

Научный центр «LJournal»

Рецензируемый научный журнал

# **Современные достижения научно-технического прогресса**

№1(6), Январь 2023

Peer-reviewed scientific journal  
«Modern achievements scientific and technological progress»  
January 2023, №1(6)



Самара, 2023

T33

**Рецензируемый научный журнал «Современные достижения научно-технического прогресса» №1(6), Январь 2023 - Изд. Научный центр «LJournal», Самара, 2023 - 24 с.**

**Peer-reviewed scientific journal «Modern achievements scientific and technological progress» January 2023, №1(6) - Scientific center "LJournal", Samara, 2023 - 24 pages.**

**doi журнала:** 10.18411/sdntp

**doi номера:** 10.18411/sdntp-01-2023

**Современные достижения научно-технического прогресса** - это рецензируемый научный журнал, в который включены результаты научных исследований из самых важных областей научных знаний.

Периодичность выхода журнала – 6 раз в год. Такой подход позволяет публиковать самые актуальные научные статьи и осуществлять оперативное обнародование важной научно-технической информации.

Информация, представленная в журнале, опубликована в авторском варианте. Орфография и пунктуация сохранены. Ответственность за информацию, представленную на всеобщее обозрение, несут авторы материалов.

Метаданные и полные тексты статей журнала передаются в наукометрическую систему ELIBRARY.

Электронные макеты издания доступны на сайте научного центра «LJournal» - <https://ljournal.org>

© Научный центр «LJournal»  
© Университет дополнительного профессионального образования

© Scientific center "LJournal"  
© The university of additional professional education

УДК 001.1  
ББК 60

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

**Чернопятов Александр Михайлович**  
Кандидат экономических наук, Профессор

**Ильященко Дмитрий Павлович**  
Кандидат технических наук

**Андреева Ольга Николаевна**  
Кандидат филологических наук, Доцент

**Попова Наталья Владимировна**  
Кандидат педагогических наук, Доцент

**Вражнов Алексей Сергеевич**  
Кандидат юридических наук

**Чебыкина Ольга Альбертовна**  
Кандидат психологических наук

**Мирошин Дмитрий Григорьевич**  
Кандидат педагогических наук, Доцент

**Овчинников Евгений Леонтьевич**  
Кандидат биологических наук

**Пузыня Татьяна Алексеевна**  
Кандидат экономических наук, Доцент

**Байрамова Айгюн Сеймур кызы**  
Доктор философии по техническим наукам

**Теплухин Владимир Клавдиевич**  
Доктор технических наук, Профессор

**Романова Ирина Валентиновна**  
Кандидат экономических наук, Доцент

**Гуткевич Елена Владимировна**  
Доктор медицинских наук

**Аширапов Баходурджон Пулотович**  
Кандидат филологических наук, Доцент

**Царгородцев Евгений Леонидович**  
Кандидат технических наук, доцент

**Дробот Павел Николаевич**  
Кандидат физико-математических наук, доцент

**Абасова Самира Гусейн кызы**  
Кандидат экономических наук, Доцент

**Ханбабаева Ольга Евгеньевна**  
Кандидат сельскохозяйственных наук, Доцент

**Ерыгина Анна Владимировна**  
Кандидат экономических наук, Доцент

**Петраш Елена Вадимовна**  
Кандидат культурологии

**Ефременко Евгений Сергеевич**  
Кандидат медицинских наук, Доцент

**Жичкин Кирилл Александрович**  
Кандидат экономических наук, Доцент

**Ларионов Максим Викторович**  
Доктор биологических наук, Доцент

**Лыгин Сергей Александрович**  
Кандидат химических наук, Доцент

**Шамутдинов Айдар Харисович**  
Кандидат технических наук, Профессор

**Хачатурова Карине Робертовна**  
Кандидат педагогических наук

**Григорьев Михаил Федосеевич**  
Кандидат сельскохозяйственных наук

## **СОДЕРЖАНИЕ**

<b>РАЗДЕЛ I. РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ .....</b>	<b>5</b>
<b>Цой Ю.И., Блинов А.К. Исследование влияния технологических факторов на качество лакокрасочного покрытия при отделке мебели .....</b>	<b>5</b>
<b>Цой Ю.И., Блинов А.К. Исследование совмещенных карбамидоформальдегидных клеев для склеивания мебели .....</b>	<b>7</b>
<b>РАЗДЕЛ II. МАШИНОСТРОЕНИЕ.....</b>	<b>9</b>
<b>Волков Д.В. Отроков А.В., Черных В.Г. Гринько Д.А., Гринько А.А., Миронова А.О., Богатырев А.Р. Аппаратное обеспечение тренажера машиниста горной машины.....</b>	<b>9</b>
<b>Котиц Д.А., Саламахина И.Г., Майстренко А.Г. Компьютерное моделирование формообразования сложнопрофильной поверхности при электрохимической обработке .....</b>	<b>13</b>
<b>РАЗДЕЛ III. ЭНЕРГЕТИКА .....</b>	<b>19</b>
<b>Панченко В.В., Ковалев М.А. Воздушно-лучистое отопление на базе двухконтурного теплогенератора с инфракрасными излучателями .....</b>	<b>19</b>

## РАЗДЕЛ I. РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Цой Ю.И., Блинов А.К.

### Исследование влияния технологических факторов на качество лакокрасочного покрытия при отделке мебели

Санкт-Петербургская Государственная художественно-промышленная академия им.  
А.Л.Штиглица  
(Россия, Санкт-Петербург)

doi: 10.18411/sdntp-01-2023-01

#### Аннотация

Проведены исследования по изучению влияния различных технологических и физических свойств уретано-алкидного лакокрасочного материала на физико-механические и эксплуатационные характеристики защитно-декоративного покрытия мебели. Анализ результатов проведенных исследований показал, что толщина лакокрасочного покрытия увеличивается пропорционально повышению расхода лака и его вязкости. Таким образом, путем регулирования этих технологических и физических свойств лакокрасочного материала можно обеспечить получение лакокрасочного покрытия с высокими физико-механическими и эксплуатационными характеристиками. Регулированием этих свойств лака можно улучшить процессы смачивания, растекания его по отделываемой поверхности, проникновения его в поры древесины, формирования необходимой толщины лакокрасочного покрытия и соответственно повысить прочность сцепления покрытия с древесиной, т.е. качество защитно-декоративной отделки мебели.

**Ключевые слова:** лакокрасочный материал, отделка, древесина, расход лака, вязкость, толщина покрытия.

#### Abstract

Studies have been conducted to study the influence of various technological and physical properties of urethane-alkyd paint and varnish material on the physical, mechanical and operational characteristics of the protective and decorative coating of furniture. Analysis of the results of the conducted studies showed that the thickness of the paint coating increases in proportion to the increase in the consumption of varnish and its viscosity. Thus, by regulating these technological and physical properties of the paint material, it is possible to obtain a paint coating with high physical, mechanical and operational characteristics. By regulating these properties of the varnish, it is possible to improve the processes of wetting, spreading it over the surface to be finished, penetrating it into the pores of wood, forming the necessary thickness of the paint coating and, accordingly, increase the adhesion strength of the coating with wood, i.e. the quality of protective and decorative furniture finishing.

**Keywords:** paint and varnish material, finishing, wood, varnish consumption, viscosity, coating thickness.

Улучшение потребительских свойств и эстетического уровня различных изделий из древесины, расширение их ассортимента неразрывно связано с применением современных высокоэффективных отделочных композиций и передовых технических и технологических решений. В настоящее время для защитно-декоративной отделки мебели используются различные отделочные материалы, как традиционные, так и новые полимерные лакокрасочные и пленочные композиции, обеспечивающие высокие эксплуатационные и декоративные характеристики покрытий. Повышение качества лакокрасочных покрытий достигается не только применением новых отделочных составов с улучшенными свойствами, но и разработкой эффективных путей регулирования процесса получения защитно-декоративных покрытий. Реализация всех этих проблем требует широкого внедрения инженерного и научного

подхода к решению вопросов современного производства, базирующихся на фундаментальных физико-химических законах, характеризующих процесс формирования лакокрасочного покрытия. В связи с этим можно сказать, что совершенствование технологии защитно-декоративной отделки мебели из древесины и древесных материалов требует физических, химических и технологических знаний, как об используемых материалах, так и о различных процессах, имеющих место при их применении. Авторами были проведены исследования влияния некоторых физических и технологических свойств уретано-алкидного лака на качество покрытия. Критерием оценки качества отделки мебели была принята толщина лакокрасочного покрытия. Результаты этих исследований приведены в табл.1, 2.

Таблица 1

*Изменение толщины лакокрасочного покрытия при различной вязкости и расходе лака.*

	Условная вязкость лака, сек.					Расход лака, г/м <sup>2</sup>
	25	30	35	40	45	
Толщина покрытия, мкм	100	102	105	108	120	120
	72	74	76	78	80	110
	63	65	67	72	74	100

Таблица 2

*Изменение толщины лакокрасочного покрытия при различном расходе лака и его вязкости.*

	Расход лака, г/м <sup>2</sup>					Вязкость лака, сек
	100	105	110	115	120	
Толщина покрытия, мкм	75	74	80	95	115	45
	70	70	75	90	109	35
	65	63	70	85	102	25

Как показывает анализ результатов проведенных исследований, толщина лакокрасочного покрытия увеличивается пропорционально повышению расхода лака и его вязкости, т.е. путем регулирования этих технологических и физических свойств лакокрасочного материала можно обеспечить получение защитно-декоративного покрытия с высокими физико-механическими и эксплуатационными характеристиками. Регулированием этих свойств лака можно улучшить процессы смачивания, растекания его по отделяемой поверхности, проникновения его в поры древесины, формирования необходимой толщины лакокрасочного покрытия и соответственно прочности сцепления покрытия с древесиной, т.е. качество защитно-декоративной отделки мебели во многом связано с этими факторами.

\*\*\*

1. Онегин В.И. Формирование лакокрасочных покрытий древесины В.И.Онегин.-Л.:ЛГУ,1983.-148 с.
2. Москвитин Н.К.Физико-химические основы процессов склеивания и прилипания.-М.:Лесн.пром-сть, 1974.-192 с.
3. Цой Ю.И., Коваленко И.В. Физико-химические основы процессов отделки // сост.Ю.И,Цой,И.В.Коваленко.СПб.,СПбГЛТУ,2018.-20 с.

Цой Ю.И., Блинов А.К.

## Исследование совмещенных карбамидоформальдегидных клеев для склеивания мебели

Санкт-Петербургская Государственная художественно-промышленная академия

им.А.Л.Штиглица

(Россия, Санкт-Петербург)

doi: 10.18411/sdntp-01-2023-02

### Аннотация

Проведены исследования совмещенных карбамидоформальдегидных клеев с поливинилацетатной дисперсией, которые широко применяются в мебельном производстве, как при облицовывании плитных материалов, так и при изготовлении мебельных щитов из массивной древесины. Установлено, что показатель концентрации водородных ионов совмещенного клея после введения отвердителя изменяется в более кислую среду как при увеличении температуры клея, так и при увеличении продолжительности выдержки после его приготовления. Кроме того, повышение температуры смолы приводит к снижению ее вязкости. Изменение этих показателей приводит к увеличению скорости структурирования клея, скорости и числа контактов реакционноспособных точек макромолекул смолы, связанное с повышением подвижности макромолекул клея. В связи с этим для обеспечения высокой прочности клеевого соединения древесины, отвечающей нормативным требованиям, необходимо соблюдать оптимальное соотношение между указанными факторами при разработке рационального режима склеивания.

**Ключевые слова:** совмещенные клеи, показатель концентрации водородных ионов, реакционная способность клея, прочность склеивания древесины.

### Abstract

Studies of combined urea-formaldehyde adhesives with polyvinyl acetate dispersion have been carried out, which are widely used in furniture production, both in the cladding of slab materials and in the manufacture of furniture panels made of solid wood. It was found that the concentration of hydrogen ions of the combined adhesive after the introduction of the hardener changes into a more acidic environment both with an increase in the temperature of the adhesive and with an increase in the duration of exposure after its preparation. In addition, an increase in the temperature of the resin leads to a decrease in its viscosity. A change in these indicators leads to an increase in the rate of glue structuring, the speed and number of contacts of reactive points of resin macromolecules, associated with an increase in the mobility of glue macromolecules. In this regard, in order to ensure high strength of the adhesive joint of wood that meets regulatory requirements, it is necessary to observe the optimal ratio between these factors when developing a rational bonding regime.

**Keywords:** combined adhesives, hydrogen ion concentration index, glue reactivity, wood bonding strength.

Развитие современной мебельной промышленности характеризуется непрерывными количественными и качественными изменениями. Эти изменения относятся как к ассортименту выпускаемой продукции и ее качеству, так и к технологии и технике производства. На мебельных предприятиях постоянно осваивается выпуск новых изделий и полуфабрикатов, внедряются современные технологические процессы, основанные на применении новых материалов и оборудования. Успешное решение всех этих задач напрямую связано с эффективным и грамотным использованием научного подхода, основанного на всестороннем исследовании отдельных технологических и научных вопросов. Целью наших исследований являлось изучение физико-химических свойств совмещенных карбамидоформальдегидных клеев (КФ-О) с поливинилацетатной дисперсией (ПВА-STAFF), широко используемых в мебельной промышленности. Были изучены физико-химические свойства модифицированного карбамидоформальдегидного клея, а именно, изменение его

показателя концентрации водородных ионов от продолжительности выдержки клея после введения отвердителя и температуры клея.

Результаты этих исследований представлены в табл.1, 2.

Таблица 1

Значения показателя концентрации водородных ионов клея при различных температурах клея и продолжительности выдержки после введения отвердителя.

		Температура клея, °С				
		20°С	25°С	30°С	35°С	
Продолжительность выдержки клея после введения отвердителя, мин	0	4,8	4,4	4,2	4,1	Значения показателя концентрации водородных ионов
	5	4,4	4,2	4,0	3,8	
	10	4,1	4,0	3,8	3,2	
	20	3,8	3,6	3,0	-	
	30	3,7	3,4	2,2	-	
	40	3,6	3,0	-	-	
	50	3,3	2,6	-	-	

Таблица 2

Изменение вязкости смолы при различных температурах.

		Начальная вязкость смолы по ВЗ-246, сек.			
		25	50	110	
Температура смолы, °С	20	23	45	100	Вязкость смолы по ВЗ-246, сек
	30	18	25	60	
	40	13	18	40	
	50	14	18	29	

Как показывает анализ результатов исследований, показатель концентрации водородных ионов совмещенного клея после введения отвердителя изменяется в более кислую среду как при увеличении температуры клея, так и при увеличении продолжительности выдержки после его приготовления. Кроме того, повышение температуры смолы приводит к снижению ее вязкости. Изменение этих показателей приводит к увеличению скорости структурирования клея, скорости и числа контактов реакционноспособных точек макромолекул смолы, связанное с повышением подвижности макромолекул клея. В связи с этим для обеспечения высокой прочности клеевого соединения древесины, отвечающей нормативным требованиям, необходимо соблюдать оптимальное соотношение между указанными факторами при разработке рационального режима склеивания.

\*\*\*

1. Куликов В.А., Чубов А.Б. Технология клееных материалов и плит. - М.: Лесн.пром-сть, 1984.-344с
2. Методы и средства научных исследований: методические указания //сост. А.Б. Чубов, Е.Г. Кузнецова. СПб., СПбГЛТУ, 2016.-32 с.
3. Доронин Ю.Г. и др. Синтетические смолы в деревообработке.-М.:Лесн.пром- сть,1987.- 224 с.

## РАЗДЕЛ II. МАШИНОСТРОЕНИЕ

**Волков Д.В., Отроков А.В., Черных В.Г., Гринько Д.А., Гринько А.А., Миронова А.О.,  
Богатырев А.Р.**

**Аппаратное обеспечение тренажера машиниста горной машины**

*Южно-Российский государственный технический университет  
(Россия, Новочеркасск)*

doi: 10.18411/sdntp-01-2023-03

### **Аннотация**

Обучающие тренажеры прочно заняли свое место в сфере подготовки водителей и машинистов горных машин, позволяющие довести до автоматизма операционные навыки. В последние годы в такие тренажеры оборудуются подвижными платформами с целью добавления обратной связи от положения виртуальных машин, что позволяет дополнить получаемую информацию об окружающей среде как машиниста горной машины.

**Ключевые слова:** тренажер, динамическая платформа, контроллер.

### **Abstract**

Training simulators have firmly take their place in the field of training operators of mining machines, which make it possible to bring operational skills to automaticity. In recent years, such simulators are equipped with motion platforms in order to add feedback of the virtual machines position, which makes it possible to supplement the information a operator receiving about the environment.

**Keywords:** simulator, dynamic platform, controller.

В последнее десятилетие в сфере подготовки рабочих профессий свое место прочно занимают компьютерные тренажеры. Ядром таких тренажеров выступает персональный компьютер с программой, имитирующей окружающую среду будущего работника. При этом, когда речь идет о подготовке машинистов различных машин, перемещающихся в пространстве, то такие тренажеры желательно оснащать системой обратной двигательной связи или динамическими платформами, разработка которых представляет ныне актуальную задачу.

В качестве ближайших аналогов разрабатываемого динамического тренажера взяты серийно выпускаемые тренажеры горных машин, например, [1-7].

Принято решение о разработке тренажера с двумя степенями свободы (2DOF — 2 degrees of freedom). Для их реализации достаточно использования двух приводов (актуаторов), размещенных по бокам платформы.

### **Выбор приводов**

В качестве привода наклона платформы тренажера были рассмотрены следующие варианты:

- 1) линейный комплектный электропривод на основе «электрического цилиндра»;
- 2) привод на основе кривошипно-шатунного механизма;
- 3) линейный привод с двигателем постоянного тока;
- 4) привод на основе шарико-винтовой пары и комплектного сервопривода по проекту SFX-100;
- 5) совмещение элементов вышеуказанных вариантов.

*Линейный комплектный электропривод на основе «электрического цилиндра»* представляет из себя единое устройство, состоящее из шарико-винтовой пары, преобразующей вращательное движение электродвигателя в поступательное, синхронного серводвигателя с установленным на валу энкодером и электронного преобразователя с системой управления,

составляющей комплектный сервопривод. Фактически, данный привод заменяет собой гидроцилиндр с системой управления перемещением [7].

К основным достоинствам следует отнести линейное перемещение выходного звена, что позволяет просто совмещать его с конструкцией платформы, а также развитые способы управления сервоприводом (по положению штока, скорости, ускорению).

Недостатки очевидны: необходима калибровка (поиск исходной позиции, homing) после включения, высокая стоимость, трудности с приобретением.

*Привод на основе кривошипно-шатунного механизма* состоит из электродвигателя, редуктора с большим передаточным отношением, на выходном валу которого закреплен кривошип с тягой (шатунном), передающей поступательное движение на платформу. [8]

Несмотря на высокую нелинейность такого привода он широко распространен в существующих разработках динамических платформ, изготавливаемых самостоятельно геймерами. Для снижения нелинейности угол поворота выходного вала редуктора ограничивают 30-45° суммарно в обе стороны.

В таком приводе, как правило, используются электродвигатели постоянного тока с постоянными магнитами, мощностью до 600-1000 Вт на напряжение 12-36 В. В качестве обратной связи по положению привода используется датчик угла поворота – потенциометр, соединенный с выходным валом редуктора. Вместо потенциометра возможно использование датчиков Холла (или иных датчиков магнитного поля) с электронной схемой, вырабатывающей выходное напряжение, пропорциональное углу поворота вала. Такой датчик обладает большей надежностью и механическим ресурсом при существенно более высокой стоимости.

*Линейный привод с двигателем постоянного тока* [9] представляет собой комплектное устройство, содержащее приводной электродвигатель, редуктор и преобразователь вращательного движения в поступательное на основе пары винт-гайка. Изначально подобные приводы предназначены для использования в качестве исполнительных устройств в системах автоматизации для линейного перемещения каких-либо объектов: открытия шиберов, клапанов, затворов. Поэтому скорость перемещения штока ограничена и возможен большой люфт по сравнению с другими типами приводов. Для управления таким приводом его необходимо дооснастить датчиком положения выходного звена, что может быть затруднено с технической точки зрения.

К достоинствам относится высокий уровень надежности механической части и компактность.

*Привод на основе шарико-винтовой пары и комплектного сервопривода* (проект SFX-100) [10] представляет собой попытку реализации аналога электропривода на основе «электрического цилиндра» с использованием более доступных компонентов. В его основе лежит комплектный сервопривод, содержащий специализированный электродвигатель.

Особенностью данного варианта привода является отличие в способе управления. Так как в приводе имеется сервоконтроллер с собственной системой управления, он может реализовывать различные способы управления, в том числе аналогичные управлению «электрическим цилиндром» по положению, скорости, ускорению с прямым цифровым заданием через интерфейс связи. Основным типом интерфейса связи, применяемым в недорогих сервоконтроллерах, является RS-485 с протоколом Modbus RTU. Возможно также управление с помощью импульсных сигналов Step и Dir, подаваемых на соответствующие дискретные входы. Такое управление делает привод подобным приводу с шаговым двигателем. Именно такой способ управления рекомендован разработчиками проекта SFX-100 и для его осуществления предлагается использовать один из контроллеров управления, который принимает задания от компьютера по интерфейсу USB и формирует сигналы Step и Dir для всех приводов (степеней свободы) платформы. Существует несколько моделей таких контроллеров, но все они являются закрытыми (исходный текст программы недоступен) коммерческими разработками.

К недостаткам привода по проекту SFX-100 можно отнести необходимость изготовления (или заказа) специализированных деталей и специфический способ управления,

требующий разработки либо покупки контроллера, связывающего приводы с компьютером. Также применение инкрементного энкодера требует производить поиск начального положения привода после его включения.

### **Реализация привода динамической платформы**

Учитывая недостатки рассмотренных выше вариантов, было решено разработать привод, сочетающий элементы разных вариантов с целью совмещения их положительных качеств.

За основу была взята схема привода по проекту SFX-100, однако вместо сервопривода используется двигатель постоянного тока, аналогично приводам на основе кривошипно-шатунного механизма. В таком гибридном приводе реализуется компактность, простота управления двигателем, низкое напряжение питания двигателей, отсутствие необходимости в начальной калибровке в результате применения абсолютных датчиков положения.

К недостаткам варианта относится необходимость разработки конструкции и установки датчика обратной связи по положению, потребность в блоках питания низкого напряжения для двигателей.

Управление таким приводом осуществляется через программно-аппаратный контроллер. Среди существующих разработок наиболее известна программа SMC3 [11], исполняемая на микроконтроллере Atmega328P платы Arduino UNO. Плата подключается к компьютеру через встроенный интерфейс USB, на основе которого реализуется виртуальный последовательный порт, соединенный с аппаратным интерфейсом UART микроконтроллера. Для соединения с датчиком обратной связи используется встроенный аналого-цифровой преобразователь микроконтроллера, который принимает напряжение от 0 до 5 В (напряжение питания), пропорциональное положению выходного вала редуктора.

Программное обеспечение контроллера осуществляет управление положением привода и содержит контур автоматического регулирования с ПИД-регулятором положения (регулирование одноконтурное). Регулятор работает по отклонению между заданным значением положения и показаниями датчика обратной связи. Сигнал задания передается в цифровом виде через UART в виде целого числа. Частота передачи сигналов задания определяется со стороны компьютера и для получения равномерного движения должна быть достаточно большой.

Достоинства такого управления – простота реализации, недорогие компоненты, наличие опыта применения в существующих конструкциях.

### **Управление приводами динамического тренажера**

Динамический тренажер оснащается приводами в количестве от двух до шести в зависимости от реализуемого количества степеней подвижности платформы. Приводы через контроллер получают сигналы на приведение подвижной платформы тренажера в положение, аналогичное подвеске симулируемой на компьютере подвижной машины.

Анализ опыта построения систем симуляции показывает, что основным способом получения такой информации является телеметрия, т. е. информация о положении моделируемого объекта, генерируемая с частотой 50-200 Гц. Тогда переработка телеметрии в управляющие сигналы на привод должна осуществляться дополнительной программой, располагаемой «между» программой-симулятором и контроллером привода. Достоинство такого способа заключается в универсальности и масштабируемости.

Другим способом управления является обработка информации о положении непосредственно в самой моделирующей программе. Тогда реализация моделирующей программы становится зависимой от архитектуры динамического тренажера, при изменении которой необходимо вносить исправления во все программы, моделирующие различные машины.

Сущность алгоритма обработки заключается в следующем:

- 1) преобразование системы единиц измерения, применяемых в модели объекта, к системе платформы. Такое преобразование может потребоваться в случае необходимости масштабирования параметров модели объекта к параметрам платформы, а также для учета возможностей системы привода реального динамического тренажера;
- 2) координатные преобразования от параметров модели к требуемым положениям приводов платформы. Основная причина потребности в координатных преобразованиях заключается в различиях кинематических схем моделируемого объекта и динамического тренажера, в результате чего перемещение платформы по какой-либо оси модели требует совместной работы нескольких приводов.

Полученные в результате переработки телеметрии команды управления передаются приводам платформы тем или иным способом, например, через сеть. Управление сервоприводом через сеть связи является одним из наиболее логически простых способов реализации. Применимо в случае, когда на приводах осей используются комплектные сервоприводы, поддерживающие управление по той или иной сети связи. Для этого используется либо сеть Ethernet, либо один из вариантов промышленной сети: RS-485, CAN.

Альтернативой является интерфейс Step Dir – фактический стандарт управления сервоприводами различных механизмов, в частности, станков с ЧПУ. Большинство современных сервоприводов поддерживают интерфейс Step Dir для совместимости с системами управления шаговыми двигателями.

В то же время, данный интерфейс имеет недостаток – требуется формирование шаговых импульсов, число которых определяет требуемое положение, а период следования определяется скоростью и должен плавно изменяться, но в весьма широких пределах. Качественное формирование таких импульсов возможно, фактически, только аппаратным способом с помощью специально разработанного устройства, работающего по командам от компьютера. Примером такого устройства является контроллер Thanos АМС [12].

Другим вариантом является использование специального управляющего контроллера. Фактически, такой контроллер представляет собой многоосный серводрайвер с управлением от компьютера. Известной реализацией такого контроллера является проект SMC3. Контроллер по этому проекту построен на базе платы Arduino (микроконтроллер ATmega328P) и предназначен для одновременного управления до трех двигателей постоянного тока с обратной связью по положению. Управление двигателями осуществляется по цепи якоря с помощью встроенных ШИМ-модулей микроконтроллера и внешних мостовых драйверов-усилителей. Обратная связь по положению осуществляется с помощью потенциометра или другого датчика, способного вырабатывать напряжение, пропорциональное положению, которое подается на вход АЦП микроконтроллера.

Достоинства: относительная простота аппаратной части, применение недорогих двигателей и преобразователей, управление через постоянные промежутки времени простыми командами, которые с малыми затратами могут быть сформированы со стороны компьютера.

Недостатки: упрощенный регулятор положения, который заметно отличается от регуляторов, используемых в промышленных сервоприводах; сравнительно низкая точность установки положения (10 бит АЦП).

### **Выводы**

Применение динамических тренажеров в образовательном процессе позволяет повысить вовлеченность обучаемого в процесс обучения реализацией еще одного канала обратной связи

об управляемом объекте в дополнение к «стандартно» реализуемой аудио-визуальной информации.

Таким образом, совершенствование и стандартизация подвижных платформ динамических тренажеров и систем их управления позволит снизить стоимость и сложность их применения в образовательном процессе.

\*\*\*

1. ThoroughTEC simulation: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.thoroughtec.com/>. (Дата обращения: 15.12.2022).
2. 5dt - FIFTH DIMENSION TECHNOLOGIES: [Электронный ресурс]. URL: <https://5dt.com/>. (Дата обращения: 15.12.2022).
3. Forward: [Электронный ресурс]. URL: <https://autotrenajer.ru/>. (Дата обращения: 15.12.2022).
4. OPEREX: [Электронный ресурс]. URL: <https://operex.ru/>. (Дата обращения: 15.12.2022).
5. Учебная техника — Профи: [Электронный ресурс]. URL: [https://labstand.ru/catalog/gornye\\_mash](https://labstand.ru/catalog/gornye_mash). (Дата обращения: 15.12.2022).
6. БК-студия: [Электронный ресурс]. URL: <https://bk-s.pro/catalog/gornoe-delo>. (Дата обращения: 15.12.2022).
7. Tritex T2X AC Linear Actuator: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.cw-actuation.com/en-gb/products/intelligent-drive-motor-actuators/tritex-ii%C2%AE-ac-linear-actuator>. (Дата обращения: 15.12.2022).
8. Строим motion simulator из палок и синей изоляты: [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/post/219975/>. (Дата обращения: 15.12.2022).
9. Линейные актуаторы: руководство по использованию: [Электронный ресурс]. URL: <https://wiki.iarduino.ru/page/actuator-linear/>. (Дата обращения: 15.12.2022).
10. The SFX-100 Actuator: [Электронный ресурс]. URL: <https://opensfx.com/about-the-sfx-platform/#sfx-100>. (Дата обращения: 15.12.2022).
11. SMC3 Arduino 3DOF Motor Driver and Windows Utilities: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.xsimulator.net/community/threads/smc3-arduino-3dof-motor-driver-and-windows-utilities.4957/>. (Дата обращения: 15.12.2022).
12. Thanos Motion Controller: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.thanos-motion.com/products/thanos-amc-controller-rgb-v1-4/>: (Дата обращения 15.12.2022).

**Котиц Д.А., Саламахина И.Г., Майстренко А.Г.**

### **Компьютерное моделирование формообразования сложнопрофильной поверхности при электрохимической обработке**

*Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко  
(Молдавия, Тирасполь)*

*doi: 10.18411/sdntp-01-2023-04*

#### **Аннотация**

В данной работе были проведены исследования по изучению одного из методов локализации рассеивающихся токов, а именно метода катодной защиты. Разработана методика использования программного пакета ANSYS для моделирования электрических полей в двух- и трехэлектродных ячейках. Обработка таких материалов успешно осуществляется электрическими методами.

**Ключевые слова:** электрохимическая обработка, электрод-инструмент, программное обеспечение ANSYS, метод локализации, катодная защита.

#### **Abstract**

In this paper, studies have been conducted to study one of the methods of localization of dissipating currents, namely the method of cathodic protection. A method of using the ANSYS software package for modeling electric fields in two- and three-electrode cells has been developed. Processing of such materials is successfully carried out by electrical methods.

**Keywords:** electrochemical processing, tool electrode, ANSYS software, localization method, cathodic protection.

Традиционные технологии сверления – обработка резанием, во многих случаях позволяет быстро и эффективно достичь желаемого результата, однако при обработке сверхтвердых материалов нагрузка на инструмент значительно возрастает, еще одной проблемой является обработка поверхности с полостями. Именно пробивка отверстий электрохимическими методами предоставляет широкие возможности и обеспечивает высокую экономическую эффективность обработки очень твердых материалов, значительно увеличивается время службы катодного инструмента, практически без его износа, а скорость подачи достигает 5 мм/мин.

Использование жаропрочных и жаростойких сплавов для изготовления высоконагруженных деталей с целью повышения долговечности и надежности технической системы, что приводит к сложным технологическим проблемам, связанным как с обрабатываемостью этих материалов, так и с возможностью получения высококачественного функционирующего технического объекта.

В данной работе рассматривается ряд вопросов, связанных с этапами проектирования и исследования высокоуровневой модели закономерностей распределения электрических потенциалов в электрохимической ячейке, а также особенностей анодного растворения поверхностей изделий.

Основой большинства методов, реализуемых на основе анодного растворения поверхности заготовки путем электрохимической размерной обработки, является формирование поверхности заготовки методом объемного копирования – зеркального отображения на заготовке формы и размеров электрода-инструмента, который является катодом [1]. Такой подход, предусматривающий конструирование катода по специальной методике, используется при обработке отверстий, объемном копировании, калибровке.

Для проектирования оптимальных технологий электрохимических методов перспективным направлением является использование высокоуровневых математических компьютерных моделей с целью выбора наиболее благоприятных режимов обработки. Протекание тока через границу электрод-электролит как границу между двумя телами разной проводимости сопровождается электрохимической реакцией, которая связана с процессом восстановления на катоде и окислением веществ на аноде. Задача, решенная в программном пакете ANSYS, является обобщенной, поскольку учитывает реальные электродные процессы на аноде и катоде.

Программный пакет ANSYS основан на методе конечных элементов (англ. FEM, рус. МКЭ) и эффективен в своих инструментах. Версия программного обеспечения 2019 (ANSYS Student 19 R3) [2] объединяет и соединяет 30 модулей, каждый из которых реализует подходящую математическую модель и численные методы для решения конкретной физической задачи. Метод конечных элементов является эффективным численным методом для решения инженерных и физических задач. Предполагается, что исследуемый объект рассматривается как совокупность отдельных конечных элементов [3, 4]. Основные идеи МКЭ заключаются в следующем:

- Любые непрерывные величины, такие как перемещение, температура, давление и т.д., могут быть аппроксимированы дискретной моделью. Построение модели основано на наборе кусочно-непрерывных функций, определенных на конечном числе подобластей - элементов (конечных элементах);
- Кусочно-непрерывные функции определяются с использованием значений непрерывной величины в конечном фиксированном числе точек рассматриваемой области. Эти точки называются узлами;
- Значение непрерывного значения в каждой узловой точке считается переменной, которая должна быть определена;
- Непрерывное значение аппроксимируется для каждого элемента функцией, которая определяется с использованием узловых значений этого значения. Непрерывность величины сохраняется вдоль границ элемента;



На рисунке 2 линии 5-4, 5-6 - поверхности катода, 1-2 - поверхности анода, область, ограниченная точками (1,2,3,5,7,8), представляет собой электропроводящую среду (электролит, в этой модели область, наложенная на сетку для расчета методом конечных элементов), 6-7 - поверхность изолятора. Нагрузки в виде электрического напряжения прикладываются вдоль линий 1-2, 5-4, 5-6 моделируемого участка, поэтому предельный потенциал вдоль этих линий предполагается равным:

- φ<sub>1-2</sub>=+15 В – анод (заготовка),
- φ<sub>4-12</sub>=φ<sub>4-9</sub>=0 В – катод (электрод инструмент)

**Исходные данные для проектирования:**

Геометрические параметры модели: D<sub>p</sub>=0,007 м; H=0,0005м; Div=0,001м; Δ=0,0005 м; D<sub>i</sub>=0,0024 м.

Удельное сопротивление электролита 5% раствор KCl при t=18°C (удельная проводимость согласно справочным данным равна 0,069 Ом·л·см<sup>-1</sup>, при t=18°C):

$$R_0 = \frac{1}{0,069 \cdot 100} = 0,1449 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

R<sub>0</sub>=0,1449 Ом·м.

По линии 6-7 моделируемая область граничит с диэлектриком, через эту границу не проходит ток, следовательно, в соответствии с законом Ома граничное условие можно записать так:

$$\frac{d\phi}{dx} = 0$$

Для дальнейшего исследования, создается геометрическая математическая модель процесса электрохимической прошивки отверстий (рис. 3).

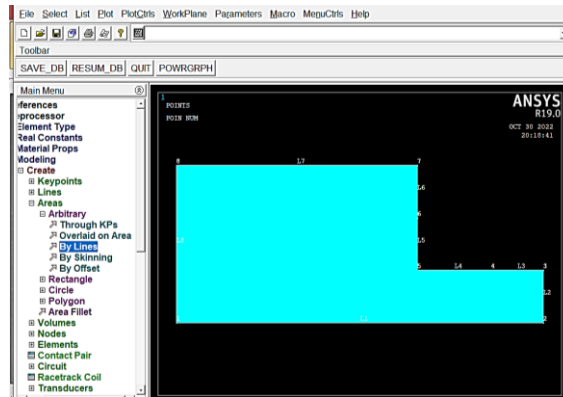


Рисунок 3. Геометрическая модель процесса электрохимического прошивания отверстий.

После определения всех граничных условий и расчетов создается схема распределения потенциала в модельной области (рис. 4).

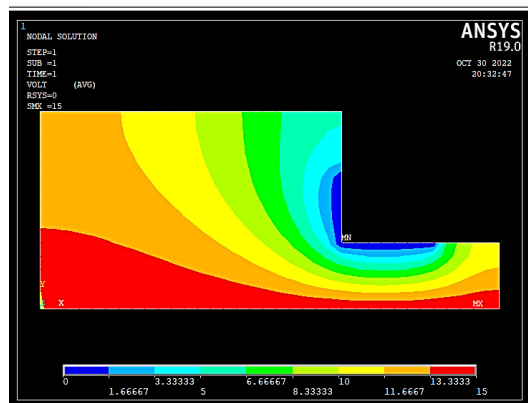


Рисунок 4. Распределение потенциала в межэлектродном промежутке и прилегающей области без использования протектора.

Из диаграммы (рис.4) распределения потенциала видно, что изопотенциальные линии имеют изогнутую форму, их наклон увеличивается к периферии. Это указывает на наличие токов, рассеяние которых в реальных условиях электрохимической обработки приводит к появлению травления на необработанных поверхностях. Существует несколько методов обнаружения рассеивающих токов. Одним из них является метод катодной защиты. Этот метод получил свое название благодаря введению в стандартную схему электрохимической обработки дополнительного защитного электрода, состоящего из катода (электрод инструмента) и анода (заготовка). С введением дополнительного элемента - протектора - мы получаем модель электрохимической ячейки с тремя электродами. В то же время при настройке исходных данных значение напряжения защиты должно отличаться от нуля (рис. 5-8).

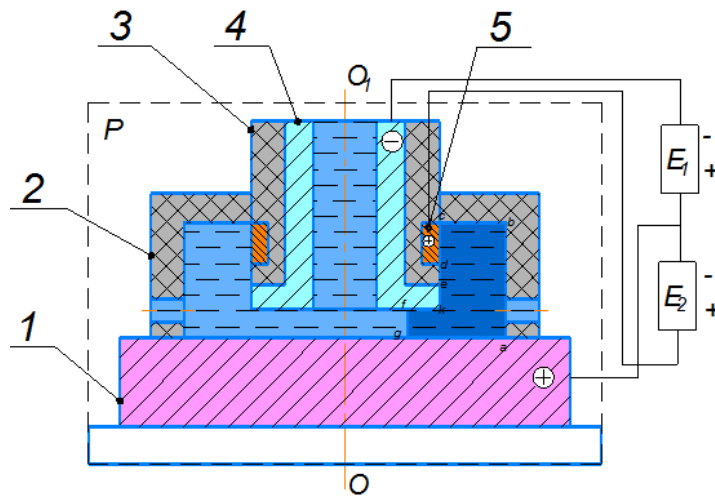


Рисунок 5. Схема прошивки отверстия методом ЭХО:

1 – деталь (анод); 2 – камера поддавливания; 3 – изоляция; 4 – электрод-инструмент (катод); 5 – протектор; abcdefg – исследуемое электрическое поле.

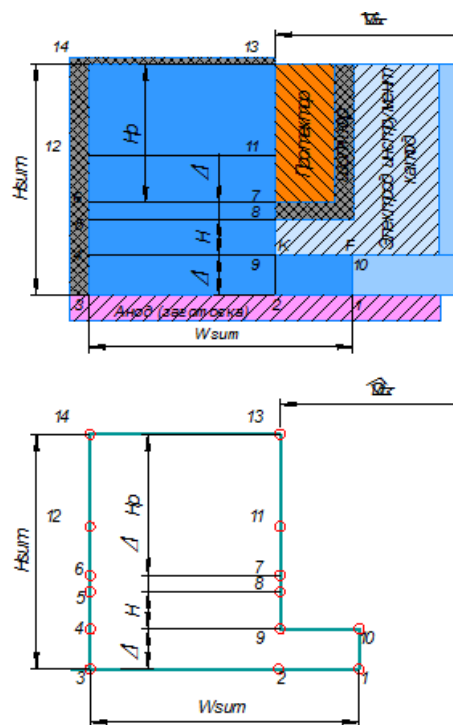


Рисунок 6. Схема для расчета распределения потенциалов в программе ANSYS с использованием протектора. 1-3 – поверхность анода, 8-9, 9-10 – поверхность катода, 7-8 – поверхность изолятора, 7-13 – поверхность протектора, -область, ограниченная точками (1,3,14,13,9,10) – электропроводящая среда (в реальной ЭХО-электролит, в настоящей модели область, на которую накладывается сетка для расчета методом конечных элементов.

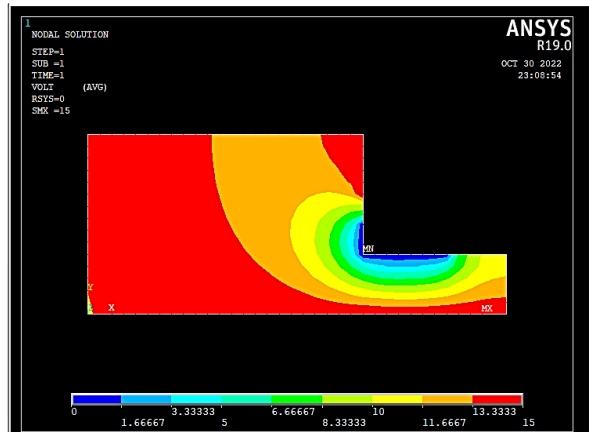


Рисунок 7. Распределение потенциалов в межэлектродном зазоре и прилегающей области при напряжении анода и протектора +15 В.

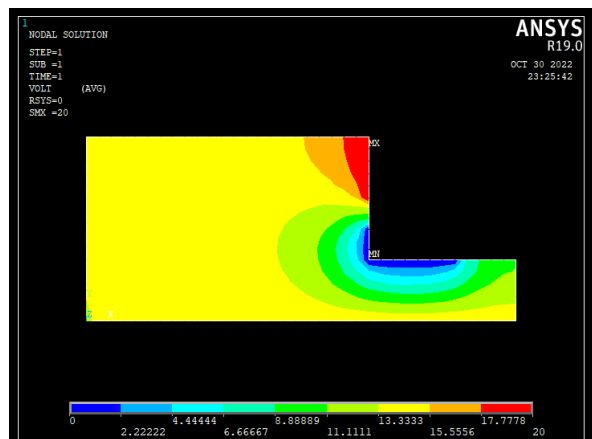


Рисунок 8. Распределение потенциалов в межэлектродном зазоре и прилегающей области при напряжении анода +15 и протектора +20 В.

С увеличением потенциала на протекторе граница зоны травления приближается к краю отверстия.

Таким образом, можно сказать, что за счет увеличения потенциала на протекторе можно добиться ситуации, когда вся площадь, прилегающая к зоне обработки, защищена от травления. Однако в таких условиях происходит разрушение материала протектора, и этот износ нарушает функциональную взаимосвязь между геометрическими размерами протектора и уровнем защиты поверхности, т.е. по мере износа протектора уровень защиты снижается.

Поиск решений проблем улучшения характеристик выпускаемой продукции, сокращения времени производственного цикла заключается в ускоренном внедрении инновационных инструментов проектирования, одним из которых является компьютерный инженерный анализ.

\*\*\*

1. Компьютерное моделирование операций технологического процесса изготовления деталей ГТД: метод. указания / сост.: А.В. Ивченко и др. – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2006. – 140 с.
2. Оголихин Д. А. Метод конечных элементов – ЛитРес: Самиздат, 2018. – 100с.: ил.
3. Полюдова В.И. Практикум по прикладной электрохимии. – Калининград: Изд-во КГУ, 2000, -45с.
4. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов – М.: Мир, 1979. – 392 с.
5. ANSYS Student | Free Student Software (ANSYS – Продукты. Бесплатное программное обеспечение для студентов). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ansys.com/academic/free-student-products>.

## РАЗДЕЛ III. ЭНЕРГЕТИКА

**Панченко В.В., Ковалев М.А.**

### **Воздушно-лучистое отопление на базе двухконтурного теплогенератора с инфракрасными излучателями**

*Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва  
(Россия, Самара)*

*doi: 10.18411/sdntp-01-2023-05*

#### **Аннотация**

Разработана схема регенеративной установки лучистого отопления на основе двухконтурного теплогенератора, предложена система и форма теплоизлучающих воздуховодов. Показано, что система лучистого отопления более эффективна по сравнению с общепринятой конвективной схемой. Традиционно для отопления используется конвективная схема, в которой применяются радиаторы, установленные у пола, рабочим телом которых является вода. Предлагаемая регенеративная система лучистого отопления, рабочим телом в которой является воздух, основана на передаче тепла в виде инфракрасного электромагнитного излучения. Разработан эффективный двухконтурный теплогенератор с инфракрасными излучателями, который отдает теплоту только с излучающей поверхности теплообменников. Данная система позволяет снизить капиталовложения, эксплуатационную себестоимость и повысить эффективность системы отопления.

**Ключевые слова:** лучистый теплообмен, конвекция, теплогенератор, воздуховод, температура, инфракрасное излучение.

#### **Abstract**

A scheme of a radiant heating regenerative system on the basis of a two-flow heat generator, and system and form of heat-radiating air ducts is proposed. It is shown that the system of radiant heating is more efficient as compared to the conventional convection system. Traditionally, the convective scheme of heating is used wherein radiators installed near the floor are used. Water serves as the working fluid in the radiators. The proposed radiant heating regenerative system is based on the transfer of heat in the form of infrared electromagnetic radiation. An efficient two-flow heat generator with infrared emitters has been developed, which gives off heat only from the radiating surface of heat exchangers. This system allows you to reduce investment, operating costs and improve the efficiency of the heating system.

**Keywords:** radiant heat transfer, convection, heat generator, air duct, temperature, infrared radiation.

Лучистое отопление известно уже около двух тысячелетий, прежде всего в виде отопительных устройств, располагаемых в стенах и полу. Его следы были обнаружены в Азии и Европе на территории Римской Империи. В устроенных для этой цели воздуховодах в качестве теплоносителя использовали дымовые газы кухни, а позже специально нагретый воздух. В России в 1902 г. был открыт обогрев способом, отличающимся от традиционного конвективного, но в связи с обилием в стране топливных ресурсов распространения в то время так и не получил. Эффективность данного открытия была отмечена на Западе. В качестве теплоносителя применялись вода и пар. В 1985 г. венгерский ученый профессор А. Мачкаши предложил идею – использовать в качестве теплоносителя воздух,двигающийся по замкнутой системе и отдающий тепло излучателям, установленным в местах, требующих обогрева [1]. Лучистая передача энергии при прочих равных условиях более эффективна, чем конвективная, так как при лучистом отоплении энергия беспрепятственно переносится на большие расстояния

в объеме помещения, поэтому отопительные приборы можно располагать под потолком и в конструкциях ограждений.

Предлагаемая установка регенеративной системы лучистого отопления (РСЛО) использует метод передачи тепла в виде электромагнитного излучения, не вредного для здоровья человека, с помощью теплоносителя (воздуха), который циркулирует по замкнутой схеме [2].

Лучистое отопление (СВЛО) вновь стали использовать только 40-50 лет назад, но применение лучистого отопления в современном смысле слова вышло на передний план лишь в 50-х гг. XX в. [3]. Здания и сооружения, возводимые в России до 2000 года, в отличие от западных, имеют коэффициент термического сопротивления  $R_0=1,2-2,5$  ( $m^2 \text{ } 0C$ )/Вт. В Европе коэффициент термического сопротивления достигает  $R_0=6-8$  ( $m^2 \text{ } 0C$ )/Вт, т.е. фактически в России мы отапливаем атмосферу [4].

В нашей стране достаточно полно разработаны теория лучистых потоков, методы оценки комфортности, способы расчета лучистых отопительных панелей, в том числе наиболее сложные случаи их совмещения с ограждающими конструкциями [5-7]. Основным препятствием по широкому применению этого метода являлось отсутствие надежного, экономичного теплогенератора для нагрева воздуха в замкнутой системе.

После проведения множества расчетов и экспериментов с 2014 по 2016 гг. (д.т.н. В.В. Бирюком, д.т.н. М.А. Ковалевым, В.В. Панченко) создан и запатентован источник тепла - двухконтурный теплогенератор, а также предложена система и формы теплоизлучающих воздухопроводов. Техническим результатом изобретения является создание высокотемпературной и эффективной регенеративной системы лучистого отопления. Известна система лучистого отопления (а. с. № 1206566, МПК F26D 15/00, БН №3.1986 г.), включающая в себя линейные греющие элементы и профилированные отражатели. Недостатком данного устройства является его невысокая эффективность. Наиболее близким к нашему техническому решению является система отопления (П. №2239130, RU, №2239130, C1, 2003 г.), содержащая корпус, в котором расположены теплоизлучающие элементы, соединенные с теплогенератором. Недостатком данной системы отопления также являлась ее невысокая эффективность.

Разработанный теплогенератор может работать на различных видах топлива: дрова, уголь, газ, дизтопливо и т.д., что не регламентирует его применения по видам отапливаемых помещений и климатических зон, а также наличия топливных ресурсов – подойдут любые отходы древесины, торф и т.п. Также возможно применение инфракрасных электрических ламп [8]. Преимуществом является их возможность в широких пределах варьировать температуру поверхности нагревательных приборов от 0 °C до очень высокой 1200 °C.

Эффективный нагреватель воздуха отдает теплоту только с излучающей поверхности теплообменников. Он иной, чем существующие на сегодняшний день устройства нагрева для теплонесущего рабочего тела воздуха, потому, что уже через несколько минут после включения нагреваемый поток воздуха начинает поступать в теплообменники. Так как воздух в теплообменнике полностью находится в замкнутом потоке первого контура, он сразу передает ее на поверхность излучателей системы.

Изобретение предназначено для отопления отдельных зон или рабочих мест без необходимости обогрева всего объема помещения [2]. Излучатели подвешиваются к потолку, не занимая полезной площади помещения, а их незначительный вес не нарушает статику строительных конструкций. Тем самым достигается значительная экономия энергии при вентиляции помещений.

Устройство безопасно и долговечно в эксплуатации. Регенеративная система с лучистым отоплением содержит теплоизлучающие элементы, соединенные с теплогенератором, вентилятором второго контура, сообщающимся с атмосферой. Теплоизлучающие элементы выполнены в виде воздухопроводов, соединенных с теплогенератором и образующих с ним замкнутую систему, в которой установлен вентилятор-дымосос. Теплогенератор выполнен двухконтурным. Первый контур состоит из корпуса с расположенными в нем рядами нагревательных элементов, охватывающих второй контур. На рис. 1 представлен общий вид

регенеративной системы лучистого отопления (РСЛО), воздуховоды которой размещаются под потолком помещения, протяженность и конфигурация их могут варьироваться. На рис. 2 представлены схема и общий вид разработанного двухконтурного теплогенератора для РСЛО и дано описание элементов системы.

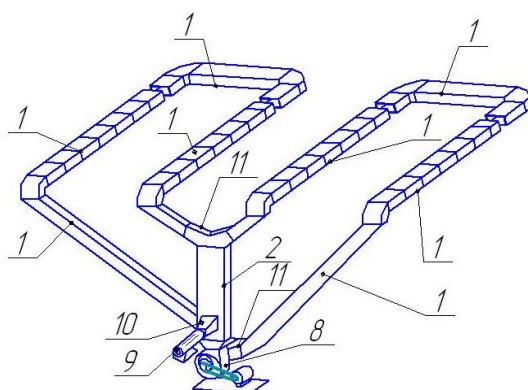


Рисунок 1. Общий вид РСЛО.

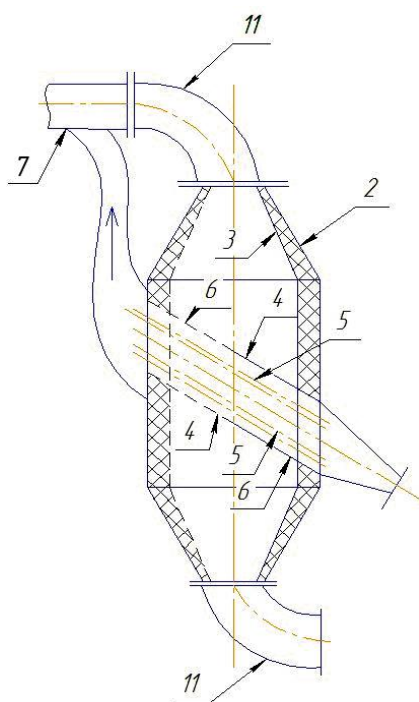


Рисунок 2. Схема и общий вид двухконтурного теплогенератора для РСЛО.

Теплогенератор состоит из корпуса первого контура 3, в котором установлены ряды нагревательных элементов, состоящих из теплообменников 4, с встроенными в них кварцевыми галогеновыми термоизлучательными лампами 5. Корпус второго контура 6 установлен в первый контур 3 и имеет возможность сообщения с первым контуром 3 посредством заслонки 7. Первый контур 3 подсоединен к дымоосу 8, второй 6 к вентилятору 9 через дефлектор 10. Воздуховоды 1 состоят из частей, соединенных переходами 2 и 11 с теплогенератором.

Данная система работает следующим образом. Атмосферный воздух через вентилятор 9 попадает во второй контур 6 теплогенератора и через заслонку 7 в первый контур 3. Воздух нагревается там с помощью нагревательных элементов, состоящих из теплообменников 4 и установленных в них кварцевых галогеновых термоизлучательных ламп 5, и циркулирует по воздуховоду 1. Дымосос 8 обеспечивает циркуляцию воздуха по замкнутому циклу. Атмосферный воздух, попадающий через вентилятор 9 во второй контур, обеспечивает

необходимый температурный режим для работы кварцевых галогеновых термоизлучательных ламп 5. Воздуховод 1 выполнен в виде короба с излучающей поверхностью из стали и верхней части из оцинкованной стали или алюминия для создания эффекта экрана, т.е. для повышения отражающей способности теплового потока в сторону излучающей поверхности. Данная система отопления позволяет получить температуру циркулирующего по первому контуру воздуха более 500 °С.

Предлагаемая система отопления (РСЛО) отличается от известных тем, что нагревает не весь объем помещения, а лишь пространство, над которым она установлена. Это актуально для зданий и сооружений России, так как они имеют чрезвычайно низкий коэффициент термического сопротивления и требуют значительных капиталовложений для теплоизоляции. Данная система позволяет снизить капиталовложения, эксплуатационную себестоимость и повысить эффективность системы отопления.

Выводы. Проведенные эксперименты показали, что по сравнению с общепринятой конвективной схемой предлагаемая более эффективна:

- температура воздуха в помещении ниже за счет эффекта обогрева только поверхностей, а не объема воздуха;
- отсутствие движения воздуха и пыли, образующихся при различных технологических процессах, что повышает комфортность помещения;
- тепло направлено непосредственно в нижнюю зону помещения, поэтому поверхностями с самой высокой температурой являются пол и технологическое оборудование. По этой причине установки РСЛО широко применяются в помещениях с высокими потолками;
- система требует меньше времени для приведения ее в рабочий режим, за счет чего эксплуатационные расходы снижаются;
- система позволяет обогревать отдельные зоны или рабочие места без необходимости обогрева всего помещения;
- отпадает необходимость строительства котельных и прокладки теплотрасс;
- минимальные потери тепла; так как перед установкой РСЛО в зданиях и сооружениях проводится их обследование с использованием тепловизора, который дает полную картину;
- быстрый монтаж-демонтаж, перенос приборов (от двух дней до двух недель);
- исключается замерзание системы (отсутствие воды);
- оперативный прогрев помещения (15-30 мин);
- излучатели подвешиваются к потолку, не занимая полезной площади, а их незначительный вес не нарушает статику строительных конструкций;
- система позволяет программировать дневной, ночной или недельный режим поддержания необходимой температуры;
- достигается значительная экономия энергии при вентиляции помещений, так как удаляется верхняя менее нагретая часть воздуха.

Кроме обогрева помещений, РСЛО могут использоваться в технологических процессах при сушке окрашенных металлических изделий, так как греется металл, а не краска; сушка поверхностей, окрашенных порошковой краской, где требуется импульс тепла 250–280 °С в течение 1,5-2,5 мин; сушка зданий и сооружений, в том числе и подземной части, после затопления и т.д.

\*\*\*

1. Мачкаши А., Банхиди Л. Лучистое отопление. М.: Стройиздат, 1985. 464 с.
2. Панченко В.В. Воздушно-лучистое отопление // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительные технологии: сборник статей [Электронный ресурс] / под ред. М.И. Бальзанникова, К.С. Галицкова, А.К. Стрелкова; АСИ СамГТУ. Электронные текстовые и графические данные (15,9 Мбайт). Самара, 2017.
3. Зеленцов Д.В., Гордеева Т.Е. Улучшение тепловлажностного режима жилого помещения // Градостроительство и архитектура. 2013. №2 (10). С. 94-96.

4. Никифоров Г.В. К вопросу об экономической эффективности автономных систем отопления // Главный энергетик. 2014. №2. С. 16-19.
  5. Блох А.Г., Журавлев Ю.А., Рыжков Л.Н. Теплообмен излучением // Справочное издание. М., 1991. 431 с.
  6. Толстова Ю.И., Шумилов Р.Н. Математическая модель теплового режима помещений при лучистом отоплении // С.О.К. 2016. №8. С. 42-48.
  7. Табунщиков Ю.А., Бродач М.М. Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий. М.: АВОК-ПРЕСС, 2002.
  8. Панченко В.В. К вопросу об эффективности регенеративной системы лучистого отопления // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. 2017. Т. 16, № 1. С. 137-141
-



**LJournal**

Научно-издательский центр

Рецензируемый научный журнал

**СОВРЕМЕННЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА**

**№1(6), Январь 2023**

ISSN 2782-6090



9 772782 609009 >

Подписано в печать 28.01.2023. Тираж 400 экз.  
Формат.60x84/16. Объем уч.-изд. л.1,38  
Отпечатано в типографии Научный центр «LJournal»  
Главный редактор: Иванов Владислав Вячеславович