

ВЫБОР МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ТЕПЛОИЗОЛИРОВАНИЯ ТОПЛИВОПРОВОДОВ ТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЯ

Е.М. Таусенев, К.В. Кох, А.Е. Свистула, Е.А. Герман

Исследуются теплоизоляционные материалы с целью применения на топливопроводах в моторном отсеке сельскохозяйственного трактора. Предлагается технология теплоизоляции топливопроводов.

Ключевые слова: дизель, топливная система дизеля, моторный отсек, температура дизельного топлива, температура воздуха в моторном отсеке; теплоизоляция топливопроводов

Введение

Авторы данной статьи занимаются научными исследованиями в области тепловых двигателей и были намерены использовать теплоизоляцию для топливопроводов дизеля, поскольку снижение подогрева топлива является актуальной задачей [1]. В ранее проведенном исследовании доказано, что в процессе эксплуатации дизеля ТМЗ 8481.10 в моторном отсеке трактора К-744Р2 происходит нагрев топливопроводов, преимущественно, за счет горячего воздуха моторного отсека. При этом известно, что искусственный подогрев стенок топливопроводов или топлива приводит к ухудшению впрыска и показателей работы дизеля [2].

Топливопроводы низкого давления (ТНД) могут быть медными, стальными, эластичными (дюритовыми, полимерными). Дренаж форсунок выполняется с помощью медных или резиновых трубок, стойких к дизельному топливу [3]. Внутренний диаметр ТНД составляет 6-10 мм, толщина стенок 1,0-1,5 мм и более в зависимости от материала. Использование того или иного материала имеет свои преимущества и недостатки.

Для стальных ТНД дизеля ТМЗ 8481.10 имеются следующие размеры: диаметры $\varnothing 10 \times \varnothing 8$ мм, протяженность по моторному отсеку около 5 м. Температура стенок ТНД равна 61°C , из них на 23°C они подогреваются от горячего воздуха моторного отсека; на остальные факторы, исключая температуру атмосферы, приходится 13°C [2]. Большая протяженность, нагретые стенки могут обеспечить заметный нагрев топлива. Данных о степени нагрева топлива пока нет. Они будут получены в ходе дальнейших испытаний на безмоторном и моторном стендах с моделированием условий моторного отсека, но по-

сле разработки технологии теплоизоляции.

Подогрева топлива в дизелях также происходит в форсунке и распылителе [9], несомненно, происходит в топливных фильтрах и от деталей ТНВД (топливного насоса высокого давления) и в топливопроводах высокого давления (ТВД).

Топливопроводы высокого давления (ТВД) изготавливают из стали 20...40, толщина их стенок всегда больше внутреннего диаметра. Для автотракторных дизелей чаще всего применяются ТВД со следующими размерами: $\varnothing 7 \times \varnothing 2$ мм со штуцерами М14 \times 1,5 и $\varnothing 6 \times \varnothing 1,5(1,6)$ мм со штуцерами М12 \times 1,5. Длина ТВД обычно не превышает 1 м [3]. На дизеле ТМЗ 8481.10 применяются ТВД с диаметрами $\varnothing 7 \times \varnothing 2$ мм и длиной 0,9 м. Для ТВД характерно то, что топливо находится в узком канале, циркуляция топлива отсутствует, порция топлива, поданная насосом постепенно продвигается и прогревается по мере продвижения к форсунке. Температура стенок ТВД равна 70°C , из них на 24°C они подогреваются от горячего воздуха моторного отсека; на остальные факторы, исключая температуру атмосферы, приходится 21°C . Остальными факторами подогрева топливопроводов являются: подогрев топлива от сжатия, теплопередача и лучистый теплообмен с другими деталями двигателя. Вклад атмосферы в нагрев ТНД и ТВД составляет 25°C [2].

На сегодняшний день в дизелестроении используются некоторые мероприятия для снижения подогрева топлива [1], но среди них не рассматривается возможность их теплоизоляции. Топливопроводы дизелей подвергаются только окрашиванию эмалями или грунтовками по металлу, используемыми в автомобильной промышленности. Окраска производится после установки дизельной

ВЫБОР МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ТЕПЛОИЗОЛИРОВАНИЯ ТОПЛИВОПРОВОДОВ ТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЯ

топливной аппаратуры (ДТА) на двигатель. Двигатель и ДТА окрашиваются одновременно и в один цвет.

Цель исследования

Целью исследования является выбор теплоизоляционных материалов (далее материалов) для топливопроводов тракторного дизеля. Теплоизоляция должна снижать подогрев топлива от воздуха моторного отсека и от лучистого теплообмена с другими деталями двигателя.

Задачи исследования следующие: сделать предварительный выбор материалов; получить и проанализировать кривые охлаждения воды в сосуде с различными вариантами теплоизоляции; выбрать наиболее приемлемый вариант с учетом теплоизолирующих, эксплуатационных и технологических свойств.

Объект исследования

В качестве объекта исследования выступают теплоизоляционные материалы применительно к топливопроводам дизеля.

Методы исследования

Предварительный выбор материалов выполнялся по коэффициенту λ теплопроводности, заявленному производителем. Экспериментальная оценка теплоизолирующей способности материалов проведена путем сравнения кривых охлаждения воды, заключенной в сосуд, покрытый теплоизоляцией в различных вариантах. Эта методика позволит, не определяя фактические коэффициенты λ исследуемых образцов материалов, выяснить какой из них имеет лучшую теплоизолирующую способность. Кривая охлаждения показывает, сколько градусов температуры потеряет жидкость при движении за время t в теплоизолированном трубопроводе или находясь в теплоизолированном сосуде. Для реализации методики потребуется несложное лабораторное оборудование и средства измерений.

В представленном исследовании использовались стеклянные цилиндрические сосуды объемом $0,0053 \text{ м}^3$ из бесцветного прозрачного силикатного стекла с металлическими завинчивающимися крышками. Наружный диаметр сосуда без теплоизоляции составляет $0,077 \text{ м}$, высота без горловины – $0,105 \text{ м}$, толщина стенки – $0,002 \text{ м}$. Указанный материал сосуда выбран в связи с

тем, что одновременно обладает достаточной способностью проводить тепло за счет теплопроводности и лучистого теплообмена.

Сосуд до уровня горловины заполнялся водой, и вода нагревалась до кипения погружным электрическим нагревателем. В момент начала отсчета времени температура воды равнялась во всех случаях $94,5 \text{ }^\circ\text{C}$. Температура T_0 воздуха в помещении поддерживалась на уровне $22 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$, обеспечивалось отсутствие сквозняков.

В ходе исследования измерялась температура воды в поверхностном слое через интервалы времени. Время замерялось секундомером. Начало замеров производилось за $7-10 \text{ с}$ до начала интервала и продолжалось в течение $15-17 \text{ с}$. Использовался термометр ТЛ-2 ртутный стеклянный лабораторный для жидких и газообразных сред с пределом допускаемой погрешности $\pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$.

Результаты исследования

С целью предварительного выбора материалов выполнен обзор информации о современных теплоизоляционных материалах. Предварительный выбор был сделан в пользу ЖТПП (жидкого теплоизоляционного полимерного покрытия). Этот материал, согласно данным большинства производителей, имеет наименьший коэффициент λ из всех существующих. Данный тип теплоизоляции в последнее время широко рекламирует, производится и продается в России под марками «Корунд», «Астратек», «Альфатек», «Броня», «RE-THERM» и др.

Однако, в ходе консультаций, специалистами, занимающимися энергоаудитом и теплоизоляцией зданий и сооружений, было высказано мнение о том, что данный тип теплоизоляции не обеспечивает заявленной эффективности, т. е. фактический коэффициент λ , предположительно, не соответствует заявленному.

Согласно данным производителя, рассматриваемый далее образец ЖТПП имеет коэффициент λ равный $0,023 \pm 10 \text{ \% Вт/(м} \cdot \text{ }^\circ\text{C)}$ при $20 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$, определенный по ГОСТ 7076-99, имеет температуру эксплуатации в рабочем режиме до $+ 200 \text{ }^\circ\text{C}$, хорошо подходит для поверхностей любой формы и составов, эксплуатируемых в атмосферных условиях, и также обладает другими положительными качествами.

Авторы статьи намеренно не называют производителя исследованного материала и не ссылаются на его документацию, а также не ссылаются на материалы других произво-

дителей с целью избежать идентификации производителя исследованного образца. Образец материала был приобретен у официального представителя фирмы-производителя, хранился и использовался в соответствии с рекомендациями производителя.

Материал данного вида, не зависимо от его производителя, позиционируется на рынке как теплоизоляция последнего поколения с широкой областью применения; благодаря своим уникальным свойствам. Согласно данным большинства производителей, материал оказывает ощутимый эффект энергосбережения уже при толщине слоя 10^{-3} м.

Состав рассматриваемого образца ЖТПП следующий: полимерная дисперсия (акриловый полимер на водной основе), функциональные наполнители, ингибирующие, пигментирующие, стабилизирующие, модифицирующие добавки. Количество компонентов на упаковке не указывается.

Анализ информации интернет-сайтов продавцов или производителей вышеуказанных марок жидкой теплоизоляции показывает, что в качестве основного компонента (функционального наполнителя) используют керамические силикатные тонкостенные микросферы в количестве 75 - 85 %. Остальной объём занимают вспомогательные компоненты материала. Наличие микросфер значительно минимизирует теплообмен в связи с их низкой теплопроводностью.

Керамические силикатные тонкостенные вакуумированные микросферы являются продуктом сжигания углей на энергетическом объекте, размеры таких микросфер – до $5 \cdot 10^{-4}$ м, стенки микросфер - сплошные непористые. Газовая фаза, законсервированная внутри микросфер, состоит в основном из азота, кислорода и оксида углерода и является продуктами сгорания углей. Теплопроводность микросферы зависит от диаметра, толщины и теплопроводности материала стенок микросферы, от степени разряжения внутри микросферы. Для керамической микросферы по разным данным коэффициент λ может составлять от 0,06 до 0,00083 Вт/(м \cdot °С) [4, 5].

Коэффициент λ газовой фазы микросферы при нормальных условиях (без разряжения) приблизительно равен коэффициенту λ воздуха при нормальных условиях и составляет 0,023 - 0,026 Вт/(м \cdot °С). Это объясняется тем, что состав газовой фазы схож с составом воздуха.

Заявленный коэффициент λ для ЖТПП одних производителей составляет от 0,023 до 0,1 Вт/(м \cdot °С) при 20 °С, полученный по ГОСТ

7076-99 или расчетным путём; некоторые производители указывают некий «результрующий коэффициент теплопроводности» равный 0,0012 Вт/(м \cdot °С) при 20 °С наряду с указанием λ по ГОСТ 7076-99 в указанных пределах.

Диапазон оценки значения λ для ЖТПП по результатам исследований и анализа опубликованных данных других авторов составляет 0,03 – 0,05 Вт/(м \cdot °С) [6]. Рекордно низкое значение λ равное 0,0012 Вт/(м \cdot °С) при исследованиях не обнаружено.

В источнике [6] высказывается предположение о том, что значительный диапазон коэффициента λ для ЖТПП может быть связан с различием методик его определения. В связи с этим, разработана универсальная методика определения коэффициента λ для различных теплоизоляционных материалов, в том числе и тонкопленочных, с использованием образцов с цилиндрической поверхностью [5].

Не зависимо от методики, теплопроводность ЖТПП будет зависеть от функционального наполнителя в объёме жидкой теплоизоляции, т.е. микросфер и их теплопроводности, поскольку остальные компоненты материала имеют заведомо большую теплопроводность. Анализируя диапазон изменения заявленного коэффициента λ для ЖТПП, можно сделать вывод о том, что производители используют микросферы, различающиеся по теплопроводности, и(или) используют различное содержание микросфер в материале.

Имеются исследования, подтверждающие влияние газовой среды, концентрации микросфер и их размеров на λ для ЖТПП. При толщине покрытия $8,8 \cdot 10^{-4}$ м и температуре 60 °С: для покрытия с вакуумированными микросферами λ составил 0,028 Вт/(м \cdot °С), для покрытия с газонаполненными микросферами λ равен 0,140 Вт/(м \cdot °С). Концентрация микросфер 85 % является максимально возможной, при этом обеспечивается необходимая адгезия и максимальная теплоизолирующая способность. Влияние связующих материалов на λ несущественно. При исследовании теплоизолирующей способности в зависимости от диаметра микросфер наилучший результат в диапазоне диаметров от 0 до $2 \cdot 10^{-4}$ м получен при значении $7 \cdot 10^{-5}$ м. [6].

Вероятно, производители ЖТПП могут удешевлять стоимость своей товарной продукции за счёт использования более дешёвых толстостенных газонаполненных (неваку-

ВЫБОР МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ТЕПЛОИЗОЛИРОВАНИЯ ТОПЛИВОПРОВОДОВ ТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЯ

умированных) микросфер и уменьшения их количества в материале. Фактический коэффициент λ не будет соответствовать заявленному значению, при этом рядовой потребитель этого не заметит. Т.е. нельзя говорить о фиксированном значении λ для ЖТПП и делать выбор в пользу этого материала только на основании данных производителя. Для оценки теплоизолирующей способности ЖТПП проведен эксперимент по указанной выше методике.

Для обеспечения возможности сравнения теплоизолирующей способности ЖТПП были выбраны другие образцы материалов, для которых значения λ имеют меньший диапазон колебаний и вызывают большее доверие. Например, вспененный полиэтилен имеет значение λ в пределах 0,031-0,037 Вт/(м·°C) [7], для пенополиуретана λ равен 0,022-0,032 Вт/(м·°C) в зависимости от технологии производства [8].

Всего экспериментально исследовалось 10 вариантов теплоизоляции сосуда: №1 – без теплоизоляции; №2 – слой ЖТПП толщиной $1 \cdot 10^{-3}$ м; №3 – слой ЖТПП толщиной $8 \cdot 10^{-3}$ м; №4 – вспененный закрытоячеистый полиэтилен толщиной $8 \cdot 10^{-3}$ м с фольгой, обращенной во внутрь; №5 – вспененный закрытоячеистый полиэтилен толщиной $8 \cdot 10^{-3}$ м и алюминиевой фольги снаружи и внутри; №6 – вспененный закрытоячеистый полиэтилен толщиной $8 \cdot 10^{-3}$ м; №7 – вспененный закрытоячеистый полиэтилен толщиной $8 \cdot 10^{-3}$ м и алюминиевой фольгой снаружи; №8 – самоклеящаяся алюминиевая фольга; №9 – один слой алкидного лака с алюминиевой пудрой; №10 – слой пенополиуретана толщиной $8 \cdot 10^{-3}$ м, полученный методом заливки, с двумя слоями фольги снаружи и внутри; №11 – один слой эмали глянцевой белой; №12 – один слой алкидного лака с алюминиевой пудрой и один слой эмали глянцевой белой. Во всех случаях крышки были без теплоизоляции.

Толщина основного теплоизоляционного материала, равная во всех вариантах $8 \cdot 10^{-3}$ м, принята исходя из наличия у авторов вспененного полиэтилена указанной толщины.

Полированная фольга, эмаль с белой пигментацией, алкидный лак с алюминиевой пудрой, благодаря своим свойствам [9, 10, 11], использовались как отражающий слой, что уменьшает лучистый теплообмен. По литературным данным коэффициентом теплового отражения фольги не менее 0,97; у эмали с белой пигментацией имеет коэффициент отражения равен 0,7 - 0,8, наилучшее отра-

жение достигается при толщине эмали не менее 10^{-4} м. При пожелтении отражающая способность эмали падает, поэтому рекомендуется применять белые акриловые эмали, обладающие высокой светостойкостью [10]. Коэффициент отражения эмали с алюминиевой пудрой равен 0,5 - 0,6. Последняя, главным образом, применяется для окраски бензиновых резервуаров с целью поддержания в них возможно более низкой температуры и уменьшения потерь за счет испарения [12]. Остальные, представленные в исследовании материалы, уменьшают теплопередачу.

Для получения светоотражающих лакокрасочных покрытий с большим коэффициентом отражения выпускаются специальные белые светотехнические эмали с коэффициентом отражения 0,85 - 0,9. Они предназначены для покрытия светильников с люминесцентными лампами и лампами накаливания [12]. Результаты экспериментального исследования материалов сведены в таблицу.

Анализ таблицы производим по значению параметра m , который характеризует скорость охлаждения воды в теплоизолированном сосуде и является безразмерной величиной. Чем больше значение m , тем хуже теплоизолирующее свойство. Темп охлаждения рассчитывается по формуле:

$$m = - \frac{\ln T_H - \ln T_K}{\ln t_H - \ln t_K},$$

где m - темп охлаждения;

T_H – избыточная температура в начале охлаждения, °C;

T_K – избыточная температура в конце охлаждения, °C;

t_H – время в начале охлаждения, с;

t_K – время в конце охлаждения, с.

Избыточная температура рассчитывается как разность между температурами T_w воды в сосуде и T_o воздуха в помещении.

Из таблицы видно, что вариант №3 с ЖТПП имеет теплоизолирующее свойство хуже, чем вариант №6 со вспененным полиэтиленом при прочих равных условиях. Значит, коэффициент λ для исследованного образца ЖТПП не соответствует заявленному, равному 0,023 Вт/(м·°C) и превышает λ вспененного полиэтилена равный 0,031-0,037 Вт/(м·°C). В ходе исследования выявлено, что ЖТПП при попадании воды разрушается; материал после нанесения слоя толщиной $5 \cdot 10^{-4}$ м на поверхность требует сушки в течение 24 ч. Требуется значительное время для получения ЖТПП окончательной толщины, этот вариант теплоизоляции далее использоваться не будет.

Таблица - Результаты экспериментального исследования

То, °С	22,0+1											
Вре- мя, t, 103с	Температура воды в сосуде, Тв, °С											
	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8	№9	№10	№11	№12
0	94,5											
1,2	76,0	78,5	82,0	85	86	83	84,5	83	80	87	79	79,5
1,8	69,0	73,0	77,0	81	82	78	80,5	78	74	84	72,5	73
2,4	62,0	67,0	72,0	76	78,5	74	77	73	68,5	80,5	68	67,5
3,3	56,0	60,5	66,5	71,5	74	68,5	72	67,5	62	76,5	61,5	61
4,2	51,0	55,5	62,0	67	70	63,5	67,5	62,5	56	74	56	55
5,1	46,5	51,0	57,5	64	67	59,5	64	58,5	53	71	50	49
6,0	43,0	47,5	53,0	61	63,5	56	61,5	54,5	47,5	67	47	46,5
Темп охла жде ния m	0,142	0,120	0,097	0,071	0,064	0,087	0,069	0,092	0,120	0,055	0,122	0,125

Среди материалов основного теплоизолирующего слоя лучший результат получен на образце с пенополиуретаном (вариант №10). При создании слоя пенополиуретана, применялась картонная оболочка, которая позже была удалена.

Среди материалов отражающего теплоизолирующего слоя лучший результат получен на образцах с использованием фольги. Целесообразно нанесение 2-х отражающих слоёв фольги. Наличие отражающих слоёв оказывает заметный эффект.

Заключение

Вариант №10 показал наилучший результат. Он является 3-х слойным комбинированным вариантом, обеспечивающим уменьшение теплообмена теплопередачей и излучением: слой 1 - отражающий, слой 2 – основной, слой 3 - отражающий. При использовании пенополиуретана необходимо введение эластичной оболочки. Оболочка нужна для создания слоя пенополиуретана определенной толщины в процессе его заливки.

С учетом с учетом теплоизолирующих, эксплуатационных и технологических свойств на топливопроводах дизеля возможно использование следующих материалов.

Для 1-го слоя: окрашивание эмалью по металлу любого цвета с последующим нанесением самоклеящейся фольги; либо электролитическое «блестящее» хромирование, дающее коэффициент отражения до 0,85 и высокие защитные свойства, максимальный блеск получают в сочетании с подслоями никеля и меди. Также для 1-го (отражающего) слоя применима металлизация.

Металлизация получается методом вакуумного напыления металлов (алюминия, хрома). Изделия могут быть изготовлены из разных материалов (пластмассовые, стальные, алюминиевые, стеклянные), покрываются различными цветами (под золото, бронзу, хром и др.). После напыления наносится защитное покрытие в виде двуокиси кремния (стекло), что позволяет выдерживать температуру до 200°С и обеспечить стойкость к соленому туману. В результате получают металлическое светоотражающее зеркальное покрытие, которое имеет стойкость к температурным воздействиям и окружающей среде. Данная технология применяется для всех автомобильных фар, отражателей для автомобилей, уличных фонарей и прожекторов [14].

В качестве 2-го (основного) слоя следует рекомендовать пенополиуретан в сочетании с эластичной, прозрачной, тонкостенной, достаточно прочной полимерной оболочкой, устойчивой к дизельному топливу и выдерживающей температуру до 80 - 100°С (например, полиуретан, хлорированный поливинилхлорид). Для центрирования оболочки необходимо применить центраторы. Для заполнения оболочка должна иметь технологические отверстия, которые потом следует заглушить. Технология заливки пенополиуретана в полимерную или металлическую оболочку используется при изготовлении теплоизолированных труб [8].

В качестве 3-го (отражающего) слоя авторы статьи рекомендуют металлизацию наружного слоя полимерной оболочки. Например, алюминий, напыленный в вакууме,

ВЫБОР МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ТЕПЛОИЗОЛИРОВАНИЯ ТОПЛИВОПРОВОДОВ ТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЯ

с последующей полировкой обеспечивает коэффициент отражения 0,95.

В результате исследования выбраны теплоизоляционные материалы для топливопроводов дизеля. Далее потребуется определить критический диаметр и толщину теплоизоляции уже для физической модели топливопровода. Также на выбор наружного диаметра теплоизоляции будет влиять ограничение на этот размер. Эффективность теплоизоляции будет проверена на физической модели топливопровода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Таусенев Е.М., Свистула А.Е. Применение теплоизоляторов при ремонте, техническом обслуживании и модернизации топливной аппаратуры дизелей. Постановка цели, выбор объекта и методов исследования//technomag.edu.ru: сайт электронного научного журнала «Наука и образование», Москва. МГТУ, №8, 2012. URL. <http://technomag.edu.ru/doc/452551.html> (дата обращения: 25.04.2014).
2. Таусенев Е.М., Экспресс-исследование температуры топливопроводов дизельной топливной системы разделенного типа/ К.В. Кох, А.Е. Свистула, Е.А. Герман// Ползуновский вестник. - 2013. - № 4/3. - С. 95-99.
3. Грехов Л.В. Топливная аппаратура и системы управления дизелей: учебник для вузов/Н.А. Иващенко, В. А. Марков. – М.: Легион-Автодата, 2004. 344 с.
4. Алумосиликатные микросферы (тонкостенные, керамические). Основные характеристики и отличительные особенности // inotek.net: сайт группы компаний Инотэк. – 2014. URL. http://inotek.net/keramicheskaya_mikrosfer (дата обращения: 02.04.2014).
5. Теплоизоляционные материалы торговой марки «ТЕРМОСИЛАТ»//hermo-house.com: сайт компании «Термохаус». – 2011. URL. <http://thermo-house.com/teploizolyacziya/163-teploizolyacziionnye-materialy-torgovoj-marki-ltermosilat.html> (дата обращения: 02.04.2014).
6. Рыженков В.А. Влияние характеристик микросфер и связующего вещества на теплопроводность тонкопленочных теплоизоляционных покрытий / А.Ф. Прищепов, Н.А. Логинова, А.П. Кондратьев // Надежность и безопасность энергетики. - 2010. - № 10. - С. 28-30.
7. Изолон пенополиэтилен. Физические свойства // isolon-trade.ru: сайт компании ООО «Изолон-Трейд». – 2011. URL. http://www.isolon-trade.ru/catalog/detail.php?ELEMENT_ID=43 (дата обращения: 02.04.2014).
8. Теплоизоляционные материалы Elastopor® Н. Пенополиуретановая изоляция труб // basf.ru: сайт химической компании BASF. – 2014. URL. http://www.basf.ru/ecp2/Business_Segments_products_and_markets_russia/PU_pipe_insulation (дата обращения: 02.04.2014).
9. Фольгированный материал Армофол //plastex.ru: сайт компании ЗАО "Пластэкс". - 2014. URL. <http://www.plastex.ru/catalog/armofol/> (дата обращения: 02.04.2014).
10. Денкер И.И., Владимирский В.Н. Технология окраски самолетов и вертолетов гражданской авиации. – 2-е изд., перераб. и доп. - М., Машиностроение, 1988. - 128 с.: ил.
11. Панченко Ю.Ф. Энергоэффективность использования нового теплозащитного материала для снижения теплопотребления зданий и сооружений/ Г.А. Зимакова, Д.А. Панченко // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. - 2011. - № 4. - С. 97-105.
12. Лакокрасочные покрытия светоотражающие//bibliotekar.ru: сайт «Энциклопедия современной техники. Строительство». - 2014. URL. <http://www.bibliotekar.ru/spravochnik-181-2/191.htm> (дата обращения: 02.04.2014).
13. Хромирование // dmd-tech.ru: сайт технико-внедренческого центра «Новых технологий». - 2014. URL. <http://www.dmd-tech.ru/root/pokrit/1> (дата обращения: 02.04.2014).
14. Вакуумное напыление металлов//galvanica.com.ua: сайт ООО "Гальваника". - 2014. URL.http://galvanica.com.ua/Napylenie_projektorov_fonarei.html (дата обращения: 02.04.2014).

Таусенев Е.М. - к.т.н., докторант кафедры ДВС, АлтГТУ им. И.И. Ползунова, e-mail:tausenev_e_m@bk.ru, тел.(3852)368498

Кох К.В. - аспирант кафедры ДВС, АлтГТУ им. И.И. Ползунова, e-mail:kafdvs@mail.altstu.ru, тел. (3852) 368498

Свистула А.Е. - д.т.н., профессор, заведующий кафедрой ДВС, АлтГТУ им. И.И. Ползунова, тел.(3852)368498, e-mail: kafdvs@mail.altstu.ru

Герман Е.А. - к.т.н., доцент кафедры ДВС, АлтГТУ им. И.И. Ползунова. тел. (3852) 368498, e-mail: kafdvs@mail.altstu.ru