



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
“ЛЫТКАРИНСКИЙ ЗАВОД  
ОПТИЧЕСКОГО СТЕКЛА” (АО ЛЗЭС)

140080, Московская область, г. Лыткарино,  
ул. Парковая, д. 1  
Тел: +7 (495) 552-15-20; факс +7(495) 552-12-66;  
E-mail: info@lzos.ru; referent@lzos.ru; www.lzos.ru  
ОКПО 07527443; ОГРН 1025003178397;  
ИНН 5026000300; КПП 502701001

«УТВЕРЖДАЮ»

Генеральный директор  
АО «Лыткаринский завод  
оптического стекла»



Игнатов Александр Николаевич

» ноября 2023 г.

20.11.2023 № 7002/24

На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

### Отзыв

**ведущей организации – Акционерное общество «Лыткаринский завод  
оптического стекла» (АО ЛЗЭС)**

**на диссертацию Петрачкова Дмитрия Николаевича**

**на тему: «Сложнопрофильные изделия из силикатного стекла с  
токопроводящим покрытием», представленную на соискание ученой степени  
кандидата технических наук по специальности 2.6.14 – Технология  
силикатных и тугоплавких неметаллических материалов**

Диссертационная работа Петрачкова Д.Н. посвящена разработке и внедрению методов совершенствования технологии изготовления электрообогреваемых элементов сложнопрофильных изделий из стекла для обеспечения их эксплуатационной надежности и работоспособности, с одновременным повышением эффективности и экологической безопасности производства.

**Актуальность темы диссертации** обусловлена необходимостью комплексного решения задач в области разработки и производства изделий остекления сухопутного, воздушного и водного транспорта, к которым предъявляются требования, связанные с обеспечением безопасности движения, сохранением жизни и здоровья людей, снижением вероятности возникновения аварийных ситуаций. В литературном обзоре диссертационной работы обозначены основные тенденции в развитии технологии конструкций остекления транспортных средств с электрообогревом, которые определяются качеством полуфабриката на каждом этапе производства изделия. Поскольку, введение в технологический цикл новых приемов, методик и оборудования



позволит выпускать электрообогреваемое остекление, соответствующее современным требованиям транспортных средств, актуальность выбранной темы не вызывает сомнений.

### **Содержание диссертационной работы**

Во **введении к диссертационной работе** обозначены ключевые тенденции развития производства изделий конструкционной оптики для тягово-подвижных составов (ТПС) и выделено, что наиболее проблемным является процесс изготовления электронагревательного элемента (ЭНЭ), особенно для крупногабаритного сложнопрофильного панорамного остекления. Целью работы является разработка и внедрение методов совершенствования технологии изготовления электрообогреваемых элементов сложнопрофильных изделий из стекла для обеспечения их эксплуатационной надежности и работоспособности, с одновременным повышением эффективности и экологической безопасности производства. Достижение поставленной цели подтверждается в 5-ти пунктах положений, выносимых диссертантом на защиту.

**Первая глава** посвящена обзору по теме диссертации. Автор приводит общий обзор, описывающих виды изделий для остекления транспортных средств и требования к ним; электрофизические свойства стекол, виды, свойства и способы нанесения оптически прозрачных токопроводящих покрытий; виды и технологии токопроводящих элементов в конструкции электрообогреваемых стекол; технологии электрообогреваемых изделий транспортного остекления. В конце обзора сделаны выводы, на основании которых были выбраны объекты исследования, сформулирована цель и задачи работы.

Во **второй главе** описана методика эксперимента: представлены характеристики исходных стекол, материалов для формирования токопроводящих покрытий и изготовления токопроводящих шинок; методики аэрозольного и магнетронного нанесения токопроводящих покрытий; методики нанесения шинок на силикатные стекла с применением силикатно-серебряной пасты и медно-алюминиевых порошковых материалов, а на

органические стекла гальваническим методом; методика удаления ТПП и формирования зоны обогрева с использованием иттербиевого импульсного волоконного лазера; методы определения электрических, механических и оптических свойств стекол с покрытиями и шинками. Используемые методы являются широко распространенными для стеклообразных материалов и позволяют судить о влиянии на их свойства и структуру, а полученные с помощью данных методов результаты не вызывают сомнений.

**В третьей главе** представлены результаты экспериментальных исследований и их анализ. Первый и второй разделы посвящены определению составов и способов формирования токопроводящих покрытий на плоских и гнутых поверхностях, их ведущих характеристик, а также режимы их нанесения. В третьем разделе описаны результаты разработки режимов лазерной абляции токопроводящего слоя для формирования токопроводящих шинок. В четвертом описан газодинамический метод нанесения токопроводящих шинок и определены их характеристики, а в пятом представлены результаты опробования гальванического метода формирования токопроводящего слоя на органическом стекле.

**В заключении** подводятся итоги выполнения работы.

**Научная новизна диссертационной работы** заключается в следующем:

- установлено, что равномерный обогрев поверхности сложнопрофильных элементов остекления транспортных средств зависит от эффективной толщины и электросопротивления покрытия: для плоских изделий толщина покрытия должна быть одинаковой по всей площади, а для криволинейных – градиентной. Определены условия формирования одномерного и градиентного покрытий из оксида индия, допированного оксидом олова, методом магнетронного напыления на поверхности силикатного стекла, обеспечивающие равномерное распределение температурного поля на поверхности изделия.

- Установлено влияние параметров лазерной обработки на абляцию различных типов токопроводящего покрытия с поверхности листового



силикатного стекла. Выявлено, что при лазерном воздействии одновременно с процессом удаления покрытия происходит термическое «залечивание» дефектов в поверхностном слое стекла, благодаря чему прочностные характеристики изделия возрастают.

- Установлено, что процесс газодинамического напыления медно-алюминиевых токопроводящих шин не оказывает влияния на состояние электрообогреваемой поверхности и прочностные характеристики стекла, а электропроводность медно-алюминиевых шин в пять раз выше, чем силикатно-серебряных, нанесенных традиционным методом; при этом достигается высокая адгезионная прочность контакта шинки с токопроводящим покрытием.

**Практическая значимость диссертационной работы** состоит в том, что диссертантом были:

1. Разработаны режимы магнетронного напыления равномерно толщинных и градиентных токопроводящих покрытий на основе оксида индия, допированного оксидом олова, с удельным поверхностным сопротивлением от 10 до 100 Ом/□ на плоскую и криволинейную поверхности стекла.

2. Разработана новая высокоэффективная технология локального снятия токопроводящего покрытия для выделения зоны электрообогрева и изоляции края изделия из стекла с токопроводящим покрытием при помощи лазерного технологического комплекса, позволяющая в десятки раз повысить производительность труда и исключить вредное экологическое воздействие на окружающую среду.

3. Определены составы и разработаны режимы «холодного» газодинамического нанесения медно-алюминиевых токопроводящих шин на поверхность силикатного стекла, позволяющие осуществлять крупногабаритное остекление с увеличенной площадью обогрева и повысить производительность труда.

4. Разработана технология нанесения токопроводящих шин на органические криволинейные стекла гальваническим методом, что позволяет

создавать облегченные электрообогреваемые композиции остекления транспортных средств (технологическая инструкция 596.25000.1629 АО «ОНПП «Технология» им. А.Г. Ромашина).

5. Организовано промышленное производство сложнопрофильных электрообогреваемых изделий остекления с использованием новых технологий и современного технологического оборудования.

6. По результатам проведенных работ получены патенты на изобретения Российской Федерации: 2391304 (2010 г.), 2443646 (2012 г.), 2444478 (2012 г.), 2515659 (2014 г.), 2515658 (2014 г.), 2687999 (2019 г.).

**Достоверность полученных результатов и обоснованность выводов диссертационной работы** обеспечивается и подтверждается тем, что исследования механических, электрофизических и оптических свойств материалов и изделий подтверждаются их воспроизводимостью в лабораторных условиях и стабильностью характеристик изделий остекления транспортных средств, выпускаемых в серийном производстве.

**По диссертационной работе имеются следующие замечания и вопросы:**

1. В обзоре литературы представлено, что способность образовывать стабильные пленки имеют преимущественно высшие оксиды элементов типа  $R_2O_3$ ,  $RO_2$ ,  $R_2O_5$ , (например,  $SnO_2$ ,  $CdO$ ,  $TiO_2$ ,  $In_2O_3$ ). Почему не рассматривались материалы, из которых формируются оксидные пленки кроме олова и индия, допированного оксидом олова?

2. Все результаты, полученные с применением порошковых материалов для формирования токоведущих шинок на основе алюминия и меди, по существу, привязаны к маркам А-20-10 и С-03-10. Как следствие, результат невозможно перенести на другие порошковые материалы.

3. В представленной технологической схеме изготовления электрообогреваемого изделия остекления целесообразно отобразить оборудование, которое использовалось ранее и новое, внедренное по результатам проведенных работ.

Несмотря на отмеченные замечания и вопросы, диссертационная работа Д.Н. Петрачкова оценивается положительно. Она представляет собой весомый вклад в развитие технологии изготовления изделий из стекла.



Автореферат выполнен с соблюдением установленных требований, полно и точно отражает содержание диссертационной работы.

Объём диссертации является достаточным для понимания вопросов, вынесенных на защиту. Диссертационная работа представлена на 130 страницах и снабжена списком цитируемой литературы из 64 наименований. Основные результаты, изложенные в диссертационной работе, апробированы на международных и российских научных конференциях, в достаточной мере отражены в публикациях по перечню ВАК. Список публикаций соискателя отражает его большой личный вклад в решение рассматриваемой им проблемы.

Диссертационная работа Дмитрия Николаевича Петрачкова выполнена на высоком научно-техническом уровне и является законченной научно-исследовательской работой. По содержанию и полученным научным результатам диссертационная работа «Сложнопрофильные изделия из силикатного стекла с токопроводящим покрытием» является законченным, оригинальным научным исследованием, посвященным изучению технологии изготовления электрообогреваемых элементов сложнопрофильных изделий из стекла.

Диссертационная работа «Сложнопрофильные изделия из силикатного стекла с токопроводящим покрытием» удовлетворяет всем требованиям пп.9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842, а ее автор Петрачков Дмитрий Николаевич заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.14 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических матери.

Результаты диссертационной работы и настоящий отзыв были рассмотрены и одобрены на заседании научно-технического совета АО ЛЗОС.

На заседании присутствовало 18 чел. Результаты голосования: «за» - 18 чел., «против» - нет чел., «воздержалось» - нет чел., протокол №2/2023 от 15 ноября 2023 г.

Отзыв составил:

ведущий инженер-технолог НПК-74, к.т.н. Гулюкин Михаил Николаевич

05.17.11 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов

Тел.: +7 (917) 552-49-65, e-mail: mgulyukin@yandex.ru

Подпись Гулюкина М.Н. удостоверено Комова Е.А.  
Начальник департамента развития персонала  
АО «Лыткаринский завод оптического стекла»

