

## Технология изготовления внутренней теплоизоляции головных обтекателей ракет-носителей из стеклопластика с сотовым наполнителем

*ГП «Конструкторское бюро «Южное» им. М.К. Янгеля»*

Приведены результаты новых исследований, связанных с отработкой эффективной технологии изготовления внутренней теплоизоляции головных обтекателей ракет-носителей из стеклопластика с сотовым наполнителем из полимерной бумаги «Номекс». Проанализированы результаты замены связующего АФ-10 на УП-3148, клея ВК-36 для склеивания обшивок с сотами на клей «Эпотерм-03т», реализации технологии изготовления теплоизоляции переменной толщины, отработки обеспечения и контроля чистоты.

**Ключевые слова:** внутренняя теплоизоляция, головной обтекатель, технология изготовления, стеклопластик, сотовый наполнитель, чистота поверхности, испытания.

Как уже отмечалось в наших работах [1 – 7] и др., в Государственном предприятии «Конструкторское бюро «Южное» им. М.К. Янгеля» перманентно расширяется диапазон эффективных конструктивно-технологических решений (КТР) агрегатов и узлов ракетно-космических аппаратов из полимерных композиционных материалов (ПКМ), разрабатываемых совместно с вузами и предприятиями отрасли.

К числу таких разработок относится и внутренняя теплоизоляция головных обтекателей (ГО) ракет-носителей (РН) из стеклопластика с сотовым наполнителем (СЗ) из полимерной бумаги «Номекс», предназначенных для обеспечения необходимого температурного режима в подобтекательном пространстве.

Трехслойные структуры с использованием неметаллических СЗ и стеклотекстолитовых обшивок одностороннего фольгирования обладают достаточно высоким тепловым сопротивлением. По сравнению с традиционно применяемой экрановакуумной теплоизоляцией (ТИ) трехслойные экраны из ПКМ обеспечивают более высокие требования по чистоте. При обеспечении удельной массы трехслойных панелей до  $1 \text{ кг/м}^2$  их использование в качестве теплоизоляционного экрана для ГО более предпочтительно.

В разрабатываемых ГП «КБ «Южное»» конструкциях ГО для РН «Зенит-2SLБ», «Циклон-4» предусматривается использовать именно этот тип ТИ.

В настоящей публикации изложены результаты завершаемого этапа ранее проведенной технологической отработки ТИ на образцах и фрагментах и оценки ее основных характеристик.

К материалам и конструкции ТИ предъявляют следующие технические требования:

- коэффициент черноты фольгированного стеклотекстолита со стороны фольги – не более 0,1;
- коэффициент черноты со стороны СЗ и стеклотекстолита – не более 0,8;
- коэффициент теплопроводности стеклотекстолита при  $50^\circ\text{C}$  –  $0,23 \dots 0,31 \text{ Вт/м}^2 \text{ К}$ ;
- удельная теплоемкость стеклотекстолита при  $50^\circ\text{C}$  –  $0,879 \dots 0,963 \text{ кДж/кг К}$ ;

- степень полимеризации связующего в готовом стеклотекстолите – не менее 93%;

- количество слоев фольги – 1;
- количество слоев стеклоткани – 1;
- толщина обшивок –  $0,11^{+0,03}$  мм;
- толщина обшивок в местах нахлестов фольги – 0,3...0,4 мм;
- толщина трехслойного пакета – 10...30 мм;
- удельная масса трехслойного пакета при толщине 30 мм – не более  $1,0 \text{ кг/м}^2$ ;
- молекулярные загрязнения поверхности ТИ, ( $\text{мг/м}^2$ ) – не более 2,0;
- поверхностные механические загрязнения частицами, ( $\text{мг/м}^2$ ) – не более 10,0;
- непоклей обшивок к СЗ не допускается;
- должна обеспечиваться работоспособность ТИ при температуре до  $150^\circ\text{C}$ .

В рамках этих исследований была создана внутренняя сотовая ТИ ГО РН, а также были разработана ТИ, компонентами которой первоначально являлись:

- стеклоткань Э2-62, имеющая низкую поверхностную плотность ~  $60 \text{ г/м}^2$  при толщине 0,06 мм;
- связующее АФ-10, обеспечивающее работоспособность стеклотекстолита при температуре  $150^\circ\text{C}$ ;
- клей ВК-36, обеспечивающий надежное клеевое соединение обшивок и СЗ при температуре  $150^\circ\text{C}$ .
- перфорированный СЗ из полимерной высокотермостойкой бумаги «Номекс» с размером грани ячейки 8...12 мм и высотой 10 и 30 мм.

Целью дальнейших работ являлось совершенствование ТИ путем применения новых материалов, а также отработка технологии получения ТИ переменной толщины с защитой торцов.

Существенным недостатком ранее проведенных исследований было использование пленочного клея ВК-36 с высокой плотностью (поверхностная масса клея составляет 0,27...0,28 кг), что существенно утяжеляло конструкцию ТИ. Кроме того, процесс склейки осуществлялся при температуре  $125^\circ\text{C}$ , что усложняло технологию получения ТИ.

Альтернативой применения клея ВК-36 в конструкции ТИ является новый эпоксидный клей «Эпотерм-03т», который предназначен для склеивания деталей из металлов, стекло- и углепластиков, керамики. Клеевые соединения на основе этого клея работоспособны в интервале температур от минус  $60^\circ\text{C}$  до плюс  $180^\circ\text{C}$ . Кроме того для обеспечения надежной склейки пакета достаточно 0,14...0,15 кг клея «Эпотерм-03т» на один квадратный метр поверхности. Таким образом, замена пленочного клея ВК-36 на клей «Эпотерм-03т» может обеспечить снижение поверхностной массы конструкции ТИ до  $0,25 \text{ кг/м}^2$ .

Эпоксидное связующее УП-3148 разработано УкрГосНИИпластмасс (г. Донецк) специально для термостойких фольгированных стеклотекстолитов. Это связующее высокого стабильного качества. Отличительными его особенностями являются:

- низкое содержание хлорорганических примесей;
- отрегулированное молекулярно-массовое распределение;
- узкие пределы содержания эпоксидных групп.

Это обеспечивает стабильную реакционную способность, хорошую текучесть, хорошую адгезию к фольге и высокое качество готового материала.

Связующее состоит из специально синтезированных смол с содержанием легкогидролизуемого хлора не более 0,05% и хлор-иона не более 0,001%. В качестве отверждающей системы используют отвердители фенольного типа, не содержащие свободного фенола, в сочетании с ускорителем отверждения каталитического типа. Связующее имеет жизнеспособность при 20°C не менее 60 суток.

Связующее УП-3148 представляет собой двухкомпонентную систему, где первый компонент – 48...54%-ный раствор эпоксидной смолы с низким содержанием ионных примесей.

На этапе экспериментальной обработки ТИ на образцах и фрагментах, пропитку проводили на машине МПТ-3. В результате выполненных работ был выбран оптимальный режим сушки при пропитке. Скорость пропитки должна составлять 2...4 м/мин. При этом основные параметры пропитанной стеклоткани были следующими:

- содержание смолы – 38...44%;
- содержание летучих – 2,2...2,8%.

В процессе технологической обработки экспериментально была выбрана плотность связующего УП-3148, равная 0,996...0,998 г/см<sup>3</sup>, при которой обеспечивается нанесение связующего на ткани и его содержание в готовом стеклотекстолите на уровне 40...44% и 38...42% соответственно. Повышенное содержание связующего в стеклотекстолите выбрано для более надежного соединения его с алюминиевой фольгой при формовании обшивок.

При обработке технологии изготовления фольгированного стеклотекстолита выкладку формуемого пакета проводили по следующей схеме. На металлическую цулагу размером 1000x1000 мм выкладывали один слой пропитанной связующим стеклоткани Э2-62. Ткань укладывали с нахлестом 20...25 мм. На стеклоткань укладывали алюминиевую фольгу с нахлестом 5±2 мм. Места нахлеста промазывали связующим с помощью кисти, затем в процессе обработки было предложено швы заклеивать скотчем, что обеспечило чистоту фольгированной поверхности в местах нахлеста от избытков смолы и летучих.

Фольгу поставляли обезжиренной. Стеклотекстолит изготавливали методом вакуумного формования.

Отверждение собранного пакета проводили по следующему режиму:

- вакуум не менее 0,08 МПа;
- свободный подъем температуры до 170°C;
- выдержка 2 часа;
- свободный режим охлаждения до температуры 50°C под вакуумом;
- отключение вакуума и охлаждение до температуры в цехе.

После обработки технологии изготовления фольгированных обшивок на основе связующего УП-3148 проведено их взвешивание. Масса одного квадратного метра составила 185...190 г, в то же время масса одного квадратного метра фольгированных обшивок на основе связующего АФ-10 составляла 210...220 г.

В местах установки крепежа на панели ТИ пакет «обшивка-сотонаполнитель-обшивка» усиливали с помощью запенивания клеем «Аэропласт-400М». Запененные сотоблоки изготавливали на основе перфорированного СЗ из полимерной высокотермостойкой бумаги «Номекс» с

размером грани ячейки 8 мм и высотой 10 и 30 мм. Запенивание сотоблоков проводились в приспособлении для заливки клея. В качестве вспенивающей композиции применяли двухкомпонентный клей «Аэропласт-400М». Жизнеспособность композиции составляет примерно 30 минут. Температура вспенивания – 15...35°C, время полной полимеризации композиции – 24 часа.

Технологию сборки-склейки трехслойных пакетов клеем «Эпотерм-03т» обрабатывали на криволинейных образцах 400x400x30 мм (рис. 1).

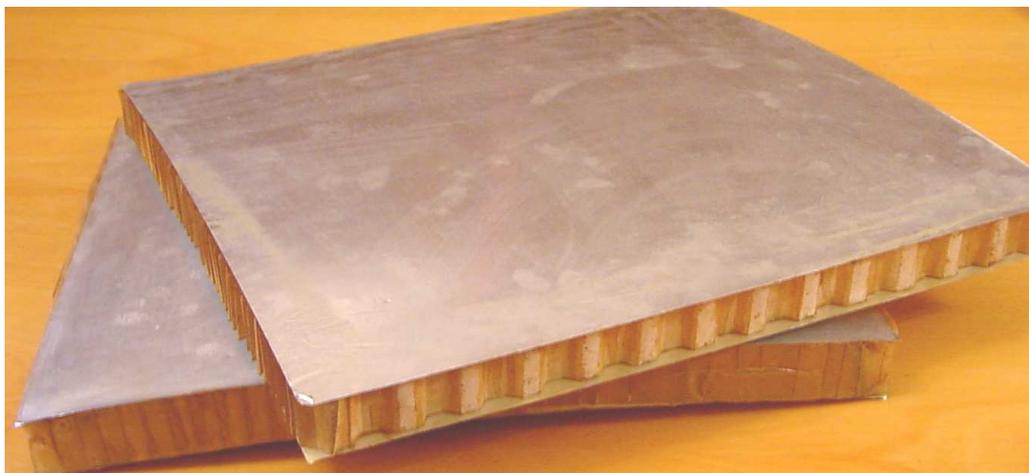


Рис. 1. Панели теплоизоляции 400x400x30 мм

Клей «Эпотерм-03т» наносили непосредственно на обшивки из расчета 150 г на квадратный метр.

После сборки пакета клеевые прослойки полимеризовались под вакуумным давлением 0,02...0,025 МПа. Полимеризацию собранного пакета проводили при комнатной температуре в течение 24 часов.

На рис. 2 показана сухая сборка конической панели ТИ переменной толщины.



Рис. 2. Сухая сборка конической панели ТИ переменной толщины

Образцы для экспериментальных исследований ФМХ теплоизоляции показаны на рис. 3.



Рис. 3. Образцы для исследований ФМХ теплоизоляции

Технологию механообработки отработывали экспериментальным путем при механической обработке трехслойных конических фрагментов. По результатам проведенных работ выбраны оптимальные режущие инструменты и режимы резания.

При изготовлении конической конструкции ТИ переменной толщины были выполнены следующие этапы работы:

- подготовка технологической оснастки;
- изготовление фольгированных обшивок;
- изготовление усилений под крепеж;
- изготовление усилений под лючки;
- сухая сборка панели;
- склейка усилений под лючки с нижней обшивкой;
- склейка нижней обшивки с сотовым наполнителем и закладными элементами, с одновременной заделкой торцов;
- окончательная склейка-сборка панели.

Выполнение на панели ТИ мест с различной толщиной (10, 20, 30 мм) обеспечивалось укладкой технологических вставок из полимерного СЗ повышенной плотности, которые удаляли после склейки-сборки панели.

Для защиты торцов ТИ от повреждений и выкрашивания, а также для выполнения требований к ТИ по чистоте были опробованы два варианта защиты торцов:

- самоклеющаяся фольгированная пленка;
- ткань Э2-62, пропитанная клеем «Эпотерм-0,3т».

При использовании пленки обнаружилось образование гофров, складок и помятостей, поэтому для защиты торцов панелей ТИ предпочтение отдали стеклоткани Э2-62, пропитанной клеем холодного отверждения, хотя данный вариант менее технологичен по сравнению с пленкой.

Были проведены исследования ФМХ свойств материалов, используемых в конструкции внутренней ТИ. При испытаниях трехслойной конструкции (рис. 4) определялись разрушающие напряжения при равномерном отрыве и сдвиге.

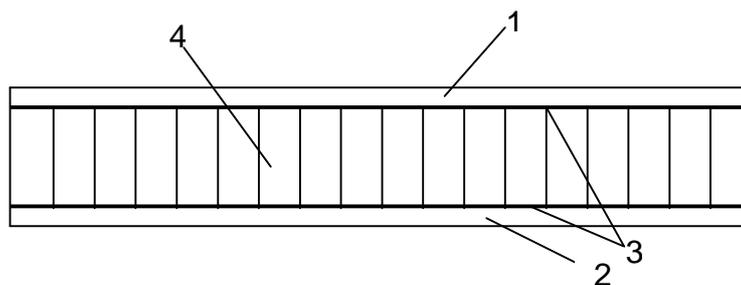


Рис. 4. Фрагмент трехслойной конструкции ТИ для испытаний:  
1, 2 – верхняя и нижняя обшивки; 3 – клей; 4 – полимерный СЗ

Трехслойные образцы внутренней ТИ изготавливали из фольгированных стеклопластиковых обшивок Э2-62+УП-3148+алюминиевая фольга (толщина 0,03 мм) и СЗ ПСП-1-8,0-10 (размер грани ячейки – 8мм и высота 30 мм) с помощью эпоксидного клея холодного отверждения «Эпотерм-03т».

Испытания проводили в соответствии с ОСТ 92-1476-78 при определении разрушающего напряжения в случае равномерного отрыва и при сдвиге.

Испытания образцов трехслойных конструкций на отрыв осуществляли на образцах, представляющих собой в плоскости правильный шестиугольник, вписанный в круг диаметром 80 мм. Образцы приклеивали к технологическим бобышкам этого же диаметра, изготовленным из алюминиевого сплава. Методика проведения испытаний была выбрана в соответствии с ОСТ92-1476-78. Испытания осуществляли на универсальной испытательной машине FPZ-10. Данные испытаний приведены в табл. 1.

Таблица 1  
Результаты испытаний трехслойной конструкции на равномерный отрыв

Номер образца	Разрушающее напряжение $\sigma$ , МПа	Характер разрушения
1	1,91	Отрыв произошел в основном (до 90% образцов) по технологическому клею, при этом сами образцы оказались неразрушенными
2	1,65	
3	1,91	
4	1,75	
5	1,82	
6	1,79	
7	1,87	
8	1,90	
9	1,81	
<b>Среднее</b>	<b>1,82</b>	

Для контроля величины разрушающего напряжения при сдвиге из изготовленных образцов вырезали заготовки размером 100x50 мм. Посередине заготовок с лицевой стороны делали прорезы шириной 2...3 мм до противоположной обшивки. Полученные заготовки склеивали в образец для испытаний на сдвиг. Заготовки склеивали с металлическими пластинами с помощью эпоксидного клея холодного отверждения. Для захвата образцов выступ металлических пластин составил около 10 мм. Фото изготовленных образцов показан на рис. 3. Данные испытаний приведены в табл. 2.

Таблица 2

## Результаты испытаний трехслойной конструкции на сдвиг

Номер образца	Разрушающее напряжение $\tau_{сд}$ , МПа	Характер разрушения
1	0,025	Во всех случаях разрушение произошло в результате смятия СЗ
2	0,026	
3	0,025	
4	0,027	
5	0,027	
6	0,027	
7	0,025	
8	0,026	
9	0,026	
10	0,026	
<b>Среднее</b>	<b>0,026</b>	

На этапе отработки технологии изготовления ТИ должны выполняться следующие требования по чистоте:

- уровень механических и молекулярных загрязнений контролируемой поверхности характеризуется как «визуально чистый (VC) + ультрафиолет». На этом уровне отсутствуют какие-либо загрязнения, видимые нормальным невооруженным глазом (кроме коррекции зрения) при освещении;

- ультрафиолетовые лучи должны иметь длину волны 320...380 нм и мощностью излучателя не менее 100 Вт.

- необходимо, чтобы чистота воздуха помещений, где проводят работы по изготовлению ТИ, была не ниже класса ISO 9 по международному стандарту ISO 14644-1 (количество частиц размером от 0,5 мкм и более в 1 дм<sup>3</sup> воздуха не должно превышать 35200, из них частиц от 1 мкм и более должно быть не более 8320 шт., а частиц размером 5 мкм и более в том же объеме воздуха – больше 290);

- ТИ должна быть дегазирована (пройти термовакуумную обработку) так, чтобы удовлетворять следующим требованиям по уровню газовыделений: при выдержке материала при температуре 125°C и давлении  $1,333 \cdot 10^{-2}$  Па в течение 24 часов общая потеря массы не должна превышать 1%, а содержание летучих конденсирующихся веществ – 0,1 % от общей массы материала.

При изготовлении ТИ применение кремнийсодержащих смазок (силиконов) не допускается. В случае невозможности исключения их использования, технология изготовления должна предусматривать их удаление с поверхностей ТИ.

Эти же требования по чистоте должны выполняться в производственном цикле «Цех изготовитель» - «Цех сборки».

В процессе изготовления опытной конструкции ТИ была отработана последовательность и объем технологических операций обеспечения и контроля чистоты, приведенные в табл. 3.

Таблица 3

Технологические операции обеспечения и контроля чистоты при изготовлении опытной конструкции ТИ, выполняемые вне чистого помещения

Наименование операции	СТО	Примечание
1. Контроль входной чистоты поверхности алюминиевой фольги по молекулярным загрязнениям	Лампа УФО	Выполняется по специальной методике
2. Контроль чистоты заготовок обшивок. Доочистка.	Салфетки. Ацетон или нефтяной растворитель	Проводится непосредственно перед полимеризацией. Контроль выполняется по специальной методике
3. Очистка пылесосом обшивок, рабочего места, оборудования, приспособлений и инструмента. Контроль чистоты	Пылесос	Проводится в процессе и непосредственно по завершению операций зашкурирования. Контроль чистоты визуальный
4. Очистка обшивок методом протирки. Контроль чистоты	Салфетки. Ацетон или нефтяной растворитель	Проводится непосредственно перед сборкой-склежкой пакета. Контроль чистоты визуальный
5. Контроль входной чистоты сотового заполнителя по молекулярным загрязнениям	Лампа УФО	Выполняется по специальной методике
6. Очистка пылесосом сотового заполнителя. Контроль чистоты	Пылесос	Проводится непосредственно перед сборкой-склежкой пакета. Контроль чистоты визуальный
7. Очистка пылесосом отверстий в деталях ТИ. Контроль чистоты	Пылесос	Проводится в процессе и непосредственно по завершению операций выполнения отверстий. Контроль чистоты визуальный
8. Очистка деталей ТИ методом протирки	Салфетки. Растворитель	
9. Контроль чистоты деталей ТИ		Контроль чистоты визуальный

В целях снижения уровня газовыделений проводили термовакuumную обработку (ТВО) ТИ. Вначале определяли уровень газовыделений необработанных материалов. Для этого образцы выдерживали при температуре 125°C и давлении  $1,333 \cdot 10^{-2}$  Па в течение 24 часов, после чего определяли общую потерю массы образца и количество веществ, конденсирующихся на специальных конденсаторах, температуру которых поддерживали на уровне 25°C.

В процессе изготовления ТИ проводили контроль уровня загрязнений их наружной поверхности, а также чистота среды, окружающей ТИ.

Качественный контроль механических и молекулярных загрязнений ТИ выполняли с помощью ультрафиолетового осветителя УФК-3 по специальной

методике визуального контроля механических и молекулярных загрязнений поверхности в белом и ультрафиолетовом свете.

Результаты контроля чистоты исходных материалов показали положительный результат: так, на поверхности заготовок из алюминиевой фольги отсутствовали характерные признаки наличия молекулярных загрязнений, а также частиц пыли. Уровень чистоты поверхности, который можно проконтролировать по данной методике, соответствует определению «визуально чистый» (VC) и «визуально чистый (VC) + ультрафиолет».

Контроль чистоты воздуха проводили фотометрическим методом с помощью прибора контроля запыленности воздуха ПКЗВ- 906.

Технологию обеспечения чистоты ТИ отработывали с учетом результатов экспериментальных работ, выполненных в лабораторных условиях на образцах ТИ, в ходе которых была подтверждена принципиальная возможность достижения требуемых параметров чистоты.

При изготовлении опытной конструкции ТИ решали следующие задачи обеспечения ее чистоты:

- определение исходного состояния (по загрязнениям) алюминиевой фольги и проверка качества предварительной очистки ее у поставщика (ОАО «УкрНИИТМ»);

- определение возможности очистки фольги от молекулярных (жировых) загрязнений, образовавшихся на поверхности обшивок при их изготовлении, после термовакуумной обработки;

- отработка объема и последовательности технологических операций обеспечения чистоты в производственных условиях и подтверждение возможности достижения требуемых параметров чистоты.

Для определения влияния молекулярных (жировых) загрязнений на чистоту поверхностей обшивок после термовакуумной обработки был проведен эксперимент. В ходе эксперимента на очищенную и проконтролированную поверхность обшивки перед помещением ее в печь были нанесены пробные молекулярные загрязнения (поставлены отпечатки пальцев руки человека). После термовакуумной обработки была проконтролирована чистота поверхности обшивки, в результате чего подтвердили наличие загрязнений (отпечатков пальцев).

## Выводы

В процессе дальнейших исследований ранее проведенной отработки технологии изготовления внутренней сотовой ТИ ГО переменной толщины с элементами крепления и защитой торцов и обеспечением повышенных требований по чистоте получены следующие результаты:

1. Проведена замена связующего АФ-10 на связующее УП-3148, что позволило повысить качество фольгированных обшивок и снизить их массу на 12...15%.

2. Выполнена замена клея ВК-36 для склеивания обшивок с сотами на клей «Эпотерм-03т», позволившая повысить прочность склейки обшивок с сотами при равномерном отрыве с 0,42 до 1,89 МПа.

3. Отработаны технологии приготовления связующего УП-3148 и пропитки им стеклоткани Э2-62, изготовления комплектующих элементов ТИ: стеклотекстолита одностороннего фольгирования и запененных упрочняющих элементов.

4. Реализованы технологический процесс сборки-склейки ТИ на образцах 400x400x30мм и изготовления ТИ на конических фрагментах переменной толщины с элементами крепления и защиты торцов.

5. Проведена экспериментальная отработка обеспечения и контроля чистоты, в результате которой определены параметры чистоты комплектующих, установлены последовательность и объем необходимых технологических операций и подтверждена возможность достижения в производственных условиях чистоты ТИ, требуемой в конструкторской документации на РН.

### Список литературы

1. Дегтярев, А.В. Применение композиционных материалов при создании перспективных образцов ракетной техники [Текст] / А.В. Дегтярев, В.А. Коваленко, А.В. Потапов // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2012. – № 2(89). – С. 34 – 38.

2. Композиционные материалы в разработках ГП «КБ Южное» / А.М. Потапов, В.А. Коваленко, Ю.Г. Артеменко и др. [Текст] // *Композиционные материалы в промышленности: сб. материалов 30-й междунар. науч.-практич. конф., Ялта 7–11 июня 2010 г. / Украинский информационный центр «Наука. Техника. Технология»*. – Киев, 2010. – С. 111 – 119.

3. Потапов, А.М. Создание внутренней теплоизоляции на основе трехслойной сотовой конструкции для головных обтекателей ракет-носителей [Текст] / А.М. Потапов, В.А. Коваленко, А.П. Кушнарв // *Композиционные материалы в промышленности: сб. материалов 27-й междунар. науч.-практич. конф., Ялта 28 мая – 1 июня 2007 г. / Украинский информационный центр «Наука. Техника. Технология»*. – К., 2007. – С. 94 – 95.

4. Оработка новых конструкторско-технологических решений при создании внутренней теплоизоляции головных обтекателей ракет-носителей «Циклон-4» и «Зенит-2SLБ» [Текст] / А.М. Потапов, В.А. Коваленко, Н.И. Кокарева и др. // *Эффективность сотовых конструкций в изделиях авиационно-космической техники: сб. материалов IV междунар. науч.-практич. конф., Днепропетровск 01 – 03 июня 2011 г. / Укр. НИИ технологий машиностроения*. – Днепропетровск, 2011. – С. 178 – 180.

5. Коваленко, В.А. Перспективная нетрадиционная теплоизоляция головных обтекателей для ракет-носителей / В.А. Коваленко, А.М. Потапов, Н.И. Кокарева // *Космические технологии: настоящее и будущее: тез. докл. 3-й междунар. конф. 20 – 22 апреля 2011 г.* – Днепропетровск, 2011. – С. 78.

6. Кондратьев, А.В. Состояние проблемы научного обеспечения эффективной технологии производства агрегатов ракетно-космической техники из полимерных композиционных материалов [Текст] / А.В. Кондратьев, В.А. Коваленко // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2011. – № 6(83). – С. 17 – 25.

7. Коваленко, В.А. Применение полимерных композиционных материалов в изделиях ракетно-космической техники как резерв повышения ее массовой и функциональной эффективности [Текст] / В.А. Коваленко, А.В. Кондратьев // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2011. – № 5(82). – С. 14 – 20.

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф., зав. каф. В.Е. Гайдачук, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

Поступила в редакцию 17.05.13.

## **Технологія виготовлення внутрішньої теплоізоляції головних обтічників ракет-носіїв зі склопластику зі стільниковим заповнювачем**

Наведено результати нових досліджень, що пов'язані з відпрацюванням ефективної технології виготовлення внутрішньої теплоізоляції головних обтічників ракет-носіїв зі склопластику зі стільниковим заповнювачем з полімерного паперу «Номекс». Проаналізовано результати заміни зв'язуючого АФ-10 на УП-+3148, клею ВК-36 для склеювання обшивок із сотами на клей «Епотерм-03т», реалізації технології виготовлення теплоізоляції змінної товщини, відпрацювання забезпечення і контролю чистоти.

**Ключові слова:** внутрішня теплоізоляція, головний обтічник, технологія виготовлення, склопластик, стільниковий заповнювач, чистота поверхні, випробування.

## **Manufacturing technology of the internal heat insulation made from fiberglass with a honeycomb core for payload fairing of the launch vehicle**

New research findings in the area of the effective manufacturing technology application of the internal heat insulation for payload fairing of the launch vehicle were presented. This thermal insulation is a structure of fiberglass with a honeycomb core made of polymer paper «Nomex». Results of the replacement binder АФ-10 on binder УП-3148 and glue ВК-36 for bonding skins with honeycomb core on glue «Эпотерм-03т» the implementation of manufacturing technology for variable thickness heat insulation and the application of purity control were analyzed.

**Keywords:** internal heat insulation, payload fairing, manufacturing technology, fiberglass, honeycomb core, surface cleanliness, the tests