

Академия наук Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ СИЛЬНОТОЧНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

УДК 699.86; 621.793.18
№ госрегистрации 01201056986
Инв. № 6

УТВЕРЖДАЮ
Зам. Директора ИСЭ СО РАН
_____ И.Ю. Турчановский
«__» _____ 2012г.

ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

В рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы по Государственному контракту №02.740.11.0760 от 12 апреля 2010 г. по теме:

РАЗРАБОТКА МЕТОДА СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ЧЕРЕЗ СВЕТОПРОЗРАЧНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛИМЕРНОЙ ПЛЕНКИ С НИЗКОЭМИССИОННЫМ ПОКРЫТИЕМ

Шифр заявки 2010-1.1-230-056-027

Наименование этапа: Обобщение и оценка результатов исследований (итоговый, этап № 6)

Руководитель темы

Н. Н. Коваль

подпись, дата

Томск 2012

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы, Зам. директора ИСЭ СО РАН, д-р. техн. наук	<hr/>	Н. Н. Коваль (заключение)
Ответственный исполнитель темы, Зав. ЛПЭ ИСЭ СО РАН, канд. физ.-мат. наук	<hr/>	Н. С. Сочугов (введение, раздел 3)
Исполнители темы		
Зав. ЛТФ ИСЭ СО РАН, д-р. физ.-мат. наук	<hr/>	А.В. Козырев (раздел 4)
Вед. науч. сотр., д-р. техн. наук	<hr/>	Г.Ю. Юшков (раздел 4)
Ст. науч. сотр., канд. физ.-мат. наук	<hr/>	К.В. Оскомов (раздел 4)
Науч. сотр., канд. техн. наук	<hr/>	А.В. Визирь (раздел 2)
Науч. сотр., канд. техн. наук	<hr/>	А.А. Соловьев (раздел 5)
Науч. сотр., канд. техн. наук	<hr/>	С.В. Работкин (раздел 1, 5)
Инженер, канд. физ.-мат. наук	<hr/>	В.Ю. Кожевников (раздел 6)
Науч. сотр., канд. техн. наук	<hr/>	Ю.Х. Ахмадеев (раздел 4)
Науч. сотр., канд. техн. наук	<hr/>	М.В. Шандриков (раздел 4)

	подпись, дата	
Науч. сотр., канд. физ.-мат. наук	<hr/>	Н.В. Ландль (раздел 2)
Науч. сотр., канд. техн. наук	<hr/>	Н.Ф. Ковшаров (раздел 1)
Мл. науч. сотр.	<hr/>	А.В. Шипилова (раздел 2)
Аспирант, инженер	<hr/>	И.В. Ионов (раздел 4)
Аспирант, инженер	<hr/>	В.О. Оскирко (раздел 6)
Аспирант, инженер	<hr/>	А.Н. Ковальчук (раздел 3)
Науч. сотр., канд. техн. наук	<hr/>	А.Н. Захаров (раздел 5)
Мл. науч. сотр.	<hr/>	Ю.А. Денисова (раздел 5)
Инженер	<hr/>	Р.Е. Спирин (раздел 6)
Инженер	<hr/>	В.С. Пасмуров (раздел 5)
Студент	<hr/>	Д.Н. Терентьев (раздел 6)

Студент	А.В. Жмуровский
	_____ (раздел 3) подпись, дата
Студент	М.А. Наумова
	_____ (раздел 5) подпись, дата
Студент	А.С. Тарабрина
	_____ (раздел 1) подпись, дата
Студент	А.О. Цыбенко
	_____ (раздел 5) подпись, дата
Студент	А.В. Голубева
	_____ (раздел 3) подпись, дата
Студент	А.С. Гренадёр
	_____ (раздел 4) подпись, дата
Студент	М.Н. Ахан
	_____ (раздел 5) подпись, дата
Нормоконтролер	В.Г. Работкин
	_____ (раздел 1-6) подпись, дата

РЕФЕРАТ

Отчет 40 с., 6 ч., 1 табл., 13 источников, 3 приложения.

НИЗКОЭМИССИОННОЕ ПОКРЫТИЕ, ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЯ ОКОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ, ПОЛИМЕРНАЯ ПЛЕНКА, ИОННО- ПЛАЗМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, МАГНЕТРОННОЕ РАСПЫЛЕНИЕ

Объектом исследования являются многослойные низкоэмиссионные покрытия структуры оксид – металл – оксид и разрабатываемые на их основе конструкции, позволяющие снизить тепловые потери через окна зданий.

Целью работы является разработка метода снижения потерь тепловой энергии через светопрозрачные конструкции зданий и сооружений с использованием полимерной пленки с долговечным многослойным низкоэмиссионным покрытием, а также методов формирования таких покрытий.

В результате выполнения проекта разработана технология осаждения долговечных многослойных низкоэмиссионных покрытий на полимерную пленку методом магнетронного распыления. Проведен тепловизионный контроль и определено фактическое сопротивление теплопередачи окон с низкоэмиссионной пленкой и без нее. Проведена оценка экономического эффекта от внедрения светопрозрачных конструкций с теплосберегающим покрытием на полимерной пленке. Разработаны дополнения к учебным курсам Национального исследовательского Томского политехнического университета.

В результате исследования впервые в качестве барьерных слоев в структуре оксид – металл – оксид впервые было предложено использовать слои легированного галлием оксида цинка, наносимого магнетронным распылением керамического $ZnO:Ga_2O_3$ катода в атмосфере аргона, что значительно повышает стойкость к атмосферным воздействиям покрытия в целом. Также при реализации системы низкоэмиссионных покрытий, металлический функциональный слой был нанесен с помощью

сильноточного импульсного магнетронного распыления, что позволило повысить итоговую прозрачность всей системы $\text{TiO}_2/\text{ZnO:Ga/Ag/ZnO:Ga/TiO}_2$. Предложена методика применения долговечной низкоэмиссионной пленки в существующих светопрозрачных конструкциях зданий и сооружений, которая позволяет увеличить коэффициент приведенного сопротивления теплопередаче более чем в два раза при минимальной реконструкции оконного блока.

Отработаны технологические режимы осаждения долговечных низкоэмиссионных теплосберегающих покрытий структуры $\text{TiO}_2/\text{ZnO:Ga/Ag/ZnO:Ga/TiO}_2$ на полиэтилентерафталатную пленку толщиной 110 мкм, обладающие прозрачностью в видимой области спектра 85-87 % и отражением в инфракрасном диапазоне длин волн не менее 91 %. В результате проведения тепловизионного контроля и определения фактического сопротивления теплопередачи окон с низкоэмиссионной пленкой и без нее показано, что установка такой пленки на окнах примерно в 2 раза сокращает тепловые потери через них. Проведена оценка экономического эффекта от внедрения светопрозрачных конструкций с теплосберегающим покрытием на полимерной пленке. Показано, что экономия тепловой энергии при установке низкоэмиссионной пленки на 1 м^2 окна в отдельных переплетах с двойным остеклением составляет около 190 рублей за отопительный сезон, а экономия тепловой энергии на 1 м^2 в двухкамерном стеклопакете в ПВХ переплете с низкоэмиссионной пленкой – около 140 рублей за отопительный сезон.

Степень внедрения – выпуск опытных партий полимерной пленки с долговечным многослойным низкоэмиссионным покрытием.

Область применения разработки – изготовление конструкций на основе низкоэмиссионных покрытий, позволяющих снизить потери тепловой энергии через оконные блоки зданий и сооружений.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	9
ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ.....	14
1. Обобщение результатов предыдущих этапов работ. Оценка полноты решения задач и эффективности полученных результатов.....	14
2. Формулирование технологических требований и технического задания на разработку опытного образца промышленной установки по нанесению теплосберегающих покрытий на полимерную пленку	16
3. Проведение независимой аттестации предложенного метода модернизации существующих окон	16
4. Разработка программы внедрения результатов НИР в образовательный процесс	17
5. Оценка возможности создания конкурентоспособной продукции в виде теплосберегающей пленки и разработка рекомендации по использованию результатов НИР	18
6. Выпуск опытной партии полимерной пленки с теплосберегающим покрытием	20
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	20
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	22
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	24
<u>Приложение А</u> Технического задание на разработку опытного образца промышленной установки по нанесению теплосберегающих покрытий на полимерную пленку.....	24
<u>Приложение Б</u> Заключение по тепловизионному контролю светопрозрачных конструкций с низкоэмиссионной пленкой и без нее..	39
<u>Приложение В</u> Акт изготовления опытной партии полимерной пленки с теплосберегающим покрытием	40

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

ТСП – теплосберегающее покрытие,

ПЭТ – полиэтилентерафталат,

ИК-диапазон – инфракрасный диапазон,

МРС – магнетронная распылительная система.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из перспективных направлений экономии тепловой энергии является снижение расхода тепла на обогрев зданий и сооружений. Известно, что около 50% тепловых потерь в жилых зданиях происходит через светопрозрачные ограждающие конструкции, причем более половины из этих потерь приходится на тепловое излучение [1]. Таким образом, очевидно, что самым слабым местом в тепловой защите зданий являются светопрозрачные конструкции, в частности окна, занимающие не более 30% от общей площади ограждающих конструкций. Однако, как видно из приведенных данных видно, что через них теряется половина всего тепла, расходуемого на отопление. Кроме, того вблизи окон формируется дискомфортная зона пониженной температуры, таким образом, микроклимат в квартире в значительной мере определяется именно окнами. Уменьшение тепловых потерь через окна позволит не только уменьшить расход тепла на отопление, но и увеличить комфортность помещения.

Для снижения потерь тепла за счет теплового излучения в настоящее время во всем мире широко используются прозрачные подложки с низкоэмиссионными, теплосберегающими покрытиями (ТСП). Низкоэмиссионные прозрачные покрытия наносят на прозрачные материалы, такие как стекла или полимерные пленки, с целью придания этим материалам спектрально-селективных свойств, обеспечивающих высокое пропускание видимого света с одновременным высоким отражением теплового (инфракрасного) излучения. Установка таких материалов в светопрозрачные ограждающие конструкции, такие как окна гражданских и промышленных зданий, окна различных транспортных средств и т. п., позволяет сохранить тепло в помещении в холодное время года и предотвратить перегрев помещения от солнечного излучения в жаркое время года, т.е. такие материалы позволяют создавать энергоэффективные светопрозрачные ограждения.

В последнее время при остеклении зданий и сооружений все чаще используют системы, представляющие собой обычное оконное стекло с нанесенным на одну из его сторон теплосберегающим покрытием. Это покрытие обладает высокой прозрачностью ($T \approx 80\%$) в видимом диапазоне ($\lambda = 350 \div 700$ нм) и высоким коэффициентом отражения ($R \approx 90\%$) в инфракрасном (тепловом) диапазоне ($\lambda = 5 \div 25$ мкм). В настоящее время выпускается два типа теплосберегающего стекла, которые достаточно условно называются стеклами с мягкими (i-стекло) и твердыми (к-стекло) селективными покрытиями [2]. Мягкое селективное покрытие наносится на стекло методами магнетронного напыления в вакууме [3-5]. Достоинством этого стекла является низкий коэффициент излучения (менее 0,1), а недостатком – невысокая стойкость пленки к атмосферным воздействиям, что ограничивает его применение установкой только в герметичные стеклопакеты. Твердое селективное покрытие наносится пиролитическим методом на горячее стекло непосредственно в процессе его изготовления [6]. Достоинством этого стекла является высокая стойкость покрытия, что позволяет использовать его вне стеклопакетов, а недостатком – более высокий коэффициент излучения (около 0,18).

Как правило, мягкие спектрально-селективные покрытия содержат тонкую полупрозрачную пленку металла, обладающую большим коэффициентом отражения в ИК области (обычно это серебро), и слои диэлектриков для просветления в видимой области спектра [7]. В качестве слоев диэлектрика используются прозрачные оксиды и сульфиды, такие как TiO_2 , SnO_2 , ZnO , ZnS . Теплосберегающие свойства покрытия могут быть улучшены путем увеличения количества слоев в нем, как, например, в структуре $\text{TiO}_2/\text{Ag}/\text{TiO}_2/\text{Ag}/\text{TiO}_2$ [8]. Несмотря на то, что основными критериями качества низкоэмиссионных покрытий являются коэффициент пропускания света в видимой области и сопротивление тепловому потоку (отражение в ИК области) немаловажную роль играет стабильность покрытия к воздействию окружающей среды. Установлено, что влага

усиливает миграцию атомов серебра в пленке, приводя к ее агломерации. Вследствие этого даже низкоэмиссионные покрытия на основе серебра, имеющие структуру диэлектрик/серебро/диэлектрик должны тщательно упаковываться с использованием влагопоглотителей во время хранения или транспортировки [9] и применяться только в составе герметичного стеклопакета покрытием внутрь. Для повышения коррозионной стойкости серебра иногда используют его легирование Au, Pd, Pt, Cu или другими металлами [10]. Контроль границы раздела между поверхностью серебра и диэлектриком является важнейшим фактором для предотвращения деградации слоя Ag. Поэтому обычно плёнка серебра заключается между тонкими (толщиной порядка 1 нм) барьерными слоями из коррозионно-стойкого металла или сплава [11]. Их задача состоит еще и в том, чтобы защитить серебряную плёнку от воздействия химически активных ионов кислорода, которые присутствуют в плазме при осаждении просветляющих (оксидных) слоёв. Барьерные слои с одной стороны должны быть как можно тоньше, чтобы не очень сильно снижать пропускание видимого света, а с другой стороны достаточно плотными, чтобы защитить плёнку серебра.

Использование стеклопакетов с теплосберегающими стеклами (i-стекло или k-стекло) позволяет существенно снизить теплопотери через светопрозрачные ограждающие конструкции, однако их установка требует полной замены оконного блока. Стоимость такой замены значительна и составляет не менее 6000 руб/м². Другим вариантом повышения теплоизоляции существующих окон является использование полимерных пленок с селективным покрытием. Эти пленки могут быть либо наклеены на стекло, либо закреплены отдельно на одном из переплетов. Приведенное сопротивление теплопередаче окна с двухслойным остеклением повышается в 1,9 – 2,1 раза при установке в нем экрана с селективным покрытием [12]. Однако, такая пленка, как и теплосберегающее стекло, может использоваться только в герметичных стеклопакетах [13].

В рамках настоящего проекта для решения поставленной задачи – разработка метода снижения потерь тепловой энергии через светопрозрачные конструкции зданий и сооружений с использованием полимерной пленки с низкоэмиссионным покрытием – будут использованы различные методы вакуумно-плазменных технологий, в частности магнетронное распыление. Магнетронное распыление является одним из наиболее подходящих методов напыления тонких пленок с точки зрения стабильности процесса, возможности независимого регулирования основных параметров процесса напыления и как результат - получение достаточно однородных покрытий с необходимыми структурными и эксплуатационными характеристиками, а также возможности обработки поверхностей с большой площадью.

Основная идея настоящего исследования состоит в нанесении спектрально-селективного покрытия методом магнетронного распыления на пленку из полиэтилентерефталата. Разрабатываемое покрытие фактически объединяет в себе свойства мягких и твердых селективных покрытий. Оно представляет собой многослойную тонкопленочную структуру состава оксид металла (легированный галлием оксид цинка) – серебро (медь) – оксид металла (легированный галлием оксид цинка). Для повышения износостойкости сверху дополнительно наносится пленка оксида титана, олова, или кремния. Кроме того, с целью улучшения оптических свойств и стойкости к атмосферным воздействиям спектрально-селективных покрытий слой серебра или меди наносится с помощью сильноточного импульсного магнетронного распыления. Далее, полимерная пленка с низкоэмиссионным покрытием закрепляется в оконном блоке с помощью дистанционной рамки или натягивается механически. Модернизация существующих окон, проводимая вышеописанным способом, позволит обеспечить увеличение сопротивления теплопередаче оконного блока с двухслойным остеклением в отдельных переплетах до 0,8-0,85 м² °С/Вт. Стоит отметить, что важным аспектом разрабатываемой технологии является как простота реализации технологического процесса изготовления и установки пленки с

теплосберегающим покрытием в оконный блок, так и итоговая цена продукта. Проведенные оценки позволяют прогнозировать себестоимость производства пленки с покрытием на уровне 50 – 60 руб/м². Разработка методов крепления пленки в межстекольном пространстве должна быть решена в процессе выполнения проекта. Целевым параметром является удельная стоимость системы крепления на уровне 40 – 60 руб/м².

Основной целью шестого (заключительного) этапа выполнения данного проекта является обобщение и оценка результатов предыдущих этапов работ. В результате разработаны рекомендации по использованию результатов НИР, проведена оценка полноты решения поставленных задач и эффективности полученных результатов. Сформулировано техническое задание на разработку опытного образца промышленной установки по нанесению теплосберегающих покрытий на полимерную пленку шириной 1,2 м с производительностью не менее 1000000 м²/год. Выпущены опытные партии пленки общей площадью более 1000 м². Разработаны дополнения в виде лекций и практических занятий к учебным курсам Национального исследовательского Томского политехнического университета.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1 Обобщение результатов предыдущих этапов работ. Оценка полноты решения задач и эффективности полученных результатов

В результате проведенной работы по проекту были получены следующие основные результаты:

1. Создана макетная установка для нанесения многослойных низкоэмиссионных покрытий на рулонные полимерные пленки шириной до 1200 мм и длиной не менее 40 м производительностью 100 м² за смену.

2. Разработана технология осаждения долговечных низкоэмиссионных теплосберегающих покрытий структуры TiO₂/ZnO:Ga/Ag/ZnO:Ga/TiO₂ на полиэтилентерефталатную пленку, обладающие прозрачностью в видимой области спектра 85-87 % и отражением в инфракрасном диапазоне длин волн не менее 91 %.

3. Разработана методика применения теплосберегающей низкоэмиссионной пленки в существующих светопрозрачных конструкциях зданий и сооружений, которая позволяет увеличить коэффициент приведенного сопротивления теплопередаче более чем в два раза при минимальной реконструкции оконного блока. Суть метода реконструкции деревянных оконных блоков заключается в установке в межстекольном пространстве полимерных пленок с низкоэмиссионным покрытием, закрепленных на пластиковой или металлической рамке. Теплотехнические исследования разработанных макетов светопрозрачных конструкций с низкоэмиссионной пленкой показали увеличение приведенного сопротивления теплопередаче с 0,38 м²·°C/Вт для окна марки ОР-15-13,5 до 0,73 м²·°C/Вт при использовании одной низкоэмиссионной пленки и до 0,88 м²·°C/Вт при использовании двух низкоэмиссионных пленок.

4. В результате проведения натурных испытаний методом тепловизионного контроля и определения фактического сопротивления теплопередачи окон с низкоэмиссионной пленкой и без нее показано, что

установка такой пленки на окнах примерно в 2 раза сокращает тепловые потери через них.

5. Проведена оценка экономического эффекта от внедрения светопрозрачных конструкций с теплосберегающим покрытием на полимерной пленке. Показано, что экономия тепловой энергии при установке низкоэмиссионной пленки на 1 м^2 окна в отдельных переплетах с двойным остеклением составляет около 190 рублей за отопительный сезон, а экономия тепловой энергии на 1 м^2 в двухкамерном стеклопакете в ПВХ переплете с низкоэмиссионной пленкой – около 140 рублей за отопительный сезон.

6. Сформулировано техническое задание на разработку опытного образца промышленной установки по нанесению теплосберегающих покрытий на полимерную пленку производительностью $1\ 000\ 000\ \text{м}^2/\text{год}$.

7. Разработан и изготовлен стенд для измерения электрофизических характеристик покрытий (удельное и поверхностное сопротивление, подвижность и концентрация носителей заряда) методом Ван дер Пау по ГОСТ 25948-83.

В ходе выполнения проекта разработаны научно-технические основы метода модернизации существующих окон. Теплотехнические исследования в сертифицированном центре «Стромтест» при ТГАСУ показали увеличение сопротивления теплопередаче оконного блока с двухслойным остеклением в отдельных переплетах с разработанной низкоэмиссионной пленкой до $0,88\ \text{м}^2\cdot\text{°C}/\text{Вт}$. Оценки экономического эффекта от внедрения светопрозрачных конструкций с теплосберегающим покрытием на полимерной пленке показали, что экономия тепловой энергии при установке низкоэмиссионной пленки на 1 м^2 окна в отдельных переплетах с двойным остеклением составляет около 190 рублей за отопительный сезон. Расчетная удельная стоимость производства и крепления пленки с покрытием (при производительности установки по нанесению покрытий на уровне $1000000\ \text{м}^2/\text{год}$) составляет около $150\ \text{руб}/\text{м}^2$, следовательно затраты по модернизации существующих окон окупаются в течение одного отопительного сезона. В

результате исследования стойкости разработанных низкоэмиссионных покрытий структуры $\text{TiO}_2(10\text{нм})/\text{ZnO:Ga}(20\text{нм})/\text{Ag}(9\text{нм})/\text{ZnO:Ga}(25\text{нм})/\text{TiO}_2(20\text{нм})$ к атмосферным воздействиям по ГОСТ 30733-2000 показано, что деградации пленок не происходит, поэтому срок службы теплового экрана должен составлять не менее 5 лет. Приведенные выше результаты позволяют утверждать, что поставленные в проекте задачи решены в полном объеме.

2 Формулирование технологических требований и технического задания на разработку опытного образца промышленной установки по нанесению теплосберегающих покрытий на полимерную пленку

Техническое задание на разработку опытного образца промышленной установки по нанесению теплосберегающих покрытий на полимерную пленку представлено в Приложении А.

3 Проведение независимой аттестации предложенного метода модернизации существующих окон

С целью определения эффективности использования разработанных на предыдущих этапах выполнения проекта макетов светопрозрачных конструкций с низкоэмиссионной пленкой были проведены их натурные испытания методом тепловизионного контроля по ГОСТ 26629-85. Испытания проводили сотрудники сертифицированного центра НП "Региональный центр управления энергосбережения" г. Томск (свидетельство № СРО-Э-017-005 от 10.09.2010). В качестве объекта исследования были выбраны:

- Окно в деревянных отдельных переплетах с двойным остеклением;
- Окно в деревянных отдельных переплетах с двойным остеклением и низкоэмиссионной пленкой;
- Двухкамерный стеклопакет из обычного стекла в ПВХ переплете;

- Двухкамерный стеклопакет из обычного стекла в ПВХ переплете и низкоэмиссионной пленкой.

В результате проведения тепловизионного контроля и определения фактического сопротивления теплопередачи окон с низкоэмиссионной пленкой и без нее показано, что установка такой пленки на окнах примерно в 2 раза сокращает тепловые потери через них, что является эффективным дополнительным энергосберегающим средством для существующего жилищного фонда и общественных зданий. В приложении Б представлено Заключение по тепловизионному контролю светопрозрачных конструкций с низкоэмиссионной пленкой и без нее.

4 Разработка программы внедрения результатов НИР в образовательный процесс

Результаты НИР будут внедряться в образовательный процесс согласно схеме представленной в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Использование результатов НИР в научно- образовательном процессе

	Форма внедрения	Тип внедрения	Место внедрения
1.	Курс «Физика поверхности и тонких пленок»	<p>Дополнение в уже существующий курс в виде новых лекций (2 часа).</p> <p>Новые лекции: «Особенности формирования многослойных тонкопленочных структур»</p> <p>Дополнение в уже существующий курс в виде практических занятий (6 часов).</p> <p>Тема практических занятий: «Исследование</p>	Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Физико-технический институт, Кафедра водородной энергетики и плазменных технологий.

		оптических характеристик многослойных покрытий методом спектроскопии».	
2.	Курс «Плазменные покрытия»	<p>Дополнение в уже существующий курс в виде новых лекций (2 часа).</p> <p>Новые лекции: «Магнетронные распылительные системы»</p> <p>Дополнение в уже существующий курс в виде практических занятий (6 часов).</p> <p>Тема практических занятий: «Формирование многослойных покрытий структуры диэлектрик-металл-диэлектрик вакуумными ионно-плазменными методами».</p>	Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Физико-технический институт, Кафедра водородной энергетики и плазменных технологий.

Полученные результаты позволят существенно дополнить имеющуюся базу для подготовки магистров техники и технологии по направлениям «Водородная энергетика», «Физика плазмы», «Пучковые и плазменные технологии», а также кандидатов наук по специальностям 05.27.02 – Вакуумная и плазменная электроника; 01.04.07 – Физика конденсированного состояния в Национальном исследовательском Томском политехническом университете.

5 Оценка возможности создания конкурентоспособной продукции в виде теплосберегающей пленки и разработка рекомендации по использованию результатов НИР

В последнее время при остеклении зданий и сооружений все чаще используют системы, представляющие собой обычное оконное стекло с нанесенным на одну из его сторон теплосберегающим покрытием. Создание

нового вида продукции – теплового экрана на основе полимерной пленки с долговечным низкоэмиссионным покрытием позволит частично вытеснить с рынка теплосберегающие стекла в виду более низкой стоимости теплового экрана.

Использование стеклопакетов с теплосберегающими стеклами позволяет существенно снизить теплотери через светопрозрачные ограждающие конструкции, однако их установка требует полной замены оконного блока. Стоимость такой замены значительна и составляет не менее 6000 руб/м². Оценки экономического эффекта от внедрения светопрозрачных конструкций с теплосберегающим покрытием на полимерной пленке показали, что экономия тепловой энергии при установке низкоэмиссионной пленки на 1м² окна в отдельных переплетах с двойным остеклением составляет около 190 рублей за отопительный сезон. Расчетная удельная стоимость производства и крепления пленки с покрытием (при производительности установки по нанесению покрытий на уровне 1000000 м²/год) составляет около 150 руб/м², следовательно затраты по модернизации существующих окон окупаются в течение одного отопительного сезона. Таким образом, использование тепловых экранов позволит сократить затраты на отопление при минимальных вложениях в модернизацию светопрозрачных конструкций.

Планируется, что объекты интеллектуальной собственности могут быть созданы на основании полученных результатов после завершения проекта. Возможна организация производства тепловых экранов на основе полимерной пленки с долговечным низкоэмиссионным покрытием или заключение лицензионного договора с третьими лицами на производство такой продукции. Результаты НИР могут быть востребованы предприятиями, организациями, решающими задачи снижения потерь тепла из отапливаемых помещений: строительными организациями, управляющими компаниями, обслуживающими жилищный фонд, а также частными лицами.

6 Выпуск опытной партии полимерной пленки с теплосберегающим покрытием

На заключительном этапе проекта были выпущены опытные партии теплосберегающей полимерной пленки размером 70x1,2 м² со структурой TiO₂ (10нм) / ZnO:Ga (20нм) / Ag (9нм) / ZnO:Ga (25нм) / TiO₂ (20нм) общей площадью более 1000 м² с целью проведения независимых испытаний потенциальными потребителями. Полиэтилентерафталатная пленка толщиной 100 мкм с указанным покрытием обладает отражением в инфракрасном диапазоне 92-93% и прозрачностью в видимой области спектра 84-86%. Кроме того были проведены тесты на влагостойкость низкоэмиссионных покрытий по ГОСТ 30733-2000, которые показали, что разрушения покрытия не происходит. Измерения проводились на трех образцах из каждой серии экспериментов, выбранных произвольным образом, при этом статистическая погрешность измерения прозрачности и отражения составила ±1%. В Приложении В приведен «Акт изготовления опытных партий теплосберегающей полимерной пленки».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенной работы по шестому этапу проекта были получены следующие результаты:

1. Сформулировано техническое задание на разработку опытного образца промышленной установки по нанесению теплосберегающих покрытий на полимерную пленку шириной 1,2 м с производительностью не менее 1000000 м²/год.

2. Разработаны рекомендации по использованию результатов НИР, такие как организация производства тепловых экранов на основе полимерной пленки с долговечным низкоэмиссионным покрытием или заключение лицензионного договора с третьими лицами на производство такой продукции.

3. Выпущены опытные партии пленки общей площадью более 1000 м² обладающие прозрачностью в видимой области спектра 84-86 % и отражением в инфракрасном диапазоне длин волн не менее 91 %.

4. Разработаны дополнения в виде лекций и практических занятий к учебным курсам Национального исследовательского Томского политехнического университета (Физико-технический институт, Кафедра водородной энергетики и плазменных технологий).

В результате проведенной работы по проекту были получены следующие основные результаты:

1. Создана макетная установка для нанесения многослойных низкоэмиссионных покрытий на рулонные полимерные пленки шириной до 1200 мм и длиной не менее 40 м производительностью 100 м² за смену.

2. Разработана технология осаждения долговечных низкоэмиссионных теплосберегающих покрытий структуры TiO₂/ZnO:Ga/Ag/ZnO:Ga/TiO₂ на полиэтилентерефталатную пленку, обладающие прозрачностью в видимой области спектра 85-87 % и отражением в инфракрасном диапазоне длин волн не менее 91 %.

3. Разработана методика применения теплосберегающей низкоэмиссионной пленки в существующих светопрозрачных конструкциях зданий и сооружений, которая позволяет увеличить коэффициент приведенного сопротивления теплопередаче более чем в два раза при минимальной реконструкции оконного блока. Суть метода реконструкции деревянных оконных блоков заключается в установке в межстекольном пространстве полимерных пленок с низкоэмиссионным покрытием, закрепленных на пластиковой или металлической рамке. Теплотехнические исследования разработанных макетов светопрозрачных конструкций с низкоэмиссионной пленкой показали увеличение приведенного сопротивления теплопередаче с 0,38 м²·°C/Вт для окна марки ОР-15-13,5 до 0,73 м²·°C/Вт при использовании одной низкоэмиссионной пленки и до 0,88 м²·°C/Вт при использовании двух низкоэмиссионных пленок.

4. В результате проведения натуральных испытаний методом тепловизионного контроля и определения фактического сопротивления теплопередачи окон с низкоэмиссионной пленкой и без нее показано, что установка такой пленки на окнах примерно в 2 раза сокращает тепловые потери через них.

5. Проведена оценка экономического эффекта от внедрения светопрозрачных конструкций с теплосберегающим покрытием на полимерной пленке. Показано, что экономия тепловой энергии при установке низкоэмиссионной пленки на 1 м² окна в отдельных переплетах с двойным остеклением составляет около 190 рублей за отопительный сезон, а экономия тепловой энергии на 1 м² в двухкамерном стеклопакете в ПВХ переплете с низкоэмиссионной пленкой – около 140 рублей за отопительный сезон.

6. Сформулировано техническое задание на разработку опытного образца промышленной установки по нанесению теплосберегающих покрытий на полимерную пленку производительностью 1 000 000 м²/год.

7. Разработан и изготовлен стенд для измерения электрофизических характеристик покрытий (удельное и поверхностное сопротивление, подвижность и концентрация носителей заряда) методом Ван дер Пау по ГОСТ 25948-83.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Реутов Б.Ф., Слепцов В.В., Пыжов И.Н., Арбузов В.В. Энергосберегающие покрытия на стекле и полимерной пленке / Российские энергоэффективные технологии – М.: ЗАО "Фабрика офсетной печати", 2002. – Вып. 1 (4). – 48 с.

2. Johnson T.E. Low-e Glazing Design Guide. – Burlington: Butterworth-Heinemann, 1991.

3. Chiba K., Nakatani K. Photoenhance migration of silver atoms in transparent heat mirror coatings // Thin Solid Films. – 1984. –112. – P. 359-367.

4. Nadel S.J. Durability of Ag based low-emissivity coatings // J. Vac. Sci. Technol.–1987.–A5.– P. 2709-2713.
5. Kusano K., Kawaguchi J., Enjouji K. Thermal stability of heat-reflective films consisting of oxide–Ag–oxide deposited by dc magnetron sputtering // J. Vac. Sci. Technol.–1986.–A4.–P. 2907-2910
6. Gordon R. Chemical vapor deposition of coatings on glass // J. Non-Cryst. Solids.–1997.–218.–P. 81–91.
7. Fan J.C.C., Backner F.J. Transparent heat mirrors for solar-energy applications // Appl. Opt. – 1976. – Vol. 15. – P. 1012-1017.
8. U.S. Patent 4,859,532. Transparent laminated product / Oyama T., Suzuki K., Mizuhashi M. 22.08.1989.
9. Ando E., Suzuki S., Aomine N., Miyazaki M., Tada M. Sputtered silver-based low-emissivity coatings with high moisture durability // Vacuum. 2000. Vol. 59. P. 792-799.
10. Fukuda S., Kawamoto S., Gotoha Y. Degradation of Ag and Ag-alloy mirrors sputtered on polyethyleneterephthalate substrates under visible light irradiation // Thin Solid Films. – 2003. – Vol. 442. – P. 117-120.
11. Баинов Д.Д., Кривобоков В.П., Легостаев В.Н. Оптимизация параметров плазменных теплоотражающих покрытий // Известия Томского политехнического университета. – 2004. – Т. 307. – № 2. – С. 29-33
12. Низовцев М.И. Расчетно-экспериментальные исследования энергоэффективных элементов ограждающих конструкций и климатического оборудования зданий: Автореферат диссертации на соискание ученой степени д.т.н.– Тюмень, 2009.–39с.
13. Stephen F. Meyer. In situ monitoring for solar film production by roll coating.// J.Vac.Sci. Technol.– A3.– 1988.– P. 1432-1435.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Техническое задание на выполнение опытно-конструкторских работ по теме: «Создание опытного образца промышленной установки по нанесению теплосберегающих покрытий на полимерную пленку»

1 Основание для проведения ОКР

Требования не устанавливаются.

2 Исполнитель ОКР

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук.

3 Цель выполнения ОКР

Разработка опытного образца промышленной установки по нанесению теплосберегающих покрытий на полимерную пленку с целью создания нового вида продукции – теплового экрана для снижения потерь тепловой энергии через светопрозрачные конструкции существующих зданий и сооружений.

4. Назначение продукции

Опытный образец промышленной установки предназначен для осаждения многослойных низкоэмиссионных покрытий методом магнетронного распыления на полимерную пленку шириной 1,2 м и проверки всех заложенных при проектировании установки расчетных характеристик на реальном образце.

5 Технические требования

5.1 Состав продукции

В состав разрабатываемого опытного образца промышленной установки должны входить следующие узлы и системы:

1) вакуумная камера является технологическим объемом, в котором происходит процесс нанесения низкоэмиссионных покрытий. В ее состав входят камера размотки, камера предварительной обработки, промежуточная камера, напылительные отделения, камера намотки;

2) лентопротяжный механизм в составе валов, валов-компенсаторов, двух барабанов, шаговых двигателей, предназначенный для перемотки полимерной пленки шириной 1,2 м;

3) система вакуумной откачки в составе форвакуумных агрегатов на основе насоса Рутса для откачки камер размотки, намотки и промежуточной обработки, диффузионных паромасляных насосов с пластинчато-роторными насосами для откачки промежуточной камеры и турбомолекулярных насосов с соответствующими спиральными насосами для откачки напылительных отделений, системы пневматических клапанов и трубопроводов. Система вакуумной откачки предназначена для создания вакуума в технологическом объеме и объемах подачи и приема полимерной пленки;

4) система газораспределения, которая обеспечивает напуск рабочих газов в напылительные отделения во время процесса нанесения покрытий и включает 18 каналов газонапуска (12 каналов для напуска аргона и 6 каналов для напуска кислорода). В систему входят регуляторы расхода газа с диапазоном от 4 до 200 см³/мин, гибкие трубопроводы и газовые баллоны;

5) система охлаждения, которая предназначена для предотвращения перегрева элементов установки и включает 18 каналов охлаждения (12 каналов для охлаждения технологических источников и 6 каналов для охлаждения вакуумного оборудования). В систему входят механические краны, электромагнитные клапаны для дистанционного включения охлаждения, реле протока воды, гибкие соединительные трубки, а также чиллер для исключения образования известковых отложений в системе охлаждения и снижения затрат на потребление воды из коммунальных систем;

6) технологические источники с соответствующими источниками электропитания в составе шести цилиндрических магнетронных распылительных систем (МРС) с титановыми вращающимися катодами и импульсными биполярными источниками питания, четырех планарных МРС с ZnO:Ga катодами и источниками питания постоянного тока, одной

цилиндрической МРС с серебряным вращающимся катодом и сильноточным импульсным источником питания, одного ионного источника с анодным слоем и источником питания постоянного тока. Магнетроны предназначены для нанесения покрытий из металлов, сплавов, оксидов и нитридов методом магнетронного распыления на постоянном или импульсном токе. С целью обеспечения необходимой адгезии покрытия к полимерной пленке в вакуумную камеру устанавливается ионный источник с анодным слоем.

7) система автоматизированного управления в составе шкафа автоматики, в котором размещены распределительные части, контроллеры ввода-вывода, исполнительные механизмы вакуумного оборудования, промышленный логический контроллер и персонального компьютера. Кроме того в систему автоматического управления входят оптоволоконные спектрометры, предназначенные для контроля толщины покрытия (2 шт.) и состава плазмы при реактивном магнетронном распылении (6 шт.).

5.2 Требования к показателям назначения

5.2.1 Выполняемые функции

Разрабатываемый опытный образец промышленной установки по нанесению теплосберегающих покрытий на полимерную пленку должен обеспечивать:

- откачку вакуумной камеры в автоматическом или ручном режимах с отображением журнала событий;
- напуск и распределение рабочих газов в требуемых соотношениях, а также автоматическое поддержание рабочего давления;
- изменение скорости перемещения полимерной пленки;
- управление выходными параметрами источников электропитания, в том числе в автоматическом режиме с обратной связью от спектрофотометров;
- выключение соответствующих устройств установки в случае аварийной ситуации (перегрев, отсутствие охлаждения, повышение давления и т.д.);

- управление процессом нанесения покрытий по программируемой оператором технологической карте.

5.2.2 Нормы и количественные показатели

5.2.2.1 Разрабатываемый опытный образец промышленной установки должен обеспечивать выпуск теплосберегающих покрытий в объеме не менее 1 000 000 м²/год;

5.2.2.2 Технологические источники должны обеспечивать однородность нанесения теплосберегающих покрытий по толщине не менее $\pm 2\%$;

5.2.2.3 Опытный образец промышленной установки должен обеспечивать нанесение теплосберегающих покрытий на полимерную пленку шириной 1200 \pm 30 мм;

5.2.2.4 Разрабатываемый опытный образец промышленной установки должен обеспечивать нанесение теплосберегающего покрытия с коэффициентом эмиссии на длине волны 10 мкм не более 0,15;

5.2.2.5 Разрабатываемый опытный образец промышленной установки должен обеспечивать нанесение теплосберегающего покрытия с прозрачностью в видимом диапазоне не менее 75 %;

5.2.3 Технические характеристики (параметры)

5.2.3.1 Электрическая мощность, потребляемая опытным образцом промышленной установки, не должна превышать 80 кВт;

5.2.3.2 Электрическая мощность, потребляемая технологическими источниками, не должна превышать 60 кВт;

5.2.3.3 Скорость перемещения полимерной пленки должна регулироваться в пределах от 1 м/мин до 50 м/мин;

5.2.3.4 Время вывода установки на рабочий режим не более 1 часа.

5.2.4 Требования к порядку и способам взаимодействия с сопрягаемыми объектами

Разрабатываемый опытный образец промышленной установки по нанесению теплосберегающих покрытий на полимерную пленку должен быть экологически безопасным, размещаться в отапливаемом помещении,

иметь стандартное подключение к системам водоснабжения, водоотведения и электросетям.

5.2.5 Требования к совместимости

По электромагнитной совместимости разрабатываемый опытный образец промышленной установки должен соответствовать требованиям ГОСТ Р 51317.6.1-99

5.2.6 Требования по мобильности

Разрабатываемый опытный образец промышленной установки должен быть выполнен в стационарном исполнении.

5.3 Требования к электропитанию

Электропитание разрабатываемого опытного образца промышленной установки должно осуществляться от трехфазной электросети 50 Гц 380/220 В $\pm 5\%$ (220В (+10%, -15%), 50Гц ($\pm 5\%$)) в соответствии с ГОСТ 13109-88).

5.4 Требования надежности

5.4.1 Требования по безотказности

Разрабатываемый опытный образец промышленной установки должен удовлетворять следующим требованиям:

- 1) вероятность безотказной работы всего оборудования не менее 0,9;
- 2) средняя наработка на отказ не менее 5000 часов;
- 3) среднее время восстановления не более 2 часов.

5.4.2 Требования по долговечности

Разрабатываемый опытный образец промышленной установки должен удовлетворять следующим требованиям:

- 1) ресурс между средними (капитальными) ремонтами не менее 5 лет;
- 2) ресурс до списания не менее 15 лет.

5.4.3 Требования по сохраняемости

Разрабатываемый опытный образец промышленной установки должен удовлетворять следующему требованию:

- 1) средний срок сохраняемости не менее 5 лет.

5.4.4 Критерии отказов и предельного состояния изделия

Предельным состоянием разрабатываемого опытного образца промышленной установки считают:

1) отказ одной или нескольких составных частей производства, восстановление или замена которых на месте эксплуатации не предусмотрена эксплуатационной документацией и должна выполняться в ремонтных органах;

2) снижение наработки на отказ ниже уровня, установленного требованиями п.5.4.1. настоящего технического задания;

3) превышение установленного уровня текущих (суммарных) затрат на техническое обслуживание и ремонты, определяющее экономическую нецелесообразность дальнейшей эксплуатации.

5.5 Конструктивные требования

5.5.1 Конструктивное исполнение входящих в разрабатываемый опытный образец промышленной установки узлов и систем, должно обеспечивать:

1) удобство эксплуатации;

2) возможность ремонта;

3) свободный доступ ко всем элементам, узлам и блокам, требующим регулирования, замены или обслуживания в процессе эксплуатации;

5.5.2 Разрабатываемая установка должна иметь блочно-модульную конструкцию;

5.5.3 Внешние электрические разъемы, а также соединители систем охлаждения и газонапуска должны иметь маркировку, позволяющую определить те части разъемов, которые подлежат соединению между собой. Ответные части одного и того же разъема должны иметь одинаковую маркировку. Маркировка должна наноситься на корпусах ответных частей разъемов на видном месте;

5.5.4 Конструкция элементов оборудования должна обеспечивать возможность работы с рулонами плёнки шириной до 1,2 м и диаметром до 0,3 м.

5.6 Требования по эргономике и технической эстетике

5.6.1 Все средства отображения информации, органы управления и внутреннего контроля разрабатываемого комплекта оборудования опытно-промышленного производства должны быть скомпонованы на лицевых панелях пультов управления в соответствии с требованиями к информационным моделям по ГОСТ 20.39.108.

5.6.2 Кодирование и компоновка средств отображения информации, органов управления на пультах управления, цветовое оформление лицевых панелей пультов разрабатываемого комплекта оборудования должны обеспечивать безошибочность и быстрдействие операторов, удобство и безопасность работы в любое время суток.

5.6.3 По эргономике и технической эстетике разрабатываемый комплект оборудования должен соответствовать требованиям ГОСТ 20.39.108.

5.7 Требования к эксплуатации, удобству технического обслуживания и ремонта

5.7.1 Требования к стойкости к внешним воздействующим факторам

Все элементы установки должны работать в закрытом отапливаемом помещении при температуре воздуха $+10 \div +30$ °С и относительной влажности воздуха не более 90%.

5.7.2 Требования к эксплуатационным показателям

5.7.2.1 Персонал, обслуживающий установку, должен пройти специальное обучение и быть допущенным к работе;

5.7.2.2 К обслуживанию установки должны допускаться лица, имеющие квалификационную группу по технике безопасности не ниже третьей и имеющие допуск к работе с электроустановками напряжением до 1000 В;

5.7.2.3 Разрабатываемый опытный образец промышленной установки должен обеспечивать непрерывный (круглосуточный) процесс нанесения покрытий с перерывами на регламентные работы не меньше, чем через каждые 14 суток;

5.7.2.4 Гарантийный срок разрабатываемого комплекта оборудования должен составлять не менее 5 лет.

5.7.3 Требования по ремонтпригодности

Требования к ремонтпригодности оборудования опытного образца промышленной установки – по РД 26.260.005-91.

5.8 Требования безопасности

5.8.1 Технические средства разрабатываемого комплекта оборудования по требованиям защиты человека от поражений электрическим током должны относиться к классу 1 и должны быть выполнены в соответствии с ГОСТ 12.2.007-0-75.

5.8.2 Разрабатываемый комплект оборудования установки при монтаже, наладке, обслуживании и ремонте должен соответствовать общим требованиям безопасности по ГОСТ 12.2.003-91 и ГОСТ 12.3.002-75.

5.8.3 Условия работы персонала разрабатываемого комплекта оборудования должны соответствовать санитарным нормам по СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.

5.8.4 Уровни шума и звуковой мощности в местах расположения персонала не должны превышать значений, установленных ГОСТ 12.1.003-83 и санитарными нормами.

5.8.5 Требования безопасности при монтаже, наладке, эксплуатации, обслуживании и ремонте разрабатываемого комплекта оборудования должны быть приведены в эксплуатационной документации.

5.9 Требования к упаковке и маркировке

5.9.1 Требования к упаковке

5.9.1.1 Упаковка узлов и агрегатов установки должна быть выполнена из прочных материалов и обеспечивать защиту от механических воздействий.

5.9.1.2 Упаковка узлов и агрегатов установки должна соответствовать требованиям ГОСТ 23170-78

5.9.1.3 Методы и средства консервации и упаковки должны соответствовать требованиям ГОСТ 9.014-78 и обеспечивать сохраняемость

без обслуживания в режимах и сроках, соответствующих п. 5.4.3 настоящего технического задания.

5.9.2 Требования к маркировке

5.9.2.1 Маркировка должна наноситься на несъемных частях в местах, доступных для обзора.

5.9.2.2 Надписи, цифры, буквы и знаки, нанесенные при маркировке, должны быть хорошо видны, и сохранять четкость в течение всего срока эксплуатации.

5.9.2.3 Маркировка упаковки для транспортирования должна содержать основные, дополнительные, информационные надписи и манипуляционные знаки “Штабелирование ограничено”, “Беречь от влаги”, “Хрупкое. Осторожно”

5.10 Требования к консервации, хранению и транспортированию

5.10.1 Составные части разрабатываемого комплекта оборудования должны храниться в упакованном виде в отопляемых и вентилируемых помещениях при температуре от +5 до +35 °С и относительной влажности воздуха не выше 80 % (при температуре +25 °С) при отсутствии в этих помещениях конденсации влаги, паров химически активных веществ и источников электромагнитных полей;

5.10.2 Срок хранения разрабатываемого комплекта оборудования в условиях отопляемых хранилищ в соответствии с паспортными данными на аппаратуру, но не менее 5 лет.

5.10.3 Транспортировка разрабатываемого комплекта оборудования должна осуществляться в разобранном по составным частям (модулям) виде в специальных ударопрочных контейнерах.

5.10.4 Разрабатываемого комплекта оборудования должен транспортироваться в упаковке в крытых вагонах или контейнерах железнодорожного или морского транспорта:

- 1) железнодорожным транспортом свыше 1000 км;
- 2) морским транспортом свыше 1000 км;

5.10.5 Условия транспортирования:

- 1) температура окружающей среды: от минус 50 до 50 °С;
- 2) относительная влажность до 95 % при температуре 30 °С;
- 3) атмосферное давление от 84 до 107 кПа (от 630 до 800 мм рт.ст.);
- 4) воздействие ударных нагрузок многократного действия с пиковым ускорением не более 15g (147 м/с²) при длительности действия ударного ускорения 10-15 мс.

5.10.6 Гарантийный срок хранения разрабатываемого комплекта оборудования в заводской упаковке в отапливаемом помещении – не менее 5 лет.

5.10.7 Подготовка к консервации и консервация должны производиться в соответствии с требованиями ГОСТ 9.014-78.

5.10.8 Упаковка должна производиться в частично разобранном виде и выполняться после консервации.

5.10.9 На разрабатываемом комплекте оборудования должна быть прикреплена таблица по ГОСТ 12969-67, на которой должно быть указано следующее:

- 1) наименование или товарный знак предприятия-изготовителя;
- 2) наименование прибора и обозначение модели;
- 3) дата выпуска.

5.11 Требования стандартизации, унификации и каталогизации

5.11.1 В составных частях разрабатываемого оборудования установки должна быть сведена к минимуму номенклатура используемых субблоков.

5.11.2 Конструктивы функциональных модулей должны быть унифицированы во всех составных частях разрабатываемого комплекта.

5.11.3 При электропитании составных частей разрабатываемого оборудования установки должно использоваться минимальное количество номинальных значений питающих напряжений.

6 Требования по видам обеспечения

6.1 Требования по программному обеспечению

6.1.1 Программное обеспечение, предназначенное для автоматизированного управления установкой, должно быть написано на языке программирования «Delphi»

6.1.2 Программное обеспечение должно иметь открытую, сертифицированную архитектуру построения в виде законченных алгоритмов и функциональных модулей

6.1.3 Разрабатываемый пакет программ должен работать под управлением операционной системы Windows XP на персональных компьютерах с размером оперативной памяти не менее 2 Гб и тактовой частотой процессора не менее 1,8 ГГц;

6.1.4 Интерфейс пользователя должен обеспечивать визуализацию рабочего процесса

6.1.5 Язык интерфейса пользователя – русский;

6.1.6 Программное обеспечение должно обеспечивать:

- ручное и автоматическое управление системами, входящими в состав вакуумной установки;
- ведение журнала событий;
- управление процессом нанесения покрытий в соответствии с технологической картой;
- защиту от ошибок оператора;
- автоматическое предотвращение выхода оборудования из строя в случае возникновения аварийных ситуаций.

7 Требования к документации

Техническая (конструкторская, технологическая, программная, эксплуатационная, ремонтная) документация должна соответствовать требованиям стандартов ЕСКД, ЕСТД, ЕСПД.

8 Технико-экономические требования

8.1 Разрабатываемый опытный образец промышленной установки по нанесению теплосберегающих покрытий на полимерную пленку должно обеспечить:

1) Создание унифицированного решения – тепловых экранов для организации уменьшения теплопотерь через светопрозрачные ограждающие конструкции существующих зданий;

2) Стимулирование внедрения и использования эффективных, оптимальных по стоимости методов энергосбережения и энергоэффективности в сфере ЖКХ;

3) Снижение теплопотерь через стандартные окна существующих зданий в 2 раза;

8.2 Тепловые экраны должны быть ориентированы на коммерческое применение в области создания энергосберегающих систем транспортировки, распределения и потребления тепла и электроэнергии и являться конкурентно-способными на мировом рынке.

8.3 Должны быть проведены маркетинговые исследования состояния рынка разрабатываемой продукции и разработано обоснование социально-экономической эффективности использования результатов проекта;

8.4 Должен быть разработан бизнес-план производства тепловых экранов.

9 Требования к патентной чистоте и патентоспособности

Патентная чистота на методы изготовления и конструктивные решения должна быть обеспечена в отношении Российской Федерации и стран, куда возможна поставка изделий, а также передача технической, информационной и другой документации.

10 Наименование этапов и выполняемые работы

Этап 1. Техническое предложение:

1.1 Разработка технического предложения, в том числе:

- 1) проработка результатов предшествующих НИР;
- 2) проработка результатов прогнозирования;
- 3) предварительные расчеты;
- 4) сравнительная оценка рассматриваемых вариантов;
- 5) изготовление и испытания макетов тепловых экранов;

б) обоснование и выбор оптимального варианта технического решения создания опытного образца промышленной установки по нанесению теплосберегающих покрытий на полимерную пленку.

1.2 Разработка технической документации в соответствии с согласованной комплектностью.

1.3 Оформление документации технического предложения в соответствии с ГОСТ 2.118-73, его рассмотрение и утверждение на научно-техническом совете.

1.4 Разработка бизнес-плана коммерциализации установки.

Этап 2. Эскизный и технический проекты:

2.1 Разработка эскизного проекта опытного образца промышленной установки, в том числе:

1) исследование, обоснование и формулировка назначения, области применения и основных технических характеристик элементов оборудования опытного образца промышленной установки;

2) конструкторская проработка вариантов возможных решений и выбор конструкции опытного образца промышленной установки.

3) проведение ориентировочных расчетов по показателям работоспособности, надежности изделия и экономическим показателям;

4) оценка опытного образца промышленной установки по показателям технологичности, стандартизации и унификации, эргономики и технической эстетики;

5) проверка соответствия вариантов требованиям техники безопасности и производственной санитарии.

2.2 Разработка конструкторской, эксплуатационной документации в соответствии с согласованной комплектностью.

2.3 Оформление документации эскизного проекта в соответствии с ГОСТ 2.119-73, его рассмотрение и утверждение на научно-техническом совете.

2.4 Разработка технического проекта, в том числе:

- 1) разработка конструктивных решений опытного образца промышленной установки и ее составных частей;
- 2) разработка и обоснование технических решений, обеспечивающих показатели надежности;
- 3) выполнение необходимых расчетов;
- 4) разработка, изготовление установки для нанесения низкоэмиссионных и солнцезащитных покрытий;
- 5) оценка соответствия опытного образца промышленной установки требованиям технического задания;
- 6) оценка технологичности изготовления.

2.5 Разработка конструкторской, программной и эксплуатационной документации в соответствии с согласованной комплектностью.

2.6 Оформление документации технического проекта в соответствии с ГОСТ 2.120-73, его рассмотрение и утверждение на научно-техническом совете.

2.7 Закупка необходимого технологического и контрольно-измерительного оборудования.

Этап 3. Разработка рабочей конструкторской документации:

- 3.1 Разработка конструкторской документации.
- 3.2 Разработка проектов ТУ и эксплуатационной документации.
- 3.3 Разработка проекта укрупненной технологической документации для изготовления опытного образца промышленной установки;
- 3.4 Экспертиза разработанной рабочей конструкторской документации.
- 3.5 Разработка программы и методик предварительных испытаний.
- 3.8 Проведение маркетинговых исследований.

Этап 4. Изготовление опытного образца и проведение предварительных испытаний:

- 4.1 Запуск и испытание установки для нанесения низкоэмиссионных и солнцезащитных покрытий;

4.2 Изготовление специального оборудования для проведения предварительных испытаний опытного образца промышленной установки.

4.3 Изготовление опытного образца теплового экрана.

4.4 Проведение предварительных испытаний опытного образца промышленной установки.

4.5 Корректировка РКД, РПД опытного образца промышленной установки по результатам предварительных испытаний, присвоение РКД литеры "О".

4.6 Доработка опытного образца промышленной установки в целом по результатам предварительных испытаний.

4.7 Разработка программы и методик приемочных испытаний.

4.8 Комплектация опытного образца промышленной установки технологическим и контрольным оборудованием

Этап 5. Проведение приемочных испытаний:

5.1 Подготовка РКД, РПД и опытного образца промышленной установки к приемочным испытаниям.

5.2 Проведение приемочных испытаний опытного образца промышленной установки.

5.3 Проверка и оценка проектов ТУ и ЭД.

5.4 Корректировка РКД, РПД, ЭД по результатам приемочных испытаний, присвоение РКД литеры "О1".

5.5 Доработка опытного образца промышленной установки по результатам приемочных испытаний.

5.6 Пуско-наладочные работы (ПНР) на серийном технологическом оборудовании.

Зав. ЛПЭ ИСЭ СО РАН,

к.ф-м.н. ЛПЭ ИСЭ СО РАН

Н.С. Сочугов

ПРИЛОЖЕНИЕ Б



ЗАКЛЮЧЕНИЕ по тепловизионному контролю светопрозрачных конструкций с низкоэмиссионной пленкой и без нее

НП «Региональным центром управления энергосбережением» в соответствии с договором от 11.01.2012г. № 01-ТО/12 об оказании услуг с ООО «Прикладная Электроника» проведен тепловизионный контроль и определение фактических значений сопротивления теплопередаче светопрозрачных конструкций с низкоэмиссионной пленкой и без нее. Результаты исследования приведены в таблице.

№ п.п	Наименование	Ед. измерения	Значение			
			Деревянное окно		Пластиковое окно	
			с низкоэмиссионной пленкой	без низкоэмиссионной пленки	с низкоэмиссионной пленкой	без низкоэмиссионной пленки
1	Сопротивление теплопередаче	$\frac{m^2 \cdot ^\circ C}{Вт}$	0,76	0,40	1,04	0,54
2	Среднечасовые потери теплоты через 1м ² окна за отопительный период	Вт	37,52	71,44	27,42	52,23
3	Потери теплоты через 1м ² окна за год	Гкал	0,2125	0,4047	0,1553	0,2958
4	Экономия тепловой энергии при нанесении низкоэмиссионной пленки на 1м ² окна	Гкал	0,1921		0,1405	
5	Экономия тепловой энергии при нанесении низкоэмиссионной пленки на 1м ² окна	%	47,5		47,5	

Эксперт НП «Региональный центр управления энергосбережением»

Т.В. Кабанова

Руководитель Экспертного Центра Системы ZOND, директор НП «Региональный центр управления энергосбережением»



М.И. Яворский

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Акт изготовления опытной партий теплосберегающей полимерной пленки

Федеральное государственное
бюджетное учреждение науки

**ИНСТИТУТ СИЛЬНОТОЧНОЙ
ЭЛЕКТРОНИКИ СИБИРСКОГО
ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ
АКАДЕМИИ НАУК
(ИСЭ СО РАН)**

Просп. Академический, д. 2/3, Томск, 634055

ДЛЯ ТЕЛЕГРАММ: ТОМСК-55, РАЗРЯД

Факс (3822) 492-410
Телефон (3822) 491-544
E-mail: contact@hcei.tsc.ru
<http://www.hcei.tsc.ru>

№ 15310-27/2321
_____ 2012 г.

УТВЕРЖДАЮ
Зам. директора ИСЭ СО РАН

_____ И.Ю. Турчановский

10 сентября 2012 г.

АКТ № 5

выполненных работ по изготовлению опытной партий теплосберегающей полимерной пленки

1. Основание: пункт 4.3.7 Технического задания к государственному контракту № 02.740.11.0760 от 12 апреля 2010 г.
2. Дата сдачи-приемки работ: 10 сентября 2012 г.
3. Таблица соответствия

	Характеристика	Затребовано	Изготовлено
1	Размер	1,2x40 м ² и более	соответствует
2	Суммарная площадь	1000 м ² и более	соответствует
3	Коэффициент эмиссии покрытия на длине волны 10 мкм	0,15 и менее	соответствует
4	Прозрачность пленки с покрытием в видимом диапазоне	75 % и более	соответствует

Члены приемной комиссии:

Зам. директора ИСЭ СО РАН по научной работе, д.т.н. Коваль Н.Н., зав. ЛПЭ ИСЭ СО РАН, к.ф.-м.н. Сочугов Н.С., н.с. ЛПЭ ИСЭ СО РАН, к.т.н. Работкин С.В.

Подписи членов комиссии:

Зам. директора ИСЭ СО РАН по научной работе, д.т.н. /Коваль Н.Н./

Зав. ЛПЭ ИСЭ СО РАН, к.ф.-м.н. /Сочугов Н.С./

Н.с. ЛПЭ ИСЭ СО РАН, к.т.н. /Работкин С.В./