



САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
SAMARA UNIVERSITY

Разработка малогабаритного
плоского нагревателя для
терморегулирования
электронных устройств,
питающихся от аккумуляторных
батарей

Студент третьего курса Самарского университета,
Халитов Булат Ленарович

Самара 2023



ЦА:

- Компании, производящие аккумуляторные батареи и накопители энергий для переносных гаджетов;
- Пользователи специальных диагностирующих устройств в условиях низких температур;
- Автовладельцы и пользователи разнообразных гаджетов.

Проблема:

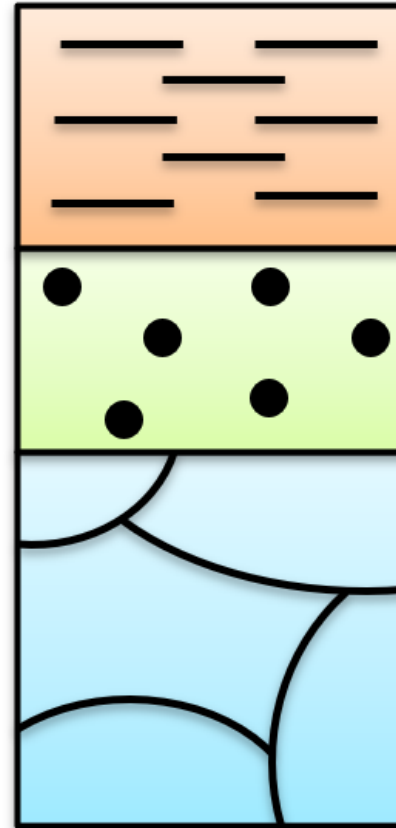
- Потеря ёмкости аккумуляторных устройств при низких температурах,
- снижение времени работы устройств при низких температурах.



ПРЕДЛАГАЕМОЕ РЕШЕНИЕ



Примерный вид прототипа
малогабаритного плоского нагревателя
для терморегулирования



Функциональный слой
с высоким
коэффициентом
теплопроводности

Функциональный слой
с высоким удельным
электрическим
сопротивлением

Тонкая гибкая
полимерная основа

Строение малогабаритного плоского нагревателя для
терморегулирования



Критерии Фурье для системы покрытие-тонкопленочный полимер:

$$Fo_1 = a_1 t / h_{\Pi}^2 (t) = a_1 / h_{\Pi} \cdot V_{\Pi} > 4,5 \cdot 10^7; \quad Fo_2 = a_2 t / h^2 = 2,6 t; \quad Bi = \alpha h / \lambda < 6 \cdot 10^{-3}.$$

Уравнения теплопроводности для тонкой пленки и наращиваемого покрытия:

$$\begin{aligned} \frac{\partial T}{\partial t} &= a \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \text{ при } z \in [0, h]; & -\lambda \frac{\partial T}{\partial z} &= \alpha [T(z, t) - T_c] \text{ при } z = h; \\ -\lambda \frac{\partial T}{\partial z} &= q(t) \text{ при } z = 0; & T(z, 0) &= T_0. \end{aligned}$$

Температура в системе покрытие-тонкопленочный полимер на этапе нагрева:

$$T_n(t) = T_0 + [A_1 V_{\Pi} - (T_0 - T_c)] [1 - \exp(-A_2 t)]; \quad A_1 = g / \alpha; \quad A_2 = \alpha a / \lambda h.$$

Температура в системе покрытие-тонкопленочный полимер на этапе охлаждения:

$$T(t) = T_{01} - (T_{01} - T_c) [1 - \exp(-A_2 t)]; \quad T_{01} = T_n(t_n); \quad q = g V_{\Pi}.$$

a_1, a – коэффициенты температуропроводности материала покрытия и тонкопленочного полимера; h_{Π} – толщина наращиваемого покрытия; λ – коэффициент теплопроводности материала тонкопленочного полимера; α, T_c – параметры теплообмена тонкопленочного полимера с поверхностью технологического приспособления; T_0 – начальная температура системы; q – плотность теплового потока.



Температура тонкопленочного полимера с момента входа в зону теплового потока до входа в эту зону после совершения полных $i+1$ оборотов вращения:

$$\Delta T_{\text{охл}}(i+1, i) = T(t_{\text{охл}, i+1}) - T(t_{\text{охл}, i}) = \exp(-A_2 t_{\Pi}) \cdot \left\{ A_1 V_{\Pi} [\exp(A_2 k_n t_{\Pi}) - 1] - [T(t_{\text{охл}, i}) - T_c] [\exp(A_2 t_{\Pi}) - 1] \right\}.$$

Варианты изменения температуры пленки в момент её повторного входа в зону напыления:

1) $T(t_{\text{охл}}) = T_0, T \in [T_0, T_{m,2})$ оптимальный цикл при $t_{\Pi} = t_{\Pi, \text{opt}}, n = n_{\text{opt}}$;

2) $T(t_{\text{охл}}) > T_0, T(t_{\text{охл}, i}) \rightarrow T(t_{\text{охл}, s}) > T_0, n > n_{\text{opt}}$;

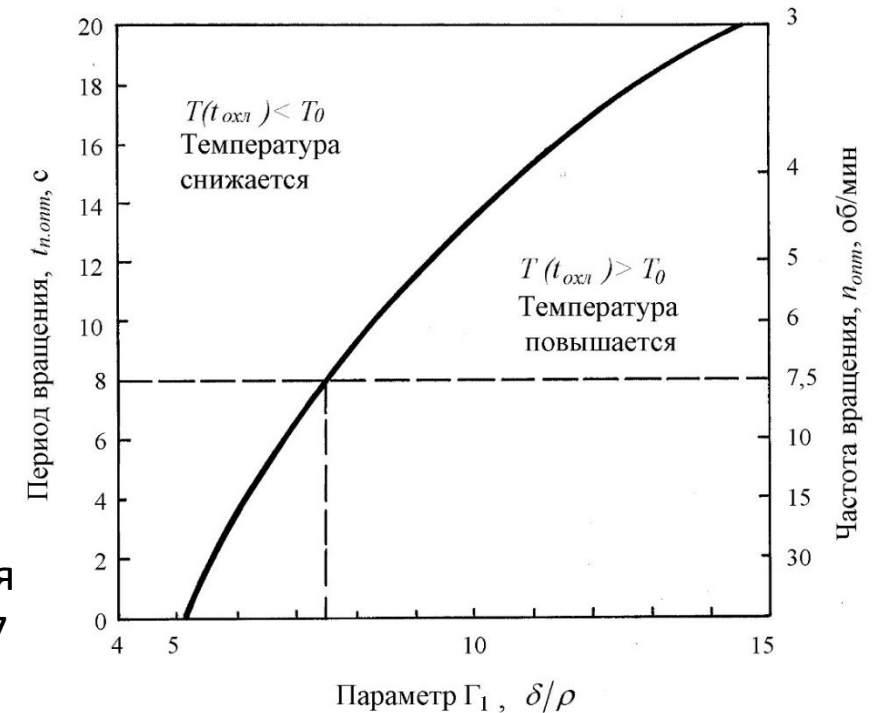
3) $T(t_{\text{охл}}) < T_0, T(t_{\text{охл}, i}) \rightarrow T(t_{\text{охл}, s}) < T_0, n < n_{\text{opt}}$;

$$T(t_{\text{охл}, s}) = T_c + A_1 V_{\Pi} [\exp(A_2 k_n t_{\Pi}) - 1] / [\exp(A_2 t_{\Pi}) - 1];$$

$$T(t_{\text{охл}, s} + t_n) = T_c + A_1 V_{\Pi} [1 - \exp(-A_2 k_n t_{\Pi})] / [1 - \exp(-A_2 t_{\Pi})].$$

$$\Gamma_1 = \frac{A_1 V_{\Pi}}{T_0 - T_c} = \frac{q}{\alpha(T_0 - T_c)}$$

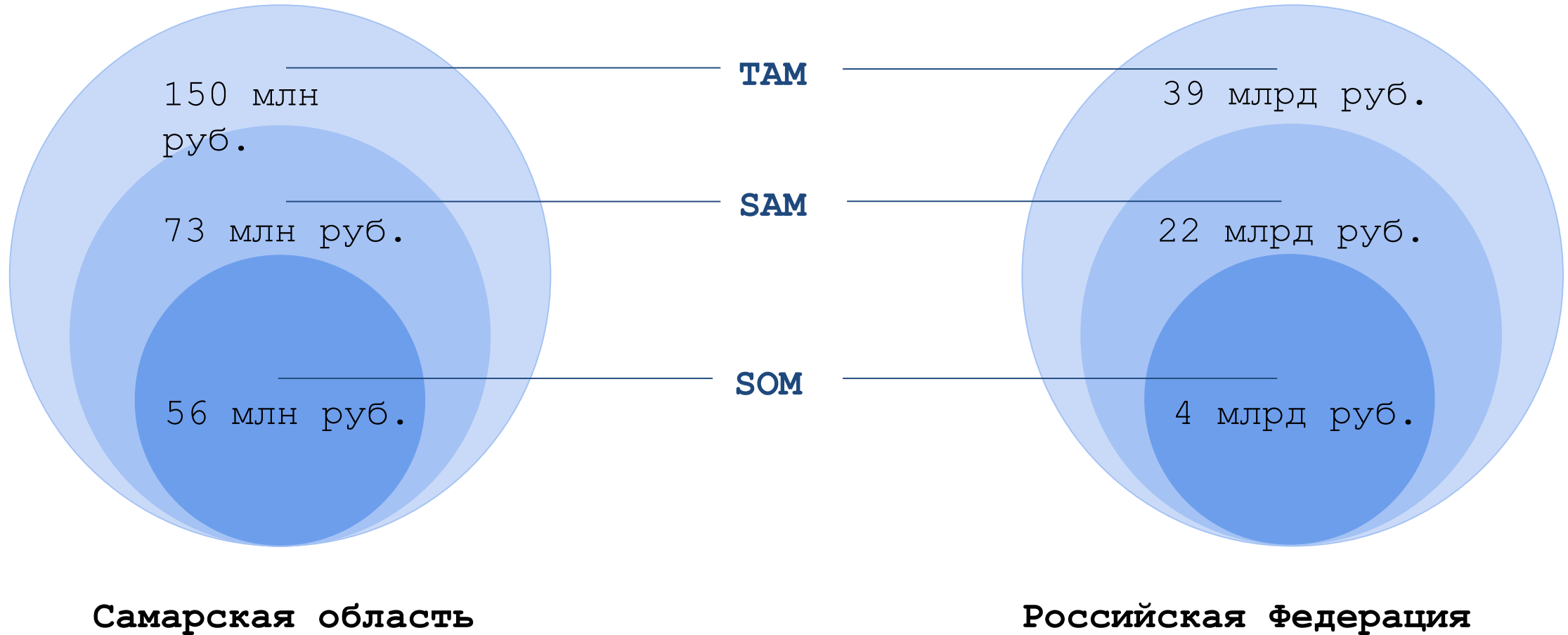
Период и частота вращения при оптимальном цикле изменения температуры пленки в зависимости от параметра Γ_1 при $k_n=0,194$ и $A_2=0,107$





КОНКУРЕНТНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА

Основные технические характеристики ПЭН	Разрабатываемый малогабаритный плоский нагреватель	Ближайший аналог Термокейс с нагревом
Толщина электронагревателя, мм	до 0,2	10
Толщина нагревательного элемента, мм	до 0,05	10
Количество нанопорядоченных слоёв	1-2000	нет
Гибкая конструкция	да	нет
Удельное электросопротивление, Ом·мкм	3	менее 1,5
Допустимая температура нагрева, °С	150	до 120
Напряжение питания, В	1-220	13,4 ...15,5
Крепление к поверхности с радиусом кривизны, мм	не менее 2	нет
Время штатной работы, ч	не менее 50 тыс.	-





БИЗНЕС-МОДЕЛЬ ПРОЕКТА

1 Проблема	4 Решение	3 Уникальная ценность	9 Конкурент. преим-тво	2 Сегменты клиентов
<p>1. Потеря ёмкости аккумуляторных устройств при низких температурах,</p> <p>2. Снижение времени работы устройств при низких температурах.</p> <p>3. Дegrадация аккумуляторных батарей при частом использовании при низких температурах</p> <p>4. Мерцание экранов у ряда устройств при низких температурах</p> <p>Как решается проблема сейчас:</p> <p>1. Замена аккумуляторной батареи.</p> <p>2. Использование пусковых устройств (для автомобилей).</p> <p>3. Использование дополнительных пауэрбанков для дозарядки</p> <p>4. Использование термокейсов и теплоизолирующих чехлов</p>	<p>1. Использование малогабаритного плоского нагревателя для терморегулирования электронных устройств и аккумуляторных батарей</p> <p>2. Разработанный нагреватель увеличит время работы электронных устройств и аккумуляторных батарей путем поддержания оптимальной температуры работы их источника питания и экранов при низких температурах.</p> <p>3. Разработанный нагреватель увеличит срок службы аккумуляторных батарей.</p>	<p>1. Малые габариты и возможность закрепления практически на любых поверхностях.</p> <p>2. Наличие двух функциональных наноструктурных слоев с высокими значениями ключевых характеристик.</p> <p>3. Высокое удельное электросопротивление (в 3 раза больше, чем у нихрома)</p> <p>4. Малая толщина резистивного слоя (до 25 мкм) с плотностью теплового потока на уровне 1 кВт/м², что невозможно или очень трудоёмко другими технологиями.</p> <p>5. Самый компактный вид электронагревателя с высоким быстродействием.</p>	<p>1 Поддержка уникального эксперта.</p> <p>2 Защита интеллектуальной собственности (РИДы).</p> <p>3 Разрабатываемая технология привязана к имеющемуся уникальному оборудованию, в том числе разработанному самостоятельно и цифровым моделям.</p> <p>4 Используются уникальные способы и подходы с элементами «know how».</p> <p>5 Многопараметрическое решение задач на всех этапах разрабатываемой технологии.</p>	<p>1 Компании, занимающиеся производством:</p> <p>1.1. автомобильных аккумуляторных батарей;</p> <p>1.2. накопителей энергии и пауэрбанков</p> <p>1.3. смартфонов и прочих гаджетов</p> <p>1.4. аксессуаров и чехлов для устройств.</p> <p>2. Автовладельцы</p> <p>3. Пользователи различных гаджетов</p> <p>4. Сервисные и инжиниринговые компании, использующие специальные устройства в климатических зонах с низкими температурами</p> <p>5. Производители приборов и оборудования для авиационной и ракетно-космической техники, нуждающейся в терморегулировании</p>
	<p>5 Каналы</p> <p>1. Сайт</p> <p>2. Научные публикации</p> <p>3. Научные конференции</p> <p>4. Выставки</p> <p>5. Деловые контакты</p> <p>6. Рекомендации имеющихся клиентов</p>	<p>8 Ключевые метрики</p> <p>1. Количество клиентов, просмотревших информацию на сайте</p> <p>2. Количество клиентов, запросивших коммерческое предложение</p> <p>3. Количество клиентов, купивших устройство</p> <p>4. Количество клиентов, рекомендовавших приобрести наше устройство</p>		
<p>7 Структура основ. расходов (без учёта налогов и возможных транспорт. расходов)</p>			<p>6 Структура доходов</p>	
<p>1 Анализ и адаптация технологии, связанная с созданием нагревателя нестандартной конфигурации</p> <p>2 Операций по подготовке поверхности полимера к нанесению функциональных слоев покрытия</p> <p>3 Чистка и подготовка вакуумной камеры</p> <p>4 Покупка и подготовка полимерного материала основы и катодов для синтеза функциональных слоев.</p> <p>5 Настройка и подготовка оборудования</p> <p>6 Расходы, связанные с амортизацией оборудования</p> <p>7 Затраты на электрическую энергию</p> <p>8. Заработная плата</p>			<p>1 Продажа малогабаритного плоского нагревателя для терморегулирования электронных устройств и аккумуляторных батарей</p> <p>2 Консультационные услуги и инжиниринг</p>	



Первый год выполнения проекта

1. Разработка математической модели функционирования полимерной основы и двухслойного покрытия для задачи поддержания заданной температуры
2. Анализ результатов моделирования и установление закономерностей нагрева полимерной основы и двухслойного покрытия
3. Определение ключевых параметров двухслойного покрытия для управления процессом нагрева
4. Разработка технологической оснастки для нанесения функциональных слоев покрытия.

Второй год выполнения проекта

1. Разработка технологических режимов нанесения первого слоя покрытия с высоким уд. электр-им сопротивлением
2. Разработка технологических режимов нанесения второго слоя покрытия с высоким коэффициентом теплопроводности
3. Создание опытного образца малогабаритного плоского нагревателя на основе результатов математического моделирования и разработанных технологических режимов нанесения функциональных слоев покрытия
4. Проведение экспериментальных исследований эксплуатационных свойств опытного образца малогабаритного плоского нагревателя
5. Подача заявки на РИД



Научный задел по тематике проекта:

- Разработана математическая модель нагрева тонкопленочного полимера при нанесении вакуумных ионно-плазменных покрытий
- Разработаны технологические основы для выбора оптимального цикла нагрева тонкопленочного полимера при нанесении вакуумных ионно-плазменных покрытий
- Проведен глубокий анализ литературных источников по теме проекта в отечественных и иностранных базах, в том числе по интеллектуальной собственности

Опыт и компетенции:

- По теме проекта опубликовано 5 работ, в том числе в ведущих рецензируемых изданиях, входящих в перечень ВАК;
- Подана заявка на патент на полезную модель;
- Подана заявка на свидетельство государственной регистрации программы для ЭВМ;
- По данной теме имеются награды «за лучший доклад» на четырёх конференциях;
- Имеется опыт выполнения научных проектов и хоздоговорных работ с предприятиями в качестве исполнителя в области разработки новых материалов и технологий их получения.



- ❖ Халитов Булат Ленарович – руководитель проекта, студент третьего курса Самарского университета, b.khalitov@vk.com



- ❖ Гиорбелидзе Михаил Георгиевич – главный научный консультант проекта, специалист по математическому моделированию физико-технологических процессов и разработки технологий нанесения специальных покрытий, m.giorbelidze@ssau.ru



- ❖ Воронин Сергей Васильевич – специалист по подготовке материалов и оборудования для нанесения покрытий, voronin.sv@ssau.ru



- ❖ Асмолв Антон Николаевич – специалист по подготовке деталей и нанесению вакуумных ионно-плазменных покрытий, asmolov.an@ssau.ru



САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
SAMARA UNIVERSITY

**БЛАГОДАРЮ
ЗА ВНИМАНИЕ**