические задачи промышленности и внедряющим свои идеи и проекты.

Начиная с этого времени, Н.А. Соснин полностью посвящает себя исследованию и внедрению плазменных технологий, начинает в постоянном режиме читать лекции, является руководителем дипломных проектов и практики студентов.

Почти каждый дипломный проект в середине 70 годов прошлого века, разработанный под руководством Н.А. Соснина, заканчивался опубликованием научной статьи в журналах по сварочному производству (практически это является забытым явлением в настоящее время). Например, его первый дипломник - П.А. Тополянский (1975 г.) защищал дипломный проект на тему «Разработка технологии и установки для сварки прецизионных сплавов с использование плазменной дуги для сопутствующего подогрева» [4]. В дипломном проекте решались достаточно сложные задачи распространения тепла в исследуемых сплавах, управления сжатой дугой для создания определенной температуры, определения режимов подогрева и относительного расположения плазменной и сварочной горелок. Самое главное, что этот проект был привязан к реальной производственной проблеме, решение которой было использовано при проектировании аргонодуговой установки УДГ-507 для сварки полос и лент из прецизионных сплавов. Эта установка в 1976 году была изготовлена на заводе «Электрик» и внедрена на заводе «Красный Выборжец» (ныне ОАО «Завод «Красный Выборжец»).

В 1976 году выходит статья Н.А. Соснина, написанная совместно с Т.Д. Шарудиной «Микроплазменная сварка импульсной дугой электровакуумных приборов», которая также являлась результатом исследований, полученных при написании дипломного проекта и внедрения этого нового процесса на НПО «Электрон» (ныне ОАО ЦНИИ «Электрон», Санкт-Петербург). В данной работе с целью гибкого регулирования режимов и условий формирования шва для герметизации тонколистовых корпусов приборов было предложено использовать импульсную микроплазменную сварку. На основе исследований были определены оптимальные режимы микроплазменной сварки с учетом ограничения перегрева околошовной зоны. Натурные испытания электровакуумных приборов сваренных этим методом соответствовали требованиям вакуумной плотности, а разогрев околошовной зоны не превышал при сварке 80°C.

В 1977 году проходит защита дипломного проекта С.А. Ермакова на тему разработки технологии и оборудования для плазменной сварки проникающей дугой алюминиевых сплавов корпусных изделий. И опять на основании этой работы совместно со студентом в ленинградском журнале по сварочному производству публикуются материалы исследований этого периода. Следует отметить, что Н.А. Соснин всячески поддерживал и курировал активную студенческую научную деятельность С.А. Ермакова, начиная с 1973 года. Эта поддержка студентов в их тяге к знаниям, новым исследованиям, желание передачи своих профессиональных навыков и опыта была активной жизненной позицией Н.А. Соснина (под его руководством всегда работала группа из 3...6 студентов).

Начиная с середины 70-х годов ко всем исследованиям, разработкам и внедрениям плазменных технологий подключается С.А. Ермаков, совместно с которым началась детальная проработка и создание практически всех узлов отечественного оборудования для плазменной сварки и разработка других плазменных технологий. В эти годы проводились масштабные эксперименты по изучению распределения тепловой, электрической мощности и давления плазменной дуги на плоских калориметрах, был спроектирован и изготовлен уникальный калориметр для точечного измерения давления, проводились исследования тепловых потерь плазмотронов, была разработана инженерная методика определения локальных энергетических параметров сварочных источников тепла с использованием плоскостного зондирования. При этом для экспериментов применялся плазмотрон, изготовленный на базе машинной аргонодуговой горелки от установки АДСВ-2. Именно в этот период в процессе изучения свойств сжатой дуги с различными катодами была разработана технология изготовления малогабаритного медного анода диаметром 4 мм [5]. Это техническое решение позволило использовать сжатую дугу для сварки на обратной полярности (на токах 80...150 А). На основании исследований и расчетов были разработаны узлы плазмотронов ПС-2, а затем и ПС-3 (на ток 20...250 А обратной полярности), которые применяются и в настоящее время при сварке алюминиевых сплавов и наплавке.

Отдельные научные исследования этого периода проводились также совместно с сотрудниками кафедры – Демянцевичем В.П., Башенко В.В., Щипковым М.Д., Кархиным В.А., Федотовым Б.В., Левченко А.М., Зеленовой М.И., Михайловым А.С.

В 1977 г. Н.А. Соснин применил свои знания при создании специализированной установки для программируемой плазменной наплавки, которая была разработана, изготовлена и поставлена на завод «Электросила» (ныне ОАО «Силовые машины», Санкт-Петербург). Процесс предназначался для повышения долговечности изнашиваемых поверхностей валов электроаппаратов. Плазменная наплавка осуществлялась с использованием присадочной проволоки из стали 40Х13. На основании расчетов и экспериментальных исследований был определен оптимальный режим наплавки. Установка обеспечивала по заданной программе перемещение детали, включение основной дуги, подачу заданного количества присадочной проволоки с производительностью до 120 деталей в час. Для этого периода индивидуальное изготовление в стенах института подобной установки для промышленного предприятия являлось новым направлением деятельности кафедры, которое было возможно только благодаря Н.А. Соснину.

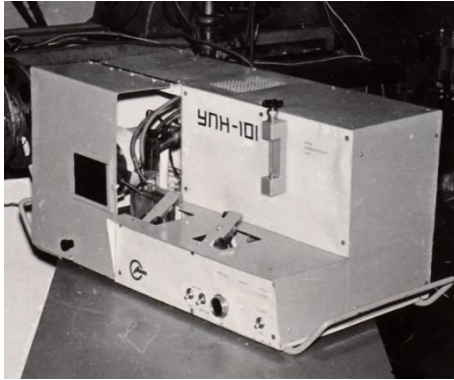


Рис. 1. Установка для программируемой плазменной наплавки УПН-101

В 1977 году совместно со Щипковым М.Д. был проведен большой объем исследований связанных с влиянием технологических и металлургических факторов на порообразование в шве и механические свойства соединений при плазменной сварке тонколистовых конструкций из алюминий-магниевого сплава АМг6, АМг6БН и алюминиевого сплава 01420 [6]. В этих работах было доказано, что плазменная сварка обеспечивает высокое качество швов при меньшей погонной энергии и снижении расхода присадочной проволоки по сравнению с аргонодуговой сваркой.

В 1978 году совместно с Ермаковым С.А. была опубликована одна из главных итоговых работ этого периода, связанная с разработкой сварочных плазмотронов, которая явилась отправной точкой для многих последующих исследований и разработчиков [7]. Основное внимание при конструировании плазмотронов было отведено оптимизации теплонагруженных элементов, обеспечению качественной защиты металла шва, надежности и долговечности катодного узла.

В 1979-1980 годах совместно с аспирантом Л.Ф. Шемонаевым проводились исследования формирования швов при плазменной сварке стыковых и тавровых соединений из сплава АМг6, изделий из титанового сплава ВТ1-0 и других материалов. Совместно с Л.Ф. Шемонаевым детально были исследованы тепловое и газодинамическое взаимодействие сжатой дуги с расплавленным металлом. Именно в это время впервые в мире была продемонстрирована возможность сварки алюминиевых сплавов в режиме проникающей дуги, заложены основы расчетов режимов плазменной сварки и установлена определяющая роль диаметра плазмообразующего сопла при выборе режима сварки проникающей дугой различных металлов.

На протяжении всего творческого пути Н.А. Соснин был тесно связан с заводом «Электрик», на котором он начинал свою трудовую жизнь. Такие контакты с производством всегда крайне эффективны, так как любой ученый, видя полезный и востребованный выход своего творчества, тянется постигать новые вершины. Н.А. Соснин внимательно следил за планами завода, выпускающего установки плазменной сварки. Одна из первых отечественных установок для плазменной сварки УПСР-300 была разработана во ВНИИЭСО в 1966 году, установка следующего поколения УПС-301 (также разработки ВНИИЭСО) была принята к серийному производству на заводе «Электрик» в начале 70-х годов прошлого века. Одним из слабых элементов этого оборудования являлся плазмотрон. Поэтому Н.А. Соснин с увлечением взялся за разработку более надежной и технологичной на тот период конструкции плазмотрона. Основная цель создания нового плазмотрона была связана с возможностью его функционирования на прямой и обратной полярностях при смене электрода. В 1981 году Н.А. Соснин совместно с С.А. Ермаковым был

получен патент «Горелка для плазменной обработки материалов» (рис. 2), а заводом «Электрик» налажен серийный выпуск плазмотрона для установок плазменной сварки и, впоследствии, наплавки, напыления, закалки и финишного плазменного упрочнения [8]. Следует отметить, что в это время творческие контакты преподавателей института и инженеров завода осуществлялись практически на условиях бесплатного оказания технической помощи и творческого сотрудничества.



Рис. 2. Плазмотрон для плазменной сварки сжатой дугой для установки УПС-301 на прямой и обратной полярности

Н.А. Соснин всегда поддерживал контакты со своими бывшими дипломниками, интересовался их задачами и проблемами. Так в 1982 году совместно с П.А. Тополянским, была решена одна из задач, и был получен патент «Многопозиционная подкладка для сварки». Разработанное устройство обеспечивало повышение производительности и качества сварного соединения путем создания оптимальных условий теплоотвода, как в процессе сварки, так и предварительного подогрева. Изобретение было внедрено на заводе «Электросила».

В 1982 году Н.А. Сосниным с коллегами была проработана идея восстановления графитового электрода в процессе работы плазмотрона с использованием в качестве плазмообразующего газа смесей углекислого и природного газов и в 1983 году получен патент на способ электродуговой обработки неплавящимся электродом, основанный на этой идее. В дальнейшем она была развита для процессов плазменного напыления покрытий в углеродосодержащих плазмообразующих смесях. Использование таких дешевых молекулярных газов позволило получить высокоэнтальпийные плазменные струи с регулируемым окислительно-восстановительным потенциалом.

В 1983 году Н.А. Сосниным впервые в России было предложено проведение тонкослойной наплавки плазменным способом на обратной полярности. В этом же году была опубликована статья об этой технологии в Германии [9].

Начиная с 1984 года, Н.А. Соснин осуществляет научное руководство работами, проводимыми аспирантом П.М. Галактионовым по разработке системы слежения за стыком при плазменной сварке, а совместно с инженером С.С. Сафаревичем занимается созданием роботизированных модулей плазменной обработки (рис. 3).

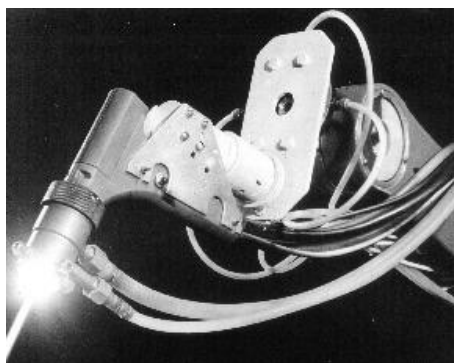


Рис. 3. Роботизированный модуль плазменной обработки

В это же время Н.А. Соснин углубленно занимается технологическим и алгоритмическим обеспечением плазменной сварки и наплавки, оптимизацией режимов плазменной сварки проникающей дугой, расчетными методами оценки устойчивости сварочной ванны в процессе плазменной сварки при малых значениях погонной энергии, теорией самоорганизации процессов плазменной сварки. Особенно следует отметить его исследования, связанные с определением радиального распределения удельной термической мощности плотности тока и давления по пятну нагрева дуги, стабилизированной потоком газа. Все это позволило создать методологию и алгоритм расчета режимов плазменной сварки и явилось толчком для начала создания необходимых для этого программных продуктов.

В 1985 году Н.А. Соснин совместно с П.А. Тополянским и С.А. Ермаковым разрабатывают процессы плазменного напыления с использованием плазмотронов, где нагрев и разгон наносимого порошкового материала осуществляется с использованием плазменных струй [10, 11]. Развитие этого направления активно поддерживал и консультировал один из видных ученых в области электроплазменных установок - В.С. Клубникин. В это время был разработан универсальный плазмотрон с межэлектродными вставками и специальная насадка на серийно выпускаемый плазмотрон для плазменной сварки, обеспечивающая проведение процесса плазменного напыления. С использованием разработанного оборудования были проведены исследования различных функциональных покрытий, результатом которых явилось внедрение на заводе «Электросила» процессов плазменного напыления эрозионностойких покрытий на вентиляционные лопатки турбогенераторов, кавитационностойких покрытий на полюса роторов электрических машин, процессов восстановления изношенных поверхностей (рис. 4). Комплексным результатом этих работ была разработка сертификации технологических процессов нанесения плазменных покрытий.



Рис. 4. Процесс плазменного напыления: а - кавитационностойкого покрытия на полюс ротора электрической машины, б – износостойкого покрытия на вал

В 1985-1987 годах основное внимание Н.А. Соснина совместно с С.А. Ермаковым было сосредоточено на технологии плазменно-порошковой наплавки, как на прямой, так и на обратной полярности. Углубленные исследования плазменно-порошковой наплавки и элементов оборудования позволили разработать технические требования и отдельные элементы новой установки для плазменной сварки и наплавки УПНС-304 (рис. 4), благодаря чему на заводе «Электрик» начался их серийный выпуск. Важно отметить, что разработанные и запатентованные главные элементы этой установки - импульсный порошковый питатель, предназначенный для подачи порошковых материалов в рабочую зону при плазменной наплавке (рис. 5) [12] и плазмотрон для наплавки (рис. 6) [13] выпускаются малыми сериями и в настоящее время.



Рис. 4. Установка для плазменной сварки и наплавки УПНС-304



Рис. 5. Импульсный порошковый питатель для плазменной наплавки



Рис. 6. Плазмотрон для наплавки

Практическая реализация научного и экспериментального опыта в разработке технологии и элементов оборудования для плазменной наплавки позволило Н.А. Соснину со своими коллегами организовать широкое внедрение этого процесса на промышленных предприятиях. В эти годы были отработаны технологии и поставлено оборудование для восстановления изношенных деталей подвижных составов вагонов, нанесения покрытий на гильзы для изготовления синтетического каучука, детали типа «вал», штамповую оснастку, буровой инструмент, на детали станций аэрации, судовых механизмов, затворов сегментных клапанов химических производств и многие другие.

Продолжением этих работ послужила разработка в конце 90-х прошлого века высоконадежного механизированного плазмотрона (рис. 7) для процесса порошковой плазменной наплавки-напыления - метода нанесения порошковых покрытий толщиной 0,5-4,0 мм с гибким регулированием ввода тепла в порошок и изделие плазмотроном с двумя дугами - основной и пилотной (РТА-процесс) [14].



Рис. 7. Механизированный плазмотрон для процесса наплавки-напыления (РТА-процесса)



Начиная с 1986-1987 годов, Н.А. Соснин активно занимается разработкой абсолютно нового плазменного процесса, не имеющего мировых аналогов – финишного плазменного упрочнения. В этом ему помогают аспирант Д.Ю. Райчук, инженеры П.А. Тополянский и С.А. Ермаков. Итогом этих работ в 1987 году явилась защита диссертации Д.Ю. Райчука на тему «Основы технологии плазменно-дугового нанесения упрочняющих тонкопленочных кремнийсодержащих покрытий». Целью данной работы было исследование технологических основ поверхностного упрочнения стальных изделий с нанесением износостойких тонкопленочных (до 2 мкм) покрытий с использованием плазменных струй атмосферного давления. В 1989 году этой командой был получен первый патент на данную технологию – «Способ нанесения покрытий на основе кремния» [15]. Дальнейшие исследования и оптимизация технологии позволили разработать специализированную установку УФПУ-108 (рис. 8), которая к началу 90-х годов уже была внедрена на 5-и крупных машиностроительных предприятиях.

В это же время, в порядке творческого сотрудничества, чертежи разработанной установки были переданы на кафедру оборудования и технологии сварочного производства Могилевского машиностроительного института (Пархимович Э.М., Голозубов А.Л.), на кафедру оборудования и технологии сварочного производства Нижнетагильского филиала Уральского политехнического института (Коротков В.А.), на кафедру материалов и технологий Пермского политехнического института (Ханов А.М., Каменева А.Л., Коновалов С.И.), которые запустили данное оборудование и продолжили активное исследование и изучение процесса финишного плазменного упрочнения.



Рис. 8. Установка для финишного плазменного упрочнения УФПУ-108

В 1987 году Н.А. Соснин совместно с С.А. Ермаковым и П.М. Галактионовым, при поддержке заведующего кафедрой сварки – проф. В.В. Башенко и заведующего кафедрой и клиникой факультетской хирургии Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова проф. А.И. Нечая, погружаются в новое направление использования плазменных методов обработки - разработку технологии и оборудования для плазменной резки биологических тканей с целью создания так называемого плазменного скальпеля (рис. 9) [16]. Назначение данного оборудования – рассечение биологических тканей, коагуляция кровеносных сосудов, деструкция патологически измененных тканей, бактерицидная обработка, терапевтические и нетрадиционные методы лечения. Состав разработанной установки – малогабаритный блок аппаратуры, совмещенный с источником тока и системой автономного охлаждения, микроплазмотрон с комплектом наконечников, педаль дистанционного управления. Первые испытания макета этого оборудования проводились на экспериментальной базе Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова. В последствии было изготовлено около десяти комплектов экспериментального оборудования для проведения клинических испытаний в различных условиях. В

1989 году был получен патент на способ плазменной резки органических материалов. В 1995 году был разработан и испытан опытный образец этого оборудования для использования в лапароскопической хирургии.

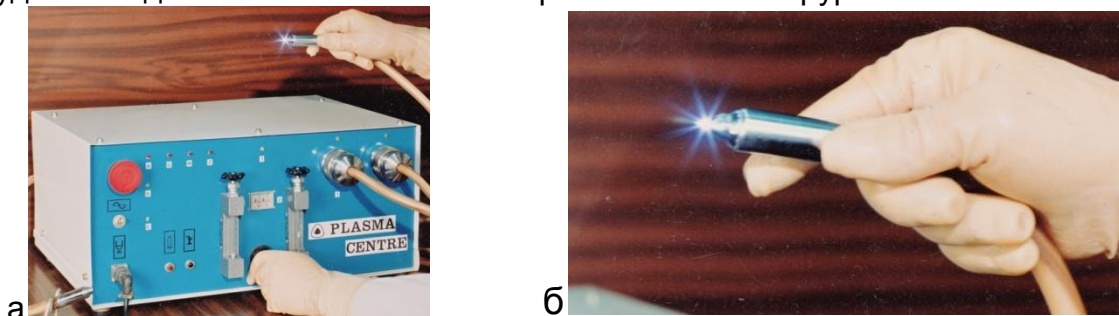


Рис. 9. Одна из установок для микроплазменной обработки (а), плазменный скальпель (б)

В 1988 году Н.А. Сосниным была опубликована итоговая статья в американском журнале *Welding Journal*, посвященная оптимизации сжатой дуги в процессах плазменной сварки, которая вызвала повышенный интерес и до сих пор имеет многочисленные библиографические ссылки цитирования [17]. Проведенные исследования показали, что при рассмотрении процесса плазменной сварки проникающей дугой как открытой неравновесной термодинамической системы, выбор оптимальных режимов должен базироваться на поиске области минимума погонного производства энтропии тепловой и механической энергией сжатой дуги. При этом обеспечиваются условия саморегулирования процесса и его максимальная устойчивость.

В 1988 году под руководством Н.А. Соснина успешно прошла защита диссертации П.М. Галактионова на тему «Использование сжатой дуги в качестве датчика состояния сварочной ванны при автоматизации плазменной сварки». Актуальность выбранной темы определялась потребностью изучения закономерностей формирования сварного шва при плазменной сварке и поиском способов получения информации о состоянии сварочной ванны в реальном масштабе времени, что является необходимым условием автоматизации процесса. Практической значимостью работы явилась разработки алгоритмов получения информации о несимметричности кратера сварочной ванны, конструкции датчиков и системы магнитного управления дугой, технического задания на проектирование промышленной установки для автоматизированной плазменной сварки с микропроцессорным управлением. В работе было теоретически и экспериментально показано наличие несимметричности сварочной ванны при смещении дуги с оси стыка не только относительно стыка, но и относительно оси дуги и возможность выявления этой несимметричности методом кратковременных зондирующих поперечных отклонений дуги с измерением напряжения в крайних точках. Разность напряжений дает возможность автоматическому регулятору компенсировать смещения и поддерживать направление по стыку с точностью до  $\pm 0,2$  мм. По результатам этой диссертации Н.А. Сосниным совместно с П.М. Галактионовым и С.А. Ермаковым был получен патент «Способ слежения за стыком при дуговой сварке».

В 1989 году Н.А. Сосниным совместно с В.С. Клубникиным и коллегами проводились масштабные исследования по разработке электродугового плазмотрона с межэлектродными вставками для воздушно-плазменного напыления порошковых материалов. Результатом этой работы явилось

получение патента на данное устройство (рис. 10) [18]. Также был получен международный патент на способ плазменной обработки и плазмотрон.

В дальнейшем разработанный плазмотрон нашел широкое применение в промышленности (рис. 11).



Рис. 10. Плазмотрон с межэлектродными вставками для плазменного напыления с использованием плазмообразующего газа – воздуха



Рис. 11. Воздушно-плазменное напыление эрозионноустойчивых покрытий на вентиляционные лопатки турбогенераторов (а), восстановление коленчатого вала (б)

В 1991 году Н.А. Сосниным и его коллегами были разработаны технологические требования и спроектированы отдельные элементы новой установки плазменной обработки УПО-302, реализующей пять плазменных технологий – сварка, наплавка, напыление, закалка, финишное плазменное упрочнение (рис. 12). Основное ее назначение - комплектация гибких производственных систем. Отличительной характеристикой данного оборудования являлось ее универсальность - при применении сварочного плазмотрона с дополнительными насадками мог реализоваться как процесс наплавки, так напыления или финишного плазменного упрочнения (рис. 13). В 1991 году одна из первых изготовленных заводом «Электрик» установок с комплектом технологических инструкций была внедрена на фирме RIKOTEKNIK OY, Финляндия. В дальнейшем она была изготовлена в количестве 30 экземпляров и запущена в эксплуатацию на ряде крупных промышленных предприятий.

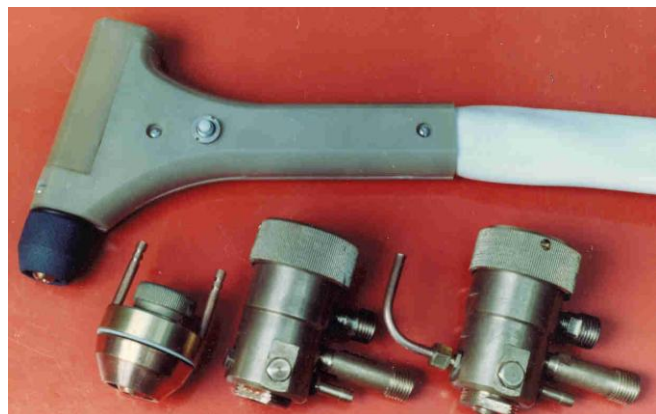


Рис. 12. Установка плазменной сварки, наплавки, напыления, закалки и финишного плазменного упрочнения

Рис. 13. Комплект плазмотрона к установке УПО-302 с дополнительными насадками для наплавки, напыления и финишного плазменного упрочнения

В 1991 году при активной поддержке Н.А. Соснина совместно с проф. Н.М. Ожеговым и коллегами была разработана и запатентована новая нетрадиционная технология - процесс скоростной плазменной наплавки. Это процесс механизированной плазменно-порошковой наплавки тел вращения, при котором специальное расположение плазмотрона и порошкового дозатора относительно наплавляемой детали обеспечивает эффективное высокоскоростное нанесение покрытий. Порошковый материал поступает из бункера самотеком в высокотемпературную область столба сжатой дуги и переносится непосредственно в зону пятна нагрева на изделии в жидком состоянии, что многократно повышает скорость наплавки и обеспечивает ее регулирование в широких пределах (от 3 до 18 м/мин и выше) без оплавления поверхности основного металла. Разработанные Н.А. Сосниным требования к оборудованию для реализации данного процесса позволили организовать на заводе «Электрик» серийный выпуск специализированных установок для скоростной плазменной наплавки УПВ-301 (рис. 14, 15).

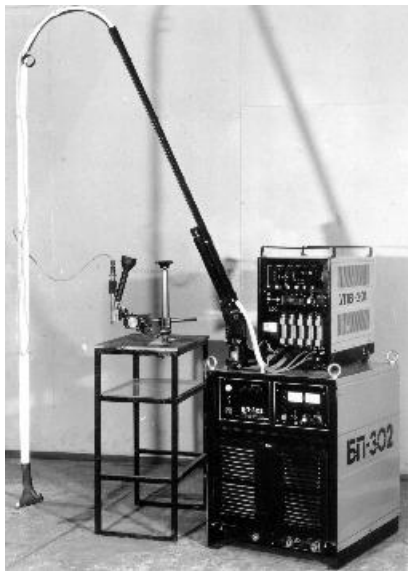


Рис. 14. Установка для скоростной плазменной наплавки УПВ-301



Рис. 15. Процесс скоростной плазменной наплавки золотника

В 1992 году совместно с П.А. Тополянским и Б.Л. Вичиком вышла первая книга [19], посвященная плазменным покрытиям, в которой кратко рассмотрены основные схемы, параметры и особенности технологических процессов и устройств для нанесения различных плазменных покрытий. Описаны результаты наплавки и напыления порошковых покрытий и финишного плазменного упрочнения с нанесением тонкопленочных покрытий при использовании универсального плазменного оборудования.

Активная научная и инженерная деятельность Н.А. Соснина привлекла внимание родственных зарубежных компаний, которые заинтересовавшись техническими решениями в области оборудования для плазменных методов обработки, приобрели установки для финишного плазменного упрочнения (INTERWELD GmbH, Австрия, 1993 г., WELDING TECHNOLOGIES, США, 1993 г.) и для плазменной наплавки - напыления (INTERWELD GmbH, Австрия, 1994

г.). Особый интерес к разработкам Н.А. Соснина вызвала статья о технологии финишного плазменного упрочнения, опубликованная в Германии в 1996 году [20]. Монтаж и запуск этого оборудования за рубежом послужили непосредственному знакомству с передовыми иностранными достижениями в области плазменных методов обработки. Следует отметить, что уровень иностранной техники по данной тематике к середине 90 годов прошлого века был практически одинаковым с уровнем отечественных разработок.

В 1994-1995 годах под руководством Н.А. Соснина на базе серийной УПНС-304 была разработана автоматическая установка для импульсной плазменно-порошковой наплавки автомобильных клапанов, которая явилась первой установкой для плазменной наплавки, поставленной на ОАО «АВТОВАЗ», в которой реализовывался принцип синхронизации импульсов тока с импульсной подачей порошка. В это же время также для ОАО «АВТОВАЗ» проводились исследования и выбор технологий упрочнения распределительных валов из чугуна ВЧВГ 40-1.

В 1999 году под научным руководством Н.А. Соснина проводились исследования, связанные с разработкой технологии плазменной наплавки - напыления уплотнительного пояса тарелки выпускных клапанов судовых и тепловозных дизелей, которая была завершена внедрением двух автоматизированных установок на крупном машиностроительном производстве.

В 2000 году под научным руководством Н.А. Соснина успешно прошла защита диссертации С.А. Ермакова на тему «Технологические характеристики процесса и оборудование прецизионной плазменной наплавки». В работе исследованы энергетические и технологические параметры разновидностей сжатой дуги при поверхностном нагреве, особенности и закономерности процессов плазменной наплавки, и на основе их анализа, систематизации и моделирования разработаны методы и алгоритмы выбора технологических процессов и режимов плазменной обработки, расчета и оптимизации теплонагруженных узлов плазмотронов.

С 2000 года Н.А. Соснин принимает активное участие в создании Национального аттестационного комитета по сварке в России в Северо-Западном регионе. Участвует в разработке основных документов, контрольных вопросов, разрабатывает программы тестирования, возглавляет отдел аттестации сварочного оборудования.

Под руководством Н.А. Соснина в 2000-2002 годах прошли три Всероссийских научно-практических конференции «Технолог по сварочному производству промышленных предприятий, объектов энергетики и строительства» и изданы их сборники материалов.

В это же время Н.А. Соснин с коллегами выступил с инициативой [21] создания в Санкт-Петербурге Центра технологий ремонта, восстановления, упрочнения и обновления машин, механизмов, оборудования и металлоконструкций, что было поддержано Комитетом экономического развития, промышленной политики и торговли Администрации Санкт-Петербурга и Комитетом промышленности Правительства Ленинградской области. Создание такого Центра позволило бы объединить научный и промышленный потенциал Санкт-Петербурга, работающий в этом направлении, а также решать крупномасштабные проекты в области ресурсосбережения и повышения работоспособности изделий.

Н.А. Соснин с коллегами постоянно участвовал в представлении разработок университета на Международных промышленных выставках, проводимых в выставочном комплексе «Ленэкспо».



Рис. 16. Н.А. Соснин на стенде международной выставки Электротехнологии XXI Века, Санкт-Петербург, 2001 год

Начиная с 1997 года, при непосредственном участии Н.А. Соснина в России проводилась самая крупная научно-практическая конференция, посвященная узконаправленной тематике - «Технологии упрочнения, нанесения покрытий и ремонта: теория и практика», в которой ежегодно принимают участие порядка 500 человек. Под его редакцией каждый год выходил двухтомный сборник материалов этой конференции. Общий тираж этих сборников к 2014 году составил около 3000 экземпляров.

На основе материалов этих конференций с 2001 г. под редакцией Н.А. Соснина составлялась постоянно дополняемое электронное издание «Энциклопедия технологий упрочнения, нанесения покрытий и ремонта».

Следует отметить увлеченность Н.А. Соснина в создании компьютерных программ. Его первая компьютерная программа для обработки результатов экспериментов по плоскостному зондированию была разработана в 1974 году. Все последующие программы связаны с системами автоматического проектирования технологических процессов сварочного производства [22]. Наиболее важными программами, которые были созданы под его руководством и постоянно используются в учебных и исследовательских процессах являются:

- PLASMET – многоцелевая интерактивная программа, позволяющая моделировать тепловые процессы при плазменной и аргонодуговой сварке, наплавке, поверхностной закалке и финишном плазменном упрочнении. Программа обеспечивает построение термических циклов и тепловых полей в подвижной и неподвижной системе координат с учетом теплоты фазовых переходов, с использованием непрерывных или импульсных режимов, а также поперечных колебаний источника теплоты.

- FPU – программа предназначена для расчета параметров процесса финишного плазменного упрочнения с нанесением тонкопленочного покрытия по типовым моделям изделий. В её алгоритме заложена математическая модель нанесения равномерного по толщине слоя на плоскую или цилиндрическую поверхность с учетом нормального закона распределения толщины покрытия, осаждаемого из плазменной струи.

Кроме этого Н.А. Сосниным были разработаны программы ВЫБОР ТЕХНОЛОГИЙ, ИНСТРУМЕНТ, ТЕПЛО, РЕМОНТ, КРУГ, ЗОНД, АЛГОРИТМ ИЗОБРЕТЕНИЯ, программа для тестирования знаний студентов и специалистов сварочного производства (TEST и Test NAKS).

В 2003 году под научным руководством Н.А. Соснина была подготовлена диссертация аспиранта Б.О. Христофиса на тему «Создание алгоритмического сопровождения технологии поверхностной закалки углеродистых сталей для

гибких модулей плазменной обработки». В работе были рассмотрены математические методы планирования и обработки экспериментов, экспертные системы для алгоритмического обеспечения автоматизированных систем научных исследований плазменной обработки, алгоритмы выбора ресурсосберегающих плазменных технологий и оптимальных режимов для оборудования нового поколения на основе физического и математического моделирования процессов сварки, нанесения покрытий и упрочнения.

В 2004-2005 годах под руководством Н.А. Соснина проводились исследования, связанные с разработкой технологии механизированной плазменно-порошковой наплавки уплотнительных поверхностей задвижек вентилях с целью поиска оптимальных режимов наплавки и определения технических требований к автоматизированному оборудованию. На основании этих исследований впервые в России была создана автоматизированная установка, обеспечивающая высокую точность реализации расчетных параметров режима и высокую устойчивость самого процесса наплавки.

В 2005 году под научным руководством Н.А. Соснина успешно прошла защита диссертации П.А. Тополянского на тему «Технологические основы плазменного безвакуумного нанесения тонкопленочного упрочняющего покрытия при минимальном термическом воздействии на основу». Написание этой квалификационной работы явилось практически подведением итогов по исследованию одной из уникальных отечественных нанотехнологий [23, 24].

Эта российская технология, годом рождения которой является 1986 год, создавалась при непосредственном участии Н.А. Соснина. На способы нанесения тонкопленочных износостойких покрытий с использованием атмосферных плазменных струй, истекающих из дугового плазматрона, получено большое количество патентов, изданы монографии, опубликовано более 150 статей как сотрудниками СПбГПУ, так и других университетов и организаций. Данный процесс, повышающий ресурс работы упрочняемых изделий в 2-10 раз внедрен на десятках предприятий России (ОАО «НПО «Сатурн», ОАО «Иркут», ОАО «Омутнинский металлургический завод», ОАО «ПО «Стрела», ОАО «Чепецкий механический завод» и др.), оборудование для его осуществления поставлено в Республику Беларусь, Украину, Австрию, США. В странах СНГ данный процесс уже много лет работает в ОАО «Мозырский нефтеперерабатывающий завод» (Республика Беларусь), ОАО «Мотор Сич», Снежнянском машиностроительном заводе (Украина).

Развитием данного процесса явились исследования Н.А. Соснина и его коллег в направлении создания новых трибологических и износостойких покрытий на основе соединений кремния и бора [25-28].

Н.А. Соснин обладал всем комплексом свойств любознательного человека. Его стремление и страсть в познании нового проявлялись на протяжении всей его жизни. Он отлично мог работать руками с «железом» (и никогда не боялся этого), великолепно чертил (у него был конструкторский склад ума), любил и разбирался практически в любом сварочном оборудовании (в пневматике, гидравлике, электрике этого сложного механизма), чувствовал тонкости сварочных технологических процессов (всегда стремился познать закономерности влияния параметров), был исследователем (с обожанием открывал и создавал свои теории), без боязни использовал высшую математику, владел знаниями техники эксперимента и обработки данных, был изобретателем (создавал новые устройства и открывал новые способы), он стремился доводить свои идеи до совершенства.

Н.А. Соснин обладал мощным аналитическим мышлением, необыкновенным чутьем, способностью увидеть даже в случайных результатах, высказанных на ходу идеях нечто совершенно новое, перспективное. Так оплавленная с торца С.А. Ермаковым медная трубка превратилась в 4-х миллиметровый электрод для плазменной сварки на обратной полярности, предложенная идея П.А. Тополянского об использовании сварочного электродугового плазмотрона для нанесения тонкопленочных покрытий – в новое направление исследований и разработки технологии финишного плазменного упрочнения, обнаруженная Л.Ф. Шемонаевым закономерность появления подрезов – в теорию подобия тепловых и газодинамических процессов при плазменной сварке, замеченное П.М. Галактионовым изменение амплитуды колебаний датчиков – в теорию устойчивости системы дуга – сварочная ванна при сварке проникающей дугой и т.д.

Его вклад в науку и технику связан с разработкой научных и технологических основ практически всех процессов плазменной обработки – сварки, наплавки, напыления, закалки, финишного плазменного упрочнения, плазменной обработки с целью модификации поверхности, с созданием оборудования для резки биологических объектов. Им впервые для сварочных процессов сформирована концепция «открытой технологии», принцип самоорганизации сварочных плазменных технологий, который открыл новое направление разработки интеллектуальных систем автоматического поиска параметров режима устойчивых самоорганизующихся процессов сварки. Им заложены основы создания интеллектуального технологического оборудования прецизионной плазменной обработки, которые позволяют объединить и развить ресурсы технолога-пользователя и алгоритмического сопровождения системы. Под его руководством выполнены исследования практически всех моделей базовых технологических процессов плазменной обработки с целью их оптимизации и самоорганизации.

Итогом научной деятельности Н.А. Соснина явилось издание монографии, посвященной основным плазменным технологиям, которыми он занимался.

Непосредственно при его участии создавалось оборудование для плазменной сварки, наплавки, напыления, закалки и упрочнения, которое было выпущено в количестве более 3000 штук на заводе «Электрик» и другими организациями (в том числе – установки типа УПС-301, УПНС-304, УПВ-301, УПО-302, УФПУ-108, УФПУ-109, УФПУ-110, УФПУ-111, УФПУ-112, УФПУ-113, УФПУ-114, БПУ-115, УФПУ-115, УФПУ-115-Р и др.). Разработанные под его научным руководством технологии и оборудование используются в России, Украине, Республике Беларусь, Финляндии, Австрии, США.

Это был универсальный ученый, который запомнится не количеством написанных монографий и отчетов, он оставил след в отечественной промышленности. Сложно даже представить, что в 42-х крупных городах России и ближнего зарубежья применяются технологии и оборудование, созданные под его руководством.

Весь жизненный путь Н.А. Соснина и его призвание подтверждается заповедью о триаде преподавателя - учитель, ученый, инженер, которую он запомнил и пронес через всю жизнь.

У него, конечно, есть его ученики, но важнее то, что его творческие решения и идеи имеют продолжение – в 7-и университетах России и Республике Беларусь для учебных и научных целей используются



разработанные им оборудование и технологии. Это и является оценкой жизненного пути большого Ученого и Инженера – Николая Алексеевича Соснина.

### Литература

1. Соснин Н.А., Ермаков С.А., Тополянский П.А. Плазменные технологии. Руководство для инженеров. Изд-во Политехнического ун-та. СПб.: - 2013. - 406 с.
2. Демянцевич В.П., Соснин Н.А. Некоторые пути повышения эффективности плазменной дуги. Сварочное производство.- 1974. - № 4. - С. 15-17
3. Демянцевич В.П., Соснин Н.А. Точность поддержания режима при сварке плазменной дугой. Сварочное производство. - 1974.- № 8. - С. 20-21
4. Соснин Н.А., Тополянский П.А. Использование плазменной дуги для сопутствующего подогрева при сварке прецизионных сплавов. Электротехническая промышленность. Сер. «Электросварка». - 1975. - № 4. - С. 5-7
5. Соснин Н.А., Ермаков С.А. Исследование малогабаритных анодов плазменных горелок. Электротехническая промышленность. Сер. «Электросварка».- 1976. - № 6. - С. 1-2
6. Соснин Н.А., Щипков М.Д. Исследование сварки сжатой дугой тонколистовых соединений из сплава АМгб. Автоматическая сварка. - 1977. - №12. - С. 19-20
7. Соснин Н.А., Ермаков С.А. Разработка сварочных плазмотронов. Сварочное производство.- Труды ЛПИ.- № 364.- Л.: ЛПИ. - 1978. - С. 81-86
8. Соснин Н.А., Ермаков С.А. Горелка для плазменной обработки материалов. Авторское свидетельство № 880654, В23К9/16, опубл. 14.07.1981
9. N. Sosnin, S. Ermakov, F. Blume, R. Rosert. Dunnschichtauftragsschweißen mit den WIG- und Plasmaproceduren bei plusgepolter Elektrode. Schweißtechnik. - 1983.- 33(5). - 202-204
10. Ермаков С.А., Соснин Н.А., Тополянский П.А. Напыление порошковых материалов универсальными плазмотронами с межэлектродными вставками. Труды ЛПИ. - 1986. - № 417. - С. 99-102
11. Тополянский П.А., Соснин Н.А. Нанесение износостойких покрытий с использованием установки плазменной сварки УПС-301. Сварочное производство. - 1989. - № 5. - С. 30-31.
12. Вичик Б.Л., Ермаков С.А., Соснин Н.А., Филиппов Ю.И. Импульсный порошковый питатель. Авторское свидетельство № 1295617, В 23К 9/18, G 01 F 11/00, опубл. 27.05.1985
13. Соснин Н.А., Ермаков С.А., Вичик Б.Л., Зайцев В.П. Плазмотрон для наплавки. Авторское свидетельство № 1473225, В23 К 9/16, 9/04, опубл. 09.03.1987
14. Ермаков С.А., Тополянский П.А., Слюсарев В.В., Соснин Н.А. Плазменная порошковая наплавка с пилотной дугой. Напыление и покрытия - 95. - СПб. - 1995. - С. 126-127
15. Райчук Д.Ю., Соснин Н.А., Ермаков С.А., Тополянский П.А. Способ нанесения покрытия на основе кремния. Авторское свидетельство № 1485669, кл. С23 с 16/32, 16/50, заяв. 08.01.87

16. Нечай А.И., Трофимов В.М., Костюк Г.А., Башенко В.В., Соснин Н.А., Ермаков С.А. Плазменный скальпель. Вестник хирургии. - 1987. - № 3, том 138. - С.146
17. V. Bashenko, N. Sosnin. Optimization of the plasma arc welding process. Welding Journal. - 1988. - 67(10). - 233-237
18. Ермаков С.А., Карасев М.В., Клубникин В.С., Масленников В.М., Соснин Н.А., Тополянский П.А., Федоров С.Ю. Электродуговой плазмотрон для напыления порошковых материалов. Авторское свидетельство № 1602380, кл. Н 05 в 7/22, заявл. 18.04.89
19. Соснин Н.А., Тополянский П.А., Вичик Б.Л. Плазменные покрытия (технология и оборудование). – СПб: - Изд-во «Знание» России. - 1992. - 28 с.
20. Topoljanskiy P., Sosnin N., Ermakow S. Finish - Plasmaverfestigung bringt Standzeitverlängerung von Pressformen und Werkzeugen. Keramische Zeitschrift. - 48 (3). - 1996. - 206-207
21. Тополянский П.А., Соснин Н.А. Внедрение ресурсосберегающих технологий сварки и ремонта - важное направление технической политики предприятий промышленности и городского хозяйства. Формирование технической политики инновационных наукоемких технологий. Материалы научно-практической конференции и школы- семинара 14-16 июня 2001 г. Санкт-Петербург. Изд. СПбГТУ. - 2001, - С. 187-209
22. Соснин Н.А., Тополянский П.А. Роль САПР в модернизации сварочного производства и подготовке технологической документации. Технолог по сварочному производству промышленных предприятий, объектов энергетики и строительства. Мат. 2-й Всерос. прак. конф. 6-8 июня 2001 г. Санкт-Петербург. Изд. СПбГТУ. Санкт-Петербург. - 2001. - С. 3-8.
23. Тополянский П.А., Соснин Н.А., Ермаков С.А., Тополянский А.П. Исследования свойств нанопокртия, наносимого методом финишного плазменного упрочнения. Упрочняющие технологии и покрытия. - № 2. - 2011. - С. 28-34
24. Тополянский П.А., Соснин Н.А., Ермаков С.А. Финишное плазменное упрочнение – российская нанотехнология (к 25-летию создания). Технологии упрочнения, нанесения покрытий и ремонта: теория и практика: В 2 ч. Часть 2: Материалы 14-й Международной научно-практической конференции: СПб.: Изд-во Политехн. ун-та. – 2012. - 465 с. - С. 344-366
25. Тополянский П.А., Соснин Н.А., Ермаков С.А., Тополянский А.П. Испытания на трение и эксплуатационную стойкость нанопокртия при финишном плазменном упрочнении. Трение и смазка в машинах и механизмах. - 2010. - № 11 - С. 16-24
26. Тополянский П.А., Тополянский А.П., Ермаков С.А., Соснин Н.А. Повышение стойкости инструмента для холодной объемной штамповки. Кузнечно-штамповочное производство. Обработка металлов давлением. - 2014. - № 3, С. 22-32
27. Тополянский П.А., Ермаков С.А., Соснин Н.А., Тополянский А.П. Сравнительный анализ свойств износостойких покрытий для повышения стойкости сверл. Металлообработка. - 2013. - № 4 (76). - С. 28-39
28. Горленко А.О., Тополянский П.А., Тополянский А.П., Соснин Н.А., Ермаков С.А., Ерохин А.Н. Технология финишного плазменного упрочнения для повышения ресурса металлорежущего инструмента. Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2013. - № 3(299). - С. 66-74