

ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЦЕНТР НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ ЭВЕНСИС

FEDERAL CENTER OF SCIENCE AND EDUCATION



Технические науки: от вопросов к решениям

Выпуск II

**Сборник научных трудов по итогам
международной научно-практической конференции
(25 октября 2017 г.)**

г. Томск

2017 г.

УДК 34(06)
ББК 67я43

Технические науки: от вопросов к решениям. / Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. № 2. г. **Томск**, 2017. 52 с.

Редакционная коллегия:

кандидат технических наук, доцент Андреев Сергей Андреевич (г. Москва), доктор технических наук, профессор, действительный член академии проблем качества, действительный член академии информатизации образования Васильков Юрий Викторович (г. Ярославль), доктор технических наук, профессор Горбатьок Сергей Михайлович (г. Москва), доктор технических наук, действительный член международной академии наук экологии, безопасности человека и природы (МАНЭБ) Денисов Валерий Николаевич (г. Санкт-Петербург), кандидат технических наук, профессор Куберский Сергей Владимирович (г. Алчевск), кандидат технических наук, действительный член Академии горных наук Кузнецов Николай Матвеевич (г. Апатиты), доктор технических наук, профессор Лагунова Юлия Андреевна (г. Екатеринбург), доктор технических наук, старший научный сотрудник Лысенков Павел Михайлович (г. Санкт-Петербург), кандидат технических наук, доцент Николаев Михаил Иванович (г. Чистополь), доктор технических наук, доцент Смелков Вячеслав Михайлович (г. Великий Новгород), кандидат технических наук, капитан внутренней службы Филиппов Александр Геннадьевич (г. Санкт-Петербург), кандидат технических наук, доцент Шаров Валерий Васильевич (г. Казань).

В сборнике научных трудов по итогам II Международной научно-практической конференции «**Технические науки: от вопросов к решениям**» (г. **Томск**) представлены научные статьи, тезисы, сообщения студентов, аспирантов, соискателей учёных степеней, научных сотрудников, докторантов, специалистов практического звена Российской Федерации, а также коллег из стран ближнего и дальнего зарубежья.

Авторы опубликованных материалов несут ответственность за подбор и точность приведенных фактов, цитат, статистических данных, не подлежащих открытой публикации. Мнение редакционной коллегии может не совпадать с мнением авторов. Материалы размещены в сборнике в авторской правке.

Сборник включен в национальную информационно-аналитическую систему "Российский индекс научного цитирования" (РИНЦ).

© Эвенсис, 2017 г.
© Коллектив авторов

Оглавление

СЕКЦИЯ №1.	
ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА, САПР, САД, САЕ	5
СЕКЦИЯ №2.	
ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ	5
СЕКЦИЯ №3.	
ЭЛЕКТРОНИКА	5
СЕКЦИЯ №4.	
МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ	5
ПРОГРАММНЫЙ АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ДАВЛЕНИЯ СМАЗОЧНОГО СЛОЯ УПРУГО-ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО КОНТАКТА Иванов В.А.	5
ТЕХНОЛОГИЯ АРГОНОДУГОВОЙ НАПЛАВКИ КУПРИДОВ ТИТАНА Ковтунов А.И., Острячко А.М.	7
СЕКЦИЯ №5.	
ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ	10
СЕКЦИЯ №6.	
ГОРНАЯ И СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ	11
СЕКЦИЯ №7.	
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ	11
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОДЕРЖАНИЯ И КРУПНОСТИ КОКСА В РУДНО- ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ СМЕСИ НА ПАРАМЕТРЫ ПРОЦЕССА ДУГОВОГО ГЛУБИННОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ Куберский С.В., Проценко М.Ю., Боровенский В.Н., Проценко В.И.	11
ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ ПЛАЗМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯ ПОКРЫТИЙ ИЗ А - AL ₂ O ₃ (КОРУНДА) Павлов А.А., Кутепов А.В., Беляев И.В.	19
ВЛИЯНИЕ СТАРЕНИЯ НА ТЕПЛОВОЕ РАСШИРЕНИЕ ПОРШНЯ ИЗ ЗАЭВТЕКТИЧЕСКОГО СИЛУМИНА АК21 Прудников А.Н., Прудников В.А.	22
СЕКЦИЯ №8.	
ТРАНСПОРТ И СВЯЗЬ, КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ	25
СЕКЦИЯ №9.	
АЭРО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ	25
СЕКЦИЯ №10.	
СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА	25
АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ АДГЕЗИИ РЕМОНТНОГО МАТЕРИАЛА НА РАБОТУ ВОССТАНОВЛЕННОГО АЭРОДРОМНОГО ПОКРЫТИЯ В УПРУГОЙ СТАДИИ И СТАДИИ ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЯ Макаров Е.В. Попов А.Н.	25
К ИССЛЕДОВАНИЮ ПРОЧНОСТИ И ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ НОРМАЛЬНЫХ СЕЧЕНИЙ ИЗГИБАЕМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ АРМОКАУТОНА ТАВРОВОГО ПРОФИЛЯ Поликутин А.Э., Офоркаджа Т.О.	28

ВЛИЯНИЕ СТАРЕНИЯ НА ТЕПЛОВОЕ РАСШИРЕНИЕ ПОРШНЯ ИЗ ЗАЭВТЕКТИЧЕСКОГО СИЛУМИНА АК21

Прудников А.Н., Прудников В.А.

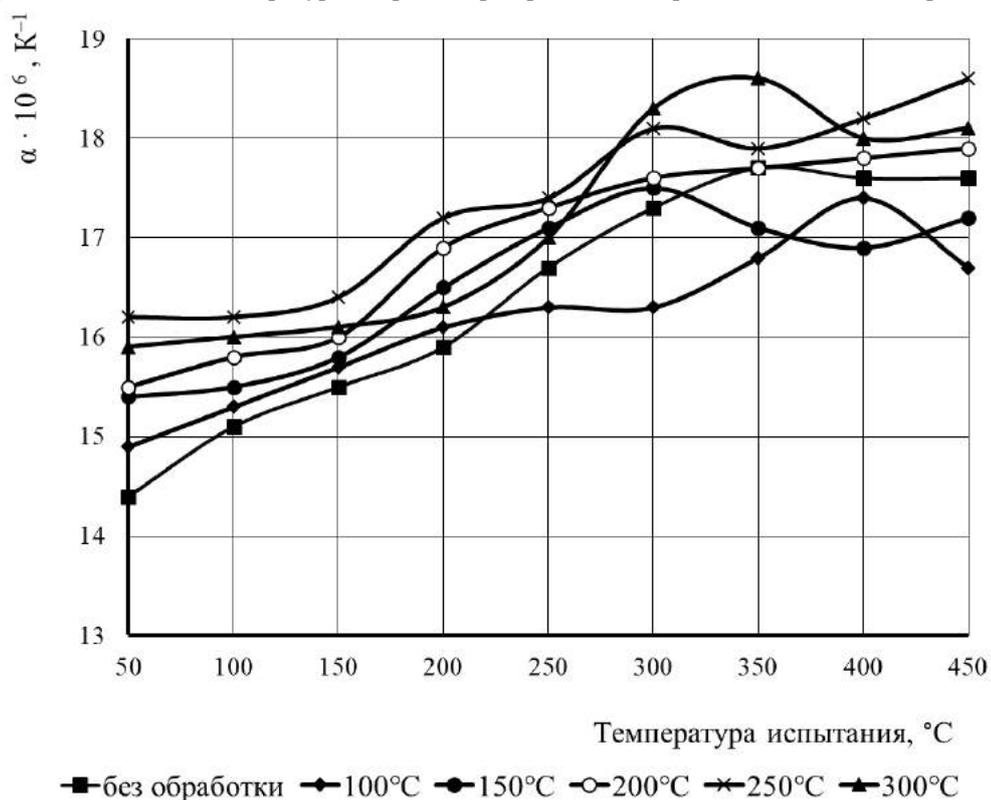
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

Перед автомобилестроителями всегда стояла проблема не только конструктивных изменений деталей и самого двигателя, но и разработки легких материалов с улучшенными свойствами, в том числе механическими, физическими, эксплуатационными. Одной из наиболее ответственных деталей двигателя является – поршень. К поршневым сплавам предъявляют высокие требования, такие как высокая теплопроводность и жаропрочность, хорошие антифрикционные свойства, низкий удельный вес, малый температурный коэффициент линейного расширения (ТКЛР). Наибольшее распространение среди поршневых сплавов для тяжелонагруженных двигателей получили заэвтектические легированные силумины системы Al-Si-Cu-Mg-Ni, отливаемые различными способами литья на кокильных машинах. Широкое применение этих сплавов связано с их комплексом свойств.

Однако до настоящего времени полный ресурс свойств поршневых сплавов, используемых для тяжелонагруженных двигателей внутреннего сгорания, не выработан, особенно в области физических свойств (теплового расширения, теплопроводности, удельного веса). Для улучшения структуры и характеристик поршней ДВС используют различные способы обработки на всех этапах их изготовления, начиная от подготовки шихты и заканчивая получением готового изделия. В частности, тепловая или деформационная подготовка шихты [1-2]; металлургическая – рафинирование и модифицирование с использованием реагентов и физических способов воздействия на расплав при производстве отливок и слитков (ультразвуковая и электромагнитная обработки) [3-8]; специальные методы обработки термической, термоциклической (ТО, ТЦО) [9,10] и деформационно-термоциклической обработки (ДТЦО) [2,4,11]. Более привлекательно использовать для улучшения свойств поршней наиболее экономически выгодные и эффективные, а также реализуемые на стадии готового изделия.

В качестве объекта исследования был выбран поршень двигателя ЯМЗ 5363 производства Ярославского моторного завода автомобиля серии МАЗ 5550 в состоянии поставки. Химический состав поршня был определен на эмиссионном спектрометре ARL 3460 и содержал следующие основные элементы в % (вес.): Si – 22,1; Cu – 2,91; – 0,64; Ni – 1,23; Mn – 0,08; Fe – 0,49; Cr – 0,26; Al – ост. Состав исследуемого сплава соответствует составу поршневого заэвтектического силумина АК21М2,5Н2,5 (ГОСТ 1583-93) и отличается несколько меньшим содержанием никеля, марганца и незначительно большим количеством магния, что обусловлено требованиями ТУ предприятия. Образцы, вырезанные из юбки поршня, подвергали термической обработке (старению) в электропечи СНОЛ-1,6.2.5.1/9-ИЗ по следующим режимам: нагрев и выдержка в течение 1÷10 ч при 100 и далее через 50 °С до 300 °С с охлаждением на воздухе. Металлографические исследования проводили на оптическом микроскопе ЛабоМет-И1. Для дилатометрического анализа использовали высокотемпературный оптический дифференциальный дилатометр типа DIL. При определении истинного значения ТКЛР погрешность метода составила $1 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. Результаты исследования влияния температуры старения в интервале 100-300 °С через 50 °С при времени выдержки 1 ч на ТКЛР поршня двигателя ЯМЗ из сплава АК21 приведены на рисунке 1. Анализ кривых $\alpha - T$ показал, что старение при температурах выше 100 °С со временем выдержки 1 ч повышает значение ТКЛР поршневого сплава по сравнению со сплавом без термической обработки во всем температурном интервале испытаний. Величина такого повышения для каждой температуры старения различна. Так, для температур старения 150 и 200 °С она составляет в среднем 2÷7 %, для температур 250 и 300 °С – 1,1÷12 и 1,8÷10 % соответственно. Для низкотемпературного старения (100 °С) образцов из поршня отмечается иное изменение величины теплового расширения. В области низких температур работы поршня (до 200 °С) ТКЛР поршня из сплава АК21 незначительно возрастает в среднем на 1÷3 % относительно исходного состояния сплава. При высоких эксплуатационных температурах двигателя (выше 200 °С) способность поршневого сплава к расширению снижается в среднем на 3÷6 % в области 250÷350 °С по сравнению с нетермообработанными сплавами.

Рисунок 1 – Влияние температуры старения при времени выдержки 1 ч на линейное расширение



Последовательное увеличение времени выдержки образцов из поршня при наиболее перспективной температуре 100 $^{\circ}C$ (см. рисунок 1) до 3-х, 5 и 10 ч не приводит к дальнейшему снижению ТКЛР во всей области температур испытания (рисунок 2). Тенденция повышения величины теплового расширения при увеличении времени выдержки в процессе старения практически аналогична влиянию фактора температуры. Причем, максимальный прирост ТКЛР поршневого сплава соответствует наибольшему времени старения (10 ч) при 100 $^{\circ}C$ и составляет от 3 до 7,5 % для эксплуатационных температур 20-300 $^{\circ}C$ по сравнению с образцами, состаренными в течение 1 ч. И только при температуре испытаний 350 $^{\circ}C$ увеличение ТКЛР становится не существенным (около 1 %).

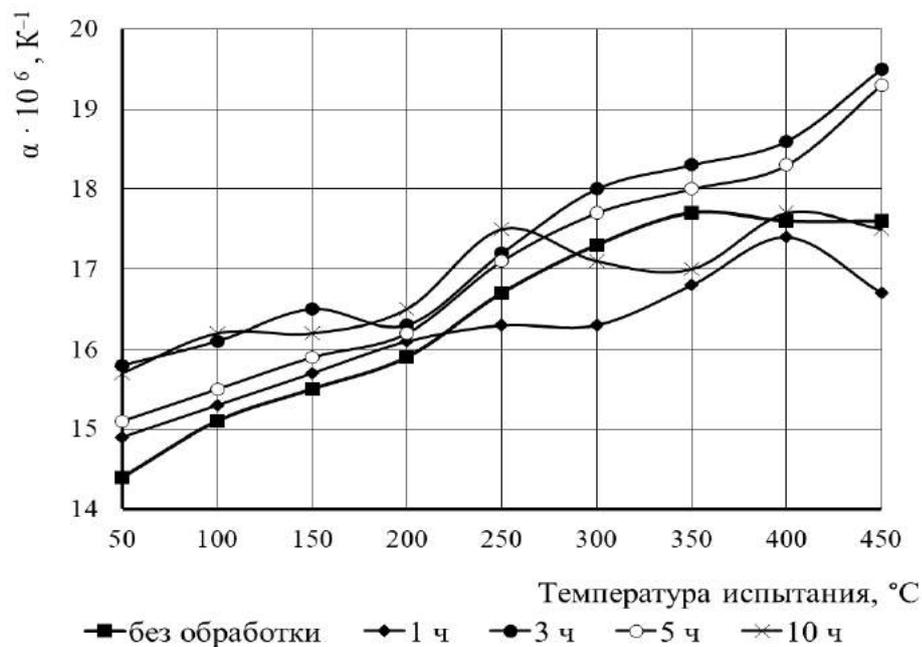


Рисунок 2 – Влияние времени выдержки при температуре старения 100 °С на линейное расширение поршня из сплава АК21

Таким образом, в качестве режима для снижения линейного расширения поршня из сплава АК21 можно рекомендовать дополнительное низкотемпературное старение при 100 °С в течение 1 ч, позволяющее снизить ТКЛР в области рабочих температур тяжело нагруженных двигателей (250-350 °С) на 3-6 %. Причем низкотемпературное старение не приводит к существенным изменениям структуры и свойств поршней двигателей.

Список литературы

1. Prudnikov A.N. Production, structure and properties of engine pistons made from transeutectic deformable silumin// A.N. Prudnikov // Steel in Translation. – 2009. – Т. 39. – № 5. – С. 391-393.
2. Prudnikov A.N. Structure formation in ingots of hypereutectic silumin during melt treatment and inoculation // A.N. Prudnikov // Металлургия машиностроения. – 2009. – № 3 –С. 28-31.
3. Деев В.Б. Практика использования физических модифицирующих воздействий в технологиях получения литейных алюминиевых сплавов / В.Б. Деев [и др.] // Литейное производство. – 2012. – № 5. – С. 16-18.
4. Прудников А.Н. Использование термоциклической деформации для получения полуфабрикатов из заэвтектических силуминов сплавов / А.Н Прудников, В.А. Прудников – В сб.: Металлургия: технологии, инновации, качество. Труды IXX Межд. науч.-практ. конф.: Ч.2. Новокузнецк: СибГИУ, 2015. – С. 15-18.
5. Прудников А.Н. Комплексное воздействие отжига и термоциклическойковки на структуру и свойства заэвтектических силуминов // Деформация и разрушение материалов.– 2014.– № 2.–С.14 – 20.
6. Прудников А.Н. Линейное расширение легированных и наводороженных силуминов, закристаллизованных под давлением / А.Н. Прудников // Литейное производство. – 2009. – № 2 – С. 2-5.
7. Прудников А.Н. Совершенствование термической обработки поршневых деформируемых силуминов с добавками фосфора и водорода // А.Н. Прудников // Обработка металлов.– 2009.–№ 1.– С. 8-11.

8. Прудников А.Н. Структурная наследственность шихты в силуминах / А.Н. Прудников // Технология металлов.–2014.– № 3.–С.16 - 22.
9. Прудников А.Н. Структурно-технологические основы разработки прецизионных силуминов с регламентированным содержанием водорода / Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук: 05.16.09 / НГТУ, Новосибирск, 2013. – 40 с.
10. Прудников А.Н. Термическая обработка поршневых силуминов для снижения их линейного расширения и улучшения эксплуатационных параметров двигателя // А.Н. Прудников // Изв. ВУЗов. Черная металлургия. – 2004. – № 4. – С. 40-42.
11. Прудников А.Н. Технология приготовления и обработки алюминиевого сплава для стеклометаллических соединений / А.Н. Прудников // Обработка металлов – 2009.– № 2.– С. 26-31.

СЕКЦИЯ №8.

ТРАНСПОРТ И СВЯЗЬ, КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ

СЕКЦИЯ №9.

АЭРО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

СЕКЦИЯ №10.

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ АДГЕЗИИ РЕМОНТНОГО МАТЕРИАЛА НА РАБОТУ ВОССТАНОВЛЕННОГО АЭРОДРОМНОГО ПОКРЫТИЯ В УПРУГОЙ СТАДИИ И СТАДИИ ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЯ

Макаров Е.В. Попов А.Н.

ВУН ВВС «ВВА» им профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина, г. Воронеж

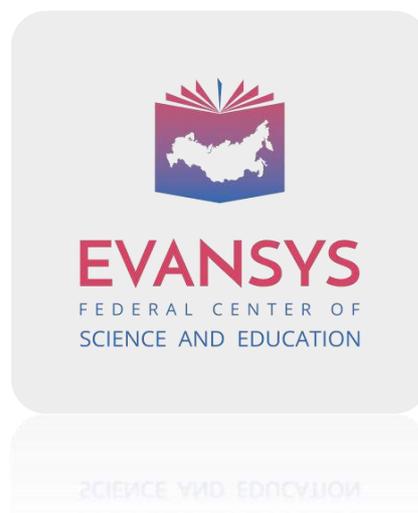
При эксплуатации жестких аэродромных покрытий под воздействием эксплуатационных нагрузок и природно-климатических факторов аэродромные плиты получают различные повреждения. Одним из распространенных типов повреждений являются выбоины. Причиной образования выбоин может быть недостаточная прочность поверхностного слоя на отдельных участках покрытия, а также дальнейшее развитие уже имеющихся поверхностных разрушений в результате воздействия часто повторяющихся динамических (ударных) нагрузок от колес воздушных судов [1-2]. В ходе ремонтных мероприятий эти повреждения устраняются с помощью применения различных ремонтных смесей.

На практике используются ремонтные составы с различными физическими характеристиками. Одной из важнейших характеристик является адгезия материала к бетону. При недостаточной адгезии в процессе эксплуатации ремонтный состав отслаивается и образуется трещина на границе материалов. Таким образом, адгезия ремонтного состава напрямую влияет на жизнеспособность отремонтированной конструкции. Для определения минимально требуемой величины адгезии и динамики изменения напряженно-деформированного состояния отремонтированной конструкции была проведена серия численных экспериментов в программном комплексе Лира[3], реализующем метод конечных элементов.

Расчетная схема представляет собой отремонтированную монолитную аэродромную плиту с фиксированными геометрическими параметрами (рисунок 1) из бетона класса В25. Плита расположена на упругом основании с коэффициентом постели 80 МН/м^3 . От горизонтальных перемещений плита шарнирно закреплена по контуру. Отремонтированный участок расположен по центру плиты. Его геометрические размеры приняты постоянными для всех численных экспериментов и составляют $60 \times 60 \times 4 \text{ см}$. Предел сцепления (адгезии) варьируется от $0,5 \text{ МПа}$ до 3 МПа с шагом $0,5 \text{ МПа}$. В качестве нагрузок приняты собственный вес конструкции, который вычисляется автоматически на основании данных о геометрии и объемных весах материалов, и статические нагрузки от колеса основной опоры самолета. Вертикальная составляющая равномерно распределенной по площади отпечатка радиусом $0,195 \text{ м}$ полезной нагрузки составила 1 МН/м^2 , горизонтальная составляющая - $0,5 \text{ МН/м}^2$.

ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЦЕНТР НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ ЭВЕНСИС

FEDERAL CENTER OF SCIENCE AND EDUCATION



Технические науки: от вопросов к решениям

Выпуск II

**Сборник научных трудов по итогам
международной научно-практической конференции
(25 октября 2017 г.)**

г. Томск

2017 г.

Печатается в авторской редакции
Компьютерная верстка авторская

Подписано в печать 24.10.2017.
Формат 60×90/16. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 5,0.
Тираж 250 экз. Заказ № 103.

Отпечатано по заказу ЭВЕНСИС в ООО «Ареал»
603000, г. Нижний Новгород, ул. Студеная, д. 58.