

**ВЫБОР МАТЕРИАЛА И ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МОТОРНОЙ ЛОДКИ**  
 Алиева М. А. – студент группы МиТМ – 21, науч. рук. Головина Е. А. – к.т.н., доцент  
 Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В данной работе описаны основные требования к изготовлению моторной лодки. Выбран материал для ее изготовления. Разработан технологический процесс изготовления лодки из стеклопластика.

Моторная лодка представляет собой маломерное судно, оборудованное подвесным мотором. Именно наличие съемного подвесного мотора является единственным признаком в определении и отличает «моторную лодку» от «катера».

В настоящее время для изготовления моторных лодок применяют много различных материалов, таких как алюминий, сталь, дерево и стеклопластик. Каждый из этих материалов имеет свои преимущества и недостатки. Но для изготовления лодки материал должен обладать определенными свойствами: высокой прочностью, газо- и водонепроницаемостью, стойкостью к воздействию внешних факторов, небольшой массой, долговечностью, стойкостью к истиранию, низкой стоимостью, покрытие должно обладать стойкостью к нефтепродуктам, морозостойкостью.

Рассмотрев преимущества и недостатки всех материалов (табл.1) и сопоставив все параметры, можно с уверенностью сделать выбор в пользу лодки из стеклопластика, так как именно стеклопластик, в нашем случае, является самым выгодным и практичным материалов.

Таблица 1 – Сравнение характеристик материалов

Характеристики	Материал для изготовления корпуса судна			
	Сталь	Алюминий	Дерево	Стеклопластик
Длина	До 460 м	До 30–35 м	До 25–30 м	До 14–18 м
Ширина	До 70 м	До 10 м	До 10 м	До 5 м
Пассажировместимость	До 2000 человек	До 100 человек	До 50 человек	До 15 человек
Маневренность	Ограниченная	От высокой до затруднительной, в зависимости от размеров	От высокой до затруднительной, в зависимости от размеров	Высокая
Максимальная скорость, км/ч	20–45	30–70	20–45	60–230
Периодичность обслуживания корпуса	1–2 раза в год, в зависимости от среды эксплуатации	От 1 раза в год, до 1 раза в 2–3 года, в зависимости от среды эксплуатации	2–3 раза в год, в зависимости от среды эксплуатации	Раз в 2–4 года, в зависимости от среды эксплуатации
Удельная мощность	До 0,1	До 0,5	До 0,05	До 1

Сегодня огромное количество моторных лодок делается из качественного и прочного материала – стеклопластика. Существуют такие лодки уже очень давно. Раньше это чаще всего были весельные лодки, которые крайне редко использовались под мотор. Сейчас же, изготавливают компактные лодочные моторы, которые можно подобрать практически под любую лодку.

Толчок в производстве стеклопластиковых лодок произошел, из-за появления новых связующих на основе эпоксидных и полимерных смол. А в качестве основы, без изменений осталась стеклопластиковая ткань.

По структуре, корпус лодки из стеклопластика (рис. 1) похож на структуру железобетонных конструкций. Только функции металлической арматуры выполняет стеклоткань, а функции бетона – связующие смолы.



Рисунок 1 – Пример моторной лодки из стеклопластика

Составляющие корпуса лодки сами по себе представляют совершенно разные материалы. Стеклоткань – эластичный материал, способный принимать любую геометрическую форму со сложными изгибами. Связующая смола до полимеризации в состоянии заполнять структуру стеклоткани, связывать волокна материала между собой. После застывания смола дает большую прочность, но при этом остается хрупкой. И именно стеклоткань убирает эту хрупкость.

Изготовление лодки из стеклопластика не простой процесс, это искусство, особенно если это модель средней или высшей категории, где используется кожа, устанавливаются мягкие сиденья, стекла. Также многие лодки индивидуальны и делаются на заказ.

Самые главные свойства, которые выделяют материал из ряда аналогов, следующие:

- высокая прочность;
- эластичность, но одновременно устойчивость к деформации;
- неподверженность коррозии;
- сохранение яркости и насыщенности цвета на протяжении всего срока службы.

В то же время корпуса из стеклопластика при неправильном конструировании или недостаточно тщательном изготовлении обладают существенными недостатками, вытекающими из свойств этого слоистого материала. В общем виде эти недостатки следующие:

1 Стеклопластик весьма чувствителен к износу при трении. Пластик истирается в таких местах, где с ним соприкасаются подвижные детали. Все эти места нуждаются в защите протекторами – деталями из других износостойких материалов либо в дополнительном утолщении самого пластика.

2 Недостаточная прочность и светостойкость наружного декоративного пигментного слоя. Этот слой лишен армирующего влияния стеклоткани и потому легко выкрашивается при механических повреждениях или деформациях обшивки корпуса. Для ограничения распространения отколов и раковин в декоративном слое их необходимо шпаклевать, а первоначальный цвет восстанавливать окраской.

3 Большинство соединений набора в пластмассовых корпусах выполняется приформовкой полосами стеклоткани на смоле. Если приформовка ведется по затвердевшему пластику, то требуется тщательная зачистка его поверхности перед приформовкой и хорошее уплотнение «мокрых угольников». В противном случае прочность приформовок оказывается

недостаточной, особенно при их работе на отрыв. По этой же причине часто оказываются негерметичными соединения секций палубы и собственно корпуса.

4 Наконец, вследствие небрежности при изготовлении между слоями стеклоткани в обшивке возможны непроклеи и воздушные пузыри, которые в дальнейшем становятся причиной фильтрации воды.

Таким образом, стеклопластиковый корпус нуждается в тщательном учете особенностей свойств материала, постоянном наблюдении и профилактическом ремонте при эксплуатации.

Ну и наконец-то, рассмотрим технологию изготовления лодок.

Технология изготовления лодки из стеклопластика включает в себя несколько этапов:

1 Подготовка матрицы.

Поверхность матрицы очищается от загрязнений и обезжиривается. Далее наносится антиадгезионное покрытие (разделительный слой).

2 Раскрой армирующего наполнителя.

Стеклоткань раскраивается на заготовки ручным инструментом.

3 Нанесение гелькоута.

Компоненты гелькоута подготавливаются и смешиваются между собой согласно инструкции. На поверхности оснастки гелькоут наносится тонким равномерным слоем. Наносят его вручную, с помощью кисти или при помощи распыления, используя специальный пистолет и компрессор.

4 Формование корпуса лодки.

Подготовить заготовки армирующего наполнителя. Смешать компоненты связующего между собой согласно инструкции. Первым слоем укладывается стеклоткань или гелькоут. Таким образом, формируется надежное покрытие стеклопластика. Затем связующее равномерно наносится на стеклоткань и распределяется с помощью валика. Используя прикаточный ролик, удаляются воздушные пузыри. По такой же схеме последовательно укладываются последующие слои.

5 Формирование силового каркаса лодки.

Для формирования силового набора в корпусе лодки прокладываются 3 продольных бруска. Каждый брусок обкатывается двумя слоями стеклоткани, предварительно пропитанной связующим. На них, через каждые 30 см устанавливаются шпангоуты, предварительно обкатанные двумя слоями пропитанной стеклоткани.

6 Установка пола.

Поверх смонтированных шпангоутов кладется влагостойкая фанера и фиксируется на них при помощи саморезов. Поверхность пола и внутренних стенок корпуса лодки покрывается двумя слоями стеклоткани пропитанной связующим. Таким образом, образуется герметичное двойное дно, обеспечивающее безопасность судна. После укладки всех слоев наполнителя производится технологическая выдержка для полимеризации связующего.

7 Окончательная сборка.

Заготовка корпуса лодки извлекается из формы и производится обрезка припусков. На корпус лодки устанавливается крышка, монтируется привальный брус. Лодка из стеклопластика готова.

Большинство операций изготовления происходят в ручном режиме. Если это серийное производство большого количества лодок, корпус формируется при помощи не только матрицы, но и пуансона. Пуансон опускается на выложенные на матрице выкройки из стеклоткани, пропитанные смолой, и сразу формирует под давлением внешнюю форму корпуса лодки.

Но даже при таком способе невозможно избежать ручной работы по шлифовке корпуса.

Список использованной литературы:

1. Композиционные материалы: справочник [Текст] / В. В. Васильев, Д. В. Протасов, В.В. Болотин. Под ред. В. В. Васильева, Ю. М. Тарнопольского. – М.: Машиностроение, 1990. – 512 с.
2. Стеклопластики – технологии, разработки, проекты [Электронный ресурс] // – Электрон.данные. Режим доступа: <http://www.steklo-tech.ru/About/nedostatki.htm>. – Загл. с экрана.
3. <http://blesna.net/lodki-i-motory/382-lodki-iz-stekloplastika-osobennosti-proizvodstva.html>
4. Моторная лодка [Электронный ресурс]: Википедия – свободная энциклопедия. – Электрон.данные. Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Моторная\\_лодка](https://ru.wikipedia.org/wiki/Моторная_лодка)–Загл. с экрана.
5. Проектирование судов [Текст] / Бронников А. В. – Учебник. - Л.: Судостроение, 1991. -320 с.

## ПРОВЕДЕНИЕ ИМИТАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ КОРПУСА МОТОРНОЙ ЛОДКИ В ПРОГРАММЕ SOLIDWORKS

Алиева М.А. – студент группы МиТМ – 21, науч. рук. Головина Е.А. – к.т.н., доцент Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Моторная лодка представляет собой маломерное судно, оборудованное подвесным мотором. У конструкции лодки много составляющих, но в данной работе представлен только ее корпус. На рисунке 1 показана схема корпуса моторной лодки.

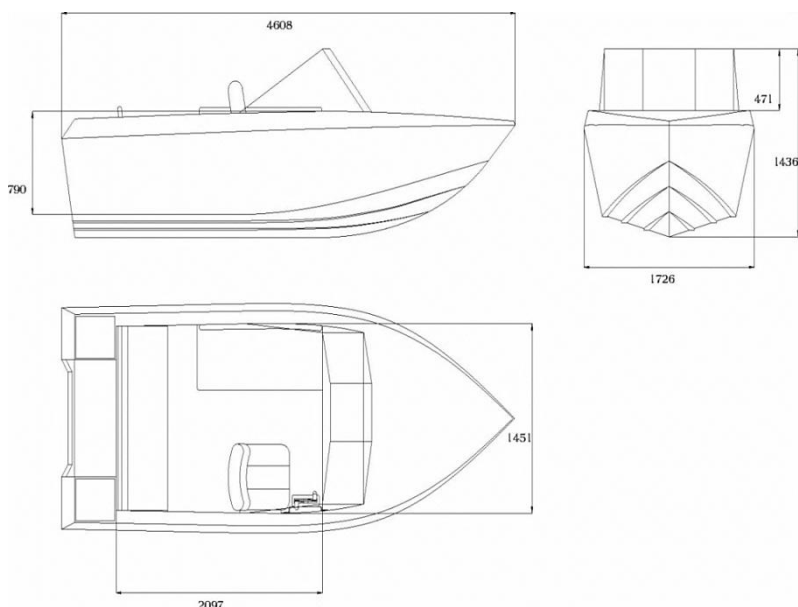


Рисунок 1 – Схема корпуса моторной лодки

Для изготовления маломерных судов необходимо учитывать определенные требования:

- первое что необходимо сделать, это выбрать тип и конструкцию двигателя, чтобы он имел наименьший вес и расходовал малое количество топлива;
- нужно выбрать размерения и спроектировать конструкцию лодки;
- выбор материала производится с учетом выбранного мотора, так чтобы конструкция из выбранного материала не разрушилась под весом мотора.

Так как мотор крепиться на заднюю стенку лодки, то при проектировании максимальное на нее усилие не должно превышать 410 Н, а минимальное должно быть не менее 120 Н, чтобы обеспечить необходимую скорость лодки.

Для моделирования была выбрана моторная лодка со следующими размерениями:

длина – 4608 мм, ширина – 1726 мм, высота – 1436 мм и глубина осадки – 220 мм.

Для расчета распределения запаса прочности в SimulationXpress используется критерий максимального напряжения vonMises. Этот критерий точно определяет, что пластичный материал начинает растягиваться, когда эквивалентное напряжение достигает предела текучести материала. Предел текучести определяется как свойство материала. SimulationXpress рассчитывает коэффициент запаса прочности в заданной нами точки.

Необходимо проверить максимальную силу 410 Н, приложенную на корпус лодки, выполненное из таких материалов как: стеклопластик, сталь и алюминий.

Проведение имитационных испытаний корпуса лодки с помощью SimulationXpress.

На рисунке 2 – 4 показаны значения напряжения и смещения.

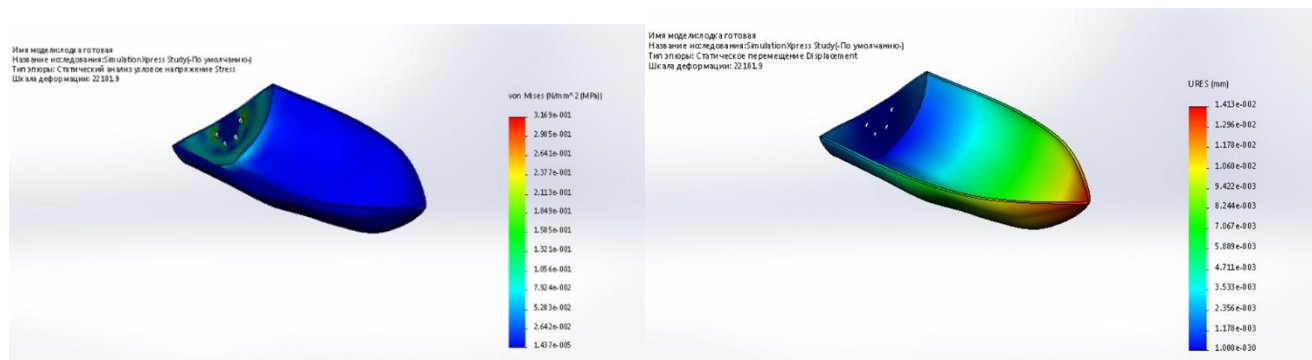


Рисунок 2 – Результат испытаний корпуса лодки из стали

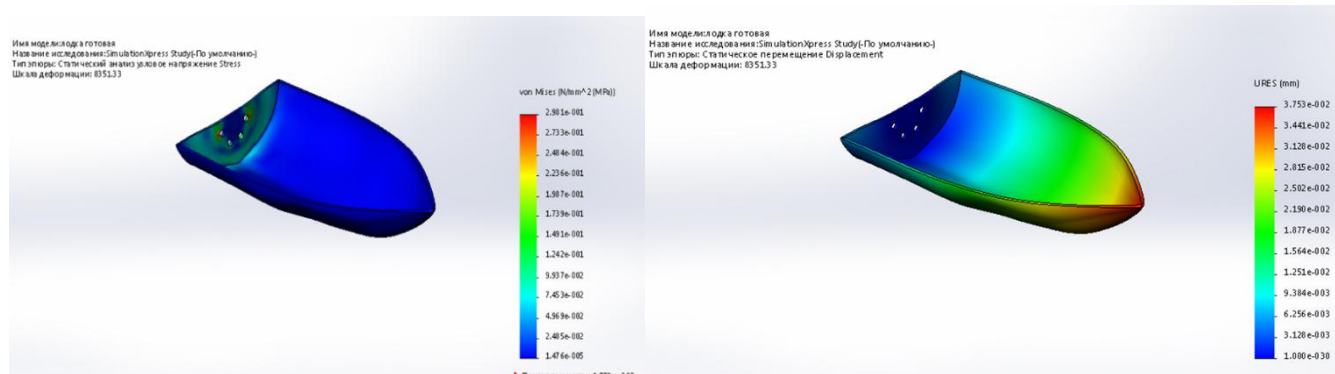


Рисунок 3 – Результаты испытаний корпуса лодки из алюминия

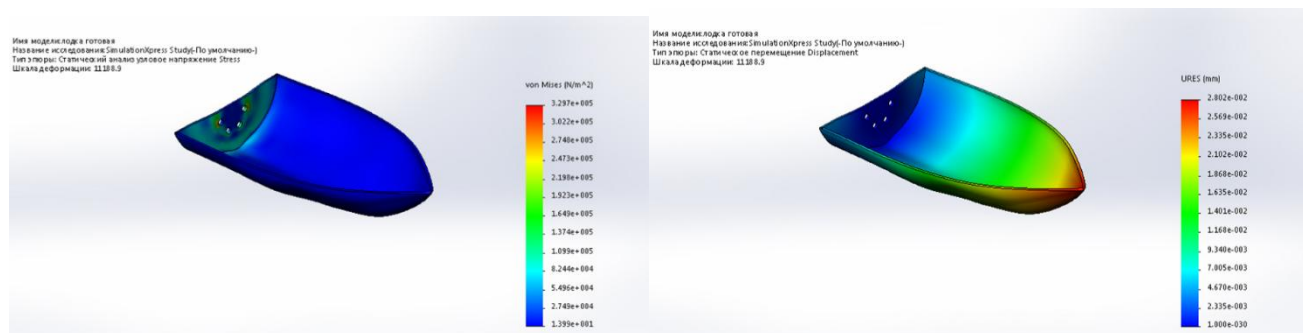


Рисунок 4 – Результаты испытаний корпуса лодки из стеклопластика

## Вывод

В ходе выполнения расчетного задания был спроектирован корпус моторной лодки, проведен ряд испытаний для определения оптимального материала для изготовления лодки при применении максимальной силы, действующей на заднюю стенку лодки 410 Н.

Результаты показывают, что выбранные материалы для изготовления корпуса моторной лодки выдерживают максимальную нагрузку и подходят для эксплуатации.

Зоной возможного разрушения является место крепления к лодке подвесного мотора.

Максимальные напряжения выбранных материалов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Показания максимальных напряжений

Сталь	Алюминий	Стеклопластик
Максимальное напряжение по Мизесу, $10^5$ , Н/м <sup>2</sup>		
Нагрузка 410 Н	Нагрузка 410 Н	Нагрузка 410 Н
3196	2981	3297
Статистическое перемещение $10^{-2}$ , мм		
1413	3753	2802

Наиболее применим оказался корпус из стеклопластика, так как он способен выдержать наибольшие нагрузки, превосходит сталь и алюминий по массе и значительно дешевле.

Список использованной литературы:

1. Композиционные материалы: справочник [Текст] / В. В. Васильев, Д. В. Протасов, В.В. Болотин. Под ред. В. В. Васильева, Ю. М. Тарнопольского. – М.: Машиностроение, 1990. – 512 с.
2. Стеклопластики – технологии, разработки, проекты [Электронный ресурс] // – Электрон.данные. Режим доступа: <http://www.steklo-tech.ru/About/nedostatki.htm>. – Загл. с экрана.
3. <http://blesna.net/lodki-i-motory/382-lodki-iz-stekloplastika-osobennosti-proizvodstva.html>
4. Моторная лодка [Электронный ресурс]: Википедия – свободная энциклопедия. – Электрон.данные. Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Моторная\\_лодка](https://ru.wikipedia.org/wiki/Моторная_лодка)–Загл. с экрана.
5. Проектирование судов [Текст] / Бронников А. В. – Учебник. - Л.: Судостроение, 1991. -320 с.

## ИЗМЕНЕНИЕ АДГЕЗИОННЫХ СВОЙСТВ ВОЛОКОН И КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКОЙ

Бергутова К.М. – магистрант группы 8-МиТМ-41,

науч. рук. Маркин В.Б – д.т.н., профессор, зав.каф. ССМ

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В настоящее время использование плазмохимических технологий при производстве композиционных материалов получает все большее распространение. В первую очередь это связано с большим влиянием данного вида обработки на физические и химические свойства поверхностного слоя композитов, а также на его структуру. Плазмохимическая технология позволяет изменять смачиваемость, капиллярность тканей и пленок, увеличивать прочность и эластичность пленок и волокон, увеличивать прочность клеевых соединений тканей, полимерных пленок и изделий из пластмасс [1]. Важно также отметить, что плазмохимические методы являются более экологически чистыми по сравнению с химической модификацией материалов, при которой используются агрессивные химические вещества (кислоты, щелочноземельные металлы, щелочи и др.). В данной статье собраны результаты исследований плазмохимической модификации поверхности композиционных материалов, а также их наполнителей, позволяющих изменять адгезионные свойства рассматриваемых объектов. Выбор данной характеристики связан с тем, что придание гидрофильности или гидрофобности поверхностному слою материалов позволяет получать композиционные материалы с совершенно новыми, уникальными свойствами, применяемыми в самых различных областях жизнедеятельности человека.

Улучшение адгезионных свойств композиционных материалов связано с очисткой

поверхности от различных загрязнений, а также с образованием гидрофильных групп разнообразной химической природы. В статье [2] исследованы изменения поверхностных свойств полимеров молочной кислоты и фторопласта с помощью плазмохимической модификации. Плазмохимическая обработка материалов производилась на электродной системе с предыонизатором в двух режимах работы генератора: изменение времени обработки и энергии в импульсе. С помощью прибора DSA20 определялись свободная энергия поверхности и смачиваемость (вода и глицерин). По результатам данного эксперимента было установлено, что варьирование времени обработки поверхности в плазме и мощности импульса позволяет получить гидрофильную или гидрофобную поверхность в зависимости от поставленных целей. Плазмохимическая обработка способствует увеличению шероховатости поверхности обрабатываемого материала, вследствие чего увеличивается дисперсная составляющая свободной энергии поверхности. В случае полимолочной кислоты увеличение времени обработки в плазме атмосферного газового разряда способствует восстановлению гидрофильных свойств после значительного спада и снижению свободной поверхностной энергии за счет образования на поверхности новых полярных групп. Для фторопласта наблюдается обратное изменение свойств: увеличение времени воздействия способствует последовательному уменьшению гидрофильности и последующему насыщению. Иными словами, природа полимера и плазмообразующего газа, а также свойства плазмы в значительной мере влияют на гидрофилизацию и гидрофобизацию поверхностного слоя полимера.

Изменению адгезионных свойств конечного продукта может способствовать плазменная обработка наполнителей, используемых для композиционных материалов. В работе [3] рассмотрен процесс модификации многофиламентных высокомодульных армирующих полиэтиленовых волокон марки D 800 с целью получения композитов для медицинской промышленности. В качестве матрицы использовалась эпоксидная смола ЭД-20 на основе диглицеდიлового эфира бифенола А, отвержденную полиэтиленполиамином. При обработке волокон в плазме высокочастотного емкостного разряда пониженного давления наблюдается изменение физического состояния волокон, которым, в свою очередь, можно объяснить увеличение адгезионной прочности композиционного материала. Изменение адгезионной способности связано с увеличением прочности обрабатываемых волокон, благодаря чему возрастает вероятность протекания диффузионных процессов на границе раздела фаз и, как результат, увеличение площади контакта адгезива и субстрата [4]. Таким образом, за счет гидрофилизации поверхности волокон и улучшения адгезионных свойств вследствие плазменной обработки наблюдается увеличение прочности соединения волокон с матрицей полимера в 2 – 2,5 раза.

В качестве наполнителей для композиционных материалов наиболее перспективно использовать арамидные волокна. Арамидные волокна обладают уникальными свойствами, такими как высокая прочность при растяжении, высокий модуль упругости, термостабильность, обеспечивающая эксплуатацию в широком температурном интервале, хорошая защитная стойкость при ударе, повышенные усталостные и диэлектрические свойства и др [5]. Создание композиционных материалов на основе арамидных волокон с применением в качестве дополнительной стадии плазменной обработки способствует значительному облегчению и удешевлению данного процесса. В работе [6] результаты эксперимента доказывают, что применение плазменной обработки улучшает смачиваемость всех марок арамидных волокон, причем для волокна марки Кевлар удалось увеличить смачиваемость на 183,3 %, а для волокна марки Русар-С – на 43,1 %. Кроме того, при данной модификации достигается увеличение прочности связи матрицы с волокном на 30%. Образующийся в технологическом процессе волокнистый полимер измельчают, промывают и высушивают. Раствор очищенного полимера ekstrudруется при повышенной температуре и после попадает в осадительную ванну с холодной водой. После промывки и сушки арамидное волокно подвергают обработке в плазме высокочастотного емкостного разряда, а затем сматывается в бабины. При этом получается арамидное волокно с высокой адгезионной

способностью.

В большинство работ по данной тематике воздействие плазмы на полимер рассматривается как процесс, направленный исключительно на поверхностный слой материала. Однако УФ-излучение плазмы может проникать вглубь полимера, причем глубина проникновения зависит от структуры полимера [7].

Плазмохимическая обработка в сочетании с традиционными технологическими процессами позволяет получить материалы с качественно новыми свойствами, применяемыми в строительстве, медицине, авиационной и космической отраслях. Целенаправленное влияние на адгезионные характеристики композиционных материалов позволяет изменять физико-химические свойства объектов и упрощать технологические процессы производства.

#### Список литературы

1. Максимов, А.И. Возможности и проблемы плазменной обработки тканей и полимерных пленок // Максимов, А.И., Горберг Б.Л., Титов В.А. Текстильная промышленность. 1992. №1. – С. 101 – 117.

2. Ходыревская, Ю.И. Плазменная модификация полимерных материалов с целью изменения их поверхностных свойств // Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. 2014. №2. – С. 66 – 67.

3. Сергеева, Е.А. Влияние плазмы ВЧЕ-разряда на физико-механические свойства волокон и композиционных материалов // Сергеева Е.А., Гришанова И.А., Абдуллин И.Ш. Вестник Казанского технологического университета. 2010. №7. – С. 109 – 112.

4. Абдуллин, И.Ш. Высокочастотная плазменно-струйная обработка материалов при пониженных давлениях / И.Ш. Абдуллин, В.С. Желтухин, Н.Ф. Кашапов. – Казань.: Изд-во Казан.госуд. ун-та. – 2000. – 348с.

5. Перепелкин, К.Е. Армирующие волокна и волокнистые полимерные композиты / К.Е. Перепелкин. – М.: НОИТ. 2009. – 380с.

6. Ибатуллина, А.Р. Внедрение обработки высокочастотной плазмой пониженного давления в технологический процесс получения арамидных волокон // Ибатуллина, А.Р., Сергеева Е.А. Вестник Казанского технологического университета. 2012. №14. – С. 115 – 118.

7. Гиллет, Дж. Фотофизика и фотохимия полимеров. Введение в изучение фотопроцессов в макромолекулах. М.: Мир. - 1988. - 389с.

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАТЕРИАЛА И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КАРДАННОГО ВАЛА

Блинов И. В. – студент группы МиТМ-21, науч. рук. Головина Е. А. – к.т.н., доцент Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В данной работе описаны основные требования к изготовлению карданного вала. Выбран материал для его изготовления. Разработан технологический процесс изготовления карданного вала из углепластика [4].

Карданная передача служит для передачи крутящего момента между валами оси, которые лежат не на одной прямой, а пересекаются.

В настоящее время для изготовления карданного вала применяют много различных материалов, таких как алюминий, сталь, и углепластик. Каждый из этих материалов имеет свои преимущества и недостатки. Но для изготовления карданного вала материал должен обладать определенными свойствами: высокой прочностью, стойкостью к воздействию внешних факторов, небольшой массой, долговечностью, стойкостью к истиранию, низкой стоимостью, морозостойкостью [5].

Рассмотрев преимущества и недостатки всех материалов (табл.1) и сопоставив все



параметры, можно с уверенностью сделать выбор в пользу вала из углепластика, так как именно углепластик, является материалом который обеспечивает заявленные свойства.

Таблица 1 – Сравнение характеристик материалов

Параметры	Сталь 20	Алюминий	Сталь 08	Углепластик
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	7800	2700	7871	1550
Прочность при растяжении, МПа	3500	290	325	1400
Модуль упругости при растяжении, МПа	200	70	23	142

Требования к карданным передачам зависят от их назначения. Общими требованиями для всех передач являются следующие:

- осуществление надежной передачи крутящего момента и создание условий для равномерного вращения вала механизма, приводимого в движение карданной передачей;
- обеспечение отсутствия резонансных явлений в зоне эксплуатационных скоростей;
- обеспечение высокого КПД малым трением во всех соединениях (в том числе и шлицевых);
- создание условий для надежной работы передачи с большим периодом технического обслуживания.
- вибрационные нагрузки и шум при работе карданной передачи должны быть минимальными [3].

Толчок в производстве карданных валов из углепластика произошел, из-за появления новых более мощных автомобилей которые требовали более высокие прочностные характеристики наименьшую массу и изготовление сплошных деталей.[3].

По структуре, карданный вал из углепластика (рис. 1) похож на оболочку ракеты. Только в меньших размерах.

Изготовление лодки из углепластика не простой процесс, довольно трудоемкий и требует дорогостоящего оборудования.

Карданный вал из углепластика изготавливают методом мокрой намотки.

Данный способ, как правило, используется для создания полых тел вращения таких как трубы, различные резервуары и т.д. В начальной стадии пропускают через специальную ванну со смолой, после чего производят непосредственную намотку на оправку. Направление выкладки и плотность нитей изменяется с помощью перемещения механизма подачи волокон и изменения скорости вращения оправки [4].



Рисунок 1 – Пример карданного вала из углепластика

Спирально-перекрестная намотка. При этом методе лента армирующего материала заданной ширины. В укладывают на оправку с подачей  $S$ , превышающей ширину ленты в целое число раз. За прямой и обратный ход раскладывающего устройства (полный проход) формируют один спирально-перекрестный виток, закрывающий часть поверхности оправки. При следующем проходе раскладывающего устройства ленту укладывают встык к ранее намотанной (рисунок 3).

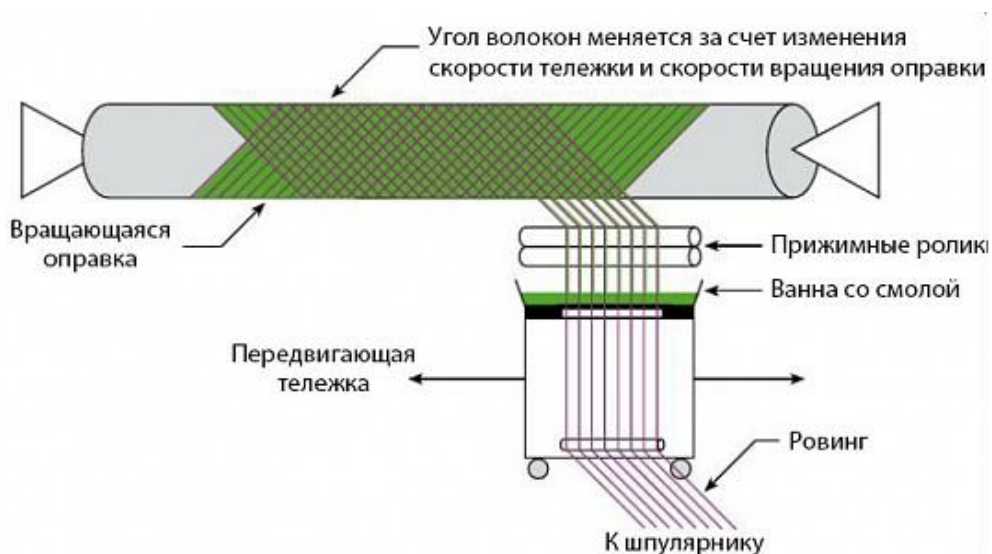


Рисунок 2 – Мокрая намотка

Процесс ведут до тех пор, пока не будет закрыта вся поверхность оправки и, таким образом, сформирован полный двойной слой. Для получения заданной толщины стенки формируемого изделия проводят намотку нескольких таких слоев [4].

Самые главные свойства, которые обеспечивает материал из ряда аналогов, следующие [1]:

- высокая прочность;
- эластичность, но одновременно устойчивость к деформации;
- неподверженность коррозии;
- маленькая масса.

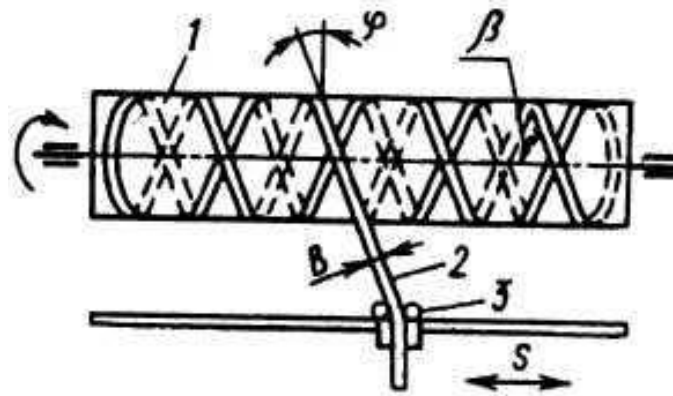


Рисунок 3 – Схема спирально-перекрестной намотки, где 1 - оправка; 2 - лента; 3 - каретка поперечного перемещения катушки  
Рассмотрим технологию изготовления карданного вала.

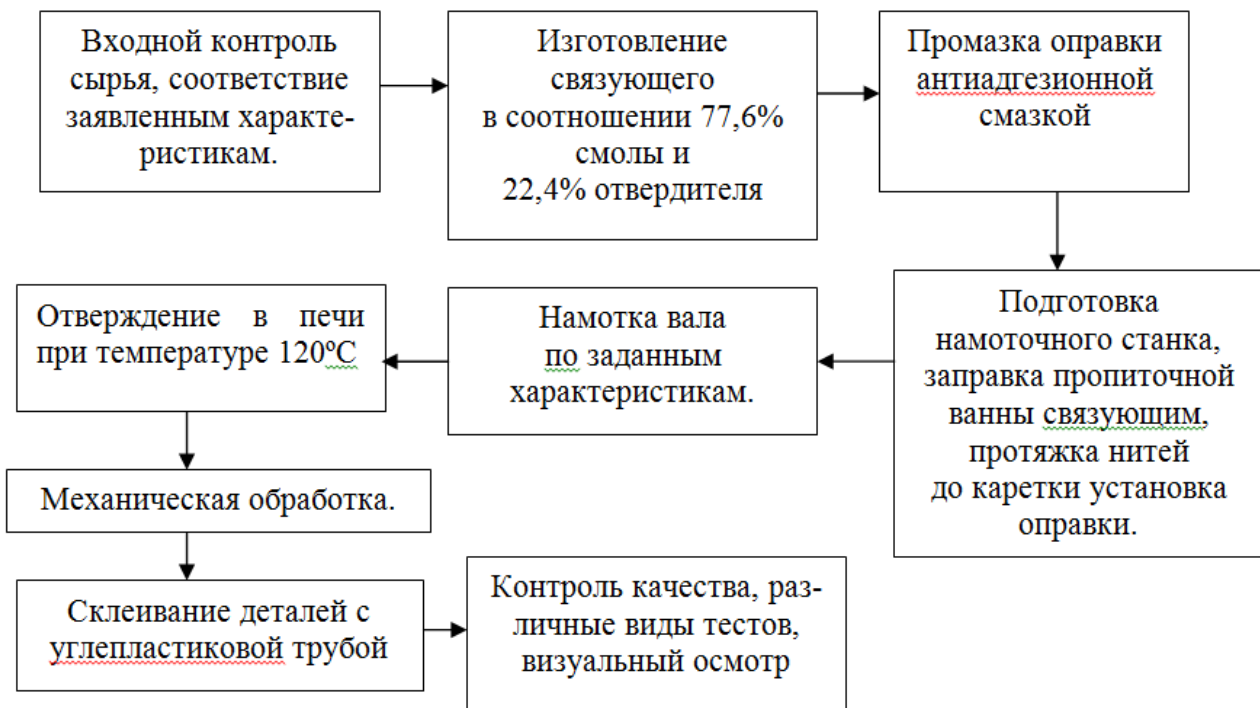


Рисунок 4 – Технологическая схема процесса изготовления карданного вала

Технология изготовления карданного вала из углепластика включает в себя несколько этапов [5]:

1 Входной контроль: проверка смолы отвердителя и волокна заявленным характеристикам,

2 подготовка связующего: в соотношении 77,6% смолы и 22,4% отвердителя,

3 нанесение антиадгезионного слоя на оправку,

4 подготовка намоточного станка: заполнение ванны для пропитки готовым связующим,

5 перекрестная намотка вала: под углом наматывания  $45^\circ$  и скорость движения 60 RPM ,

6 отверждение в печи: при температуре  $120^\circ\text{C}$ ,

7 механическая обработка,

8 склеивание комплектующих деталей с углепластиковой трубой,

9 контроль качества в виде тестов

Список использованной литературы:

1. Справочник по композиционным материалам: В 2-х кн. С74 Кн. 2 /Под ред. Дж. Любина; Пер. с англ. А. Б. Геллера и др.; Под ред. Б. Э. Геллера.–М.: Машиностроение, 1988. –584 с:
2. Углеродные волокна: пер. с японского. / Под ред. Симамуры С.М. – М.: Мир. – 1987. – 340 с.
3. Гришкевич, А. И. Автомобили: Конструкция, конструирование и расчет. Трансмиссия / А. И. Гришкевич, В. А. Вавуло, А. В. Карпов – Мн.: Высшая школа, 1985. – 240 с.
4. Крысин, В.Н. Технологические процессы формирования, намотки и склеивания конструкций. / В.Н. Крысин, М.В. Крысин –М.: Машиностроение, 1989.–240с.:ил. ISBN 5-217-00533-5
5. Гришкевич, А. И. Автомобили: Конструкция, конструирование и расчет. Трансмиссия / А. И. Гришкевич, В. А. Вавуло, А. В. Карпов – Мн.: Высшая школа, 1985. – 240 с.

### ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КАРДАННЫЙ ВАЛ В SOLIDWORKS

Блинов И.В. – студент группы МиТМ-21, науч. рук. Головина Е. А. – к.т.н., доцент Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Карданная передача служит для передачи крутящего момента между валами оси, которые лежат не на одной прямой, а пересекаются.

Требования, предъявляемые к карданным передачам:

- 1) Обеспечение синхронных связей угловых скоростей вращения ведущего и ведомого звеньев.
- 2) Критическая частота вращения в процессе эксплуатации должна превышать максимально возможные значения.
- 3) Надежная передача крутящего момента во всем диапазоне режимов работы двигателя.
- 4) Работа карданной передачи не должна сопровождаться шумом, вибрацией, резонансными явлениями.
- 5) На всех режимах работы карданная передача должна иметь высокий КПД.

Карданный вал является элементом карданной передачи (рисунок1). Конструкция карданного вала зависит от карданных шарниров, скоторыми вал соединяется. Обычно вал состоит из центральной части и наконечников. Центральная часть вала может быть сплошной или трубчатой. Сплошные валы применяются только для привода шарниров равных угловых скоростей, где они выполняют функции полуосей. Трубчатые валы при меньшей массе способны передавать значительные крутящие моменты; они имеют большие критические частоты вращения по сравнению с частотами вращения сплошных валов, поэтому применяются в трансмиссиях большинства автомобилей.

Среднюю трубчатую часть обычно изготавливают из низкоуглеродистой холоднокатаной или горячекатаной ленты толщиной 1,85–2,50 мм. Шлицевые наконечники подвижных соединений изготавливают из стали типа 40Х. (Рисунок 2).

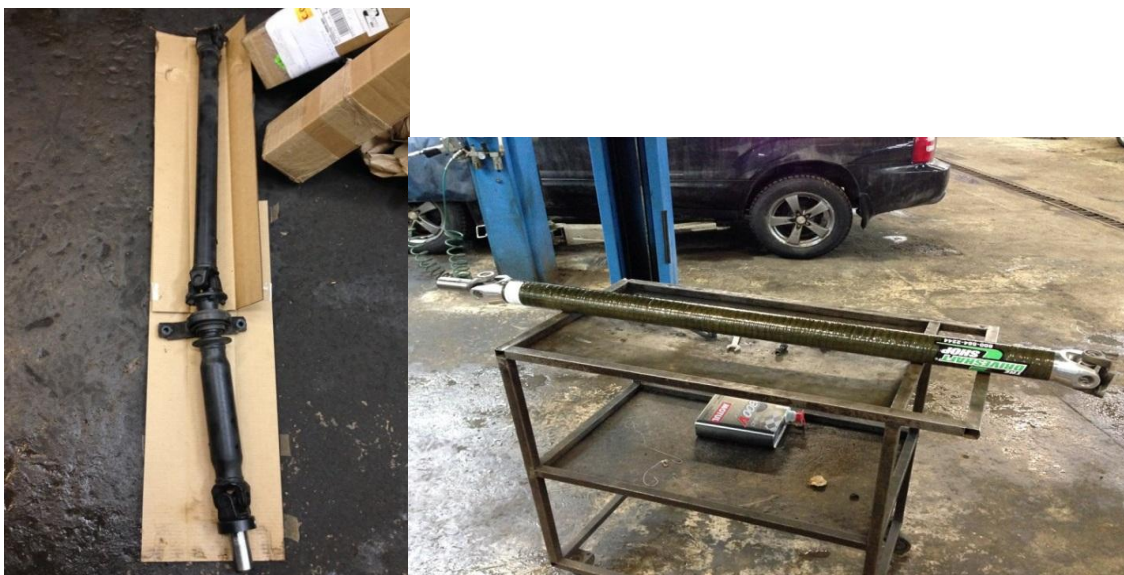


Рисунок 1– Карданный вал из стали Рисунок 2– карданный вал из углеволокна

Высокая надежность углеволокна приводного вала уже очевидна и доказана как на практике, так и в научных кругах. Запас прочности и долговечности карданного вала из углеродного волокна превосходит в 3-5 раз любой другой тип (например, алюминиевый вал). Основными преимуществами карданного вала из УВ является:

1. экономия веса,
2. безопасность эксплуатации,
3. повышенная износостойкость,
4. низкий коэффициент вибрации трансмиссии.

Таким образом, при использовании углеволоконного карданного вала получаем больше мощности, больше оборотов, повышенную надежность и безопасность.

Независимые тестовые испытания ведущего автомобильного журнала Turbo показали, что мощность в лошадиных силах была увеличена на 5% при использовании на заднеприводном автомобиле карданного вала из углеродного волокна. Это значительное увеличение, в первую очередь происходит в результате снижения вращающей массы карданного вала.

В дополнение к минимизации вращательных потерь мощности, происходит гашение вибрации углеволокна, что также способствует увеличению мощности. Мотористы в области ДВС знают, что благодаря высокопроизводительным коленчатым демпферам можно получить большую энергетическую прибыль. Углеродные карданные валы позволяют воспользоваться теми же преимуществами за счёт сокращения потерь энергии связанной с вибрацией вала. Таким образом, использование лёгкого приводного вала из углеволокна, также как и использование облегчённого маховика сцепления приводит к более точному контролю двигателя. Вся полезная энергия, выработанная двигателем, идет непосредственно на вращение колеса.

В дополнение к преимуществам производительности, углеродный приводной вал обеспечивает особую степень дополнительной безопасности.

Дело всё в том, что сломанный металлический приводной вал становится тяжелой и инертной дубиной, которой размахивает двигатель. В результате сломанный вал избивает все на своем пути. Тяжелые травмы водителя, серьёзные повреждения автомобиля. Кроме того, возможно подкидывание автомобиля в воздух, что приводит к серьёзной аварии.

Приводные валы из углеволокна являются очевидным преимуществом на гоночной трассе, а также обеспечивают те же перечисленные преимущества на улице в легковых и грузовых автомобилях и в промышленных механизмах. У многих автомобилей, пикапов и фургонов возникают проблемы вибрации и ограничение производительности с обычными приводными металлическими валами, особенно состоящих из двух частей. Дилеры и

механики по всему миру начинают понимать, что единственный надежный способ вылечить все вышеперечисленные проблемы является установка цельного карданного вала выполненного из углеродного волокна

Для сравнения свойств и характеристик металлического карданного вала и изготовленного из углепластика, воспользуемся программой SolidWorks. С помощью данной программы был спроектирован карданный вал автомобиля ToyotaMark-II (рисунок 1).

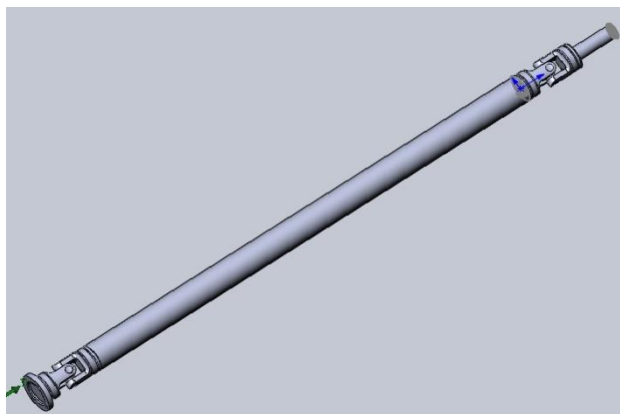


Рисунок 1 – карданный вал автомобиля ToyotaMark-II

На рисунке 2 изображена модель карданного вала, спроектированная в SolidWorks. Закрепление производится в месте крепления.

Наружение производилось, как если бы большая крутящая сила порядка 4500 Н вращала вал и испытала его на кручение .

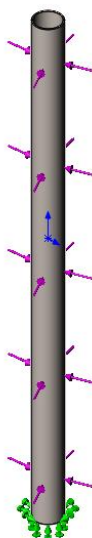


Рисунок 2 – карданный вал, спроектированный в SolidWorks

Решение задачи с помощью программы SolidWorks

На втором этапе программа выполняет решение поставленной задачи, используя метод конечных элементов. В ходе решения были получены следующие результаты по распределению напряжений и смещений в исследуемых объектах (рисунки 3 – 6).

Из этих данных мы видим, что напряжения и смещения в обоих материалах одинаковы и не достигают критических значений. Большое различие наблюдается по массе, карданный вал из углепластика в 7 раз легче металлического, это сказывается на общем весе машины и вала, а следовательно на ее скорости, мощности и расходе топлива.

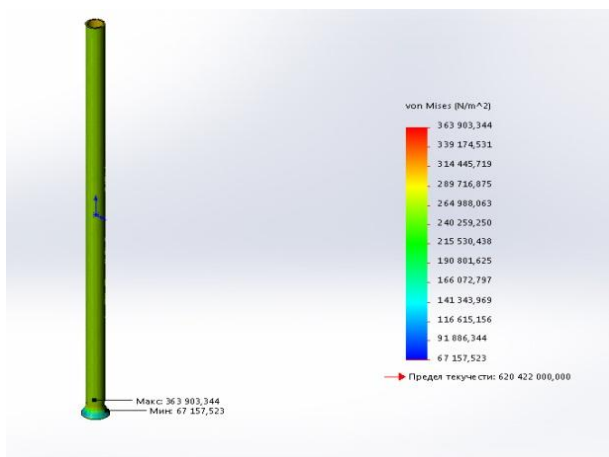


Рисунок 3 – Распределение напряжения карданного вала из стали

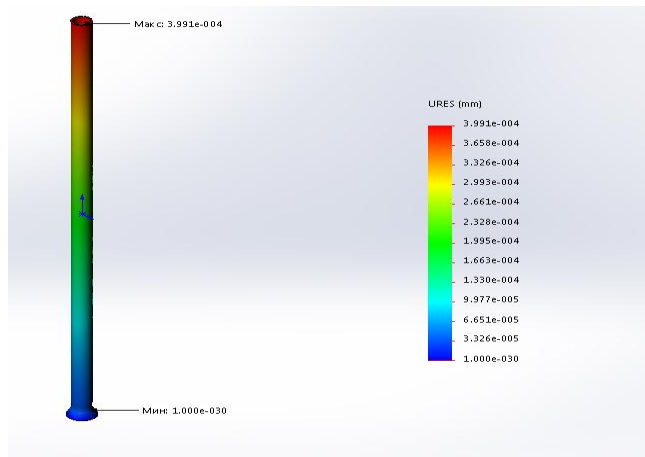


Рисунок 4 – Смещения карданного вала из стали

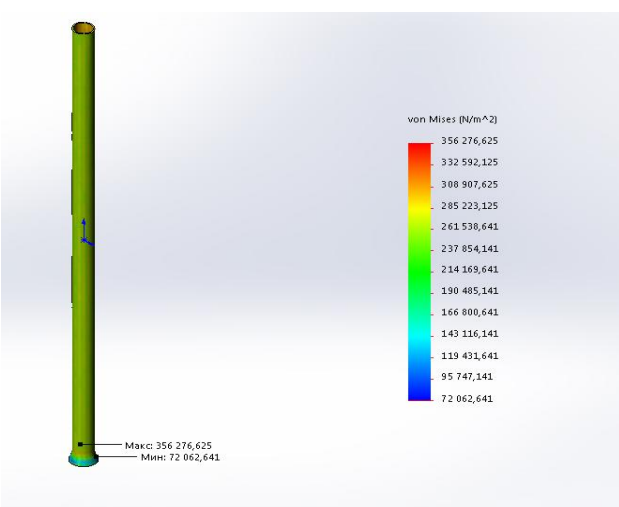


Рисунок 5 – Распределение напряжений карданного вала из углеволокна

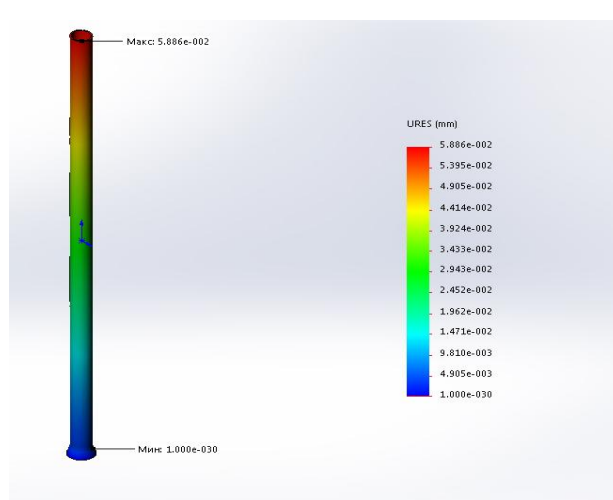


Рисунок 6 – Смещения карданного вала из углеволокна

Делая вывод, необходимо отметить, что главным преимуществом карданного вала из углеволокна является превосходство по массе (он легче металлического в семь раз), что уменьшает вес конструкции в целом. Также углеволокно намного лучше воспринимает нагрузки, что особо важно при конструировании. Недосток углеволокна в высокой цене компенсируется его легкостью и безопасностью. Таким образом, на основании всего сказанного, можно сделать вывод, что замена металлического карданного вала углеволокном вполне оправдана.

#### Список использованной литературы:

1. Справочник по композиционным материалам: В 2-х кн. С74 Кн. 2 /Под ред. Дж. Любина; Пер. с англ. А. Б. Геллера и др.; Под ред. Б. Э. Геллера.–М.: Машиностроение, 1988. –584 с:
2. Углеродные волокна: пер. с японского. / Под ред. Симамуры С.М. – М.: Мир. – 1987. – 340 с.
3. Гришкевич, А. И. Автомобили: Конструкция, конструирование и расчет. Трансмиссия / А. И. Гришкевич, В. А. Вавуло, А. В. Карпов – Мн.: Высшая школа, 1985. – 240 с.
4. Крысин, В.Н. Технологические процессы формирования , намотки и склеивания конструкций. / В.Н. Крысин, М.В. Крысин –М.: Машиностроение, 1989.–240с.:ил. ISBN 5-217-00533-5
5. Гришкевич, А. И. Автомобили: Конструкция, конструирование и расчет. Трансмиссия / А. И. Гришкевич, В. А. Вавуло, А. В. Карпов – Мн.: Высшая школа, 1985. – 240 с.

## ВЫБОР МАТЕРИАЛА И ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РАМЫ ГОРНОГО ВЕЛОСИПЕДА

Витвинова А.К. – студент группы МиТМ-21, науч. рук. Головина Е.А. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В данной работе описаны основные требования к изготовлению рамы горного велосипеда. Выбран материал для ее изготовления. Разработан технологический процесс изготовления рамы из углеродного волокна.

Велосипед – колесное средство передвижения, приводимое за счет мускульной силы. В настоящий момент выпускается огромное количество разновидностей велосипедов, в которых трудно разобраться неспециалисту. По конструкционным особенностям велосипеды делятся на дорожные, спортивные, детские и горные велосипеды. Все четыре группы делятся на подгруппы велосипедов, так например дорожные бывают складные и с «дамской» рамой или рамой образованной двумя треугольниками.

В настоящее время современные велосипедные рамы изготавливаются из различных материалов, таких как сталь низкоуглеродистая, хромомолибденовая сталь, алюминий, титан и углепластик. Каждый из которых обладает определенными свойствами и имеет свои преимущества и недостатки. Но для изготовления рамы горного велосипеда материал должен обладать определенными свойствами: удельная прочность ( $0,20 \text{ МПа} \times \text{м}^3$ ), модуль упругости (70000 МПа), Ударная вязкость ( $250 \text{ кДж/м}^2$ ).

Рассмотрев преимущества и недостатки, таких материалов как, сталь 20Х, алюминиевый сплав АД-33, титан ВТ6 и углепластик (табл.1 и 2) и сопоставив все параметры, можно сделать выбор в пользу рамы из углеволокна, так как именно этот материал, в нашем случае, является выгодным и практичным материалом. Но у углепластика низкая ударная вязкость. Так как в материале разрушается не волокна, а матрица, состоящая из смолы, то при уменьшении количества смолы ударная вязкость увеличивается, что показывает то, что углепластик является лучшим материалом для изготовления рамы горного велосипеда.

Таблица 1 – Сравнение характеристик материалов

Материал	Сталь 20Х	Алюминиевый сплав АД-33	Титан ВТ6	Углепластик
Предел текучести, МПа	390	276	380	800
Удельная прочность, МПа	0,08	0,02	0,31	1,2
Ударная вязкость кДж/м <sup>2</sup>	540	300	400	150
Предел прочности, $\sigma_{\text{в}}$ , МПа	640	50	1100	1800
Предел прочности, $\sigma_{\text{в}}$ , МПа	600	60	1400	2150
Предел прочности, $\sigma_{\text{в}}$ , МПа	7890	2640	4430	1554
Предел прочности, $\sigma_{\text{в}}$ , МПа	200000	70000	110000	15000

Углепластик – волокна углерода, склеенные между собой сильным клеем (смолой). Это единственный материал, в котором можно увеличивать жесткость не только в определенном месте рамы, но и в определенном направлении, где это нужно. Конструкции из карбона можно делать любой формы без потери жесткости [2].

Чем меньше смолы используется для склейки углеволокна, тем рама прочнее. Происходит это из-за того, что обычно ломаются не волокна, а матрица из смолы. Большое количество слоев разнонаправленных волокон также увеличивает прочность рамы. Углепластиковые рамы бывают составные, в которых трубы соединяются металлическими узлами с рамой. Но более совершенными являются монококовые рамы, сформированные как единая деталь они и легче, и жестче, и прочнее, и дают возможность создавать стильные



рамы необычной формы



Рисунок 1 – Пример рамы горного велосипеда из углеволокна

Рама велосипеда это его скелет, самая большая часть велосипеда. Поэтому необходимо тщательно подбирать материал. Рамы для горных велосипедов значительно отличаются от спортивных и обычных велосипедов, к ним должны предъявляться особые требования. Конструкция будет работать в непригодных условиях для эксплуатации обычной рамы.



Рисунок – 2 Габариты рамы велосипеда

На рисунке 2 показаны размеры рамы велосипеда. Требования в изготовлении материала для рамы и ее узлов зависят от типа велосипеда. Для спортивного велосипеда рама должна быть очень легкой, жесткой и иметь хороший накат. Требования к раме горного велосипеда значительно отличаются.

Жесткость – свойство материала, отражающее способность материала сопротивляться нагрузке и не деформироваться (изгибаться, растягиваться).

Чем больше деформация при приложении одинаковой нагрузки, тем жесткость ниже. При этом речь идет о восстановимой(упругой) деформации – то есть, при устранении нагрузки образец принимает первоначальную форму [1].

Для случая скоростного спуска с горы некоторая упругость рамы может оказаться положительным качеством – часть энергии ударов, не поглощенная амортизаторами, будет поглощаться самой рамой, и велосипедисту достанется меньше. При сильной упругости может пострадать прочность и управляемость, что говорит о некотором балансе между жесткостью и упругостью. Увеличение жесткости можно добиться, увеличив сечение рамы. Характеристикой жесткости является модуль упругости – величина, характеризующая

жесткость материала. Чем больше, тем материал жестче. Собственно модуль упругости – коэффициент зависимости между деформацией и нагрузкой.

Удельная прочность – отношение предела прочности к плотности, характеризует прочность при одинаковом весе конструкции – чем выше, тем конструкция легче при одинаковой прочности. Является важной характеристикой при выборе материала непосредственно для рамы велосипеда [1].

Предел текучести – величина нагрузки, при превышении которой наступает невосстанавливаемая деформация – материал «течет» – ведет себя как пластилин, то есть деформации необратимы, при устранении нагрузки, деформация остается [1].

Ударная вязкость – способность материала поглощать механическую энергию в процессе деформации и разрушения под действием ударной нагрузки. Она играет не маловажную роль при эксплуатации в горной местности [1].

Рассмотрим технологию изготовления рамы.

Технология изготовления рамы из углеволокна включает в себя несколько этапов [3]:

1 Входной контроль исходных материалов

Перед началом работы на участке по прилагаемому к материалу паспорту проверяется соответствие параметров материала требованиям технологического процесса.

2 Подготовка оснастки

Оснастка должна обеспечивать высокую четкость формуемого контура, гладкость поверхности изделия, а также возможность удобной выкладки и в случае вакуумного формования возможность монтажа вакуумного мешка.

3 Раскрой и выкладка заготовок

Раскрой препрега на заготовки производится по шаблонам раскроя или предварительной разметке материала. Раскрой может производиться с помощью ролика с острым режущим краем вручную или автоматически с помощью раскройно-релевочной машины.

4 Подготовка к формованию

Подготовка сборки к формованию включает в себя операции по установке технологических вкладышей. Полость формы покрывается разделительным составом для предотвращения прилипания. Когда обернутый углепластиком баллон помещают в форму, его зажимают с помощью фиксатора для более плотного прилегания к стенкам формы. Рама состоит из девяти частей, для каждой части рамы проводят такие операции. После того как форму закрывают она помещается под термопресс. Он придавливает форму и нагревает до определенной температуры.

5 Формование рамы

Формование происходит по параметрам технологического процесса, при которых препрег переходит в твердое состояние. Выбор температуры и давления зависит от следующих факторов:

1) химическая и термокинетическая природа используемых материалов;

2) толщина стенок формуемой детали;

3) требование к точности геометрии формуемой детали;

4) требуемые физико-механические показатели;

5) при возможности выбора из нескольких режимов необходимо учитывать тот факт, что изменение температурного режима приводит к изменению механических свойств углепластика.

6 Сборка, контроль качества

Контроль отформованного изделия включает следующие операции:

1) визуальное выявление раковин, инородных включений, отслоений;

2) измерения геометрических размеров изделия

3) проверка сплошности материала.

7 Окончательная сборка, склеивание

Для соединения всех деталей рамы горного велосипеда используют клей для авиокосмической промышленности. Клеевые соединения обладают высокой длительной

прочностью, вибростойкостью, стойкостью к распространению трещин. Применения клеевых соединений снижает вес конструкции. Для сборки рамы велосипеда используется быстротверждающийся клей марки ВК-93. Такой клей позволяет существенно снизить трудоемкость технологического процесса склеивания за счет возможности проведения последующих технологических операций до полного завершения процесса склеивания.

#### 8 Зачистка и окрашивание

Удаляются излишки выступившего после склеивания клея. Раму окрашивают вручную при помощи краскопульта. Сначала наносится грунтовка и закрепитель. Затем делается трафарет для нанесения рисунка, наносится краска. Следующим покрытием будет автомобильный лак. Он защищает краску от ультрафиолетовых лучей и сколов. Затем удаляются излишки краски, попавшие на резьбу рамы.

Технология вакуумного формования позволяет получать рамы высокого качества. Технологический процесс позволяет получать бесшовное соединение, что является важной характеристикой данного процесса. С помощью данной технологии можно добиться любой геометрии рамы.

#### Список использованной литературы:

1. Астафьева, Е. А. Технология конструкционных материалов [Текст] / Е. А. Астафьева, Ф. М. Носков – Красноярск: ИПК СФУ, 2008. – 454 с.
2. [http://veloimperia.ru/blog/stati-o-velosipedakh/materials\\_for\\_frame\\_of\\_bicycles/](http://veloimperia.ru/blog/stati-o-velosipedakh/materials_for_frame_of_bicycles/)
3. Кербер М. Л., Полимерные композиционные материалы. Структура. Свойства. Технологии [Текст] / Кербер М. Л. – СПб.: Профессия, 2008. – 560 с.
4. Фитцер, Э. Углеродные волокна и углекомпозиаты [Текст] / Э. Фитцер, – М., 1988. – 331 с.
5. Молчанов, Б. И. Свойство углепластиков и области их применения [Текст] / Молчанов Б. И., Гудимов М. М. – М.: 1996. – 10 с.

### ВЛАГОСТОЙКОСТЬ

Иванова К. Н. – студент группы МиТМ-31, науч. рук. Головина Е. А. – к.т.н., доцент Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Если детали машин, конструкций и механизмов в процессе эксплуатации сталкиваются с проблемой влагостойкости, то материал, из которого изготавливаются такие детали, помимо статических испытаний подвергают испытаниям на влагостойкость, так как некоторые материалы с достаточно высокими показателями статической прочности разрушаются при долговременном воздействии с водой. Безопасность конструкции не должна уменьшаться вследствие повышения влажности, которая может иметь место при нормальных условиях эксплуатации.

Влагостойкость – способность материалов и изделий долговременно сопротивляться разрушающему действию влаги, проявляющемуся при попеременных увлажнении и высыханиях, в понижении прочности и развитии деформаций. Большое значение имеет влагостойкость материалов, применяемых для конструкций, находящихся в помещении с выделениями влаги и находящихся в прямом контакте с водой. Свойства влажности очень важны в процессе расчёта влагоизоляции и в дальнейшем – при оценке долговечности сооружений и конструкций. Неравномерная влажность отдельных слоёв конструкций и изделий вызывает набухание и усадку материалов, что приводит к образованию трещин, короблению, постепенной потере прочности. Обычно влагостойкость характеризуется некоторым понижением прочности в МН/м<sup>2</sup> на сдвиг или растяжение после определённого числа циклов изменений влажности образцов материала.

Для обеспечения влагостойкости материала необходимо:

1. Уменьшить поверхностную энергию твердого тела, приводящую к изменению его механических свойств. Может быть достигнуто различными путями, наиболее эффективным из которых является смачивание поверхности заготовки родственными ей по физико-химической природе жидкостями.

2. Материал должен быть гидрофобным, т.е. несмачиваемым водой.

3. Защита органическими покрытиями от влаги.

Основная причина недостаточной влагостойкости – открытая пористость и гидрофильность материалов (восприимчивость к смачиванию водой), что обычно связано с их большой водопоглощающей способностью. Вещества могут быть отнесены к гидрофильным или гидрофобным по их способности к гидратации – присоединению отдельными молекулами вещества молекул воды. Например, белки, углеводы, крахмал – гидрофильны, т. к. набухают и коллоидно растворяются в воде, а каучуки и другие полимеры – гидрофобны. Гидрофобные (несмачиваемые водой) материалы отличаются высокой влагостойкостью и влагонепроницаемостью, что обуславливает их использование в качестве гидроизоляционных материалов.

Основной источник влаги на поверхности изделий – окружающая атмосфера, из которой при колебаниях температуры конденсируется влага. Даже при нормальной влажности воздуха на поверхности имеется пленка влаги толщиной 0,01 мкм, удерживаемая электростатическими силами. Молекулы воды плотно упакованы и ориентированы перпендикулярно к поверхности, вся пленка благодаря малой толщине входит в двойной электрический адсорбционный слой. Органические покрытия служат пищей для микроорганизмов, споровых растений и насекомых. В защитной пленке развивается микрофлора. В средних и тяжелых условиях эксплуатации очень малые молекулы воды благодаря своей подвижности проникают сквозь пленку высокомолекулярного соединения. Увлажненная пленка любого органического полимера проницаема для влаги, дело только во времени.

Процесс проникновения влаги сквозь пленку начинается с увлажнения, набухания и диффузии молекул воды в микропорах. Ионы воды проникают в покрытие в результате активизированной диффузии путем ступенчатого перемещения в толщу покрытия, пропитывая его, вызывая набухание. Набухание органической пленки зависит от плотности упаковки макромолекул и от тепловых колебаний. Более плотная упаковка получается при линейной(нитевидном) строении полимера( полиэтиленовая пленка), чем при разветвленным макромолекулах(акриловая пленка). Чем плотнее упаковка, тем мельче поры.

Тепловые колебания макромолекул приводят к динамическому состоянию с образованием микрозазоров. Под воздействием тепла макромолекулярная цепь скручивается и раскручивается, совершая конформационные колебания. Набухаемость тем меньше, чем слабее конформационные колебания. Следовательно, с точки зрения влагостойкости предпочтительнее полимеры с сетчатой структурой и большой долей кристалличности. Процесс набухания пленки и диффузии влаги сквозь нее довольно медленный. [6]

Для повышения влагостойкости готовых полимерных изделий их подвергают термической обработке или наносят на них водостойкие покрытия. Влагостойкость слоистых пластиков повышается при применении аппретированных наполнителей[5]

Сделаем сравнительный анализ двух материалов: композитной металлочерепицы и битумной кровли.

Композитная металлочерепица кровельный материал нового поколения. Он имитирует покрытие из натуральной черепицы. Основу композитной черепицы составляет стальной лист, покрытый с двух сторон алюмоцинковым сплавом. Внешняя сторона покрыта цветными гранулами натурального камня, которые создают эффект фактуры натуральной кровли, защищая цинк от окисления, и слой грунтовки, способствующий улучшению адгезии с полимерным покрытием. Затем наносится непосредственно полимерное покрытие. Гранулы служат надежным барьером от дождя. Кровля не имеет металлического блеска, характерного для металлочерепицы. Она не бьется, не трескается и исключает сколы,

устойчива к царапинам. Благодаря уникальным свойствам алюцинка даже места среза при монтаже не подвержены коррозии.



Метротайл–алюмоцинковый сплав, одна из основных составляющих композитной черепицы.

Для увеличения срока эксплуатации необходим комплекс мер по защите от воздействия окружающей среды. Известно, что стальной необработанный лист, применяемый на открытом воздухе или находящийся в контакте с влагой, ржавеет.

Покрытие сплавом алюминия и цинка (алюмоцинк) является оптимальным: алюминий защищает стальной лист от коррозии, благодаря своим антикоррозийным свойствам, а цинк выполняет защиту обрезного края и защиту от царапин, что является отличным показателем влагостойкости.

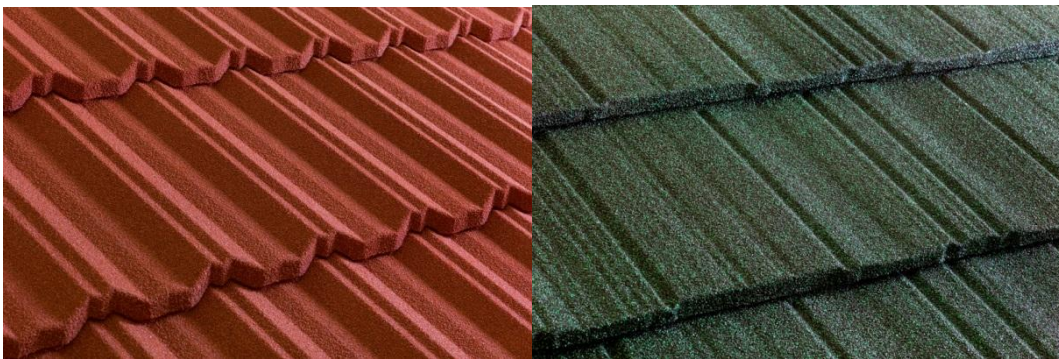


Рисунок 1 – Композитная металлочерепица

В развитии данной технологии был получен сплав алюмоцинка: 55%- алюминий; 43,5%- цинк; 1,5%- кремний. После длительного атмосферного воздействия в разных средах структура алюмоцинка показала себя лучшей влагостойкой защитой.

Достоинства:

1. цинк в составе металлочерепицы надежно защищает от коррозии, при условии грамотного монтажа, надежно защищает постройку от влаги;
2. отличные показатели к атмосферным воздействиям.

Недосток:

1. возможно образование коррозии в местах отреза черепицы, Данные участки рекомендуется обрабатывать полимерной краской.

Асбестосодержащий шифер – шифер, в состав которого входит асбестовое волокно и цемент. Шифер имеет достаточно хорошую водонепроницаемость, но со временем шифер теряет свои свойства. Недостатками являются хрупкость и наростание мха, поэтому нужно покрывать шифер полимерным слоем. Слой краски увеличивает стойкость шифера к влаге.

Битумная гибкая черепица, или мягкая кровля. Основой мягкой кровли служит стекловолокно, которой выступает в роли армирующего слоя для битума. Такая основа не подвержена коррозии и гниению и устойчива к температурным перепадам, это является показателем влагостойкости. Далее стекловолокно покрывается с обеих сторон SBS модифицированным битумом. «SBS»(стирол – бутадиев – стирол), если быть проще это искусственный каучук, который добавляется в битум для улучшения его прочности в широком температурном диапазоне. Затем на лицевую часть кровельного пласта наносится посыпка каменной крошкой, что дает высокую прочность. А с внутренней стороны наносят

самоклеющийся слой, защищая его пленкой из силикона, для упрочнения влагостойких характеристик и уменьшения водопоглощения материалов.

Достоинство:

1. защита от протечек.

Недостаток:

1. материал несколько дороже по сравнению с металлочерепицей.

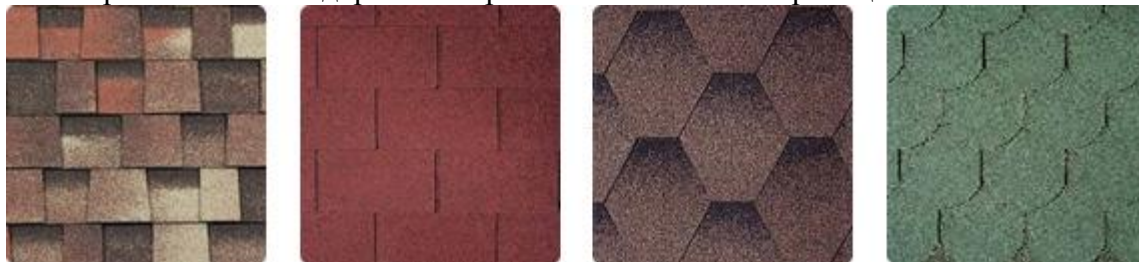


Рисунок 2 – Битумная гибкая черепица

Вывод: важным эксплуатационным качеством материала является стойкость к воде, так как вода снижает механические свойства полимера. Шифер является дешевым и прочным материалом, но проведя анализ, я делаю вывод, что необходимую влагостойкость могут осуществить композитная металлокерамика и битумная черепица. Влагостойкость полимера обусловлена сопротивлением разрушающему действию влаги, проявляющемуся при попеременных увлажнениях и высыханиях. На улучшение влагостойкости влияет: поверхностная энергия твердого тела (она должна быть минимальной), гидрофильная характеристика материала, пористость. Полимеры проявляют низкую водную абсорбцию при комнатной температуре, но абсорбция воды увеличивается при более высокой температуре, приводя к реакциям гидролитического разложения и дальнейшему снижению свойств матрицы. Общие меры борьбы с недостаточной влагостойкостью материалов – повышение их плотности, увеличение числа закрытых пор, снижение гидрофильности. Эти мероприятия наряду с повышением влагостойкости приводят к уменьшению водопоглощения материалов.

Литература:

1. Ильинский В. М., Проектирование ограждающих конструкций зданий с учётом физико-климатических воздействий, 2 изд., М., 1964;
2. Строительные нормы и правила, ч. 2, раздел В, гл. 6 – Ограждающие конструкции. Нормы проектирования, М., 1963;
3. Лыков А. В., Теория сушки, 2 изд., М., 1968.
4. Физический энциклопедический словарь. – М.: Советская энциклопедия. Главный редактор А. М. Прохоров. 1983.
5. Гарбар М. Л., Справочник по пластич. массам – М. 1967.
6. Иванов-Есипович Н.К., Физико-химические основы производства радиоэлектронной аппаратуры, 2 изд.,- М.1979.
7. <http://srbu.ru/krysha/140-что-лучше-металлочерепица-или-мягкая-кровля.html>

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАТЕРИАЛА САЙДИНГА И ТЕХНОЛОГИЯ ЕГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ МЕТОДОМ ЭКСТРУЗИИ

Кирилова Я.А. – студент группы МиТМ-21, науч. рук. Головина Е.А. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Сайдинг является актуальным отделочным материалом, применяется он для облицовывания наружных и внутренних стен строения. Сайдинг достаточно прост в обращении, его можно применять практически на любой поверхности.

Сайдинг – это, как правило, наиболее известные у нас в стране пластиковые панели

(ПВХ), которые используются для отделки наружных и внутренних стен строения. Следует подчеркнуть, что сайдинг весьма нетоксичный, экологически чистый продукт, он абсолютно безопасен и долговечен. Этот строительный материал, кроме всего прочего, очень устойчив к неблагоприятным погодным условиям, а именно он может выдерживать как очень низкие, до  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ , так и высокие температуры – до  $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$  [1].

Сайдинг должен быть изготовлен из материала, обладающего оптимальным сочетанием свойств: прочностью при растяжении ( $\sigma_{\text{в}}^+$  = не менее 30 МПа); прочность соединения изделий в системе (не менее =1 Н); модуль упругости при растяжении (не менее 2100 МПа).

Сайдинг изготавливается из самых различных ингредиентов на литой прочной основе и подразделяется на: деревянный, алюминиевый, виниловый, стальной, медный, цементный.

Давайте рассмотрим самые популярные варианты отделки фасада по каждому из вышеперечисленных критериев.

Фасадная краска (штукатурка). Главное преимущество этого материала – низкая цена. Однако это обманчивое впечатление: при расчете затрат на оштукатуривание фасада нужно учитывать стоимость подготовки поверхности: очистки; штукатурки откосов; шпатлевки; антикоррозийной обработки металлических элементов и т.д.

Не забывайте также и о необходимости обновления фасада не реже одного раза в два-три года. Учитывая все эти факторы, фасадную краску сложно отнести к сегменту бюджетных материалов. Эстетическая привлекательность такой штукатурки также сомнительна. Уже через несколько месяцев после облицовки фасада могут появиться сколы и трещины. Эти недостатки могут значительно испортить впечатление о вашем доме.

Металлический сайдинг. Такой вариант облицовки дома во многом выигрывает у фасадной штукатурки. Металлический сайдинг (рисунок 1) смотрится очень красиво за счет наличия большого количества цветовых вариантов.

Но если рассматривать условия эксплуатации этого материала, можно обнаружить большое количество недостатков: высокую стоимость отделки металлосайдингом; морозопроводимость материала; необходимость обязательной антикоррозийной обработки; плохое шумопоглощение – капли дождя издадут звонкую дробь при ударе о поверхность; риск отшелушивания верхнего слоя краски; отсутствие возможности имитации натурального материала; сильную нагрузку на фасад – соответственно и повышенные требования к дому.

Кроме этого, металлосайдинг нельзя использовать для облицовки дома, расположенного в регионе с повышенной влажностью воздуха.



Рисунок 1 – Металлический сайдинг

Виниловый сайдинг ОРТО (рисунок 2) производится формовкой панелей из поливинилхлорида, и их толщина часто не превышает 1 мм. Виниловый сайдинг устойчив к природным факторам старения. Материал отлично справляется с такими воздействиями окружающей среды, как повышенная влажность и перепады температур. Он имеет все свойства полимеров – не подвержен воздействию солнечных лучей и гниению, не впитывает влагу [1].

Его можно применять при температурах от  $-50$  до  $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Виниловый сайдинг можно применять практически на любом фасаде. Он прост в установке, что позволяет работать с ним даже при отсутствии специальных навыков. У винилового сайдинга длительный срок

службы, и при правильном монтаже он прослужит до 50 лет.



Рисунок 2 – Виниловый сайдинг

У всех полимеров большой коэффициент теплового расширения. Так как сайдингом чаще всего облицовывают фасады зданий, то он постоянно подвергается воздействию температур, и соответственно, панели сайдинга находятся в постоянном движении сжатия-растяжения, поэтому их нельзя жестко крепить к фасаду здания [1]. Палитра винилового сайдинга содержит более 700 цветовых оттенков. Конечно, важным фактором при выборе панелей является стойкость окраски под воздействием солнечных лучей. Стабилизирующим компонентом, отвечающим за стойкость цвета, является диоксид титана. Он имеет интенсивный белый цвет, и поэтому наиболее устойчивыми к выгоранию являются панели, произведенные в палитре пастельных тонов. Чем ярче цвет материала, тем больше панели подвержены выгоранию [2].

Натуральный блок-хаус – это, пожалуй, самый красивый и экологически чистый материал. Но вместе с этим, он является еще и самым хлопотным (рисунок 3). Дерево растрескивается от перепадов температур, привлекает различных насекомых и не может противостоять огню.

Выбирая этот материал для облицовки дома, вы обрекаете себя на большие затраты времени и денег не только на первоначальную закупку и монтаж деревянных панелей, но и на их последующую ежегодную обработку.



Рисунок 3 – Сайдинг Блок-хаус

Облицовочный кирпич, натуральный камень, фасадная плитка. Все материалы относятся к сегменту престижных облицовочных материалов, у них одинаковый перечень преимуществ и недостатков. Среди положительных сторон стоит отметить экологичность и высокие эстетические качества. Кроме этого, в отличие от предыдущих материалов, натуральный камень, кирпич и фасадная плитка не нуждаются в особом уходе.

К сожалению, недостатки часто перевешивают достоинства натуральных материалов. Основными причинами отказа от использования для облицовки кирпича, фасадной плитки и камня являются:

- высокая стоимость материалов;
- дополнительные затраты на подготовку стен – их поверхность должна быть идеально



ровной, очищенной от пыли и качественно прогрунтованной;

- сложности при монтаже – нарушение технологии укладки может привести к отпаданию материалов;
- большой вес – фасадная плитка и камень создают значительную нагрузку на фундамент, что способствует его разрушению.

Изучив условия эксплуатации и свойства материалов, используемых для изготовления сайдинга можно сделать вывод:

1 сайдинг должен быть изготовлен из материала, обладающего оптимальным сочетанием свойств:

- прочностью при растяжении ( $\sigma_b^+$  = не менее 30 МПа);
- прочность соединения изделий в системе (не менее =1 Н);
- модуль упругости при растяжении (не менее 2100 МПа);
- температурный режим от -50 °С до +60 °С;
- экономичностью;

2 Материалом, удовлетворяющим вышеперечисленные требования является ПВХ: Оно обладает малым весом  $m=1,5$  кг и прочностью при растяжении  $\sigma_b^+ = 47$  МПа. Стоимость в два раза ниже, чем у стали. Транспортировка несложна и хранение не вызывает хлопот. Виниловый сайдинг не слоится, не расщепляется и не боится воды, не подвергается гниению. Безопасность такого материала подтверждена санитарно-гигиеническим сертификатом.

Общие правила хранения:

- 1) во время перевозки и при хранении упакованные панели сайдинга
- 2) должны находиться на ровной плоской поверхности и одновременно с этим иметь опору по всей длине панели;
- 3) упаковки панелей сайдинга нужно хранить в сухом месте, в стопках не более чем 15 пачек;
- 4) недопустимо хранение сайдинга в условиях, если температура внутри упаковок может превысить 60 °С, под прямыми лучами солнца, при температуре в помещении выше 30 °С, под пластиковой пленкой, без доступа воздуха [1].

Список использованной литературы

1. Андреев В. С., Преображенский А. Б., Работы с сайдингом. Подбор материалов, особенности монтажа [Текст]: / В. С. Андреев. – М.: ООО ИКТЦ «ЛАДА», 2011. – 256 с.
2. Шварц, О. Переработка пластмасс Подготовка сырья технологии и оборудования соединения полимеров, покрытие и отделка [Текст]:/ О, Шварц. – СПб:Профессия,2005. – 320 с.
3. Халиулин, В.И., Шапаев, И.И. Технология производства изделий из КМ [Текст]: Подготовка производства и формирование структуры изделий из ПКМ: Конспект лекций. Казань: Изд-во КГТУ, 1998 - 63с.

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДЛЯ ОБШИВКИ ДОМАСАЙДИНГА ИЗ ПВХ

Кирилова Я.А. – студент группы МиТМ–21, науч. рук. Головина Е.А – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Сайдинг является актуальным отделочным материалом, применяется он для облицовывания наружных и внутренних стен строения.

Сайдинг должен быть изготовлен из материала, обладающего оптимальным сочетанием свойств:

- прочностью при растяжении ( $\sigma_b^+$  = не менее 30 МПа);
- прочность соединения изделий в системе (не менее =1 Н);
- модуль упругости при растяжении (не менее 2100 МПа).

Сайдинг изготавливается из самых различных ингредиентов на литой прочной основе и подразделяется на: деревянный, алюминиевый, виниловый, стальной, медный, цементный.

Стальной сайдинг – облицовочный материал, обладающий сверхпрочностью против механического воздействия, превосходной огнестойкостью, отменной долговечностью и предельной устойчивостью цвета.

Основными преимуществами этого облицовочного материала являются: продолжительные срок службы без изменения своих свойств, а именно не менее 50 лет; материал не горит, поэтому его допустимо использовать на объектах с высокой нормой безопасности; стальной сайдинг имеет повышенную устойчивость к неблагоприятному воздействию атмосферных осадков, ультрафиолетового излучения, выхлопных газов и других агрессивных сред, таких, например, как щелочь, кислота, растворители; температурный диапазон от -50 до +50 °С; он прост и удобен для монтажа; срок установки достаточно короток; материал экологически безопасен, эстетичен.

Недостатки стального сайдинга: дорогой материал; из-за энергопотребляющих свойств материала этот вид сайдинга не обеспечивает полноценную изоляцию зданий и других конструкций; по своей природе это тяжелые по весу конструкции, и поэтому довольно трудоемки при монтаже; он очень энергоемкий и может создать определенные проблемы на этапе производства.

Виниловый сайдинг ОРТО производится формовкой панелей из поливинилхлорида, и их толщина часто не превышает 1 мм. Данный материал позволяет производить панели самой различной фактуры, чаще всего используют имитацию дорогих древесных пород. Красители вносятся в массу состава до формования, поэтому виниловые сайдинговые панели не требуют покраски или нанесения каких-либо укрепляющих или защитных составов.

Палитра винилового сайдинга содержит более 700 цветовых оттенков. Конечно, важным фактором при выборе панелей является стойкость окраски под воздействием солнечных лучей. Стабилизирующим компонентом, отвечающим за стойкость цвета, является диоксид титана. Он имеет интенсивный белый цвет, и поэтому наиболее устойчивыми к выгоранию являются панели, произведенные в палитре пастельных тонов. Чем ярче цвет материала, тем больше панели подвержены выгоранию [2].

Для сравнения свойств и характеристик стального сайдинга и изготовленного из ПВХ, воспользуемся программой SolidWorks. С помощью данной программы был спроектирована панель сайдинга (рисунок 1).

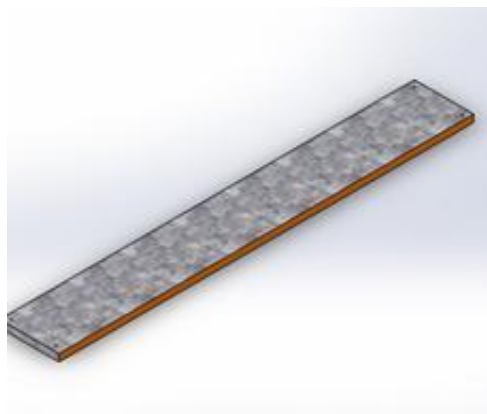


Рисунок 1 – Панель сайдинга

Нагружение на панель производим таким образом, будто это воздействие оказывает человек при монтаже панели к дому с усилием равным 300 Н (рисунок 2)

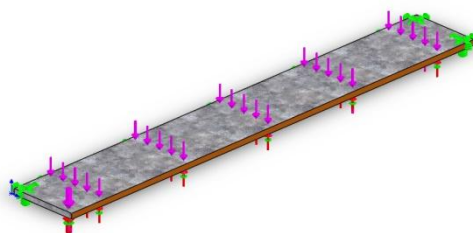


Рисунок 2 – Панель сайдинга с нагружением

Были получены следующие результаты при выборе материала: оцинкованная сталь и ПВХ, по и смещению напряжений в исследуемых объектах (рисунки 3 – 4).

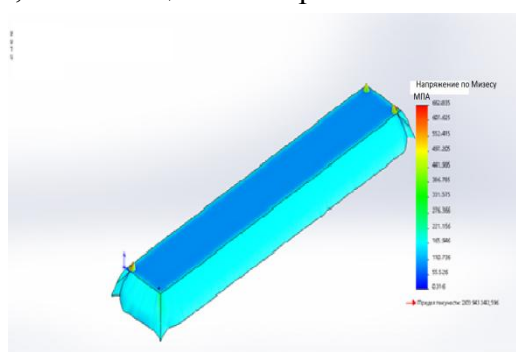


Рисунок 3 – Смещение напряжения в сайдинге ПВХ

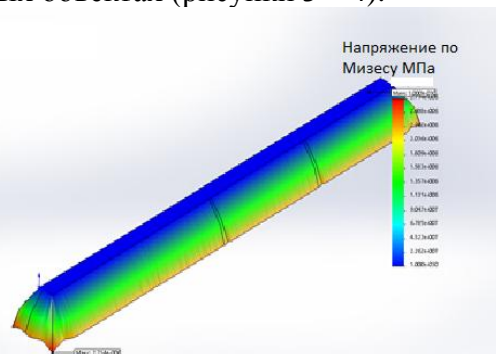


Рисунок 4 - Смещения в сайдинге из

ПВХ

из оцинкованной стали

Сравнив напряжено-деформированное состояние сайдинга из оцинкованной стали и ПВХ, составили следующую таблицу (таблица 1) [3].

Изучив условия эксплуатации и свойства материалов, используемых для изготовления сайдинга можно сделать вывод:

1 сайдинг должен быть изготовлен из материала, обладающего оптимальным сочетанием свойств:

- прочностью при растяжении ( $\sigma_B^+$  = не менее 30 МПа);
- прочность соединения изделий в системе (не менее =1 Н);
- модуль упругости при растяжении (не менее 2100 МПа);
- температурный режим от -50 °С до +60 °С;
- экономичностью.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика

Исходное сырье для изготовления	Виниловый сайдинг ОРТО	Стальной сайдинг
	Поливинилхлорид+добавки	Оцинкованная сталь + покрытие
Температурный диапазон эксплуатации	-50 °С до +50 °С	-50 °С до +80 °С
Температура возгорания	Не горюч	Не горюч
Чувствительность к влажности	Отсутствует	Отсутствует
Возможность гниения	Невозможно	Возможно при снятии облицовочного слоя со стального ядра.
Масса, кг	1,5	6
Стоимость	250 р.	500р.
Смещение, $\Delta l_{\min}$	0	0

мм			
	$\Delta l_{\max}$	0,5	0,5
Напряжение, МПа		125	662,835

2 Материалом, удовлетворяющим вышеперечисленные требования является ПВХ: Оно обладает малым весом  $m=1,5$  кг и прочностью при растяжении  $\sigma_B^+ = 47$  МПа. Стоимость в два раза ниже, чем у стали. Транспортировка несложна и хранение не вызывает хлопот. Виниловый сайдинг не слоится, не расщепляется и не боится воды, не подвергается гниению. Безопасность такого материала подтверждена санитарно-гигиеническим сертификатом.

Общие правила хранения:

- 5) во время перевозки и при хранении упакованные панели сайдинга
- б) должны находиться на ровной плоской поверхности и одновременно с этим иметь опору по всей длине панели;
- 7) упаковки панелей сайдинга нужно хранить в сухом месте, в стопках не более чем 15 пачек;
- 8) недопустимо хранение сайдинга в условиях, если температура внутри упаковок может превысить  $60^\circ\text{C}$ , под прямыми лучами солнца, при температуре в помещении выше  $30^\circ\text{C}$ , под пластиковой пленкой, без доступа воздуха [1].

Список использованной литературы

- 1 Андреев В. С., Преображенский А. Б., Работы с сайдингом. Подбор материалов, особенности монтажа [Текст]: / В. С. Андреев. – М.: ООО ИКТЦ «ЛАДА», 2011. – 256 с.
- 2 Шварц, О. Переработка пластмасс Подготовка сырья технологии и оборудования соединения полимеров, покрытие и отделка [Текст]:/ О, Шварц. – СПб:Профессия,2005. – 320 с.
- 3 Халиулин, В.И., Шапаев, И.И. Технология производства изделий из КМ[Текст]: Подготовка производства и формирование структуры изделий из ПКМ: Конспект лекций. Казань: Изд-во КГТУ, 1998 - 63с.

## ВЫБОР МАТЕРИАЛА И ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РАДИОПРОЗРАЧНОГО НОСОВОГО ОБТЕКАТЕЛЯ ДЛЯ САМОЛЁТА СУ-30

Курилкин В. В. – студент группы МиТМ-21, науч. рук. Головина Е. А. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В данной работе описаны основные требования к изготовлению радиопрозрачного обтекателя. Выбран материал для его изготовления. Разработан технологический процесс изготовления обтекателя из стеклопластика.

Все самолёты обязательно имеют носовой радиопрозрачный обтекатель (РПО), в котором устанавливается высокочастотная станция, служащая сверхчувствительными «глазами» летчика. Поэтому материал оболочки обтекателя должен удовлетворять условию беспрепятственного прохождения радиоволн, генерируемых станцией, а сама конструкция оболочки должна выдерживать аэродинамические нагрузки.

Среди наиболее важных требований, предъявляемых к конструкциям носового обтекателя самолета, можно назвать: минимальную массу, максимальную жесткость и прочность, термостойкость, максимальный ресурс работы конструкции в условиях эксплуатации, высокую надежность. В значительной мере перечисленные требования к конструкции обеспечиваются выбором материала и совершенством технологии изготовления конструкции из данного материала. [1].

Рассмотрев преимущества и недостатки основных авиационных конструкционных материалов (табл.1) и сопоставив все параметры, можно с уверенностью сделать выбор в

пользу обтекателя из стеклопластика, так как именно стеклопластик, в нашем случае, является самым выгодным и практичным материалов.

Таблица 1 – Сравнение характеристик материалов

Материал	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Прочность на растяжение, МПа	Модуль упругости, ГПа
Алюминиевый сплав	2800	470	70
Титановый сплав	4500	930	115
Мартенситная сталь(25% Ni)	8000	1096	210
Японская ель	500	70	10
Эпоксидный стеклопластик на основе ткани	2000	590	50
Эпоксидный углепластик (однонаправленный)	1600	2355	130

Приведенная выше таблица отражает превосходство ПКМ над традиционными материалами по удельным характеристикам прочности и модуля упругости.

Стеклопластик, как материал для радиопрозрачных обтекателей, обладает целым рядом выигрышных качеств. Имея абсолютное значение прочности на уровне стали, и в несколько раз меньшую плотность, стеклопластики обладают хорошим прочностным запасом для обеспечения устойчивости изготовленных из них изделий к большим внешним силовым воздействиям [2].

Использование широкого ассортимента стеклоармирующих материалов и связующих позволяют управлять прочностью, направляя ее в нужном направлении, одновременно регулируя другие свойства материала, например, такие как диэлектрические характеристики, теплостойкость и т.п [2].

По удельным характеристикам стеклопластик уступает углепластикам, но не уступает традиционным. Стеклопластики являются одним из наиболее распространенных композиционных материалов, сочетающих высокую прочность, небольшую плотность, хорошие диэлектрические свойства и приемлемую цену. Стеклопластик состоит из полимерной матрицы, армированной стекловолокнистым материалом. Использование различных сочетаний армирующих и связующих компонентов позволяет создавать материалы с широким диапазоном регулируемых свойств, что предопределяет большое разнообразие сфер применения стеклопластиков. В частности, стеклопластики широко применяются как в России, так и за рубежом для изготовления радиопрозрачных обтекателей и укрытий приемо-передающих радиотехнических комплексов для авиакосмической, морской, сухопутной техники гражданского и специального назначения [3].

К радиопрозрачным изделиям (РПИ) из стеклопластиков предъявляется комплекс требований. РПИ должны обладать, в первую очередь, заданными радиотехническими характеристиками, от которых зависит дальность действия, точность и надежность работы радиолокационного оборудования и средств связи т.е., радиопрозрачные материалы – конструкционные диэлектрики с однослойной или многослойной структурой, пропускающие без существенных потерь и искажений электромагнитные колебания радиочастотного диапазона [3].

Одновременно РПИ должны быть достаточно прочными и надежно защищать находящиеся под ними антенны и радиолокационное оборудование от внешних воздействий (силовых, климатических и др.) на протяжении всего срока эксплуатации [3].

Действующие на самолёт нагрузки предъявляют следующие требования к конструкции и материалу обтекателя: максимальная жесткость и прочность, теплостойкость, радиопрозрачность.

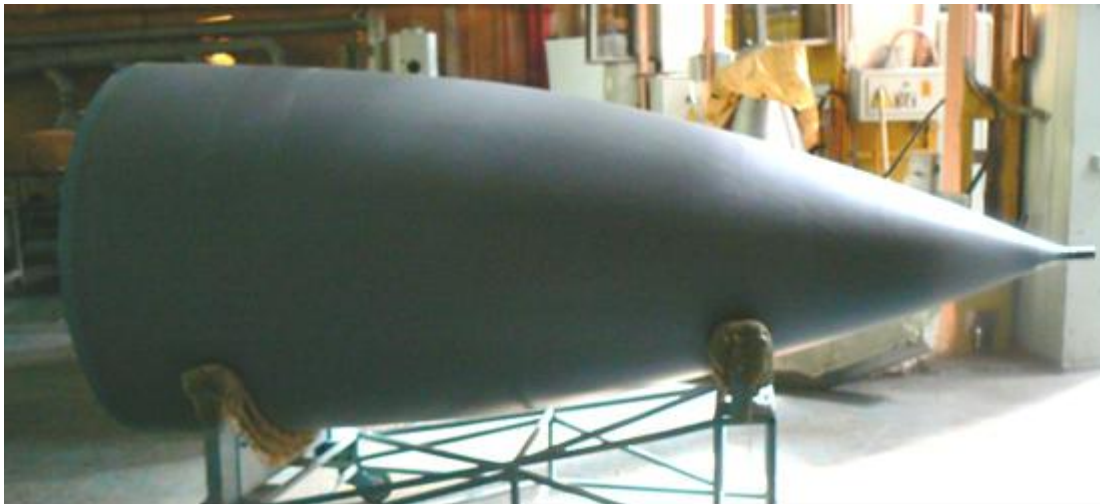


Рисунок 1 – Пример обтекателя для самолёта СУ-30

Данным требованиям соответствуют такая форма ПКМ как сэндвичевые конструкции с сотовым наполнителем.

Структура сэндвичевых конструкций состоит из следующих элементов: двух тонких прочных облицовочных пластин – обшивок, толстой легкой сердцевины – наполнителя, разделяющего несущие пластины и распределяющие нагрузку между ними, и адгезионных слоев, связывающих пластины с наполнителем и передающих нагрузку от наполнителя к облицовкам и обратно [4].

Сэндвичевую конструкцию обычно рассматривают как двутавровую балку, одна из горизонтальных полок пластин которой "работает" на сжатие, а другая – на растяжение. Сотовый наполнитель, связывающий пластины, аналогичен вертикальной полке балки, "работает" на сдвиг и повышает изгибную жесткость структуры, хотя, в противоположность двутавру, основным его назначением является опора для пластин облицовки [4].

Главными функциями несущих облицовочных материалов (листов) для сэндвичевых конструкций являются обеспечение их жесткости относительно изгиба и сдвига в плоскости пластин, а также передача нагрузок в той же плоскости. В самолетостроении чаще всего используются стекловолокнистые препреги, препреги на основе углеродных волокон (тканей или однонаправленных материалов), алюминиевые сплавы марок 2024 и 7075, титановые или стальные листы. Зачастую возможность использования того или иного материала диктуется ценой на него, и конструкторские разработки могут меняться в зависимости от стоимости исходных материалов. В нашем случае для изготовления облицовочных пластин используется стекловолокнистые препреги [4].

Рассмотрим технологию изготовления радиопрозрачного обтекателя.

Технология изготовления обтекателя из стеклопластика включает в себя несколько этапов [5]:

1) Приготовление связующих (срок хранения готовых конструкционных связующих при температуре 25 °С до 30 суток);

2) Входной контроль исходных материалов - проверить наличие сопроводительной документации и протоколов входного контроля на используемые материалы;

3) Подготовка оснастки - тщательно очистить рабочую поверхность формы от загрязнений и остатков отвердевшего связующего. Царапины и другие мелкие поверхностные дефекты зачистить шлифовальной шкуркой и обдуть сжатым воздухом;

4) Выкладка внутренней и внешней обшивки - Раскроить и выклеить 3 слоя препрега размером 120×4100 мм. Препрег укладывать с нахлестом 5–10 мм с небольшим натягом и разглаживать руками. Каждый последующий слой выкладывать со смещением стыков листов препрега по отношению к предыдущему;

5)Автоклавное формование – размещение изделия в вакуумном мешке, выкачивание воздуха и запуск процесса формование в автоклаве под давлением и температурой;

6)Выкладка заполнителя – в роли заполнителя выступает стеклосетка, её необходимо раскроить и выклеить в 7 слоёв до усиливающего слоя и в 7 слоёв после усиливающего слоя;

7)Выкладка усиливающего слоя – идентично выкладке внутреннего слоя, но вместо трёх слоёв препрега в усиливающем у нас будет семь;

8)Механическая обработка - зашкурить всю поверхность заготовки, установленной на ложемент, удаляя блеск и складки заподлицо с поверхностью заготовки, произвести неразрушающий контроль;

9)Нанесение лакокрасочного покрытия – нанести на наружную поверхность обтекателя лакокрасочный материал способом пневматического распыления;

Помещение для производства деталей из ПКМ должно быть обособленным, оборудованным приточно-вытяжной вентиляцией и обеспечивать поддержание температуры внутреннего воздуха в пределах 15-30°C и относительной влажности 35-70 %.

Список использованной литературы:

1Маркин, В.Б. Строительная механика композитных кон-струкций / В. Б. Маркин – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2004. – 180 с.

2 Шалгунов, С. И. Стеклопластики для радиопрозрачных обтекателей и укрытий/ С.И. Шалгунов, А.Н. Трофимов, В.И. Соколов – М.: ОАО «НПО Стеклопластик», 2010. – 4с.

3Радиопрозрачные изделия из стеклопластиков: учеб.для вузов / И.Г. Гуртовник. – М.: МИР, 2003. – 368 с. – (<http://www.biysk.ru/>).

4 Справочник по композиционным материалам: В 2-х кн. Кн. 2 / Под ред. Дж. Любина; Пер. с англ. А. Б. Геллера, М. М. Гельмонта; Под ред. Б. Э. Геллера. – М.: Машиностроение, 1988. – 584 с.

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАДИОПРОЗРАЧНОГО СТЕКЛОПЛАСТИКОВОГО ОБТЕКАТЕЛЯ ДЛЯ САМОЛЁТА СУ-30 В ПРОГРАММЕ SOLIDWORKS И ПРОВЕДЕНИЕ ИМИТАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ КОРПУСА С ПОМОЩЬЮ SIMULATIONEXPRESS

Курилкин В. В. – студент группы МиТМ-21, науч. рук. Головина Е. А. – к.т.н., доцент Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Все самолёты обязательно имеют носовой радиопрозрачный обтекатель (РПО), в котором устанавливается высокочастотная станция, служащая сверхчувствительными «глазами» летчика и представляет собой сплошную оболочку оживальной формы. На рисунке 1 показана схема радиопрозрачного обтекателя.

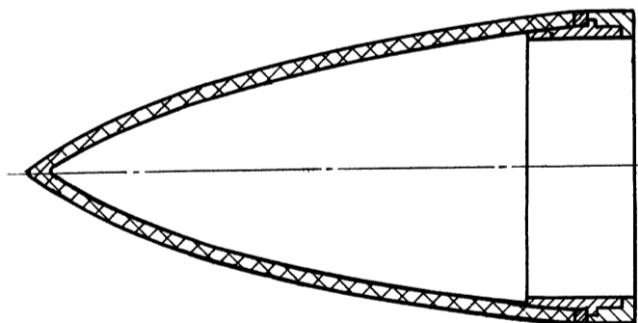


Рисунок 1 – Схема радиопрозрачного обтекателя

При изготовлении радиопрозрачных обтекателей необходимо учитывать определенные требования:

- первое что необходимо сделать, это определить все механические и термические нагрузки действующие на проектируемое изделие;
- нужно выбрать размеры и спроектировать конструкцию обтекателя;
- выбор материала производится с учетом действующих нагрузок, так чтобы конструкция из выбранного материала не разрушилась в ходе эксплуатации.

Так как самолёт СУ-30 летает на сверхзвуке, то на всей поверхности обтекателя, возникает давление в результате лобового сопротивления воздуха движению самолета (Сжимающая нагрузка порядка 2,4 МПа).

Для моделирования была выбрана модель обтекателя со следующими размерениями: толщина  $\delta=15,9$  мм, высота  $H=2827$  мм, радиус нижнего основания  $R=720$  мм, нижнего  $r=30$  мм.

Для расчета распределения запаса прочности в SimulationXpress используется критерий максимального напряжения vonMises. Этот критерий точно определяет, что пластичный материал начинает растягиваться, когда эквивалентное напряжение достигает предела текучести материала. Предел текучести определяется как свойство материала. SimulationXpress рассчитывает коэффициент запаса прочности в заданной нами точки.

Необходимо проверить максимальную силу 2,4 МПа, приложенную на корпус обтекателя, выполненный из таких материалов как: стеклопластик, японская ель и алюминий.

Проведение имитационных испытаний корпуса лодки с помощью SimulationXpress. На рисунке 2 – 4 показаны значения напряжения и смещения.

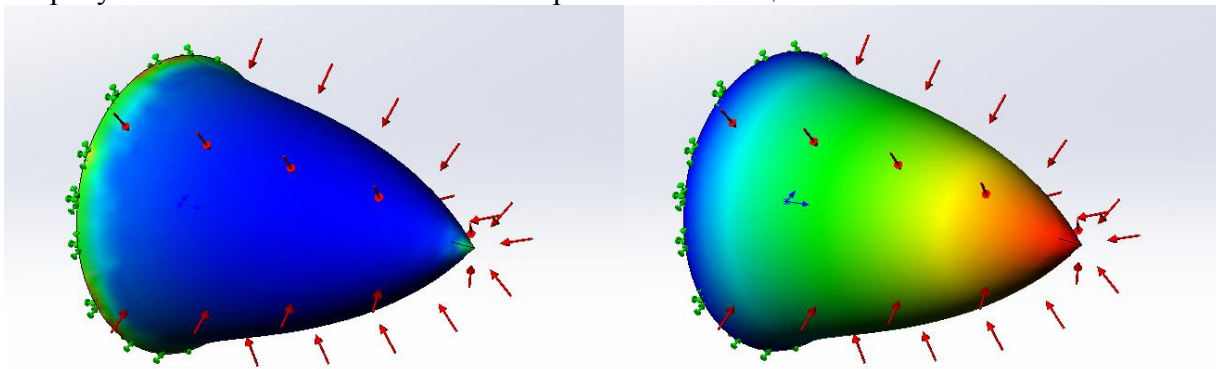


Рисунок 2 – Результат испытаний обтекателя из алюминия

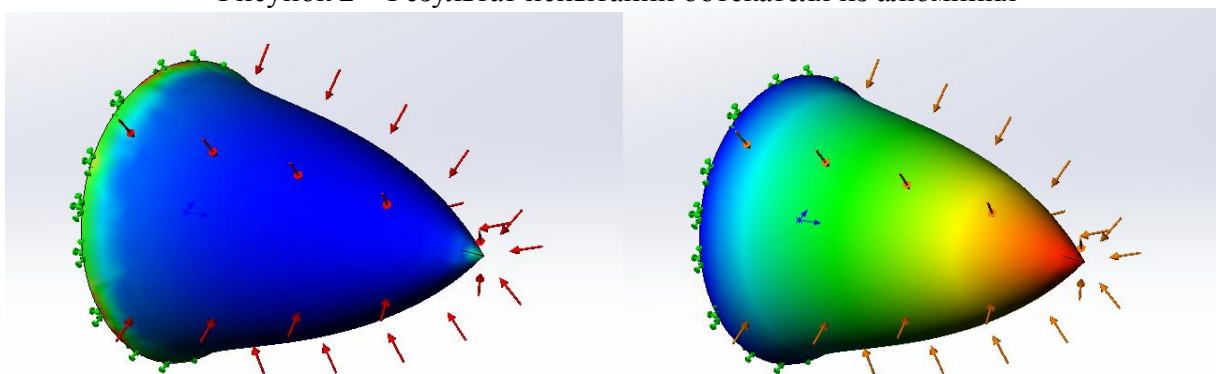


Рисунок 3 – Результаты испытаний обтекателя из японской ели



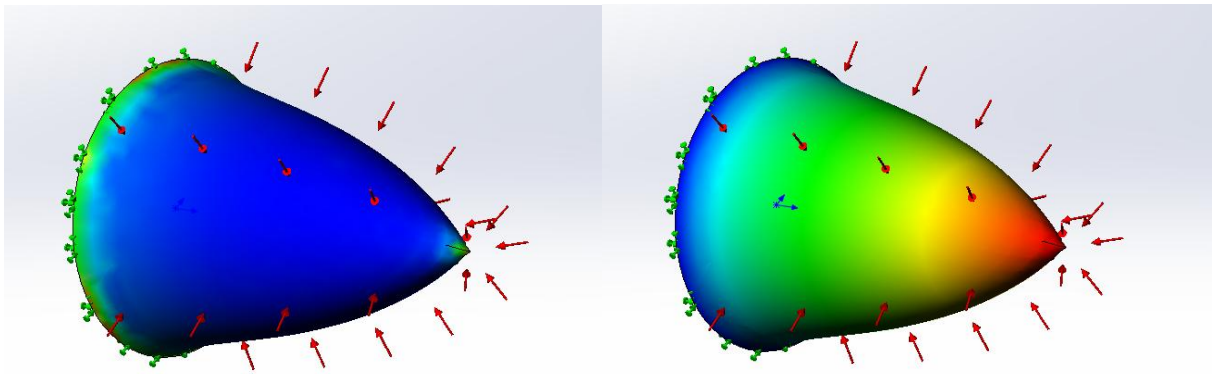


Рисунок 4 – Результаты испытаний обтекателя из стеклопластика

#### Вывод

В ходе выполнения расчетного задания был спроектирован радиопрозрачный обтекатель для самолёта СУ-30, проведено ряд испытаний для определения оптимального материала для изготовления обтекателя при применении максимальном сжимающем 2,4 Мпа.

Результаты показывают, что выбранные материалы для изготовления радиопрозрачного обтекателя выдерживают максимальную нагрузку и подходят для эксплуатации.

Зоной возможного разрушения является место крепления обтекателя к фюзеляжу самолёта.

Наиболее применимым является обтекатель из стеклопластика, так как он обладает необходимыми характеристиками радиопрозрачности.

#### Список использованной литературы:

1. Хрычев, Ю. И. Разработка технологического процесса изготовления радиопрозрачного обтекателя из клеевых препрегов типа КМКС-2М.120/ Ю.И. Хрычев, Е.П. Шкодинова, Н.А. Магин – М.: ВИАМ, 2012. – 5с..
2. Шалгунов, С. И. Стеклопластики для радиопрозрачных обтекателей и укрытий/ С.И. Шалгунов, А.Н. Трофимов, В.И. Соколов – М.: ОАО «НПО Стеклопластик», 2010. – 4с.
3. Радиопрозрачные изделия из стеклопластиков: учеб.для вузов / И.Г. Гуртовник. – М.: МИР, 2003. – 368 с. – (<http://www.biysk.ru/>).
4. Справочник по композиционным материалам: В 2-х кн. Кн. 2 / Под ред. Дж. Любина; Пер. с англ. А. Б. Геллера, М. М. Гельмонта; Под ред. Б. Э. Геллера. – М.: Машиностроение, 1988. – 584 с.

### МАТЕРИАЛ ДЛЯ 3D ПРИНТЕРА НА ОСНОВЕ ГРАФЕНА

Пацукова В. М.– студент группы МиТМ-31, науч. рук. Головина Е. А. – к.т.н., доцент Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

#### Материал для 3D принтера на основе графена.

Не так давно в нашу жизнь прочно вошло такое понятие, как «3D». Наибольшее распространение это нашло в киноискусстве, фотографиях и мультипликации. Но не каждый сейчас слышал о «3D» печати.

Появились возможности трёхмерной печати в науке, творчестве, технике, а так же и в повседневной жизни.

3D-принтер – это периферийное устройство, использующее метод послойного создания физического объекта по цифровой 3D-модели.



Рисунок 1 – 3D принтер

Печать на 3D принтере представляет собой построение реального объекта по созданному на компьютере образцу 3D модели. Далее цифровая трёхмерная модель сохраняется в формате STL-файла, затем 3D принтер, на который вводится файл для печати, формирует реальное изделие. Сам же процесс состоит в том, на рабочий стол (элеватор) принтера наносится ряд повторяющихся циклов из расходного материала, связанных с созданием трёхмерной модели, происходит перенесение рабочего стола вниз на уровень готового слоя и удаление с поверхности стола отходов. Циклы следуют один за другим непрерывно: на первый слой материала наносится следующий слой, затем элеватор вновь опускается, чтобы нанести следующий слой материала и так до тех пор, пока процесс не дойдёт до конечной стадии и деталь не будет готова.



Рисунок 2 – Материалы для печати на 3D принтере

Трёхмерный принтер, в отличие от обычного, который выводит двухмерные рисунки, фотографии и т.д на бумагу, даёт возможность выводить объёмную информацию, то есть создает трёхмерные физические объекты.

Список объектов, которые можно «печатать» с помощью таких устройств, быстро растёт. Расширяется и список материалов для этого. В частности, в качестве «чернил» уже используются не только порошки металлов, пластик, керамические смеси, смолы, но также и пищевые ингредиенты.

Материалы, предназначенные для печати 3D объектов, должны обладать следующими свойствами: хорошей тепло- и электропроводимостью, прочностью, жесткостью, различной сферой применения, устойчивы к солнечному свету и воде, должны быть экологически чистыми и т.д.

В качестве анализа и сравнения двух материалов для 3D принтера, возьмём уже очень распространённый и недорогой материал – ABS пластик и эластичный материал на основе

графена [1].

Характеристика ABS-пластика:

ABS-пластик (акрилонитрилбутадиенстирол, АБС) – материал, который популярен в промышленности и в трёхмерной печати.

ABS-пластика имеет отличные механические и физические свойства. Этот материал широко применяется в автомобильной, медицинской и сувенирной промышленности, в производстве спортивного инвентаря, сантехники, банковских карт, мебели, игрушек и др.

Преимущества и недостатки ABS-пластика:

Основным недостатком ABS-пластика является низкая устойчивость к прямому воздействию солнечного света. Кроме того, материал токсичен, что ограничивает его применение в производстве игрушек, пищевых товаров и медицинских инструментов.

В то же время, ABS-пластик имеет целый ряд положительных качеств:

- Различная цветовая гамма;
- Влагостойкость;
- Кислотостойкость;
- Маслостойкость;
- Относительно высокая теплостойкость, достигающая 115°C у некоторых марок материала;
- Нетоксичность при относительно низких температурах и при отсутствии воздействия алкоголя;
- Повышенная ударопрочность;
- Высокая эластичность;
- Высокая долговечность в отсутствие прямого солнечного света;
- Легко поддается механической обработке;
- Хорошая ценовая доступность;
- Высокая растворимость в ацетоне.

Помимо возможности механической обработки, ABS легко растворяется в ацетоне и в некоторых других растворителях, что позволяет производить достаточно крупногабаритные модели из составных частей путем склеивания. Кроме того, обработка готовых моделей парами ацетона позволяет сглаживать внешние поверхности и достигать полной герметичности [2].

Характеристика материала на основе графена:

Графен – тончайший из известных материалов, и при этом он самый прочный – он более, чем в 200 раз прочнее строительной стали. В качестве основы для графена используется высококачественный графит.

Графен представляет уникальные возможности в изготовлении электронных приборов, благодаря своей кристаллической структуре.

Уже в настоящее время в списке потенциальных применений графена значится производство единственной в своем роде графеновой наноэлектроники, сверхчувствительных датчиков, высокоэффективных теплоотводящих поверхностей и аккумуляторов с улучшенными характеристиками.

В качестве основы для графена используется высококачественный графит. Этот новый материал способен полностью изменить создание электронных деталей.

У существующих материалов содержание графена составляет 20% , процентное содержание частиц двумерной модификации углерода в новых чернилах достигает 60% по объему и 75% по массе.



Рисунок 3 – Результат обработки модели из ABS-пластиком парами ацетона

Благодаря этому напечатанные данными чернилами объекты сохраняют все полезные свойства графена.

Чернила представляют собой жидкость с твердыми частичками во взвешенном состоянии, в качестве хлопьев выступает графен. В начальном состоянии чернила очень вязкие, т.к. хлопья ориентированы беспорядочно. При выдавливании через сопло 3D-принтера хлопья разворачиваются по направлению потока, образуя нить, обладающую всеми полезными свойствами графена. При этом свойства материала не теряются, а даже полностью сохраняются при выдавливании через сопло диаметром 100 мкм на скорости до 40 мм/с, т.е. печать графеном идет примерно вдвое медленнее, чем обычным пластиком, что является небольшим недостатком этого материала.

Электропроводность чернил составляет примерно 800 См/м (сименс/метр), что на порядок больше, чем в современных материалах для 3D-печати на основе углерода.

Графеновый материал обладает:

- Высокой гибкостью;
- Хорошей прочностью;
- Совместим с живыми тканями;
- Применим в медицине.

Кроме того, упругость нового материала можно регулировать, изменяя процентное содержание связки. Так, объекты, напечатанные из материала стандартного состава, до разрушения можно растянуть на 81%, а материал с 20-процентным содержанием графена растягивается в продольном направлении на 210% (правда, при некоторой потере его электромеханических свойств). Возможность изменения эластичности материала особенно актуальна для производителей изделий из биомедицинских полимеров. Один из примеров потенциального применения – создание протезов, которые могут сгибаться, не ломаясь.

3D-печатные графеновые клеточные каркасы также могут принести пользу тканевой инженерии и регенеративной медицине: эксперименты показали, что стволовые клетки, помещенные в графеновые структуры, не только выживают, но и размножаются.

Структуры, напечатанные графеновыми чернилами, достаточно гибкие и прочные для внедрения в живые ткани, что позволяет их использовать для создания биоразлагаемых датчиков и медицинских имплантатов. Возможность изменения эластичности материала особенно актуальна для производителей изделий из биомедицинских полимеров. Но наиболее перспективным они считают применение токопроводящих чернил в сфере производства высокоэффективной электроники.

Вывод:

3D печать открыла большие возможности для экспериментов в таких сферах как архитектура, строительство, медицина, образование, моделирование одежды, мелкосерийное

производство, ювелирное дело, и даже в пищевой промышленности 3D технологии позволяют полностью исключить ручной труд и необходимость делать чертежи и расчёты на бумаге.

На сегодняшний день мы используем материалы, которые более дешевы и доступны. Пока еще 3D- принтер является для нас новой технологией. В основном эти технологии используются для производства эксклюзивных изделий, таких как предметы искусства, фигурки персонажей для ролевых игр, прототипов моделей будущих товаров или каких-либо конструктивных деталей.

Но развитие 3D-индустрии происходит крайне быстро. Используя графен в качестве материала для 3D-принтеров, станет возможным изготовление прочных деталей с легким весом, обладающих гибкостью и проводимостью.

Принтеры, создающие кулинарные шедевры, воспроизводящие протезы и органы человека, игрушки и наглядные пособия, одежду и обувь – уже не плод воображения писателей – фантастов, а реалии современной жизни.

Источники информации :

1. <http://make-3d.ru/articles/chto-takoe-3d-pechat/>
2. [http://3dtoday.ru/wiki/abs\\_plastic/](http://3dtoday.ru/wiki/abs_plastic/)

## СВОЙСТВА ОБЛИЦОВОЧНОГО КИРПИЧА

Попкова А.С. – студент группы МиТМ-31, Головина Е.А. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Кирпич облицовочный

Облицовочный, он же «лицевой» и «фасадный», используют при облицовке зданий. Стандартные размеры у него такие же, как у рядового, – 250×120×65 мм.

Как правило, фасадный кирпич – пустотелый, а следовательно, его теплотехнические характеристики достаточно высоки. По нормативам, облицовка обязана обладать хорошей морозостойкостью и «презентабельным» внешним видом. Цвет должен быть ровным, грани – гладкими, формы – точными. Не допускается наличие трещин и расслоения поверхности.

Подбирая составы глиняных масс и регулируя сроки и температуру обжига, производители получают самые разнообразные цвета. Затраты на кирпичную облицовку больше, чем на оштукатуривание, но при правильном выборе материала «керамический» фасад не потребует обновления гораздо дольше, чем штукатурка.

Интересен облицовочный фактурный (рельефный) кирпич. Его ложковая и тычковая поверхности имеют рисунок. Это может быть просто повторяющийся вдавленный рельеф, а может быть и обработка под «мрамор», «дерево», «антик» (фактурный с потертыми или нарочито неровными гранями) – на выбор заказчика.

Фасонный кирпич по-другому называют фигурным, что говорит само за себя. Отличительные признаки такого кирпича – скругленные углы и ребра, скошенные или криволинейные грани. Именно из таких элементов без особых сложностей возводят арки, круглые колонны, выполняют декор фасадов. Существуют специальные элементы для подоконника и карнизов. Подвид фасонного – лекальный кирпич, форма которого выполняется на заказ, по предоставленному лекалу.

Важно знать, что облицовочная фактура, изготовленная керамическим способом, является натуральным строительным материалом, пропускающим влагу и кислород, и одновременно сохраняющим тепло в строении. Экологичность кирпича обеспечивается такой составляющей, как природная глина. Технология производства керамического кирпича сопровождается добавлением в смеси различных веществ, от которых зависит внешний вид конечного продукта. Цвет и фактура влияют на стоимость облицовочного кирпича в зависимости от затрат на добавки, вносимые в исходное сырье для получения того или иного эффекта.

### Кирпич облицовочный глазурованный или ангобированный

Для получения кирпича с блестящей цветной поверхностью на обожженную глину наносят глазурь (специальный легкоплавкий состав, в основе которого – перемолотое в порошок стекло), а затем проводят вторичный обжиг уже при более низкой температуре. После этого образуется стекловидный водонепроницаемый слой, обладающий хорошим сцеплением с основной массой и, как следствие, повышенной морозостойкостью. Глазурованный кирпич позволяет выкладывать мозаичные панно как в помещении, так и со стороны улицы.

Технология получения ангобированного кирпича (его еще называют «двухслойным» или «цветным») отличается тем, что цветной состав наносят на высушенный сырец и обжигают только один раз. Само декоративное покрытие тоже другое. Ангоб состоит из белой или окрашенной красителями глины, доведенной до жидкой консистенции. Если температура обжига подобрана правильно, он дает непрозрачный, ровный слой матового цвета.

Глазурованный и ангобированный кирпич применяют при оригинальной дизайнерской облицовке внешних и внутренних стен. Широкая цветовая гамма позволяет реализовать фактически любую идею оформления.

К внешнему виду глазурованного и ангобированного кирпича предъявляют приблизительно одинаковые требования. На цветной поверхности не должно быть наплывов и трещин, пузырьков и вздутий. Зазубрины и щербинки допускаются, но в очень малом количестве (не более 4 штук). То же относится к пузырькам и черным точкам – «мушкам» (не более 3).

### Кирпич клинкерный

Применяют для облицовки цоколей, мощения дорог, улиц, дворов, полов в цехах промышленных зданий, облицовки фасадов.

Погруженный полностью в воду, клинкерный кирпич выдерживает минимум 50 циклов попеременного замораживания/оттаивания, а что касается прочности, то ниже марки М400 его просто не выпускают. Такие характеристики обеспечиваются большой плотностью кирпича, которая достигается благодаря особому сырью и особой технологии.

В производстве данного вида материала используют тугоплавкие глины. Их обжигают до спекания при значительно более высоких температурах, чем принято для изготовления обычного строительного кирпича.

Материал получается дорогой, и его в использование целесообразно там, где эксплуатация элементов строений или дорожных покрытий проходит в самых жёстких условиях. Кирпичное мощение дорожек не очень популярно в России, поэтому чаще клинкер используют для облицовки фасадов – отделка долгое время не нуждается в ремонте, грязь и пыль практически не проникают в структуру поверхности, да и вариаций цветов и форм – масса. Недостаток только один: в силу высокой плотности клинкер обладает повышенной теплопроводностью.

Таблица 1– Основные характеристики керамического кирпича

Наименование	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	Пористость, %	Марка морозостойкости	Коэффициент теплопроводности, Вт/м·°С	Марка прочности
Кирпич облицовочный	1300..1450	6..14	25..75	0,3..0,5	75..250

Кирпич облицовочный глазурованный или ангобированный	1300..1450	6..14	25..75	0,3..0,5	75..250
Кирпич клинкерный	1900..2100	< 5	50..100	1,16	400..1000

#### Технология производства облицовочного кирпича

Хорошие эксплуатационные свойства кирпича достигаются благодаря соблюдению тщательно отработанных процессов. Особое внимание уделяется качеству сырья – глине определенных видов. В специальных печах при температурном режиме в 1000-1200 градусов изделие сушится и обжигается. Этап формирования внешних сторон кирпича обеспечивает ему правильную форму (особенно важны ровные края) и однородный цвет. Кирпич, наделенный облицовочными функциями, может быть как гладким, так и рельефным.

Значительно улучшает качество кирпича такой специальный метод, как гиперпрессование, обеспечивающий холодную сварку минеральных частиц под давлением. Исходными материалами, как правило, служат известняк, ракушечник, мел, доломит, а также разные виды минеральных отходов.

В состав смесей для производства силикатного кирпича входят: известь, кварцевый песок, вода. Как правило, здесь используется барабанный метод, при котором известь и песок очищенный попадают в бункер и в нем перемешиваются. Под воздействием пара происходит гашение извести.

#### Преимущества облицовочного кирпича:

- Устойчивость и прочность. Пористая структура обеспечивает устойчивость сооружений к износу благодаря пористой структуре и оптимальному объему.

- Морозоустойчивость. Кирпич для облицовки различных строительных сооружений с успехом можно использовать в районах Севера России. Ему не страшны температурные перепады и самые сильные холода.

- Яркий спектр (цветовое решение) и многообразие фактур. Это позволит подобрать Вам оптимальный вариант реконструкции зданий, а также воплотить в жизнь Ваши самые смелые дизайнерские замыслы.

- Функция удаления веществ вредного свойства. Кирпич, предназначенный для облицовки строительных сооружений, выводит с поверхности зданий опасные компоненты, которые образуются в результате воздействия внешней среды. Кирпич обладает уникальной способностью самоочищаться под влиянием атмосферных осадков в виде дождя и снега.

- Обширная область применения: сооружение новых фундаментов, строений, оград, реставрация старинных особняков и исторических памятников, внутренняя реконструкция помещений, создание тротуаров и садовых дорожек.

Положительные характеристики кирпича, с помощью которого производится облицовка строений, целиком и полностью оправдывают его стоимость. Дабы не произошло брака при укладке материала, рекомендуется использовать кирпич высокого качества и соблюдать технологию укладки. Следует применять однотипную продукцию (из одной партии), что поможет Вам обеспечить фасад или другому какому-либо строительному объекту равномерный цвет. В противном случае возникнет серьезная проблема поиска кирпича нужного оттенка.

#### Список использованной литературы:

[http://www.kirpich77.ru/article/oblitsovochnyy\\_kirpich/](http://www.kirpich77.ru/article/oblitsovochnyy_kirpich/)

<http://www.know-house.ru/avtor/ferroconcrete4.html>

## МОРОЗОСТОЙКОСТЬ АСФАЛЬТОБЕТОНА

Прокопец А.Д.– студент группы МиТМ-31, Головина Е.А. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Асфальтобетон – это искусственный строительный материал, полученный в результате уплотнения рационально подобранной и специально приготовленной смеси (асфальтобетонной смеси) минерального материала (щебня, песка, минерального порошка) и битума. Область применения асфальтобетона довольно широка. Он применяется для создания твёрдого покрытия автомобильных дорог, пешеходных зон, взлётно – посадочных полос аэродромов и т.д.

Асфальтобетон на протяжении всего своего эксплуатационного периода подвергается воздействию различных механических, термических, химических факторов, которые так или иначе приводят к понижению эксплуатационных свойств асфальтобетона. Высокое качество является результатом целого комплекса мероприятий: правильного подбора состава, обеспечивающий необходимые технологические свойства и физико-механические характеристики, надлежащей организации производственных работ и использования обоснованных технологических приемов изготовления, транспортировки. Сохранение свойств на протяжении всего периода функционирования асфальтобетона является чрезвычайно актуальной проблемой.

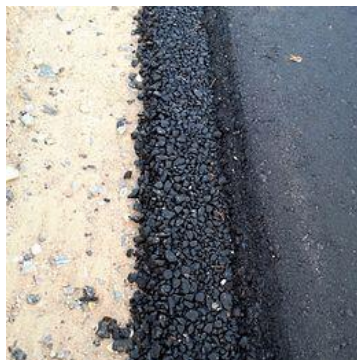


Рисунок 1 – Асфальтобетон

Одно из важнейших свойств асфальтобетона, определяющее способность бетона сохранять физико – механические свойства при многократном воздействии попеременного замораживания на воздухе и оттаивания его в среде является его морозостойкость. При умении контролировать данное свойство можно повысить свойства и период эксплуатации асфальтобетона.

В настоящее время существуют различные методы контроля морозостойкости асфальтобетона. Мы рассмотрим метод контроля для бетонов дорожных и аэродромных покрытий и для ускоренного контроля морозостойкости других бетонов.

В качестве сырьевых материалов используется хлористый натрий (хлорид натрия), вода для приготовления 5 % - ного водного раствора хлорида натрия, насыщенная и оттаивания образцов бетона. Основные и контрольные образцы перед испытанием на морозостойкость насыщают 5 % - ным водным раствором хлорида натрия и через 2 – 4 часа после извлечения из ванны контрольные образцы должны быть испытаны на сжатие. В течение 2 – 4 ч после проведения соответствующего числа циклов попеременного замораживания и оттаивания, сопровождающееся сменой раствора в ванне для оттаивания через каждые 50 циклов попеременного замораживания и оттаивания, основные образцы извлекаются из ванны и должны быть испытаны на сжатие и определена их прочность.

Бетон принимают за соответствующий требуемым, если среднее значение прочности на сжатие серии основных образцов бетона равно или больше среднего значения прочности на сжатие серии контрольных образцов бетона, или уменьшилось, но не более чем на 5 %, а для серии образцов бетона дорожных и аэродромных покрытий, кроме того, потеря массы не



превышает 3 %.

Морозостойкость асфальтобетона рекомендуется оценивать коэффициентом морозостойкости, значения которого должны быть не ниже представленных в таблице 1.

Таблица 1

Расчетное количество циклов замораживания-оттаивания	Минимальное значение коэффициента морозостойкости асфальтобетонов из смесей марок		
	I	II	III
До 60	0,75	0,70	0,65
От 61 до 100	0,80	0,75	0,70
Более 100	0,85	0,80	0,75

На морозостойкость влияет комплекс климатических факторов:

- асфальтобетон, однажды подвергнувшийся морозным воздействиям, в таком состоянии находится весь зимний период. В этом случае играет роль время нахождения асфальтобетона в замороженном состоянии.

- асфальтобетон подвергается многократному замораживанию и оттаиванию, где значительную роль играет перепад температур в области ее повышения и понижения.

Для модификации морозостойкости асфальтобетона необходимо понимать механику процесса разрушения асфальтобетона при низкой устойчивости к перепадам температур.

При длительном увлажнении вода проникает в поры асфальтобетона, частично насыщает битум, проникает через дефектные места битумных слоев к поверхности минеральных зерен. Это способствует отслаиванию битумных пленок, особенно при недостаточной адгезии их к поверхности минеральных частиц. Эти влияния приводят к ослаблению структурных связей в асфальтобетоне, что облегчает его разрушение. При замерзании воды ее объем увеличивается на 9 %, что приводит к возникновению в порах бетона значительного гидравлического давления до 180 МПа и в итоге к разрушению его структуры и снижению морозостойкости.

Актуальной задачей являются вопрос повышения морозостойкости асфальтобетонных покрытий. Для этих целей применяется широкий спектр модификаторов асфальтобетонных смесей.

Одним из таких модификаторов является добавка на основе природного асфальта (Тринидад-асфальт).

Тринидад – асфальт придает дорожным покрытиям твердость, износостойкость, прочность. Он зарекомендовал себя наилучшим образом при 40 – градусной жаре и 25 – градусном морозе. Взлетно-посадочные полосы из этого асфальта могут долгие годы выдерживать постоянные нагрузки от частых взлетов и посадок тяжелейших авиалайнеров. Кроме того, такие полосы не поддаются эрозии под воздействием антиобледенителей, а также топлива и масел, которые могут попасть на них в результате утечки.

Его основное качество заключается в сохранении высокой стабильности материала длительное время, что позволяет асфальтобетону выдерживать высокие нагрузки и не разрушаться от перепадов температур на протяжении десятков лет. Фактически, добавление Тринидад-асфальта в асфальтобетон выполняет роль дополнительного стабилизирующего и склеивающего вещества.

Задачи данного модификатора:

- сохранить высокую стабильность свойств битумов и асфальтобетонов в течение срока эксплуатации;
- термостойкость битумов и асфальтобетонов при воздействии как высоких (до +65 °С), так и низких (до -25 °С) эксплуатационных температур;

- повысить температуру размягчения на 10 °С и более, что свидетельствует о повышении вязкости вяжущего и сдвигоустойчивости асфальтобетона;
- замедлить процесс старения битума в 5 раз, что позволяет повысить стабильность деформационных свойств асфальтобетона, улучшить сдвигоустойчивость и снизить колееобразование;
- на дорогах в летний период и трещинообразование в зимнее время.



Рисунок 2 – Добавка на основе природного асфальта (Тринидад – асфальт)

Качественные характеристики асфальта обусловлены его особым составом. В него входят битумы, содержащие 63 – 67 процентов мальтенов и 33 – 37 процентов асфальтенов. Мальтены – это класс нефтяных химических соединений, которые, благодаря своей липкости, придают битумам их вяжущие свойства. Они невероятно клейкие и обладают повышенными цементирующими свойствами, не маслянистые, в отличие от битумов, полученных в результате перегонки нефти. Асфальтены – это еще одна группа углеводородов. Они придают битумам свойства термопластов – веществ, которые при нагревании становятся жидкими и текучими, а при остывании затвердевают. Характерные особенности и взаимное соотношение этих компонентов придают Тринидад-асфальту свойства, которые нелегко получить в условиях нефтеперерабатывающего завода.

Для практического применения в исходном состоянии природный асфальт Тринидад не пригоден. Поэтому он подвергается процессу плавления и очистки. Природный асфальт доставляется на завод первичной обработки, расположенный непосредственно у озера. Расфасованный в оргалитовые барабаны, природный асфальт доставляется на окончательную переработку в Германию. На заводе природный асфальт очищается, доводится до однородной массы, гранулируется и расфасовывается в пропиленовые мешки, годный к применению. При этом получается очищенный Натуральный асфальт Тринидад, который также называют Тринидад Еригэ (TE) или TLA.

Применение добавки Тринидад асфальта, увеличивает себестоимость при капитальном ремонте не более 10 – 15%, при строительстве новой дороги не более 2 – 3%.

Экономический эффект достигается в продлении межремонтных сроков автомобильных дорог.

В настоящее время асфальтобетон играет большую роль в нашей жизни. Получение некачественного асфальтобетона может привести к невыгодным экономическим затратам, различным авариям и в целом вплоть до угрозы жизни человека. Поэтому получение качественного, твёрдого и износостойкого материала является важной задачей. С развитием науки появляются всё новые и совершенные методы усовершенствования асфальтобетона. Для улучшения морозостойкости асфальтобетона существуют множество различных добавок или применение технологических методов. При повышении морозостойкости, асфальтобетон будет способен выдерживать многократное воздействие попеременного замораживания и оттаивания в течение долгого эксплуатационного периода.

## ПАНЕЛЬ ОБШИВКИ РУЛЯ ВЫСОТЫ САМОЛЕТА ТУ-214

Садыков У.А – студент группы МиТм-21, науч. рук. Головина Е.А – доцент, к.т.н.  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Одной из самых больших проблем для авиапромышленности является масса самолета, ведь от нее самолета зависит максимальная подъемная масса, расход топлива а в следствии и дальность полета.

Одной из самых главных несущих частей самолета является его крыло, оно испытывает самые большие нагрузки действующие на самолет. Крылья самолетов отличаются большим разнообразием не только внешних форм, но и особенностей конструкции. Во всех случаях крыло должно быть достаточно прочным и жестким при минимальной массе.

В данной статье я рассматриваю одну из деталей механизаций крыла – руль высоты. Руль высоты– аэродинамический орган управления самолёта, осуществляющий его вращение вокруг поперечной оси. Руль высоты представляет собой подвижную управляемую поверхность, отклонение которой вызывает движение самолёта по тангажу.

Руль высоты, предназначенный для установки на стабилизатор в качестве подвижного элемента управления самолетом в вертикальной плоскости и эксплуатации в любых климатических условиях, должен соответствовать настоящим техническим условиям. Руль высоты состоит из кронштейнов навески руля высоты, кронштейнов крепления рулевых приводов, продольных элементов (лонжерона, балок), поперечных элементов (мембран), торцевых мембран из ПКМ, панелей верхних и нижних из ПКМ, хвостового сотового отсека с обшивками из ПКМ. Ресурс и надежность руля высоты должны соответствовать ресурсу и надежности основного изделия. Предел прочности при изгибе в соответствии с техническими требованиями чертежа на образец – свидетель. Прочность склейки обшивки с сотовым наполнителем на отрыв должна быть:  $\sigma_{cp} > 294 \text{ МПа}$   $\sigma_{min} = 245 \text{ МПа}$  Руль высоты должен быть стойким и прочным к ВВФ (внешним воздействующим факторам) в составе основного изделия [2].

Анализ действующих нагрузок на крыло и размеры конструктивных элементов позволяют оценить нагрузки, действующие на руль высоты (таблица 1).

Результаты представленные в таблицах 3 и 4 позволяют сформулировать следующие требования к материалу:

1. руль высоты должен быть жестким;
2. прочность на сжатие и растяжение материала (всей толщины пакета) должны находиться в пределах 12 – 15 ГПа;
3. прочность на изгиб всего пакета не ниже 13 ГПа;
4. масса руля высоты должна быть минимальной.

Таблица 1 – Данные по нагрузке, действующей на руль высоты

Действующая нагрузка *	Значение	Требуемая прочность материала**, МПа
Максимальный скоростной напор, Н/м	3000	
Перерезывающая сила, Н	7400	1480\ 5920
Изгибающий момент, Н/м	15500	3100\12400
Распределенная нагрузка на руль высоты р, Н/м	608	125\625

\* площадь поверхности руля высоты приблизительно  $0,5 \text{ м}^2$

\*\* прочность без учета коэффициента запаса / прочность с учетом пятикратного запаса прочности, для обеспечения прочностной надежности с вероятностью 0,99

Исходя из анализа данных по характеристикам отдельных классов волокон представленных в таблице 1, можно сделать вывод о целесообразности применения углеродных волокон в сочетании с эпоксидным связующим, что является традиционной практикой в авиационной отрасли. Анализ работы и конструктивные особенности руля высоты позволяют предложить в качестве конструктивного решения по структуре материала сэндвич-панель (смотри рисунок 1). Именно такая структура обеспечивает максимальную жесткость элемента и минимальный объем материала обшивки (по сравнению с монолитом), учитывая практику применения в конструкциях авиационного назначения поперечных и продольных ребер жесткости [2].

Слой препрега, внешняя обшивка  
 Адгезионная пленка  
 Сотовый наполнитель  
 Адгезионная пленка  
 Слой препрега, внешняя обшивка

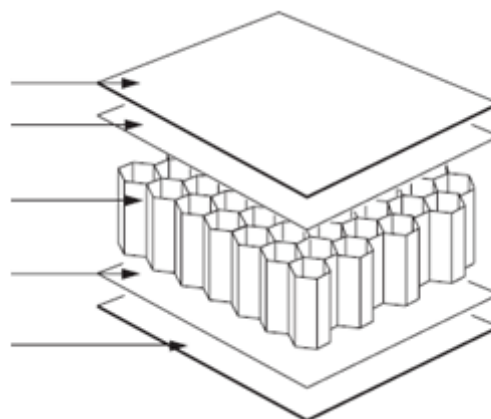


Рисунок 1 – Сэндвич – структура

Для достижения оптимального условия изготовления руля высоты предложена структура типа сэндвич, состоящая из двух обшивок из углепластика изготовленного на основе препрега КМКУ-2М.120.Э01.65 (ТУ 1-595-24-484) с толщиной монослоя 0,2 мм. Достигнуть требуемые свойства можно сформировав пакет обшивки из 15 слоев углеродной ткани, с каждой стороны, причем учитывая действие крутящего момента слои ткани будем укладывать в следующей последовательности:  $[0,90,+45,-45]_s$ , т.е. формируя квазиизотропную укладку [1].

Таблица 2 – Сравнительная характеристика материалов, применяемых в авиационных конструкциях

Материалы	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Временное сопротивление, $\sigma_b$ , МПа	Модуль упругости E, ГПа
Алюминиевые сплавы деформируемые литейные	2700	200 - 550	72
Магниеые сплавы деформируемые литейные	1800	200 - 340	45
Титановые сплавы деформируемые литейные	4500	500 - 1300	120
Стали углеродистые легированные высокопрочные	7800	800 - 2400	210
Композиционные материалы	1400-2600	500-1300	35-250

Стеклопластики	1900	1600	70
Углепластики	1400	1100	170

Разработан вариант модернизации существующего технологического процесса автоклавного формования руля высоты, включающий:

- автоматизация операции раскроя препрега с помощью машины для выкройки Lektra;
- автоматизация операции процесса выкладки с помощью проекционной машины Laplezer;
- для сокращения времени отверждения и снижения затрат на электроэнергию предложено осуществлять формование трехслойного пакета одновременно. Это позволило снизить затраты на электроэнергию в 3 раза и в 2 раза сократить время изготовления руля высоты.

Также не мало важным параметром является снижение веса конструкции, в результате замены материалов из стали на композиционные материалы, что значительно снижает расходы на топливо.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Симамура, С. Углеродные волокна [Текст] / Ю. М. Товмасына. Пер. с япон. под ред. С. Симамуры. – М.: Мир, 1987. – 304 с.
2. Орлов К.Я. Устройство самолетов, вертолетов и авиационных двигателей [Текст]/ К.Я. Орлов, В.А. Пархимович. – М.: Транспорт, 1991.
3. Гладунова, О. А. Композитный мир [Текст] / О. А. Гладунова // Композиционные материалы в гражданском и военном авиастроении. – 2013. – № 1. – С. 14–16.

#### ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ УГЛЕПЛАСТИКА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА РУЛЯ ВЫСОТЫ САМОЛЕТА НА ПРИМЕРЕ ПАССАЖИРСКОГО АВИАЛАЙНЕРА ТУ-214

Садыков У.А – студент группы МиТМ-21, науч. рук. Головина Е.А – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Одной из самых больших проблем для авиапромышленности является масса самолета, ведь от нее зависит максимальная подъемная масса, расход топлива а в следствии и дальность полета. Руль высоты – аэродинамический орган управления самолёта, осуществляющий его вращение вокруг поперечной оси. Руль высоты представляет собой подвижную управляемую поверхность, отклонение которой вызывает движение самолёта по тангажу. В зависимости от аэродинамической схемы, руль высоты может быть установлен в различных местах самолёта рисунок 1. Ресурс и надежность руля высоты должны соответствовать ресурсу и надежности основного изделия. Предел прочности при изгибе в соответствии с техническими требованиями чертежа на образец – свидетель. Прочность склейки обшивки с сотовым наполнителем на отрыв должна быть:  $\sigma_{cp} > 294 \text{ МПа}$   $\sigma_{min} = 245 \text{ МПа}$ .

Руль высоты должен быть стойким и прочным к внешним воздействующим факторам в составе основного изделия.

Современная авиация постоянно сталкивается с проблемами роста конкуренции и повышением топливных затрат. Очевидным решением данных проблем является снижение веса конструкции за счет использования композиционных материалов. В настоящее время процент содержания композитов в конструкциях современной авиации составляет 15 %, но в новом поколении самолетов этот процент значительно вырастет [1]. В отечественном авиастроении применение композиционных материалов постоянно увеличивается. Если в первом российском лайнере SSJ100 используется около 12% агрегатов из композитов, то новых самолетах применение композитов увеличивается в разы .

Углепластик сравнительно новый класс ПКМ получил в последние годы наиболее интенсивное развитие благодаря своим уникальным свойствам, а именно: высоким значениям прочности и жесткости, низкой плотности, химической инертности, тепло- и электропроводности, высокой усталостной прочности, низкой ползучести, низким значениям коэффициента линейного термического расширения, высокой радиационной стойкости.

Углеродные волокна карбона на растяжение также хороши, как сталь, но вот при сжатии демонстрируют меньшую прочность. Решением данной проблемы стало их сплетение в углепластиковое волокно.

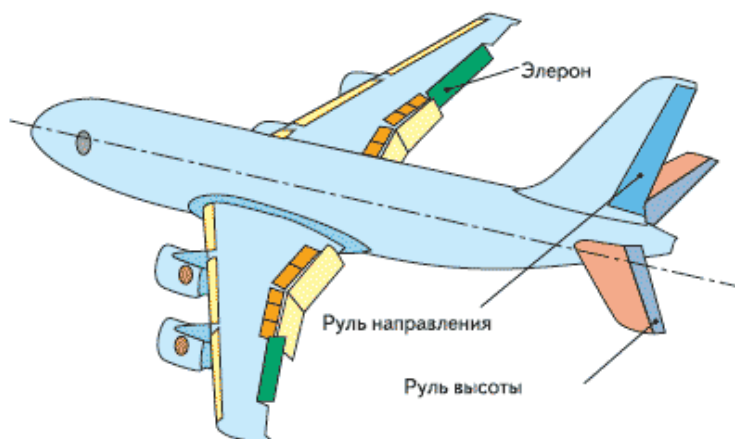


Рисунок 1– Руль высоты самолета Ту-214

При этом углепластик легче, чем сталь на 40%, легче алюминия на 20% и, конечно же, легче чем пластик.

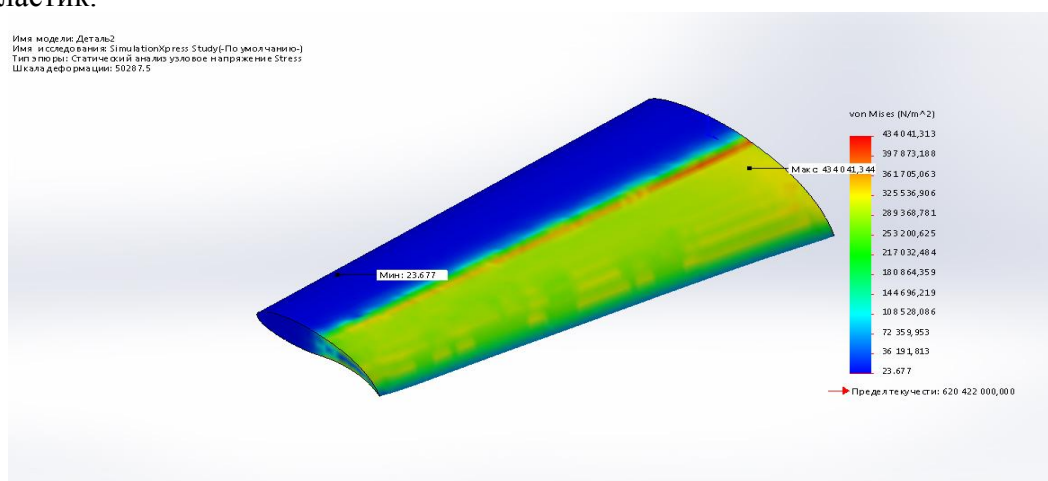


Рисунок 2 – Распределение напряжения руля высоты из стали

Имя модели: Деталь2  
 Имя исследования: SimulationXpress Study(По умолчанию)  
 Тип элора: Статическое перемещение Displacement  
 Шкала деформации: 50287.5

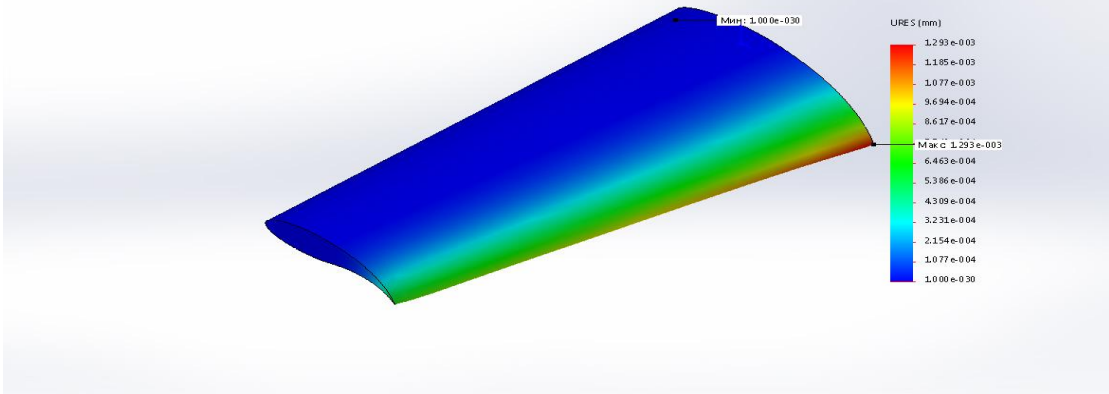


Рисунок 3 – Смещения в руле высоты из стали

Имя модели: Руль высоты ок  
 Имя исследования: SimulationXpress Study(По умолчанию)  
 Тип элора: Статический анализ узловое напряжение Stress  
 Шкала деформации: 11973.2

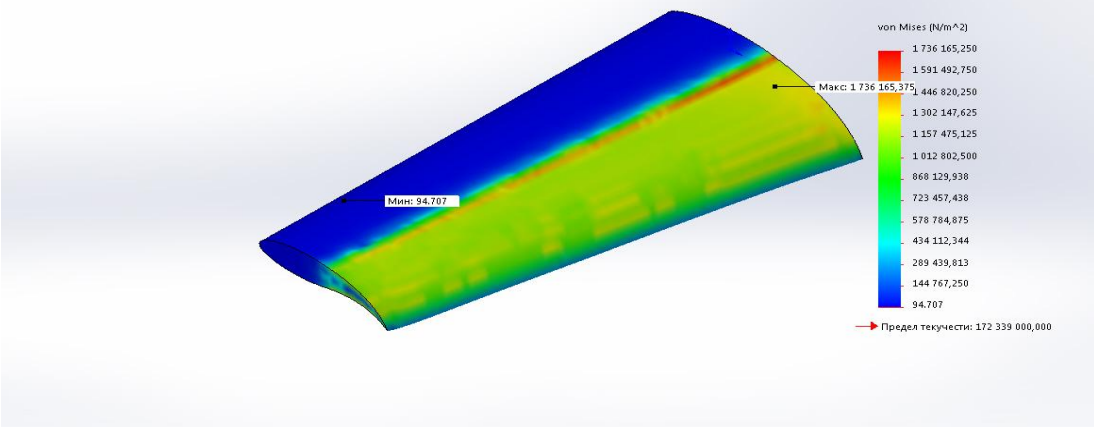


Рисунок 4 – Распределение напряжений в руля высоты из углепластика

Имя модели: Руль высоты ок  
 Имя исследования: SimulationXpress Study(По умолчанию)  
 Тип элора: Статическое перемещение Displacement  
 Шкала деформации: 266.237

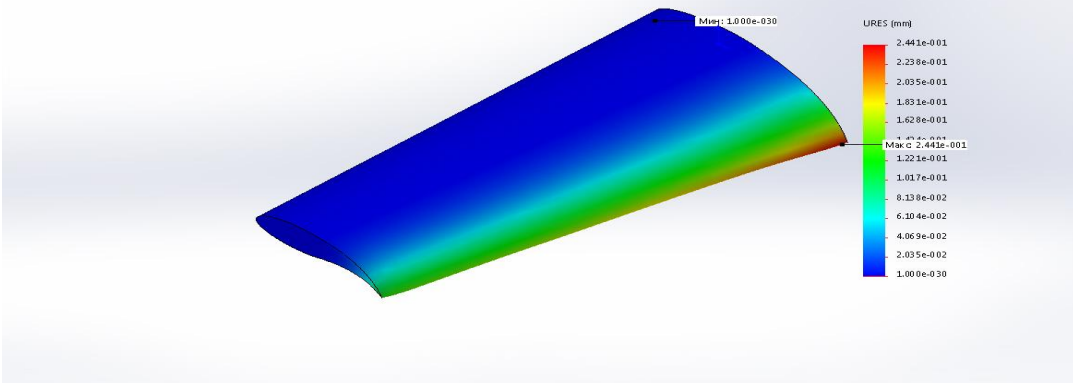


Рисунок 5 – Смещения в руле высоты из углепластика

Сравнив напряжено-деформированное состояние руля высоты самолета из стали и из углепластика, составили следующую таблицу (таблица 1).

Таблица 1 – Сравнения прочностных и деформационных характеристик

Тип материала		Хромитсая нержавеющая сталь	Углепластик
Масса, кг		131,7	29,4
Напряжение, МПа	$G_{\min}$	1,24	1,34
	$G_{\max}$	176	197
Смещение, мм	$\Delta l_{\min}$	0	0
	$\Delta l_{\max}$	0,8	0,8

Из этих данных мы видим, что напряжения и смещения в обоих материалах одинаковы и не достигают критических значений. Большое различие наблюдается по массе, руль высоты из углепластика в 5 раз легче металлического, это сказывается на общем весе самолета, а следовательно на его скорости и расходе топлива.

Делая вывод, необходимо отметить, что главным преимуществом руля высоты из углепластика является превосходство по массе (он легче металлического в пять раз), что уменьшает вес конструкции самолета в целом. Также углепластик намного лучше воспринимает нагрузки, что особо важно при конструировании самолета. Недостаток углепластика в высокой цене компенсируется его легкостью и безопасностью. Таким образом, на основании всего сказанного, можно сделать вывод, что замена металлического руля высоты из углепластиковым вполне оправданна.

Список использованной литературы:

1. Армированные пластики: современные конструкционные материалы, Э. С. Зеленский, А. М. Куперман, Ю. А. Горбаткина, В. Г. Иванова-Мумжиева, А. А. Берлин
2. Современные полимерные композиционные материалы А.А. Берлин, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, статья
3. Фудзии Т., Дзако М.–Механика разрушения композиционных материалов: Пер. с японск.– М.: Мир, 1982.–232с., ил.

#### ХАРАКТЕРИСТИКА КЛЕЕВ

Сафрайдер С.С.– студент группы МиТМ-31, науч. рук. Головина Е.А – к.т.н., доцент Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Клеи – композиции на основе веществ, способных соединять (т.е. склеивать) материалы. Действие клея основано на образовании между компонентами клея и склеиваемыми материалами адгезионной связи.

Основным компонентом клея, является связующее. В технологии склеивания поверхность, на которую наносится клей, называется субстратом. Адгезионные и когезионные силы сцепления должны быть примерно равными. Для получения прочного клеевого соединения необходимо хорошее смачивание поверхности клеем – клей должен быстро заполнять микронеровности поверхности. На качество соединения влияют также степень шероховатости поверхности, наличие или отсутствие загрязнений, вязкость клея.

Связующее – основной компонент клея, обеспечивающий его свойства. Например, в эпоксидных клеях это эпоксидная смола.

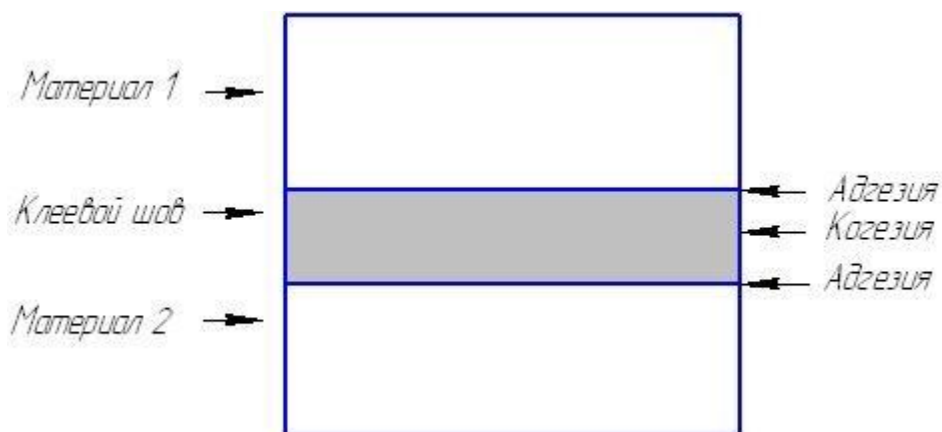


Субстрат (от латинского «субстратум» - подстилка, основа) – то, на что наносится клей, т.е. склеиваемая поверхность материала.

Прочность клеевого соединения зависит от прочности соединения клея с поверхностями (свойства, называемые адгезией) и прочности самого клея, характеризуемого термином когезия.

Адгезия (от лат. adhaesio – прилипание) – это сцепление поверхностей разнородных тел, т.е. прочность сцепления клея с соединяемыми материалами. Понятие «адгезия» относится не только к склеиванию, но и к нанесению гальванических и лакокрасочных покрытий и даже к сварке.

Когезия (от лат. cohaesus – связанный, сцепленный) – сцепление друг с другом частей одного и того же материала (жидкости или твердого тела). Обусловлена химической связью (например, полимеризация клея) и межмолекулярным взаимодействием. То есть это прочность самого клеевого слоя, сцепление молекул компонентов клеевого слоя друг с другом



Клеи обеспечивают:

- долговечное, монолитное, неразъемное, герметичное соединение;
- возможность соединения однородных и разнородных материалов;
- равномерное распределение нагрузки по всему шву (в отличие от механических соединений);
- хорошие прочностные свойства, хорошая вибропрочностная стойкость к распространению трещин, хороший внешний вид;
- в отличие от сварки, основанной на расплавлении материалов, сохраняется граница раздела между соединяемыми материалами и клеем.

На прочность клеевых соединений влияют:

- свойства склеиваемого материала (структура, смачиваемость, состояние поверхности и др.);
- свойства клея (структура, порянность, смазывающая способность, текучесть, пластичность, стойкость к термовлажностному и термическому старению и др.);
- форма соединяемых деталей и площадь контакта;
- способ нанесения клея, толщина клеевого шва, соблюдение температурно – влажностных показателей на производственном участке;
- режим склеивания (включая время выдержки клея до нанесения для ограниченно жизнеспособных клеев);
- условия эксплуатации, вид, направление и длительность действия, нагрузок.

На выбор клея влияют конструктивные, технологические и экономические соображения, такие как:

- 1) Высокая адгезия к различным материалам.
- 2) Клей не должен вызывать коррозию субстрата (разрушение, набухание, ржавление, изменение поверхности за счет химических реакций и т.п.).
- 3) Необходимые прочностные характеристики соединений. Условия при 20 С должны

быть:

-на сдвиг – не менее 150 – 300 кг/см<sup>2</sup>;

-на неравномерный отрыв – не менее 40- 70кг/см<sup>2</sup>;

-выносливость знакопеременных нагрузок – должен выдержать 10<sup>6</sup> циклов при нагрузках 40 -70 кг/см<sup>2</sup> ;

-длительная прочность должна быть более 200 часов при нагрузках 80 – 120 кг/см<sup>2</sup>;

4)Стойкость в разных средах (в воздухе, масле, керосине, пресной и морской воде).

5)Устойчивость к воздействию микроорганизмов и грибков.

6)Устойчивость к различным климатическим условиям (север, тропики, морской и умеренный климат).

7)Клеевое соединение должно долговременно выдерживать температуру, в которой будет эксплуатироваться. Большинство клеев имеет рабочую температуру от -70 до +250 С. Для специального назначения существуют морозостойкие и жаропрочные клеи.

8)Теплофизические свойства – достаточные теплопроводность, коэффициент линейного расширения, коэффициент термического удлинения и т.п.

9)Специфические требования, например электроизоляционные свойства, устойчивость к радиации и т.п.

10)Стоимость клея, расход клея, трудоемкость работы с клеем.

11)Малая токсичность (безопасность) клея

Например:

Эпоксидные клеи широко используются в авиации для склеивания различных материалов (стеклопластики, органопластики, алюминиевые сплавы, пенопласт и др.).

Достоинства эпоксидных клеев:

1. Высокая прочность при сдвиге.

2. Удовлетворительная прочность при отдире.

3. Стойкость к воздействию различных сред.

4. Для многих эпоксидных клеев достаточно контактного давления – т.е. просто зафиксировать поверхности, чтобы не сместились друг относительно друга.

Обычно эпоксидные клеи – это пастообразные составы (ВК-9, ВК-27, ВК-27А, К-153 (основа мастики КЛН-1) и др.) или клеевые пленки (ВК-36, ВК-31, ВК-41, ВК-51, ВКВ-3, ВКВ-9 и др.).

ВК-9 – клей холодного отверждения (24ч. при температуре цеха и контактном давлении). Прочен. При хранении склеенных деталей доотверждается и набирает дополнительные прочность и эластичность. На ОАО «Роствертол» используется для клеивания пенопластовых деталей в стеклопластиковые, например, для ремонтных работ.

ВК-27 и ВК-27А – более эластичные (за счет введения каучука) модификации ВК-9. Для приклейки нагревательных накладок к стеклопластиковым лопастям, для стапельных склеек стеклопластиковых лопастей и стабилизаторов. Для усиления клеевого шва используется нетканое полотно на основе лавсана.

К 2003г. была разработана еще одна, более дешевая, модификация – ВК-67. На ОАО «Роствертол» ее не используют (не заложена в чертежи ОКБ им. М.Л. Миля, к тому же замена любого материала в авиации требует проведения длительных и дорогостоящих испытаний).

ВК-31 – клеевая пленка, разработанная для хвостовых отсеков (соединение сотов с обшивкой). Отверждается при 175 С. Имеет 2 недостатка: нагрев до столь высокой температуры вреден для пластиковых деталей и текучесть клея при разогревании. Используется для хвостовых отсеков ЛНВ Ми-26.

Для Ми-28 была разработана клеевая пленка ВК-41 (сейчас снята с производства), а позже - более высокопрочная ВК-51. Температура отверждения ВК-41 и ВК-51 - 125оС. Сейчас ВК-51 используется для склеек хвостовых отсеков ЛНВ и стабилизатора Ми-26, нескольких видов ЛРВ.

Вспенивающиеся эпоксидные клеи могут быть жидкими, пастообразными (ВКВ-9) и

пленочными (ВКВ-2, ВКВ-3). В композицию клея вводят вспенивающие добавки. Например, ВКВ-9 – тот же ВК-9, но с добавками. Вспенивающиеся клеи лучше заполняют неровности поверхности, не требуют точной подгонки деталей. Ранее на ОАО «Роствертол» использовали ВКВ-3 для склейки торцев сотовых блоков с нервюрами. Но прочность клеевой пены, содержащей пузырьки воздуха, оказалась недостаточной. К тому же клеевой шов разбухал от атмосферной влаги. Поэтому перешли на пленочный феноло-формальдегидный клей ВК-50 (температура отверждения 135оС).

Вывод: Склеивание обусловлено образованием прочной адгезионной связи между прослойкой клея и материалами соединяемых поверхностей. На прочность клеевого шва влияют также когезия клея к поверхности, аутогезия–самослипание при контакте однородных материалов. В настоящее время адгезионные свойства имеют не мало важное значение в различных областях промышленности. Композиционные материалы используются в повседневной жизни, и требуют все более усовершенствованные свойства такие как: малая токсичность, долговечность, прочность, термостойкость, стойкость в разных средах и тд. Различные клеи предназначены для конкретного сцепления как однородных, так и разнородных материалов. Модифицированные клеи обладают более высокой адгезионной стойкостью чем не модифицированные. С каждым годом производят множество улучшенных клеев для разных отраслей авиостроения.

Так же стоит задача разработать клеи на основе термостойких олигомеров, наномодификаторов для соединения металлических и неметаллических материалов, создать клеи, предназначенные для крепления термо-, вибро-, пьезодатчиков, магнитопроводов с рабочей температурой до 1600°С.

Список использованной литературы:

- 1 «Химическая физика поверхности» Е.С. Ананьева, Барнаул 2013 -119с.
- 2 Богданова Ю.Г.Адгезия и ее роль в обеспечении прочности полимерных композитов. М.: Учебное пособие для студентов «Композиционные наноматериалы»,2010. – 68с.
- 3 Н. Дебройна ,Р. Гувинка, А.Л. Козловского. «Адгезия клеи, цементы, припои».М.:1954. – 582с.

## СТОЙКОСТЬ К УФ-ИЗЛУЧЕНИЮ ПЛАСТИКОВЫХ ОКОН

Серопян С.А. – студент группы МиТМ-31, науч. рук. Головина Е.А. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Пластиковые окна сделаны из высокотехнологичного профиля ПВХ, поэтому и существует второе название окна ПВХ. Поливинилхлорид (ПВХ) относят к группе термопластов, то есть таких видов пластмасс, которые поддаются повторной переработке. Получают ПВХ синтетическим способом. Он состоит из этилена, который производят из нефти и связанного хлора, который синтезируют из поваренной соли, и представляет собой белый порошок [1].

Как известно, для приготовления ПВХ-композиции требуется несколько составляющих. Это ПВХ-смола, наполнитель и набор химических компонентов, без которых переработка ПВХ просто невозможна. Он должен включать три основных компонента – стабилизаторы, смазки, модификаторы. Кроме того, применяются различные наполнители, основным из которых является мел. Мел дешевый, материал и он позволяет снизить себестоимость изделия[2].

Пластиковые окна за время всего периода эксплуатации подвергается воздействию различных механических, термических, химических воздействий. И основным воздействием на него конечно же является солнечное излучение, которое приводит к снижению эксплуатационных свойств, например: фотодеструкции, вследствие чего изделие теряет механические и эстетические свойства.

Получение поливинилхлорида – это сложный технологический процесс, который

включает в себя большое количество химических реакций из которых и складываются будущие свойства изделия. Процесс производства ПВХ можно описать несколькими последовательными операциями:

1. Растворить поваренную соль в воде и с помощью процесса электролиза получить хлор.
  2. Из газа или нефти получают этилен.
  3. С помощью химической реакции производят соединение хлора и этилена. Полученное вещество называется дихлорид этилена.
  4. Из дихлорида этилена производят винилхлорид – это основной элемент для получения ПВХ.
  5. Путем полимеризации винилхлорида производят ПВХ.
- Существует 3 способа полимеризации винилхлорида:
- суспензионная;
  - эмульсионная;
  - полимеризация в массе.

Основной метод получения ПВХ эмульсионная полимеризация. Эмульсионная полимеризация происходит в результате растворения в воде персульфатов с добавлением эмульгаторов. Процесс протекает следующим образом: в реактор поступает водный раствор винилхлорида, затем происходит нагрев эмульсии до 45-60°C. и постоянное равномерное перемешивание. В результате происходит образование латекса с мелкими крупными ПВХ диаметром около 0.5 мкм. Частицы ПВХ оседают на дне реактора, откуда они отводятся в распылительную камеру для просушки и просеивания[3].



Рисунок 1 – Пластиковое окно

Эмульсионный ПВХ или ПВХ Е (PVC-E) характеризуется широким молекулярно-массовым распределением, высоким содержанием примесей, высоким водопоглощением, худшими диэлектрическими характеристиками, худшей термостойкостью и светостойкостью. В связи с этим данные ПВХ нуждаются в защите от этих воздействий

В ПВХ-композициях, подвергающихся действию УФ или солнечного света, применяются светостабилизаторы. Многие стабилизаторы могут выполнять сразу несколько функций. Механизм действия стабилизаторов может резко меняться. Например, если неправильно подобрать рецептуру, цинковые стабилизаторы могут вызвать интенсивную деструкцию

ПВХ, известный как «цинковое горение».

Системы на основе свинца были первыми системами, используемыми в производстве пластмасс. Эти системы обеспечивают длительную стабильность, прочны, недороги, но имеют и недостатки: при их использовании невозможно получить прозрачные продукты и эти системы токсичны. К ним относятся: 3-х основной сульфат свинца – тепловой стабилизатор длительного действия, 2-х основной стеарат свинца и двухосновной фосфит свинца. Оба используются в качестве световых и тепловых стабилизаторов. Применяются они всегда в комбинациях, включающих стеарат кальция, в качестве смазки [4].

Эффективность стабилизации зависит от следующих факторов: собственной стабильностью полимера, рецептурой, способом переработки и областью применения готового изделия. Собственная стабильность полимера обуславливается молекулярным строением полимера (молекулярный вес и молекулярно-массовое распределение, наличие разветвленных структур, концевых групп, кислородосодержащих групп, полимеризующихся компонентов), а также присутствием примесей [5].

В условиях производства ПВХ к нему добавляются стабилизаторы содержащие барий, кадмий, олово. При переработке такого ПВХ в конкретные изделия (пленки, трубы) надо точно знать, как и насколько они уже стабилизированы, чтобы принять решение о дальнейшей стабилизации. Влияние рецептуры на эффект стабилизации главным образом зависит от пластификатора. Оптимальную свето- и термостойкость можно получить, добавляя в рецептуру 10 % эпоксидсоединений.



Рисунок 2 – Стабилизатор дифенилолпропан

Принцип действия УФ абсорбера заключается в способности его молекул преобразовывать энергию падающего ультрафиолетового излучения в тепловую, которая уже никакого разрушающего действия не оказывает. Если добавлять большое количество УФ-абсорбера цвет готового изделия пожелтеет, что конечно же пагубно повлияет на эстетическую сторону будущего продукта. В связи с этим необходимо комбинировать различные защитные компоненты для получения желаемых свойств.

В итоге получаем ПВХ со свойствами, которые необходимы для условий эксплуатации. А также с необходимым внешним видом (цвет, текстура). Принятые меры позволят прослужить изделию в разы дольше, чем изделию без введения стабилизаторов и различного рода модификаторов.

Список использованной литературы:

1. <http://www.oknamarket.com/about/novosti-i-stati-plastikovie-okna/plastikovyye-okna-pvx-chto-eto.html>
2. [http://www.newchemistry.ru/item.php?n\\_id=124](http://www.newchemistry.ru/item.php?n_id=124)
3. <http://punkti-priema.ru/articles/chto-takoe-pvh>
4. <http://www.ft-publishing.ru/upload/file/books/file2%209.pdf>

## МОДИФИКАЦИЯ МЕТАЛЛОВ НАПОЛНЕНИЕМ ИХ УГЛЕРОДНЫМИ НАНОТРУБКАМИ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ИХ РАДИАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ

Танкова К. И. – студент группы МиТМ-31, науч. рук. Головина Е.А – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Потребность в материалах, обладающих радиационной стойкостью увеличивается с развитием ядерных технологий и созданием новых, всё более передовых атомных электростанций с высокими требованиями к надёжности конструкционных материалов.

В настоящее время для изготовления труб для теплоносителя в ядерных реакторах преимущественно используются различные металлы и сплавы. Под действием сильного ионизирующего излучения, исходящего как от активной зоны, так и от самого теплоносителя, изменяется структура металла и даже его химический состав, что снижает прочностные характеристики материала. Это значительно уменьшает срок эксплуатации деталей и узлов ядерного реактора.

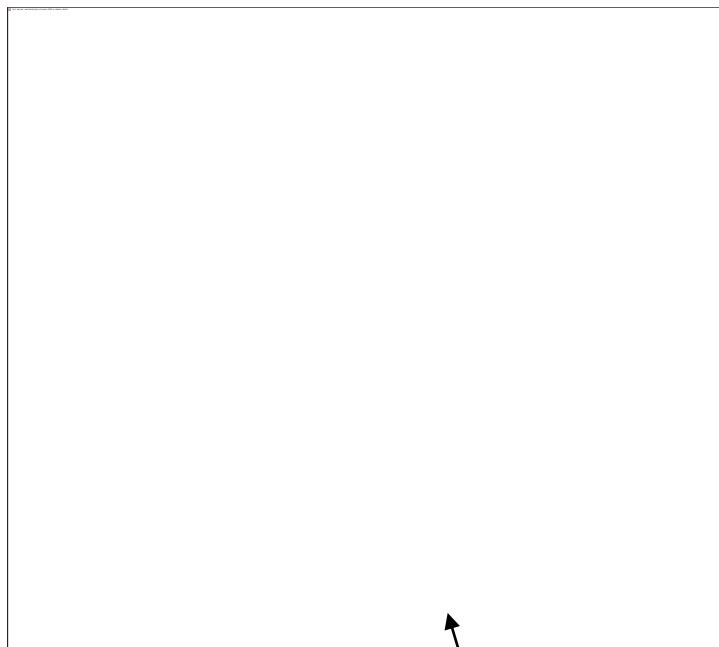


Рисунок 1 – Устройство ядерного реактора

Радиационное излучение – это совокупность различных видов микрочастиц и физических полей, обладающих способностью ионизировать вещество, то есть образовывать в нем электрически заряженные частицы – ионы.

В первую очередь ионизирующее излучение может изменять кристаллическое строение металла вследствие выбивания из узлов кристаллической решетки атомов. Это делает металл хрупким, неспособным выдерживать высокие давления. После сильного воздействия радиации простую металлическую трубу можно разрушить руками.

Также корпускулярное излучений высоких энергий способно вызывать химические превращения вещества, изменять химический состав твёрдых тел. В металлах образуются микропузырьки трансмутационного гелия и водорода, которые разрушают границы между кристаллитами, из которых состоят все сплавы, тем самым снижая прочность всего материала.

В.А. Клименов и А.П. Мамонтов из Национальный исследовательского Томского политехнического университета исследовали влияние ионизирующего излучения остановленного промышленного уран – графитового реактора при мощности дозы 0,15 – 0,18

Р/с и ионизирующего излучения радиоактивного источника кобальт-60 при мощности дозы 240 – 250 Р/с на прочностные характеристики аустенитной стали, титана, вольфрама, молибдена, твердых сплавов В8 и Т15К6. Результаты измерений твердых сплавов ВК8 приведены в таблице.

Режим обработки образцов	Разрушающая нагрузка, кГс	Деформация, мм	Жесткость, кГс\мм
Исходные образцы	443	0,058	7637
Облучение в реакторе	392	0,042	9350

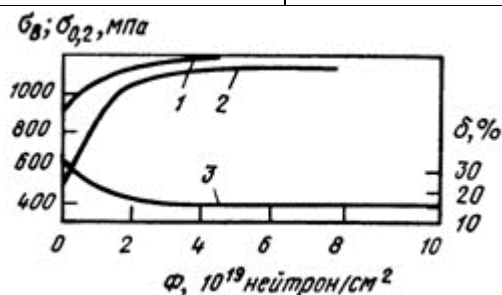


Рисунок 2 – Изменение механических свойств аустенитной стали 12Х18Н10Т при 20°С после низкотемпературного облучения нейтронами

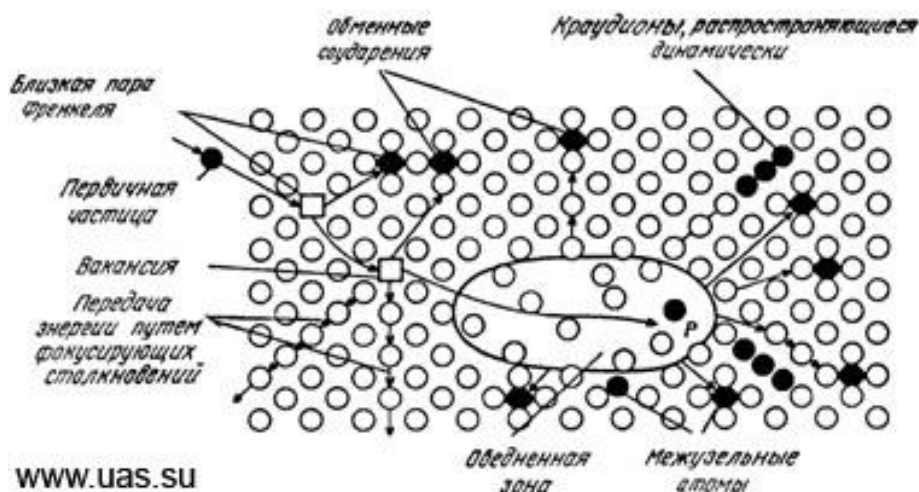


Рисунок 3 – Модель радиационных повреждений, возникающих при соударении нейтронов с атомами кристаллической решетки

Таким образом, перед материаловедением встает задача изменить сплав таким образом, чтобы уменьшить описанное выше влияние ионизирующего излучения на сплав, при этом не снизив его прочностные характеристики.

Одним из путей решения такой проблемы является создание композитов, которые формируются из металлической матрицы и неметаллического наполнителя, при чём это могут быть как армирующие волокна, так и дисперсные частицы, добавленные в малых количествах.

Композиционные материалы на металлической основе – особый класс гетерофазных конструкционных материалов. Уникальное сочетание порой противоречивый свойств характерно для металломатричных композиционных материалов, которые состоят из пластичных металлических матриц и высокомодульных, высокопрочных наполнителей. Реализация потенциала перспективных материалов указанной группы для производства конкурентоспособной продукции позволит существенно повысить эксплуатационные

характеристики изделий, главным образом определяющих общую надежность конечной продукции и промышленные показатели ресурсосбережения. Современные технологии создания композиционных материалов основываются на принципах управления свойствами путем направленного структурирования. Существует возможность регулирования свойств композиционных материалов с помощью термической, термомеханической и других видов обработки.

Композиционные материалы с металлической матрицей как конструкционные материалы уже используются практически во всех отраслях народного хозяйства: в авиации – для изготовления высоконагруженных деталей (обшивки лонжеронов, панелей и др.) и двигателей (лопаток компрессоров и турбин и др.) самолетов; в автомобилестроении – для облегчения кузовов, рессор, рам, панелей кузовов, бамперов и т.д., в горной промышленности (буровой инструмент, детали комбайнов и др.), в промышленном и гражданском строительстве (пролеты мостов, элементы сборных конструкций высотных сооружений и др.) и т.д.

Дисперсно-упрочненные металлокомпозиты могут быть получены на основе большинства применяемых в технике металлов и сплавов. Наиболее широко используют сплавы на основе алюминия – САП (спеченный алюминиевый порошок). В спеченном сплаве алюминий является матрицей ячеистого строения, в которую в качестве фазы-упрочнителя добавляются неметаллические порошки.

Углеродные нанотрубки – это сложные структуры, представляющие собой цилиндрические трубки, поверхность которых образована, соединёнными между собой в правильные шестиугольники, атомами углерода. Нанотрубки обычно заканчиваются полусферой и имеют диаметр около нанометра и длину несколько десятков микрон.

Такие трубки в сто тысяч раз тоньше человеческого волоса, но при этом имеют высокую прочность и за счёт высокой удельной поверхности оказывают серьёзное влияние на свойства межфазы в композите.

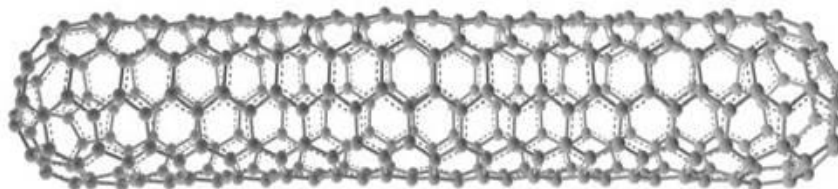


Рисунок 4 – Углеродная нанотрубка

Введение в объем металла даже малого количества углеродных нанотрубок, придаёт материалу высокую стойкость к воздействию ионизирующего излучения. Нанотрубки, равномерно распределенные по объему металла, образуют сетку, через которую возникающий гелий и водород отводятся за пределы детали и не становятся причиной возникновения дефектов.

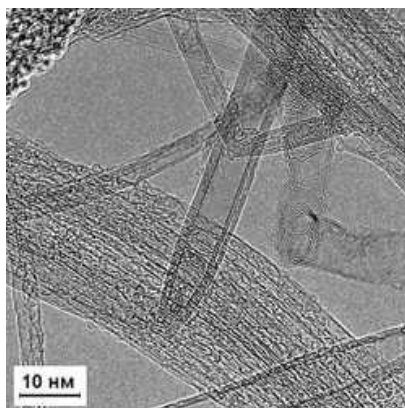


Рисунок 5 – Углеродные нанотрубки под микроскопом



Однако, процесс введения углеродных нанотрубок в металл при высокой температуре может разрушить эти структуры и превратить сплав в более насыщенный углеродом или в карбиды металлов, из которых он состоит. Но даже в этом случае нанотрубки оставляют свой структурный след в металлах, что существенно влияет на свойства материала, такие, к примеру, как способность сплава к самовосстановлению возникающих дефектов. Наличие структурных аномалий позволяет гелию беспрепятственно покидать пределы материала.

Ученые произвели сравнение структурных изменений в простом металле и металле с углеродными нанотрубками, которые подвергались воздействию ионизирующего излучения. Эти исследования показали, что стойкость к радиации металла с нанотрубками в 5-10 раз превышает стойкость чистого металла. Кроме того, наполнение металла углеродными нанотрубками на 50 процентов увеличивают прочностные характеристики материала.

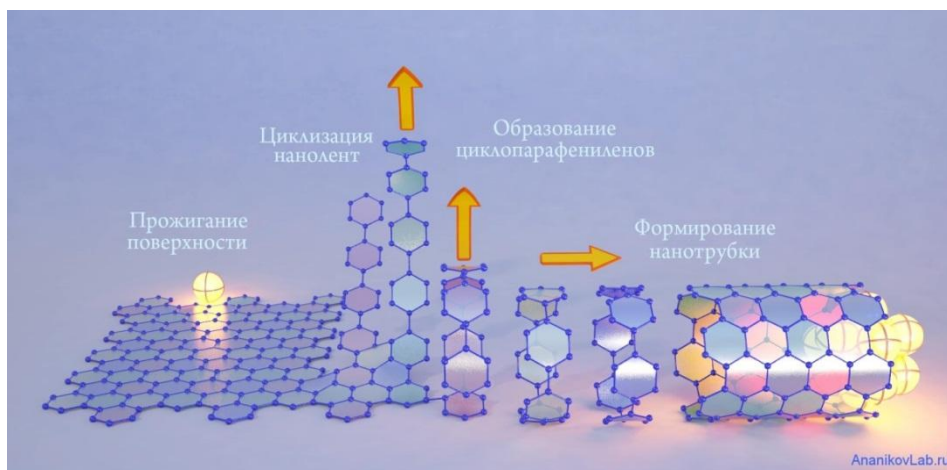


Рисунок 6 – Схема процесса получения нанотрубок

Список использованной литературы и источников

- 1 Курганова, Ю. А. Конструкционные металломатричные композиционные материалы : учебное пособие / Ю. А. Курганова, А. Г. Колмаков. – Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2015. – 141, [3] с., ил.
- 2 Балабанов В. И. Нанотехнологии. Наука будущего / В. И. Балабанов. – М. : Эксмо, 2009. – 256 с. : ил.
- 3 <https://texnomaniya.ru/science-news/goryachie-transformacii-grafena.html>
- 4 <http://femto.com.ua/>
- 5 <http://www.atomic-energy.ru/>

## ВЫБОР МАТЕРИАЛА И ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СТЕКЛОПЛАСТИКОВОЙ АРМАТУРЫ

Хабазин Е.П. – студент группы МиТМ-21, науч. рук. Головина Е.А. – к.т.н., доцент Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В данной статье описаны основные требования к изготовлению стеклопластиковой арматуры. Выбран материал для его изготовления. Разработан технологический процесс изготовления стержня арматуры из стеклопластика.

В настоящее время качества промышленного, сельскохозяйственного и энергетического строительства связано с долговечностью конструкции эксплуатируемых в агрессивных средах. Для увеличения долговечности конструкции стоит использовать высокопрочный однонаправленный стеклопластик в качестве армирующего материала для бетонных конструкций [1].

В настоящее время для изготовления арматуры применяют много различных материалов,

как сталь (нержавеющая и легированная), стеклопластик. Каждый из материалов имеет свои преимущества и недостатки, технологические особенности и ограничения. Также материалы должны обладать целым комплексом разнообразных свойств: высокой прочностью, стойкостью к коррозии и агрессивных сред, небольшой массой, долговечностью, низкой стоимостью [2].

Рассмотрев преимущества и недостатки всех материалов (табл.1) и сопоставив все параметры, можно с уверенностью сделать выбор в пользу арматуры из стеклопластика так как именно стеклопластик, является материалом который обеспечивает заявленные свойства.

Таблица 1 – Сравнение характеристик материалов.

Характеристики	Арматура	
	Металлическая класса А-III (А400 - 25Г2С)	Арматура композитная полимерная стеклопластиковая (АКС)
Материал	Сталь	Стеклоровинг, связанный полимером на основе эпоксидной смолы
Деформации	Упругопластические	Идеально - упругий
Предел прочности при растяжении, МПа	390	1300
Модуль упругости, МПа	2100	3400
Относительное удлинение, %	25	2.2
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м <sup>0</sup> С)	46	0,35
Коэффициент линейного расширения, бх10-5/ <sup>0</sup> С	13–15	9–12
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	7850	1900

Требования к стержням арматуры зависят от их назначения. Общими требованиями для всех арматур являются следующие:

- высокие пластические свойства, характеризующиеся величиной удлинения при разрыве;
- высокая коррозионная стойкость;
- способность арматуры к наилучшему сцеплению с бетоном, для чего поверхности арматуры придают соответствующее очертание и поверхность;
- технологичность;
- экономия материала, без потерь прочности армированной конструкции;
- транспортабельность.

В данной статье будет рассматриваться стеклопластик на основе ровинга стекла Е-типа. В качестве матрицы будет использована эпоксидный компаунд на основе смолы марки ЕРОТЕС YDL 680.

Эпоксидные смолы наиболее часто используются для изготовления ПКМ конструкционного назначения (около 85 %). А также они являются одним из лучших видов связующих для большого числа волокнистых композитов (в том числе и стеклянные), что объясняется следующими причинами:

- 1) эпоксидные смолы обладают хорошей адгезией к большому числу наполнителей;
- 2) разнообразие доступных эпоксидных смол и отверждающих агентов позволяет получить после отверждения материалы с широким сочетанием свойств, удовлетворяя различным требованиям технологии;
- 3) в ходе химической реакции между эпоксидными смолами и отверждающими агентами не выделяются вода или какие-нибудь летучие вещества, а усадочное явление при отверждении в этом случае ниже, чем для фенольных и полиэфирных смол;

4) отвержденные эпоксидные смолы обладают не только химической стойкостью, но и хорошими электроизоляционными свойствами.

Для производства стеклопластиковой арматуры будет использоваться связующее на основе немодифицированной эпоксидной смолы EPOTECYDL 680 (на основе бисфенола-А), андигридного отвердителя EPOTEC TH 7652 и жидкого ускорителя (третичный амин) EPOTEC TA 7851. Свойство компонентов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Свойства компонентов

Свойство	Спецификация
EPOTECYDL 680	
Вид	Чистая жидкость
Вязкость при 25°C, Па×с	10 – 15
Содержание эпоксидных групп в%	20
EPOTEC TH 7652(отвердитель)	
Вид	Чистая жидкость
Вязкость при 25°C, Па×с	80±40
EPOTEC TA 7851 ( ускоритель)	
Вид	Чистая жидкость
Вязкость при 25°C, Па×с	5–15

Стеклопластиковая арматура - представляет собой стеклопластиковый стержень диаметром от D4 до D18 мм., длиной до 12 метров (или скрученные в бухты до D10 мм.включительно) с ребристой поверхностью спиралеобразного профиля. На рисунке 1 представлена стеклопластиковая арматура.



Рисунок 1–Стеклопластиковая арматуры

Стеклопластиковую арматуры изготавливают методом нидлтрузии разновидность пултрузии. Метод нидлтрузии обладает высокой производительностью ,стоимость готовой стеклопастиковой арматуры приравняется к стоимости исходных материалов, использованных для производства. Процесс нидлтрузии начинается с того ,что стеклоровинг с бабин проходит пропиточную ванну наполненную эпоксидной смолой и через устройство отжима. После пропитки смолой, пучок стеклонити проходит через формующую втулку, предварительно сформированная на отдельном станке, которая формирует стеклонить в стержень округлой формы. Перед формующей втулкой устанавливается преформовочная пластина, устанавливаемая для получения равномерного пучка волокон (рисунок 2). После производится обмотка, которая является важной составляющей при сцеплении арматуры с бетоном [3].

Далее пучки подвергаются полимеризации в нагревательных печах до 180 °С.

Технологический процесс имеет очень тонкую наладку температурного и скоростного режима, от данного этапа зависят основные характеристики арматуры. При неправильном расчёте режима возникает брак арматурных стержней. После протяжки через печи, стеклопластиковая арматура проходит через ванну с водяным охлаждением, на выходе из

охлаждающей ванны арматура проходит через вытяжное устройство, которое осуществляют протяжку арматуры через весь производственный цикл [4].

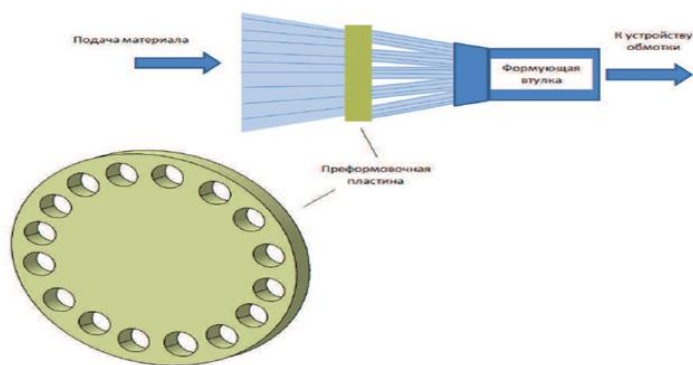


Рисунок 2 – Преформовочная пластина

После вытяжного устройство расположено отрезное устройство, которое осуществляет автоматический отрез стеклопластиковой арматуры по заранее заданным размерам.

Заключительный этап- это процесс сматывание арматуры через специальное бухтонаматывающее устройство. Линия по производству стеклопластиковой арматуры (рисунок 3).

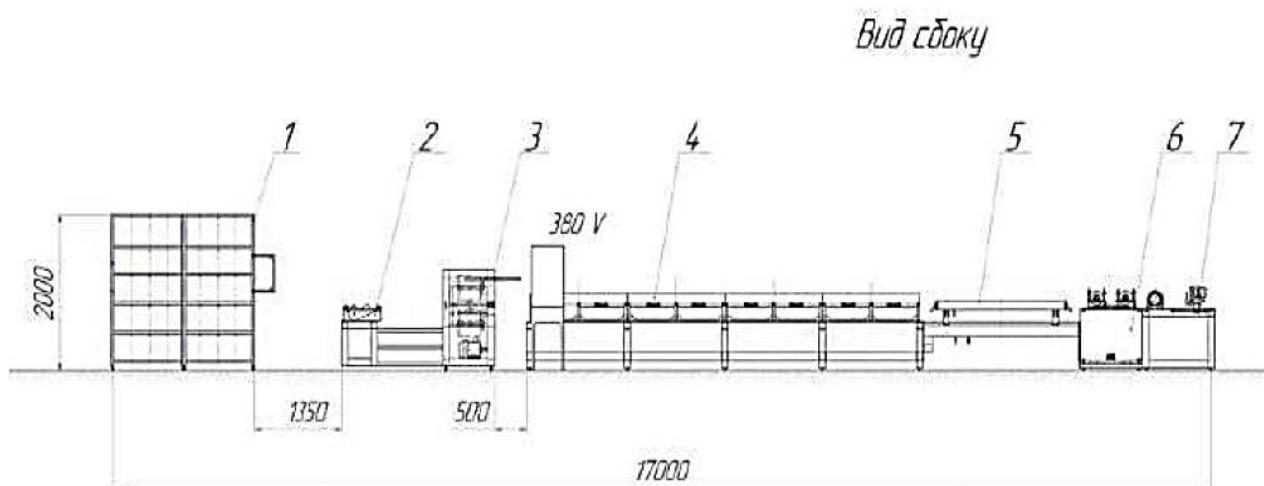


Рисунок 3– Линия по производству стеклопластиковой арматуры, где 1 – стеллаж со шкалярниками; 2 – пропиточное устройство; 3 – обмоточник; 4 – печь; 5 – ванна; 6 – протягивающее устройство; 7 – устройство отрезное

Рассмотрим технологию изготовления стеклопластиковой арматуры.

Технология изготовления карданного вала из углепластика включает в себя несколько этапов :

1 входной контроль: проверка смолы отвердителя и волокна заявленным характеристикам;

2 подготовка связующего: эпоксидная смола ЭД – 20 47,37 %, отвердитель 20,32 % , ускоритель полимеризации 0,47 % , модификатор 31,84;

3 пропитка стеклонитей в пропиточной ванне;

4 протяжка через формующую втулку;

5 обмотка стержня витками с углом обмотки 75 °;

6 протяжка через печи: при температуре 180°C;

7 отрезка: Отрезка Электрическая отрезная машинка 3000 об/с;

8 намотка: на бухтонаматывающее устройство ;

7 контроль качества готового изделия :визуальный и технический метод контроля качества;

8 хранение и упаковка.

Список использованной литературы:

1. Свойства и области применения эпоксидных смол [Текст]: статья / <http://polymery.ru>.
2. Справочник по композиционным материалам [Текст]: справочник в 2-х т. / Под ред. Дж. Любина. Пер. с англ. А. Б. Геллера и др. Под ред. Б. Э. Геллера. – М.: Машиностроение, 1988. – Т. 1, 2. – 488 с., 584 с.
3. Современные композиционные материалы [Текст]: справочное пособие / Под ред. В. А. Худяков, С. Н. Кислицины. – М.: Феникс, 2007. – 224 с.
4. Строительные материалы и изделия [Текст] :учебное пособие / Под ред. К.Н. Попов, М.Б. Каддо. – М.: Высшая школа, 2001. – 367 с.
5. Стеклопластиковая арматура и стеклопластбетонные конструкции [Текст] : учебное пособие / Под ред. Н.П. Фролов. – М.: Стройиздат, 1980. – 104 с.

### ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТЕРЖНЯ АРМАТУРЫ В ПРОГРАММЕ SOLIDWORKS

Хабазин Е.П. – студент группы МиТМ-21, науч. рук. Головина Е. А. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Стеклопластиковая арматура представляет собой стержень, выполненный из неметаллического материала, на основе стекловолокна.

В данном расчетном задании сравним два вида арматуры: стеклопластиковая арматура марки АСП18 и стальную выполненную из стали марки СТ5сп и выберем оптимальную для применения ее в бетонных конструкциях[1].

Рассмотрим как связывается арматура в сетку, для армирования конструкции из бетона. На рисунке 1 изображена сетка арматуры для бетонных конструкций.

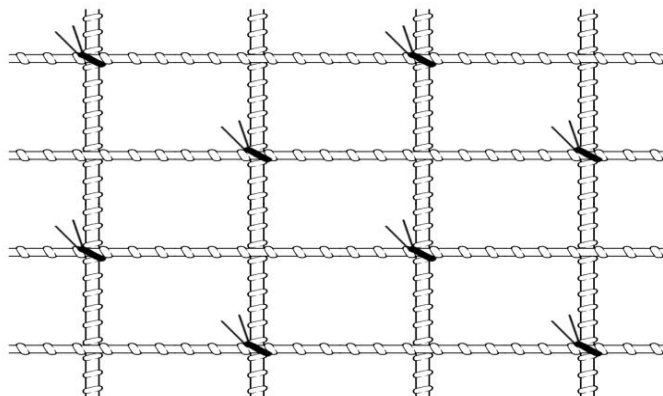


Рисунок 1 –Сетка из арматуры

Для того чтобы выбрать подходящий материал, спроектируем единицу арматуры длиной 1500 мм и диаметром 18 мм в программе SolidWorks и испытаем в SimulationExpress

На рисунке 2 изображена модель стержня арматуры.

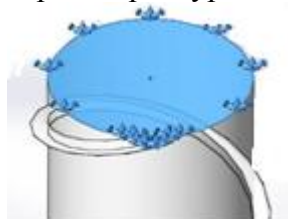


Рисунок 2 – модель стержня арматуры

Закрепим изделие и приложим к ней нагрузку 500 Н.(Рисунок 3)



Рисунок 3 – закрепление и приложение нагрузки стержня из стали.

После закрепления и приложения сил, сравним материалы для изготовления арматуры.это будет сталь СТ5сп и стеклопластик.

Далее представим результаты проведенных испытаний.

На рисунках 3 и 4 представлены прочностные испытания арматуры из стали и стеклопластика.

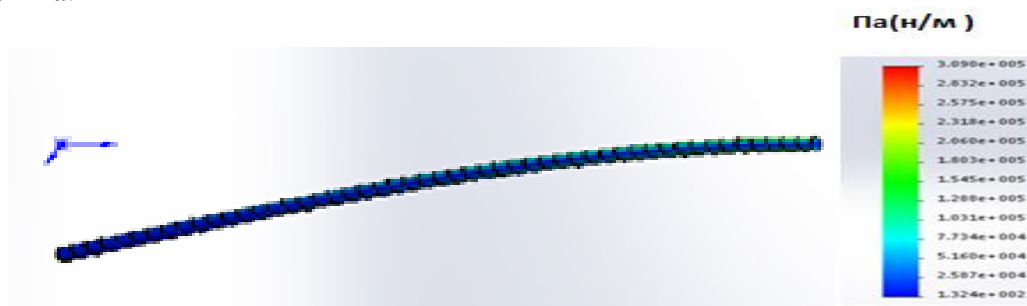


Рисунок 3–Распределение напряжений стержня из стали

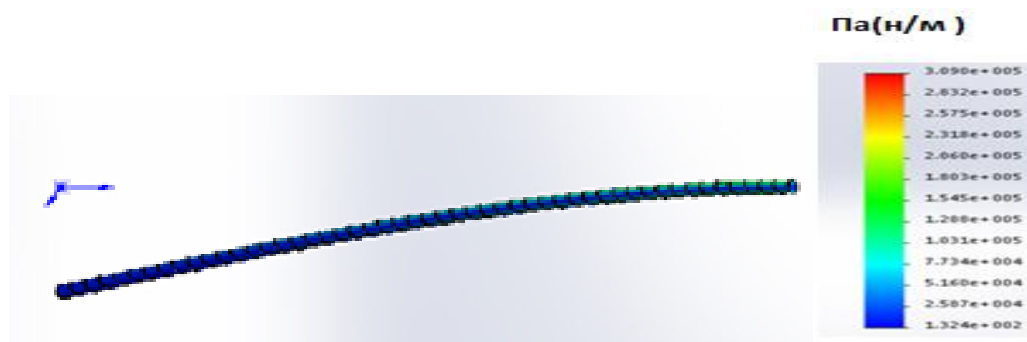


Рисунок 4 – Распределение напряжений стержня из стеклопластика

На рисунках 5 и 6 представлены результаты деформационных испытаний арматуры из стали и стеклопластика

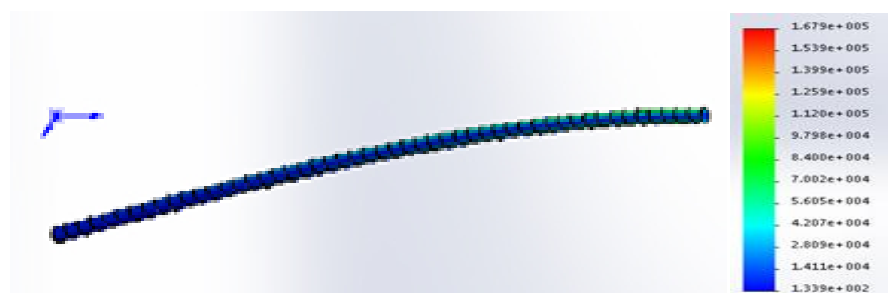


Рисунок 5 – Перемещение стержня из стали

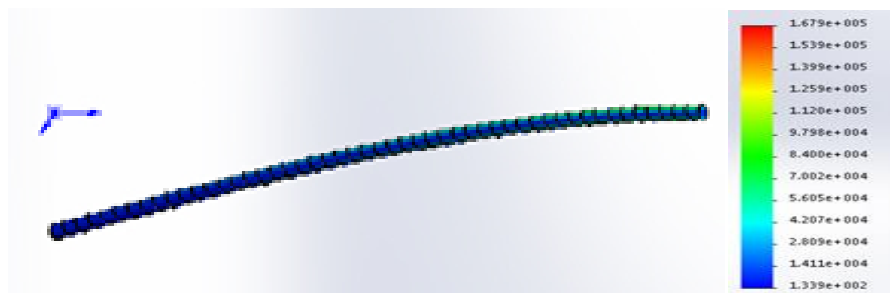


Рисунок 6 – Перемещение стержня из стеклопластика

Все выбранные материалы практически одинаково деформируются под действием выбранной нагрузки.

#### Вывод

Проанализировав напряженно-деформированные состояния арматуры из стали и стеклопластика, можно сделать следующие выводы:

1 максимальные напряжения  $3,090 \cdot 10^5$  Па наблюдаются в области креплений, а максимальные перемещения  $5,914 \cdot 10^{-2}$  мм в противоположной стороне основания.

2 сравнив напряженно-деформированные состояния арматуры из стали с пределом прочности 640 МПа, стеклопластика с пределом прочности 1200 МПа, можно сказать что, все представленные материалы способны выдержать данную нагрузку, из этого следует, что при армировании бетонной конструкций число стержней можно уменьшить в разы [2].

3 Сравним массу: стержней арматуры из стали имеет массу 2,5 кг, из стеклопластика 0,655 кг.

Из этого следует что, для изготовления арматуры можно использовать все представленные материалы. Но самым оптимальным является стеклопластик, так как при его применении максимальные напряжения значительно меньше, чем у стали. Масса арматуры из стеклопластика меньше чем у стальной в 5 раз, и при этом способен выдерживать большие нагрузки, что является главным показателем для армирующих элементов бетонных конструкции и экономит на транспортировке [3].

#### Список использованной литературы

1. Справочник по композиционным материалам [Текст]: справочник в 2-х т. / Под ред. Дж. Любина. Пер. с англ. А. Б. Геллера и др. Под ред. Б. Э. Геллера. – М.: Машиностроение, 1988. – Т. 1, 2. – 488 с., 584 с.
2. Современные композиционные материалы [Текст]: справочное пособие / Под ред. В. А. Худяков, С. Н. Кислицины. – М.: Феникс, 2007. – 224 с.
3. Строительные материалы и изделия [Текст]: учебное пособие / Под ред. К.Н. Попов, М.Б. Каддо. – М.: Высшая школа, 2001. – 367 с.

#### СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ ВОДОПОГЛОЩЕНИЯ ЛУЩЕНОГО ДУБОВОГО ШПОНА

Хапёрских С.А. – магистрант группы 8-МиТМ-51,

науч. рук. Головина Е.А. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Шпон на сегодняшний день широко используется в мебельной промышленности, при производстве паркета, а также дверей и панелей. Шпон переводится с немецкого языка как «подкладка» или «щепа» и представляет собой тонкие листы древесины, изготовленные по различными технологиям [2].

Одной из больших проблем при эксплуатации готового изделия является его высокая способность водопоглощения, которое влечёт за собой расслоение при усушке. Исследование свойств строительных материалов к водопоглощению специалисты объясняют определением способности конкретного строительного материала к увлажнению и высыханию [3, 5]. Для

конструкций из шпона проблема повышенной влажности всегда являлась одной из самых актуальных.

Суть исследования состоит в том, чтобы выполнить исследования методов и средств модификации шпона с целью повышения его конструктивных возможностей в составе комбинированной фанеры на основе анализа поэлементного слоистого композита, проведения лабораторных экспериментов по изготовлению комбинированной фанеры из модифицированного шпона и комплексной оценки качества продукта.

Снижение водопоглощения возможно путем введения гидрофобных добавок. Более того, благодаря им обработанная поверхность более устойчива к коррозионным процессам.

Способов предохранения шпона от влаги на сегодняшний день существует достаточное количество. Но большинство из них имеют свои недостатки.

Агеева Т.С. в своей диссертации [1] рассматривала необходимость в проведении обработки поверхности шпона низковязкими растворами эластомеров, которые должны способствовать уменьшению внутренних напряжений в клеевых соединениях, упрочнению шпона в зоне микроразрушений древесины, повышению прочности и водостойкости фанеры.

Содержащая в своем составе три элемента фанера (древесина, эластомер и синтетическое поликонденсационное связующее) является более гибкой и механически устойчивой системой при ее эксплуатации по сравнению с фанерой, которая не имеет в своем составе эластомера.

Иными словами, проблема водонепроницаемого покрытия шпона в составе фанеры является на сегодняшний день проблемой, которую необходимо решать. С разнообразием композиционных материалов, разработанных для тех или иных целей, возможно решение данной проблемы.

Стоит отметить, что несмотря на широкое применение строительной фанеры, ее физико-механические, эксплуатационные и технологические свойства в научно-технической литературе не раскрыты в полном объеме. Поэтому исследование данных свойств представляет интерес как с практической, так и с научной точки зрения.

Испытания проводились на шпоне из дуба на определение водопоглощения согласно ГОСТ 20800-75. Водопоглощение образцов дубового шпона толщиной 1,2 мм рассчитывалось по следующей формуле:

$$W_1 = \frac{m - m_0}{V \cdot \rho_B} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где  $m_0$  и  $m$  – масса образца до погружения в воду и в момент измерения соответственно, кг;  $V$  – объем образца;  $\rho_B$  – плотность воды ( $1000 \text{ кг/м}^3$ ).

Продолжительность эксперимента по оценке водопоглощения дубового шпона от времени погружения в воду приведена на рисунке 1. Из этого рисунка видно, что полная насыщаемость шпона водой наступает при водопоглощении 2,9%.



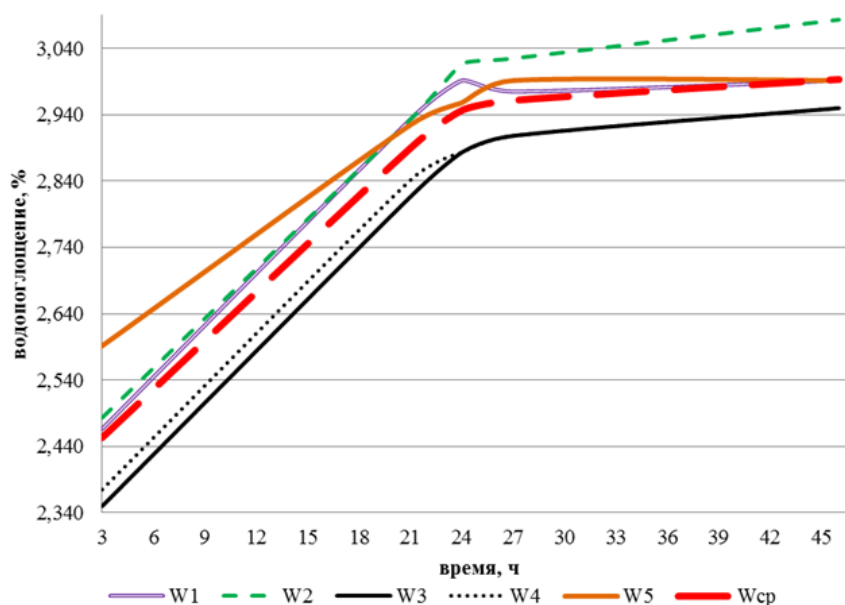


Рисунок 1 – Зависимость водопоглощения дубового шпона от времени погружения в воду

На графике явно заметен перегиб графика, о чем может свидетельствовать полное насыщение клеточных стенок дубового шпона с достижением их предела гигроскопичности.

Стоит отметить, что волокна шпона, насыщенные водой набухают и коробятся. Размеры образца шпона из дуба изменены и подверглись большому короблению, о чем свидетельствует фото на рисунке 2.



Рисунок 2 – Вид образца дубового шпона а) до и б) после проведения испытаний на водопоглощение

Погрешность эксперимента составила 1,72-2,79%, что является допустимым.

Далее определена степень высыхания образцов. Образцы, максимально насыщенные водой подвергались сушке при комнатной температуре (температуре эксплуатации). Для оценки степени высыхания измерялась масса образцов, а расчет влажности ( $W_2$ ) определялся по формуле:

$$W_2 = \frac{m - m_1}{m_1} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где  $m$  и  $m_1$  – масса образца соответственно в момент извлечения из воды и в момент измерения.

Продолжительность сушки на изменение массы шпона приведена на рисунке 3. Из этого рисунка видно, что полное высыхание дубового шпона наступает примерно через 48 ч. Кроме того, на интервале времени равном 27 ч наблюдается снижение скорости сушки образцов шпона, что вызвано в первую очередь тем, что клеточные стенки полностью высвободились от воды и достигли минимума гигроскопичности.

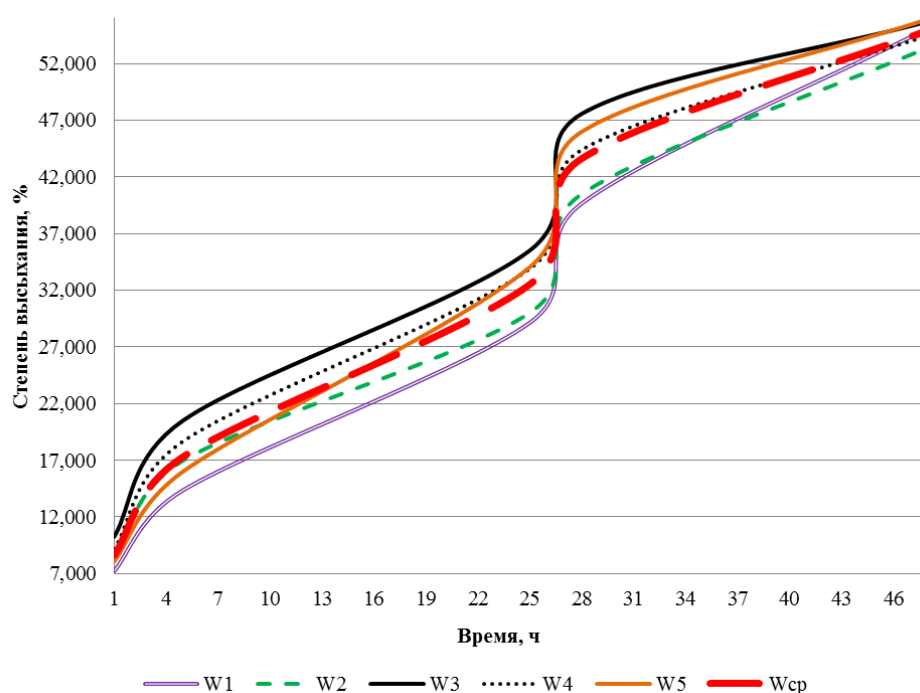


Рисунок 3 – Продолжительность сушки на изменение массы дубового шпона, где  $W_n$  – степень высухания образцов шпона

Следующим этапом исследования является разработка рецептуры раствора для модификации образцов дубового шпона низковязким раствором эластомера.

В качестве эластомера был использован каучук Royalene, который обладает исключительными низкотемпературными свойствами и пластичной деформацией, а в качестве растворителя были использованы толуол и четыреххлористый углерод для сравнения (таблица 1).

Таблица 1 – Пропиточные системы на основе эластомера и растворителей

Тип растворителя	Концентрация эластомера марки Royalene, С, %					
	1	2	3	4	5	10
Толуол	1	2	3	4	5	10
Тетрахлорметан	1	2	3	4	5	10

Конечная картина процесса насыщения образцов дубового шпона растворами представлена посредством рисунков 4-5.

Данные эксперимента свидетельствуют о том, что максимальная пропитка дубового шпона наступает за 20-21 часа. И дальнейшее нахождение образцов в пропиточной системе нецелесообразно, потому как наступает полное насыщение клеточных стенок волокон шпона. Вместе с тем, образцы шпона, с 1%-ым содержанием Royalen имеют максимальную насыщаемость волокон пропиточной системой. Не смотря на то, что все эти растворы (1%, 2% и 3% Royalen) являются низковязкими, стоит отметить, что насыщение напрямую зависит от концентрации каучука в растворителях, что в первую очередь объясняется тем, что при повышенной концентрации растворенного вещества молекулярно-кинетические свойства зольей в количественном соотношении выражены значительно слабее. А это, в свою очередь, объясняется большими размерами коллоидных частиц и меньшей их концентрацией по сравнению с молекулами и ионами истинных растворов.

При пропитке образцов шпона растворителями их масса оказалась различна. Возможное объяснение этому - различие плотностей растворителей (у толуола - 1,593 г/мл, у тетрахлорметана - 0,8667 г/мл). Высушенные образцы имеют массу, которая свидетельствует о том, что, чем больше концентрация каучука в растворе толуола, тем ниже вес конечного

образца. Обратная зависимость наблюдается с тетрахлорметаном. Здесь, чем выше концентрация каучука, тем больше масса конечного образца. Это можно объяснить строением молекулы данных растворителей. А именно: толуол является ароматическим углеводородом, а тетрахлорметан – хлорорганическое соединение.

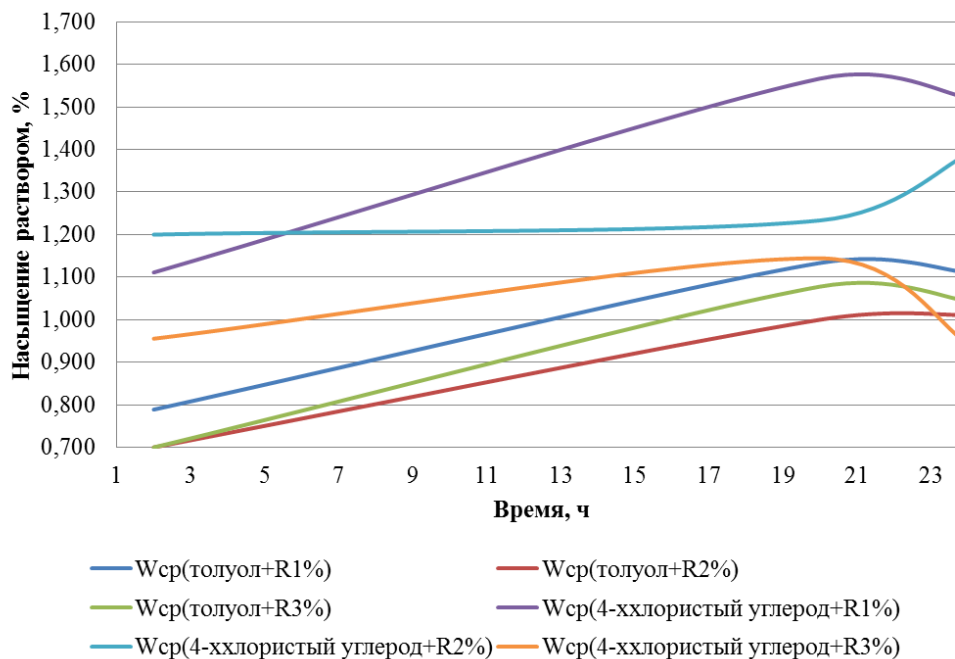


Рисунок 4 – Зависимость объемного насыщения дубового шпона раствором эластомера марки Royalene от времени погружения

Далее проводились испытания на водопоглощение модифицированных образцов (рисунок 5).

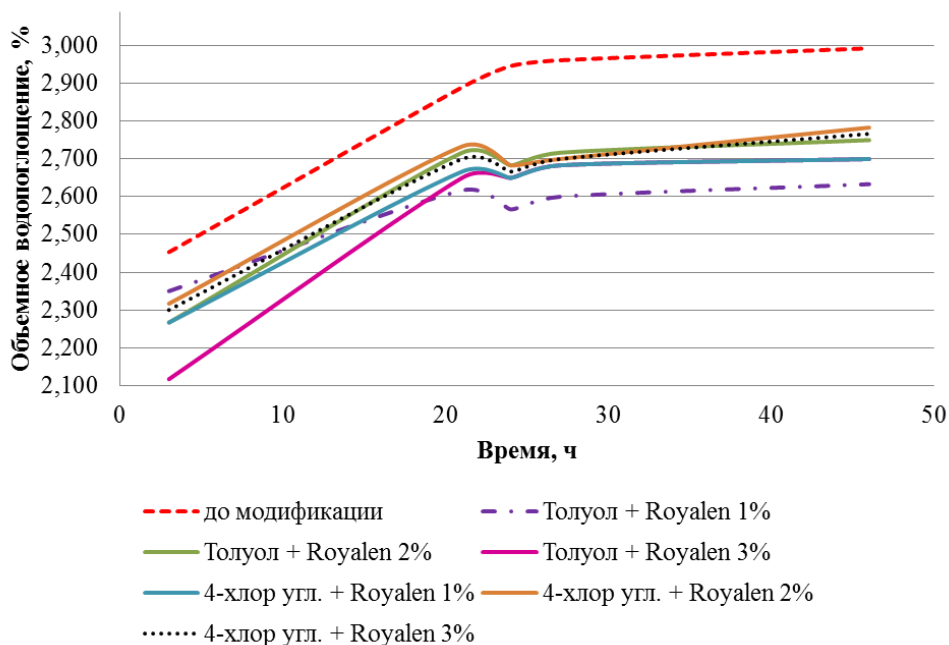


Рисунок 5 – Зависимость объемного водопоглощения модифицированного дубового шпона от времени погружения в воду

Стоит отметить, что после пропитки шпона растворами в порах и на его поверхности образуются молекулы каучука, препятствующие попаданию воды в клеточные стенки шпона. Это явно видно на рисунке 6.



Рисунок 6 – Вид образца дубового шпона, пропитанного раствором (поверхность покрыта тонким слоем воды)

Сушка модифицированных образцов в естественных условиях показала, что скорость их высыхания на порядок выше, чем у сходных образцов, о чем свидетельствует рисунок 7.

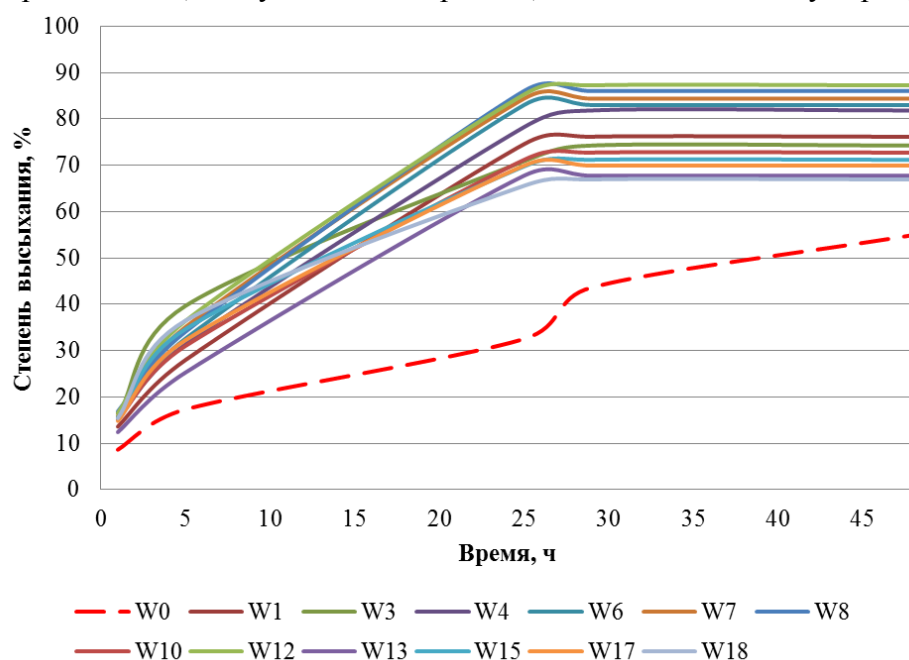


Рисунок 7 - Продолжительность сушки на изменение массы модифицированного дубового шпона, где  $W_i$  – степень высыхания  $i$ -го образца шпона ( $W_0$  – сушка образцов до модификации)

Таким, образом, в ходе исследования было выявлено, что модификация дубового шпона оказывает прямое воздействие на снижение водопоглощения образцов. Кроме того, шпон, пропитанный тетрахлорметаном с концентрацией Royalen (2%) более устойчив к водопоглощению. К тому же он практически не меняет свою массу, а процесс сушки ускоряется в 1,6-1,8 раза. Результаты испытаний показали эффективность использования пропитки с целью снижения гидрофильности дубового шпона.

#### Литература

1 Агеева, Т.С. Совершенствование технологии комбинированной строительной фанеры на основе физико-механической модификации лущеного шпона : диссертация ... кандидата технических наук : 05.21.05 / Агеева Татьяна Сергеевна.- Екатеринбург, 2013.- 154 с.: ил. РГБ ОД, 61 13-5/2084

- 2 Артемьева, В.В. Исследование процессов модификации и склеивания лущеного шпона в производстве фанеры: автореф. дис. канд. техн. наук. - Екатеринбург: 2002. - 18 с.
- 3 Денисов С.В., Евстигнеева Л.А. Системы. Методы. Технологии. - 2012. - № 2. - С. 91-97.
- 4 Патент на изобретение 74940. 20.07.1948. Способ гидрофобной обработки древесины / В.Н. Сеткина, В.В. Ильин, С.В. Генель.
- 5 Пижурин, А.А. Моделирование и оптимизация процессов деревообработки. - М.: Изд-во МГУЛ, 2004. -375 с.

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАТЕРИАЛА И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТА ОБШИВКИ ФЮЗЕЛЯЖА ПАССАЖИРСКОГО САМОЛЁТА «SUKHOI SUPERJET 100»

Черепанова Н. О. – студент группы МиТМ-21, науч. рук. Головина Е. А. – к.т.н., доцент Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В данной работе описаны основные конструкционно-технологические требования к изготовлению элемента обшивки фюзеляжа. Выбран материал для изготовления. Разработан технологический процесс изготовления фюзеляжа из углепластика.

Фюзеляж самолета предназначен для размещения экипажа, оборудования, целевой нагрузки, а также в нем могут размещаться топливо, двигатели, шасси и пр. Фюзеляж объединяет в единое целое все основные части самолета [5].

В настоящее время для изготовления обшивки фюзеляжа применяют много различных материалов, таких как боропластик, стеклопластик и углепластик. Каждый из этих материалов имеет свои преимущества и недостатки. Но для изготовления фюзеляжа материал должен обладать определенными свойствами: высокой прочностью (от 400 МПа), высокой плотностью (от 1200 кг/м<sup>3</sup>), стойкостью к воздействию атмосферных влияний, обладать высокой водо-, аэро- и бензостойкостью.

Рассмотрев преимущества и недостатки всех материалов (таблица 1) и сопоставив все параметры, можно с уверенностью сделать выбор в пользу углепластика, так как именно углепластик имеет высокую усталостную прочность, чем у боро- и стекловолоконитов, и находящаяся на уровне усталостной прочности титана и легированных конструкционных сталей. Также можно отметить еще одну особенность углепластиков, что они существенно превосходят металлы и сплавы по вибропрочности, так как обладают высокой демпфирующей способностью [2].

На данный момент, наиболее широкое применение в современном самолетостроении нашли композиты на основе углеродных волокон. Расчетные данные, подтвержденные результатами экспериментальных исследований и летных испытаний, показывают, что использование композиционных материалов позволяет снизить вес планера летательного аппарата на 30 - 40% по сравнению с весом планера из традиционных металлических материалов. Все это обеспечивает получение резерва веса, который может быть использован для увеличения дальности полета или полезной нагрузки. Использование композиционных материалов в авиационной промышленности значительно снижает материалоемкость конструкций, увеличивает до 90% коэффициент использования материала, уменьшает количество оснастки и резко снижает трудоемкость изготовления конструкций за счет уменьшения в несколько раз количества входящих в них деталей [3].

В качестве связующего выбрана эпоксидная смола универсального назначения – ЭД-20, так как она обладает высокими прочностными характеристиками ( $\sigma_b=40-90$  МПа,  $\sigma_{изг}=80-140$  МПа,  $\sigma_{сж}= 100-200$  МПа), высоким модулем упругости ( $E\approx 50$  ГПа), что определит жесткость готовой конструкции. Выбранная смола хорошо впитается и навсегда образует с углепластиком как композитное единое целое [6].

Таблица 1 – Сравнение характеристик материалов

Свойства	Материал для изготовления фюзеляжа		
	Углеволокно	Борное волокно	Стекловолокно
Плотность (кг/м <sup>3</sup> )	1600	2000	2130
Модуль упругости, ГПа			
при растяжении (0°)	210	210	54
при растяжении (90°)	8,5	23	25
при сжатии (0°)	210	210	54
Предел прочности, ГПа			
при растяжении (0°)	1,12	1,73	1,31
при растяжении (90°)	0,037	0,06	0,046
при сжатии (0°)	0,99	3,1	0,69
Прочность при короткобалочном сдвиге, ГПа	0,072	0,103	0,09
Ударная прочность, кГ×см	35	46	323
Коэффициент теплового расширения, 10 <sup>6</sup> /1°С	-2	4	3
Стойкость к воздействию химически агрессивных сред, солевых растворов	Стоек	Стоек	Стоек
Эксплуатационные затраты	Необходимы сложные и дорогостоящие меры контроля качества изделий ( <u>ультразвуковая дефектоскопия</u> , рентгеновская, токовихревая и т.д.)	Сложность изготовления	Восстановление цветовой окраски по мере снижения её интенсивности

Особенность проектирования элементов конструкции из углепластика, заключается в том, что необходимо учитывать специфические особенности, вызванные ярко выраженной анизотропией свойств:

1. Исключительно высокую прочность вдоль и низкую прочность поперёк волокон
2. Различие коэффициентов теплового расширения вдоль и поперёк волокон

Для получения сбалансированного материала применим схему армирования в различных направлениях (рисунок 1).

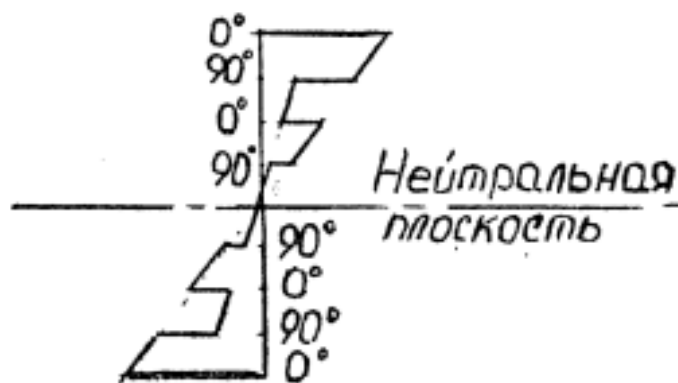


Рисунок 1 – Принципиальная схема распределения внутренних остаточных напряжений в сбалансированном материале

На рисунке 1 условно показана принципиальная схема распределения внутренних напряжений, возникающих в результате различия коэффициентов теплового линейного расширения для двух обшивок, каждая из которых состоит из восьми слоёв наполнителя. При этом очевидно, что в случае сбалансированного материала суммы напряжений относительно нейтральной плоскости равны. При проектировании обшивок метод намотки обеспечит однородность структуры обшивок в регулярном сечении, идентичность структуры усиливающих накладок и обшивок.

Волокна выполнены с поперечным сечением в виде равностороннего треугольника и скреплены между собой посредством эпоксидного связующего. Площадь поперечного сечения волокон уменьшается послойно в направлении от оси фюзеляжа, а соседние волокна контактируют между собой взаимнообращенными гранями. Обшивка на рисунке 2 выполнена из чередующихся слоев 1, 2, 3. Один слой волокон, например слой 1, ориентирован параллельно продольной оси фюзеляжа, второй слой под углом  $45^\circ$  к продольной оси фюзеляжа, последующий наклонно под углом  $90^\circ$  к слою 2.

В процессе эксплуатации обшивка фюзеляжа подвержена действию изгибающих и крутильных нагрузок. При этом волокна в каждом слое ориентированы вдоль направления действия сил (при этом максимально используются прочностные характеристики волокон), продольно расположенные волокна воспринимают изгибные нагрузки, а волокна, ориентированные под углом  $45^\circ$  к продольной оси фюзеляжа, воспринимают крутильные (касательные) напряжения [4].

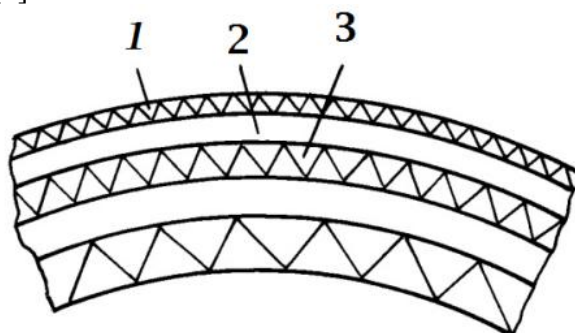


Рисунок 2 – Структура элемента обшивки фюзеляжа, 1 – слой параллельно продольный оси фюзеляжа; 2 – слой под углом  $45^\circ$ ; 3 – слой под углом  $90^\circ$

Рассмотрим технологию изготовления элемента обшивки фюзеляжа.

Технология изготовления элемента обшивки из углепластика представляет собой следующие этапы:

1. Подготовка элементов обшивки и матрицы к формовке.

Так как толщина обшивки фюзеляжа имеет большое значение, как для обеспечения расчётной прочности фюзеляжа, так и для обеспечения сборки, необходимо использовать для заполнителя калиброванный пенопласт. Марки пенопласта, которые используются для обшивки фюзеляжа самолёта «Sukhoi Superjet 100» - ПС 4-60, и ПХВ. Для обеспечения нужной толщины обработка пенопласта происходит в два этапа. Первый этап - разделение (ропуск) блока пенопласта на панели нужной толщины с припуском 1-2 мм, при помощи нагретой до определённой температуры нихромовой струны.

После роспуска пенопласт необходимо откалибровать до нужной толщины. Данная операция может выполняться при помощи абразивно-фуговального станка.

Далее происходит, подготовительный процесс составления программы для станка с ЧПУ с учетом длины оправки, диаметра полярных отверстий и формы технологических днищ на основании требований технического задания, в котором указываются следующие параметры: угол укладки армирующего наполнителя на оправку, ширина используемого волокна, заходность рисунка намотки, допустимая величина зазора между лентами наполнителя, допустимое отклонение от угла армирования.

## 2. Подготовка формообразующей оснастки (матрицы).

Производится перед самой формовкой и состоит из очистки формы, нанесения разделительного слоя, нанесения декоративного или защитного слоя (гелькоата).

## 3. Формирование элементов обшивки в матрице.

Формовка обшивки технологически разделена на две операции. Первая операция - формовка наружного несущего слоя и заполнителя (пенопласта). Вторая операция - подготовка и формовка внутреннего несущего слоя.

## 4. Обработка внутренней поверхности обшивки.

После полной полимеризации эпоксидного связующего, необходимо обработать внутреннюю поверхность обшивки согласно разметке, при помощи абразивного инструмента. Обрабатываются поверхности, к которым в дальнейшем будут приклеиваться элементы каркаса фюзеляжа (полушпангоуты и силовые элементы киля). После обработки необходимо удалить пылесосом абразив и остатки материала с внутренней поверхности обшивки.

## 5. Технологический процесс сборки фюзеляжа самолёта.

В качестве стапеля для сборки фюзеляжа используется оснастка (матрица) для изготовления обшивок. Сборка осуществляется с базированием на внешний контур. Поскольку, после формовки обшивок, они не извлекаются из матрицы, погрешность сборки сводится к минимуму. До соединения обшивок в матрицах в каждую из них клеиваются полушпангоуты и силовые элементы киля. Все необходимые для этого приспособления и оснастка изготавливаются по обшивкам. Бимсы формуются непосредственно на обшивках. Приспособление для их формовки устанавливается на матрицу. Этим осуществляется их увязка с обшивкой.

Каркас киля устанавливается в правильное сборочное положение по упорам, зафиксированным на матрице, а также специальными прижимами винтового типа. Эти прижимы упираются двумя своими точками в каркас. Стяжка происходит до тех пор, пока не выберется зазор между крепежными точками прижима и матрицы. Такое возможно благодаря достаточной жесткости лонжеронов и шпангоутов.

Сборка двух обшивок фюзеляжа осуществляется двумя методами. Соединение в недоступных местах осуществляется по типу соединения хвостовой части крыла. В остальных местах стык проклеивается изнутри стеклолентой. Затем фюзеляж освобождается от матриц, и стык проклеивается снаружи по специально отформованным подсечкам. Доработка стыка с внешней стороны происходит без применения шаблонов. Критерием контроля при этом является визуальная и тактильная плавность. Далее фюзеляж устанавливается и фиксируется в приспособлении для монтажа силовых шпангоутов.

## 6 Входной контроль.

С помощью локального метода можно определить качество готового изделия. Этот



метод состоит в легком простукивании по композиту и прослушивании возникающего звука [1].

Таким образом, исходя из анализа условий эксплуатации фюзеляжа, был предложен углепластик со следующими свойствами:  $\sigma_b=1800$  МПа,  $E=15000$  МПа,  $\rho=1600$  кг/м<sup>3</sup>. Также в ходе исследования был определен компонентный состав: углеволокно ( $\sigma_b= 780 - 1800$  МПа), эпоксидная смола ЭД-20 ( $\sigma_b= 40 - 90$  МПа,  $\sigma_{изг.}= 80 - 140$  Мпа,  $\sigma_{сж.}=100-200$  Мпа) и разработана технология изготовления элемента обшивки фюзеляжа, с описанием оборудования и всех необходимых параметров.

Список использованной литературы:

1. Бгатов, В. И. Технология изготовления агрегатов легких самолётов из полимерных композиционных материалов/ Бгатов В. И., Кропивенцев Д. А., Шахмистов В. М. – Самара.: Издательство СГАУ, 2006. – 111 с.

2. Пащенко, Ж. А. Полимерные композиционные материалы и их применение в самолётостроении / Пащенко Ж. А., Рыбальченко С. Н., Сердюк А. Д. – Т.: 1993. – 62 с.

3. Молчанов, Б. И. Свойство углепластиков и области их применения/ Молчанов Б. И., Гудимов М. М. – М.:1996. – 10 с.

4. Пекарш, А. И. Современные технологии агрегатно-сборочного производства самолёта/ Пекарш А. И., Тарасов Ю. М., Кривое Г. А. и др. – М.: Аграф-Пресс, 2006. – 304 с.

5. Ефимов, М. Г. Основы авиации: учебное пособие/ Ефимов М. Г.– М.: 2005. – 52с.

6. Смола эпоксидная [Текст]: статья / <http://www.himalyans.ru/smola-epoksidnay-ed-20>

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТА ОБШИВКИ ФЮЗЕЛЯЖА ПАССАЖИРСКОГО САМОЛЁТА В ПРОГРАММЕ SOLIDWORKS

Черепанова Н.О. – студент группы МиТМ-21, науч. рук. Головина Е. А. – к.т.н., доцент Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Фюзеляж самолета предназначен для размещения экипажа, оборудования, целевой нагрузки, а также в нем могут размещаться топливо, двигатели, шасси и пр. Фюзеляж объединяет в единое целое все основные части самолета [1]. В данной работе представлен элемент обшивки фюзеляжа. На рисунке 1 представлен общий вид фюзеляжа самолета «SukhoiSuperjet 100»

Основные требования, которые предъявляются к этой модели самолёта, при проектировании являются:

- аэродинамические требования (наименьшее сопротивление формы профиля крыла, оперения, фюзеляжа, интерференции и пр.);
- получение наибольшего коэффициента подъемной силы, хорошая устойчивость модели на всех режимах полета;
- скороподъемность, дальность, продолжительность, скорость полета, скорость снижения и др. [2].

С помощью SimulationXpress можно оценить выдержит ли деталь нагрузку, которая будет действовать на неё в реальных условиях. Для расчета распределения запаса прочности используется критерий максимального напряжения vonMises. Этот критерий точно определяет, что пластичный материал начинает растягиваться, когда эквивалентное напряжение достигает предела текучести материала.

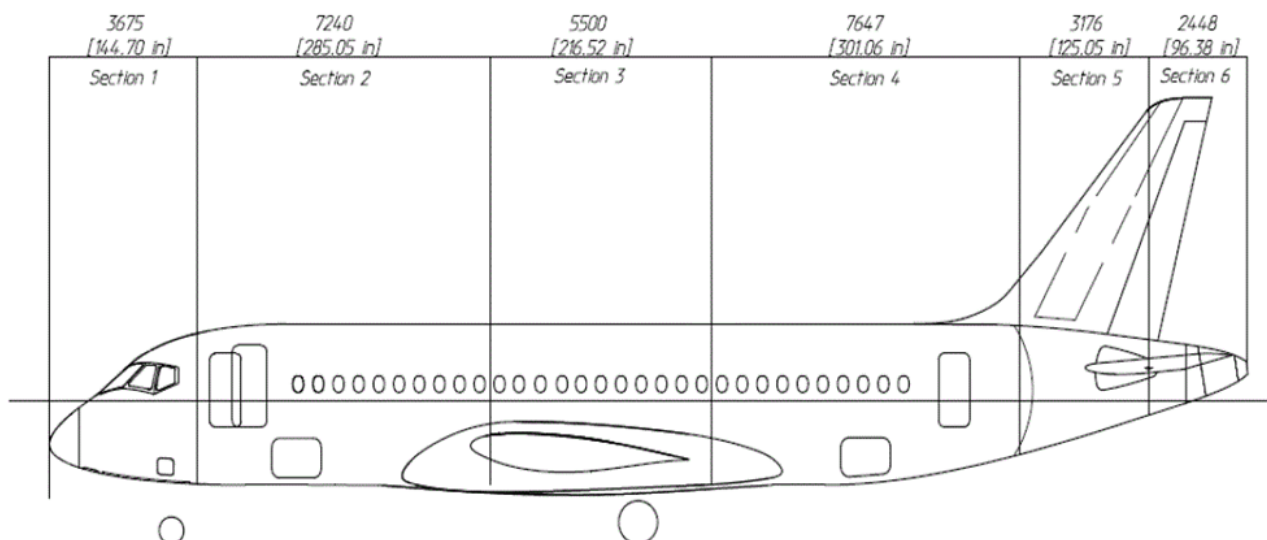


Рисунок 1 – Схема фюзеляжа пассажирского самолета «Sukhoi Superjet 100» [3]

Таким образом, для моделирования был выбран элемент обшивки фюзеляжа размером 203×203 мм при толщине 10 мм. Приложим максимальную силу 980 Н на обшивку, которая изготовлена из таких материалов, как боропластик, стеклопластик и углепластик. Проведение имитационных испытаний элемента обшивки с помощью SimulationXpress показаны на рисунке 2 – 4, на которых определены значения напряжения и смещения.

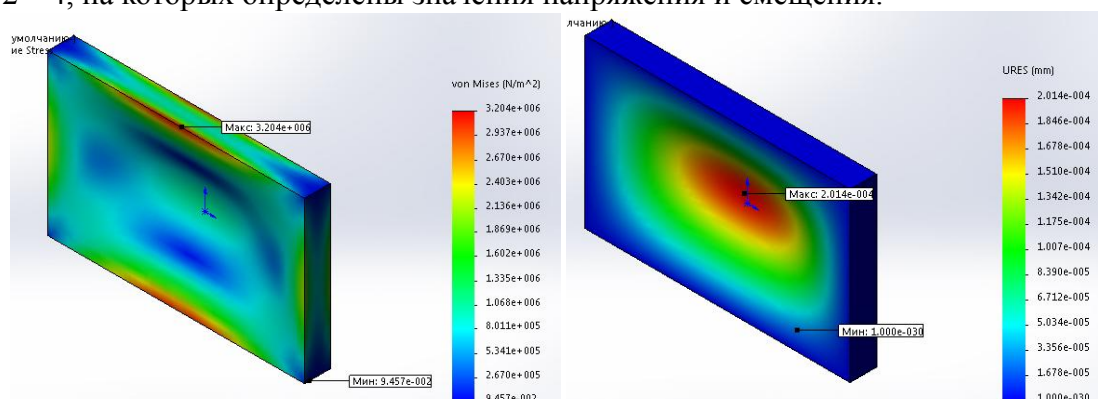


Рисунок 2 – Результат испытаний элемента обшивки фюзеляжа из боропластика

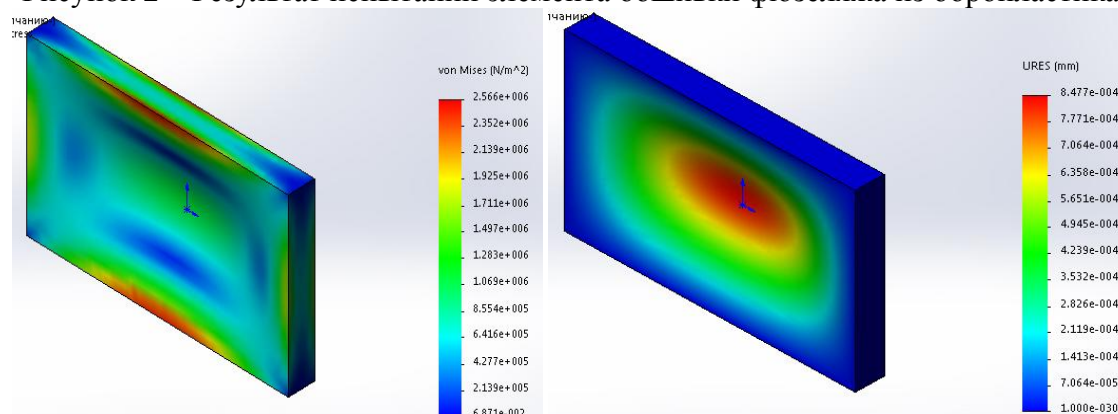


Рисунок 3 – Результаты испытаний элемента обшивки фюзеляжа из стеклопластика

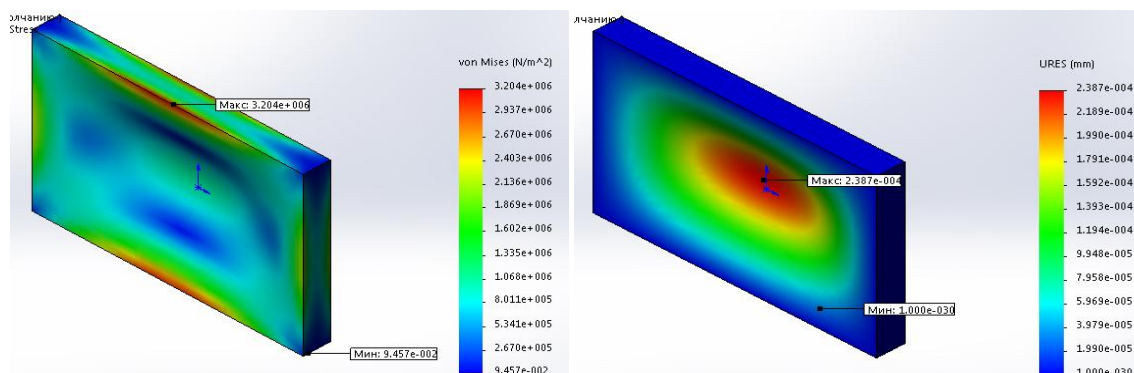


Рисунок 4 – Результаты испытаний элемента обшивки фюзеляжа из углепластика

#### Вывод

В ходе выполнения расчетного задания был спроектирован элемент обшивки фюзеляжа пассажирского самолёта, проведен ряд испытаний для определения оптимального материала для изготовления обшивки с применением максимальной силы, действующей на внешнюю сторону обшивки в 980 Н.

Результаты показывают, что выбранные материалы для изготовления элемента обшивки фюзеляжа выдерживают максимальную нагрузку и подходят для эксплуатации.

Максимальные напряжения выбранных материалов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Показания максимальных напряжений

Боропластик	Стеклопластик	Углепластик
Максимальное напряжение по Мизесу, $10^5$ , Н/м <sup>2</sup>		
3204	2566	3204
Статистическое перемещение, $10^{-2}$ , мм		
2014	2477	2387

Наиболее приемлемым оказался элемент обшивки из углепластика, так как он способен выдержать наибольшие нагрузки, также выбранный материал характеризуется высокой радиационной, водо-, аэро- и бензостойкостью.

Список использованной литературы:

- 1 Фюзеляж самолёта [Текст]: статья/ <http://www.findpatent.ru/>.
- 2 Технологическая подготовка производства фюзеляжа самолета легкого типа из ПКМ [Текст]: статья/ <http://5fan.ru/wievjob>.
- 3 Устройство самолёта [Текст]: статья/ <http://superjet.wikidot.com/>.

#### ВЛИЯНИЕ КАУЧУКА НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИОЛЕФИНОВ

Шахурина И.С. – магистрант группы 8-МиТМ-51, науч. рук. Головина Е.А – к.т.н., доцент Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Полиолефины в настоящее время являются одними из наиболее распространенных крупнотоннажных полимеров, выпускаемых в нашей стране, и представляют собой весьма значительный класс термопластов универсального назначения.

Научно-производственная компания «Логокомполит» (г. Барнаул, Россия) является молодой и динамично развивающейся компанией, специализирующейся на разработке и производстве композиционных материалов на основе термопластичных полимеров. Основу

производимой продукции составляют минерало-, стекло-, каучуконополненные композиционные материалы на основе полимеров. Для проведения исследований данным предприятием были изготовлены образцы каучуконополненного полипропилена[1].

Полипропилен (ПП) – это бесцветный термопластичный неполярный синтетический полимер, который относится к группе полиолефинов.

Начиная с середины 60-х годов, интерес к полипропилену устойчиво растет во всем мире. Он обусловлен, с одной стороны, благоприятным сочетанием физических, химических, термических и электрических свойств и хорошей перерабатываемостью полимера, а с другой стороны – доступной и стабильной сырьевой базой, более дешевой, чем этилен или стирол. Все это обеспечивает полипропилену прочное и конкурентоспособное положение на мировом рынке вообще и на российском в частности[2].

В настоящее время до 70 % полипропилена во всем мире перерабатывается в литьевые, термоформовочные изделия и волокно. Остальное количество приходится на экструдированные изделия и пленку.

Полипропилен и его сополимеры (ГОСТ 26996 – 86) получают сополимеризацией пропилена и этилена в присутствии металлорганических катализаторов. Полипропилен отличается более высокой температурой плавления, чем полиэтилен, химической стойкостью, водостойкостью. Однако полипропилен чувствителен к действию кислорода и сильных окислителей. Полипропилен выпускается в виде композиции со стабилизаторами, красителями и другими добавками[2]. Основные свойства ПП приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные свойства ПП[3]

Свойства	Значения
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	900–910
Разрушающее напряжение при растяжении, МПа	30–32
Относительное удлинение, %	100–300
Ударная вязкость, кДж/м <sup>2</sup>	25–40
Модуль упругости при изгибе, МПа	1220–1860
Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом·м	110–120
Тангенс угла диэлектрических потерь при 10 <sup>6</sup> Гц, ×10 <sup>4</sup>	3–5
Диэлектрическая проницаемость при 10 <sup>6</sup> Гц	2,2–2,4
Морозостойкость, °С	от -20 до -25

Одним из недостатков полипропилена является его недостаточное проявление для большинства областей применения стойкость к ударным нагрузкам (условия высокоскоростной деформации) даже при комнатной температуре – в испытаниях на ударную прочность гомополипропилен дает небольшие значения ударной вязкости. А при температурах около 0 °С и ниже он уже является хрупким материалом, что связано в первую очередь, с достаточно высоким значением температуры его стеклования (сравнительно, например, с полиэтиленом) – около 10 °С. Решение этой проблемы возможно введением в полимерную матрицу эластомеров (в данном случае, каучука) [4].

По заказу предприятия были проведены испытания образцов полипропилена наполненного каучуком: на растяжение, на статический изгиб, на ударную вязкость. Конкретные марки полипропилена и каучука охраняются режимом коммерческой тайны предприятия, поэтому исследуемые образцы были пронумерованы №1, №2, №3, №4, №5.

Определение прочности материала при растяжении проводится по стандарту ГОСТ 11262-80 «Пластмассы. Метод испытания на растяжение».

Была проведена серия опытов образцов с разной степенью наполнения каучуком

полипропилена

По полученным данным испытаний образцов №1, №2, №3, №4, №5 были построены графики зависимости предела текучести при растяжении и временное сопротивление (рисунок 1), прочность при разрыве (рисунок 2) от относительного удлинения.

Так как конкретные марки полипропилена и каучука и степень наполнения охраняются режимом коммерческой тайны предприятия, то по полученным графикам можно сделать вывод лишь о том, что предел текучести при растяжении и временное сопротивление, прочность при разрыве возрастают до максимума, а затем стремятся к минимуму. Образцы №2, №3, №4 имеют наиболее оптимальную степень наполнения.

Затем было проведено испытание на изгиб по ГОСТ 4648-71 «Пластмассы. Метод испытания на статический изгиб». Настоящий стандарт распространяется на неармированные и армированные пластмассы и устанавливает метод испытания на статический изгиб.

Сущность метода заключается в том, что образец для испытаний, свободно лежащий на двух опорах, кратковременно нагружают в середине между опорами [6].

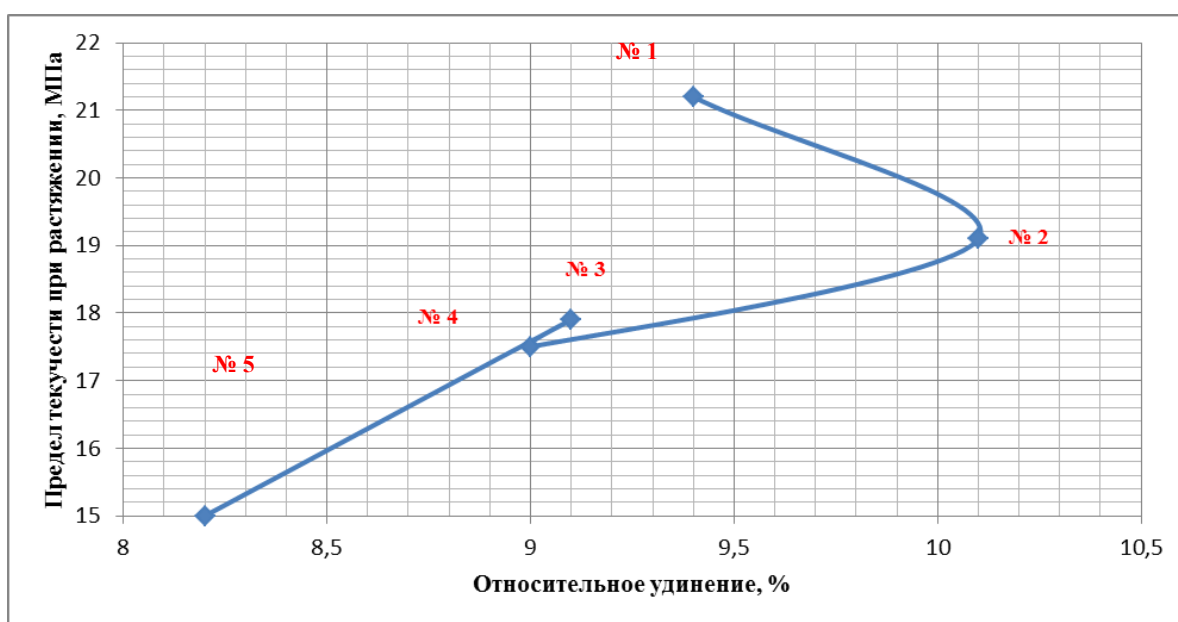


Рисунок 1 – График зависимости предела текучести при растяжении и временное сопротивление от относительного удлинения

По данному графику видно, что у образцов № 2, №3, №4, №5 модуль упругости находится в практически равных пределах при деформации 0,00098–0,00099 мм/мм, между тем, как модуль упругости образца №1 при той же деформации имеет модуль упругости значительно выше. Следовательно, образцы № 2, №3, №4, №5 имеют наиболее оптимальную степень наполнения, так как, чем меньше модуль упругости, тем менее хрупким будет изделие.

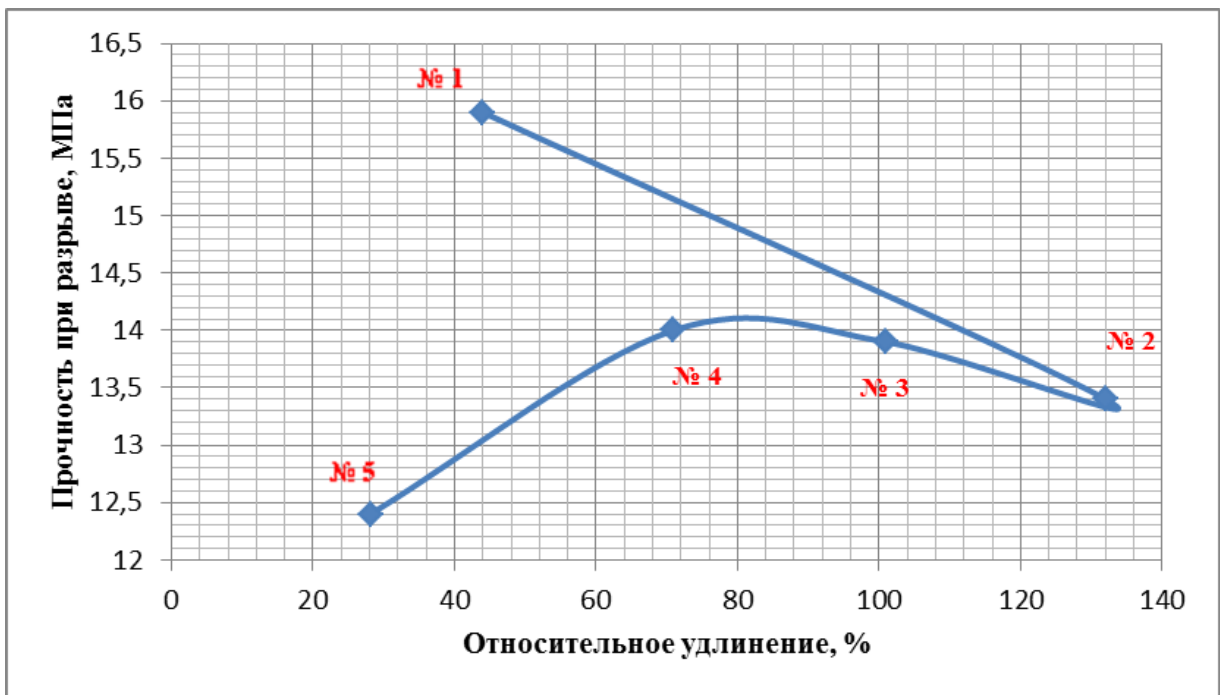


Рисунок 2 – График зависимости прочности при разрыве от относительного удлинения

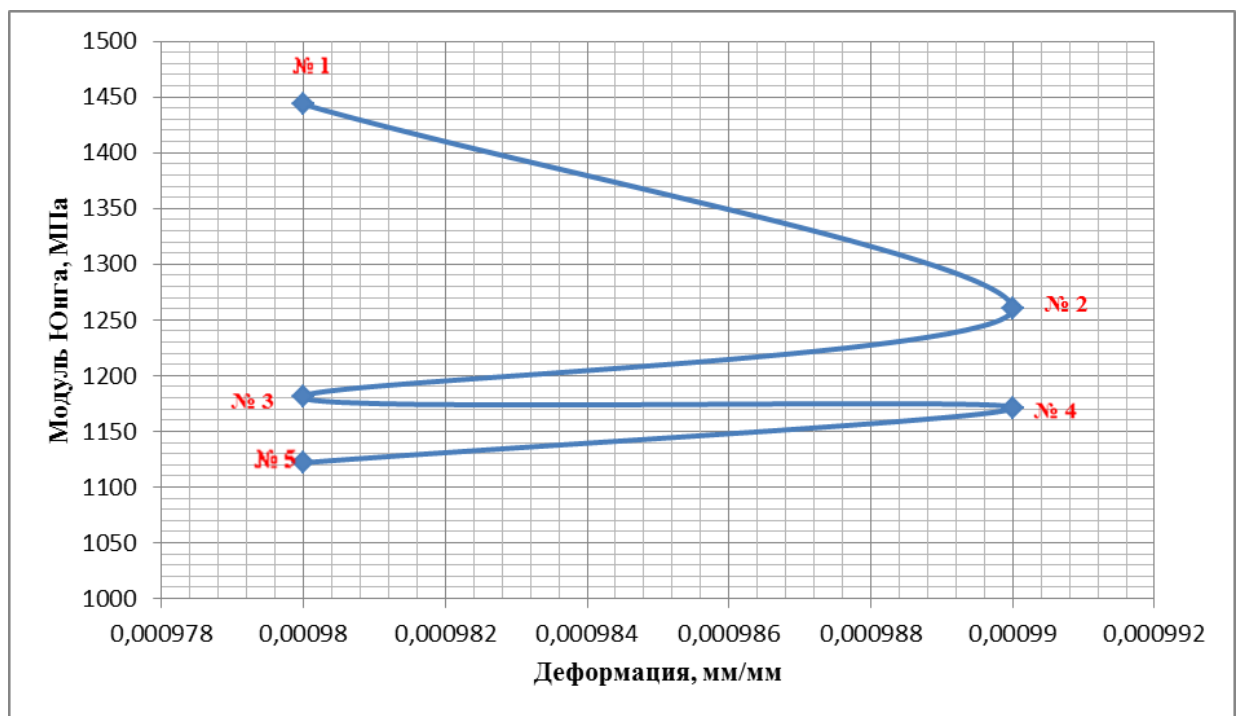


Рисунок 3 – График зависимости модуля Юнга при изгибе от деформации

Главная современная мировая тенденция развития любого вида продукции – это создание на ее основе широкого ассортимента моделей, типов, марок, модификаций, обеспечивающих эффективное развитие быстро растущей современной экономики, расширяющих области применения продукции, увеличивающих объем ее выпуска. Эта тенденция в полной мере характерна и для современных, особенно термопластичных полимерных материалов. Развитие современной техники требует все новых материалов с заранее заданными свойствами, но создание и освоение выпуска новых полимеров практически не происходит. Поэтому модификация известных полимеров, разработка наполненных функциональными добавками полимерных композиционных материалов, либо смесевых композиций, является сегодня одним из приоритетных направлений в создании

полимеров и композитов с прогнозируемыми свойствами [7].

Наряду с этим, современные экономические условия диктуют необходимость в производстве материалов, обладающих не только высоким комплексом свойств, но и достаточной доступностью и дешевизной. Достижение оптимального уровня между стоимостью и качественными характеристиками полимерного композиционного материала возможно за счет применения доступных, недорогих и эффективных наполнителей.

Список использованной литературы:

1. ООО НПК «Логокомпозит» [Электронный ресурс] // – Электрон.данные. Режим доступа:<http://www.logocomposite.com/1.html>. – Загл. с экрана.

2. Арсенал. Полипропилен [Электронный ресурс] // – Электрон.данные. Режим доступа: <http://www.engineering.ru/s2-1-1-8.php>. – Загл. с экрана.

3. Крыжановский, В. К. Технические свойства материалов [Текст]: учеб.-справ. пособие / В. К. Крыжановский, В. В. Бурлов, А. Д. Паниматченко, Ю.В. Крыжановская – СПб.: Профессия, 2005. – 248 с., ил.

4. Производство композиционных полимерных материалов. Полипропилен. [Электронный ресурс] // – Электрон.данные. Режим доступа:<http://tana.ua/ru/article/12-polipropilen>. – Загл. с экрана.

5. ГОСТ 11262-80 «Пластмассы. Метод испытания на растяжение»

6. ГОСТ 4648-71 «Пластмассы. Метод испытания на статический изгиб»

7. Егорова, О. В. Изучение технологических особенностей и свойств композитов на основе полиэтилена и дисперсных наполнителей [Электронный ресурс] // – Электрон.данные. Режим доступа:<http://www.dissercat.com>. – Загл. с экрана.

## МОДИФИКАЦИЯ ТРУБ ИЗ ПНД ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ К ТЕРМООКИСЛЕНИЮ

Ядрина Е. В.– студент группы МиТМ-31, науч. рук. Головина Е.А – доцент, к.т.н.  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Природный газ – идеальный источник энергии для обогрева жилых домов и производственных помещений. Он используется в качестве топлива для котельных, двигателей внутреннего сгорания, систем обжига и обогрева. По физическим свойствам, газ представляет собой бесцветное вещество со слабо выраженным запахом.

Как и любая другая физическая среда, природный газ нуждается в транспортировке. Магистралью для доставки газа от источника к потребителю служат газопроводы. Они представляют собой конструкцию из цилиндрических труб различного диаметра. Различают наземные и подземные магистральи. Первые из них используются при доставке топлива на дальние расстояния, а вторые при строительстве коммуникаций местного назначения (поселки, небольшие города). Для строительства газопроводных магистралей применяется специальный вид труб, именуемый «газопроводным».

Газопроводные трубы на протяжении своего эксплуатационного периода подвергаются воздействию различных химических, механических и термических факторов, поэтому материал, используемый для изготовления труб должен удовлетворять следующим требованиям:

- Стойкость к химически активным веществам и всем веществам, сопутствующим газу (метанол, гидраты, конденсаты с ароматическими компонентами, нафталин, смолы);
- способность работать в широком температурном диапазоне;
- высокая механическая прочность;
- коррозионная стойкость ко всем видам грунтов;
- стойкость к действию блуждающих токов;
- обладать низкой газопроницаемостью.

В настоящее время все чаще применяются трубы из полимерных материалов, таких, как полипропилен, полиэтилен и поливинилхлорид. Пластиковые трубы имеют ряд преимуществ, перед стальными:

- отсутствие коррозии;
- простота монтажа трубопроводов;
- высокая прочность;
- небольшой вес (легче аналогичных стальных труб в 2,5-3 раза);
- полная герметичность соединений;
- надежность, долговечность (срок службы 50 лет);
- низкие эксплуатационные расходы;
- при необходимости (ремонт, реконструкция и т.п.) участки трубопровода легко заменяются.

С учетом того, что трубы из полипропилена и поливинилхлорида дороже, наибольшее применение получили трубы из полиэтилена низкого давления ( $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$ )<sub>n</sub>. Газовые трубы из ПНД производятся по ГОСТ Р 50838-2009 и удовлетворяют поставленным требованиям.

Основная масса продукции выпускается в бухтах (диаметром 63 мм - до 250 метров в бухте, диаметром 90 – 110 мм - от 130 до 380 метров в бухте). Это обеспечивает удобство прокладки газопроводов и уменьшает количество стыков, т.е. «слабых звеньев» в цепи газотранспортной системы. Полиэтиленовые трубы для газопроводов могут выпускаться в отрезках (диаметром от 90 до 400 мм - отрезок - 13 метров)[1].

Допускается исключительно подземная прокладка полиэтиленовых труб для газа. Надземная и наземная их установка запрещена. Это обусловлено тем, что полиэтилен способен к окислению в присутствии кислорода, особенно при воздействии ультрафиолетового облучения и подогреве. При эксплуатации окисляющийся полиэтилен быстрее стареет. При старении макромолекулы полиэтилена соединяются кислородными мостиками, что вызывает изменение его химического состава и структуры. Полиэтилен приобретает сетчатую структуру, при этом он теряет пластические свойства и эластичность. Пленка полиэтилена становится жесткой и хрупкой.

Эти процессы можно затормозить введением в полимер необходимого количества специальных химических веществ — стабилизаторов (ароматические амины, фенолы и сернистые соединения). Добавляют и некоторое количество наполнителей, например, сажу, в количестве до 2%. Введение этих добавок заметно повышает стабильность полимеров, стойкость его к внешним воздействиям, расширяет области применения изделий из полимеров и удлиняет сроки их эксплуатации. Основные стабилизаторы вводят в количестве до 5%. Для придания полимеру определённого комплекса свойств используют смеси стабилизаторов.

Для обеспечения стабилизации полимера при обработке предпочтительно добавлять антиоксиданты на ранних стадиях термического процесса в количестве нескольких частей на тысячу. Таким образом, деструкция полимера при сшивании или разрыве цепи макромолекулы замедляется, обесцвечивание уменьшается, в результате чего получают готовые пластмассовые изделия с хорошо контролируемыми характеристиками и воспроизводимым качеством.

В качестве светостабилизаторов для предохранения ПНД от действия ультрафиолетовых лучей применяется газовая сажа (рисунок 1 – а), вводимая в количестве (0,5 – 1,5)% или сернистые соединения, вводимые в количестве примерно 0,15%, а в качестве стабилизаторов, замедляющих термоокислительное старение – ароматические амины, такие как N-Фенил-2-нафтиламин, в количестве около 0,2% (рисунок 1 – б). Нафтиламины – органические вещества, производные нафталина, первичные амины с общей формулой  $\text{C}_{10}\text{H}_7 - \text{NH}_2$  и молекулярной массой 143,18 г/моль.



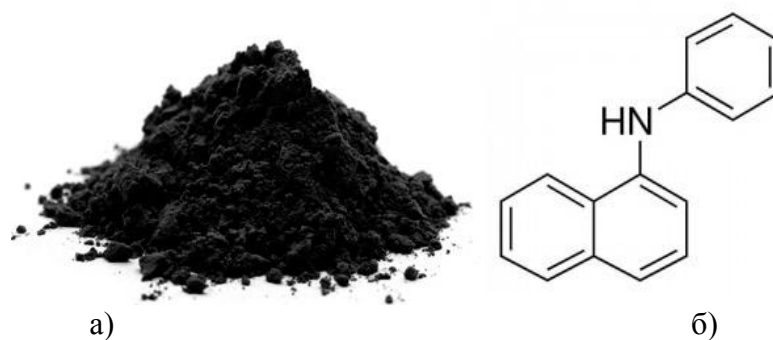


Рисунок 1 – а) Газовая сажа; б) Структура N-Фенил-2-нафтиламина

Стабилизаторы, вместе с гранулами полиэтилена, поступают из бункера экструдера (зона III), затем, в зоне II происходит подплавление полимера, примыкающего к поверхности цилиндра. В тонком слое расплава полимера происходят интенсивные сдвиговые деформации, как следствие материал пластифицируется, что приводит к интенсивному смесительному эффекту. Расплавленная масса полимера продолжает гомогенизироваться, однако она все еще не является однофазной и состоит из расплавленных и твердых частиц. В конце зоны I пластик становится полностью гомогенным и готовым к продавливанию через чистящие сетки и формирующую головку (рисунок 2).

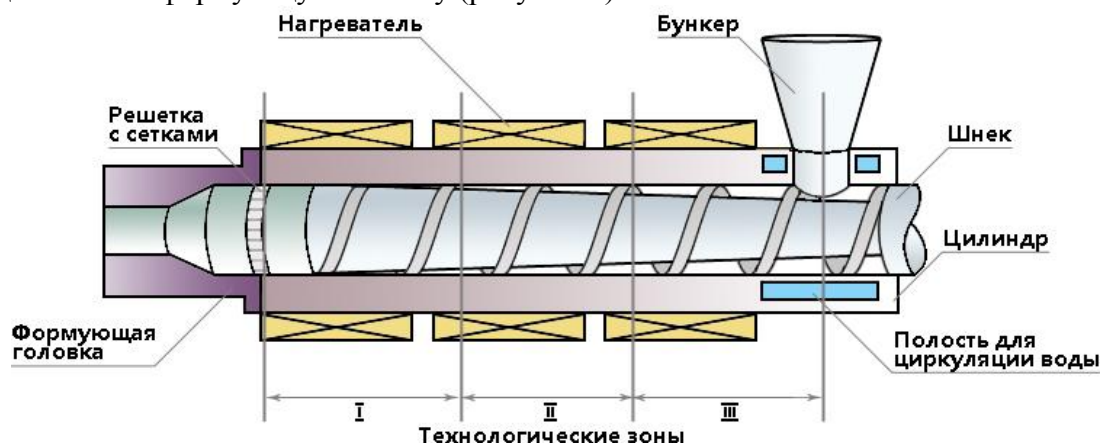


Рисунок 2 – Схема экструдера

Трубы из полиэтилена по своим свойствам во многом превосходят стальные, поэтому в настоящее время они применяются все чаще. Недостатком данного изделия является неустойчивость к термоокислительным реакциям. Для улучшения характеристик используется стабилизатор N-Фенил-2-нафтиламин и наполнитель – газовая сажа. При этом возрастает стабильность полимеров, увеличиваются сроки их эксплуатации, повышается стойкость к термоокислению и ультрафиолетовому облучению.

#### Список литературы:

1. Открытое Акционерное Общество «Стройпластполимер». Газопроводные Трубы. [Электронный ресурс]: <http://www.stroyplastpolymer.ru/catalog/trubi>
2. Полимерные материалы. Стабилизаторы. [Электронный ресурс]: <http://www.polymerbranch.com/publ/view/53.html>
3. Кульневич В. Б. Классификация и свойства полимеров. [Электронный ресурс]: [http://www.welding.su/articles/plastic/plastic\\_292.html](http://www.welding.su/articles/plastic/plastic_292.html)
4. Материаловедение/ Под ред. Б.Н. Арзамасова. – М.: Машиностроение, 1986.
5. Кацнельсон, Марк Юльевич, Балаев и др. «Полимерные материалы: свойства и применение»

6. ТрубКОМ. Полиэтиленовые трубы для газопроводов. [Электронный ресурс]: [http://trubkom.ru/truby\\_iz\\_polietilena\\_dly1](http://trubkom.ru/truby_iz_polietilena_dly1)
7. Добавки в пастпереработке. Стабилизаторы. [Электронный ресурс]: [http://www.newchemistry.ru/printletter.php?n\\_id=2815](http://www.newchemistry.ru/printletter.php?n_id=2815)

### КЕРАМИЧЕСКИЕ ТОРМОЗНЫЕ ДИСКИ

Топоров А.В. – студент группы МиТМ – 21, науч. рук. Головина Е. А. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Скорость один из наиболее важных показателей современного автомобиля. С ростом технологий нас уже совсем не удивляет порог в 300 – 400 км/ч. При таких высоких скоростях вопрос обеспечения безопасности следует ставить на первое место, т.е. требуется надежная тормозная система, которая способна выдерживать максимальные нагрузки и при этом быстро прекращать движение.

Самая распространенная на сегодняшний день тормозная система – дисковая, главным элементом такой системы является тормозной диск, к которому прикладывается усилие исполнительного механизма. В существующих автомобильных тормозных системах эффект торможения осуществляется путем снижения крутящего момента колес за счет трения элементов тормозных механизмов (тормозной диск и фрикционная накладка тормозной системы).

Главной опасностью отказа тормозной системы является перегрев. Пар, образующийся в результате трения, препятствует росту эффективности тормозной силы. Чем интенсивнее автомобиль тормозит, тем больше выделяется тепла и тем больше нагреваются детали тормозной системы. Это ведет к потере фрикционных свойств тормозной колодки из-за снижения коэффициента трения. Если рассмотреть систему детальнее, то можно обнаружить, что тепло от колодки передается не только в воздух, но и к исполнительному тормозному механизму – суппорту, нагретые поршни которого способны довести тормозную жидкость до кипения, что способствует образованию пузырьков воздуха в жидкости и, как следствие, потере ею упругих свойств и провалу тормозной педали. При перегреве тормозного диска происходит нарушение формы его поверхности, вследствие чего является биение диска, передаваемое на рулевое колесо и педаль тормоза, а также существенное удлинение тормозного пути автомобиля.

Как сказано выше, тормозные диски являются элементом дисковой тормозной системы, наиболее подверженным термическим нагрузкам. Поэтому к материалу для их производства предъявляются специальные требования – высокая термостойкость, сопротивляемость деформации и истиранию.

Наиболее распространенным материалом, из которого изготавливают тормозные диски, является чугун. Это объясняется тем, что чугун обладает хорошими фрикционными свойствами и невысокой стоимостью производства. Но, при этом чугун имеет ряд недостатков. У чугунного тормозного диска низкий порог максимальной температуры (500 – 600 С°), что при интенсивном торможении может привести к значительному нагреву диска, и его короблению. Так же, если при высокой температуре на диск попадает вода, то он может треснуть. Кроме того, диски из чугуна очень тяжелые, это приводит к утяжелению автомобиля, что в свою очередь сказывается на динамике. Также, при длительном простое автомобиля на чугунных дисках образуется коррозия.

В 70-е годы появились тормозные диски из углепластика – карбоновые, которые устанавливались только на спортивные болиды формулы 1. И только в 90-е годы компания Ferrari впервые установила карбоновые тормоза на свой гражданский автомобиль. Карбоновые тормоза намного эффективнее обычных чугунных тормозов. Тормозной диск из карбона весит намного меньше металлического тормозного диска. Коэффициент трения на порядок выше, а рабочий диапазон температур 1200 – 1400 С°. Карбоновые диски не

коробятся, а снижение неподрессоренных и вращающихся масс положительно сказывается на ходовых качествах автомобиля. Однако карбоновые тормозные диски слишком дорогие и не долговечные. Одного комплекта дисков хватает на 100 – 150 тыс. км пробега. Нормально работать они начинают только после хорошего прогрева до этого коэффициент трения тормозов даже ниже обычных.

Совершенно новая и более усовершенствованная система – это керамические тормозные диски. Изготавливаются такие диски из карборунда (карбида кремния). Этот же материал используется на челноках проходящих через плотные слои атмосферы, температура трения о которые достигает 1650 С°.

На самом деле, первые попытки создания и испытания керамических тормозных дисков берут начало еще в 1980-е годы. Они должны были придти на смену асбестовым тормозным дискам, которые сильно пылили и быстро изнашивались. Большой вклад в развитие керамических тормозных систем внесла компания «Akebono». Результатом долгих исследований и множества тестов «Akebono» стали керамические безасбестовые тормозные колодки, которые отвечали требованиям по эффективности торможения, шуму, вибрации и выбросу пыли. И только в 2004 году компания «Brembo», на основании исследований «Akebono» выпустила первый керамический тормозной диск. Чуть позже технология была применена на гоночных автомобилях. Испытание «керамики» прошло успешно. Керамический тормозной диск оказался очень термоустойчив и, в отличии от карбоновых дисков, имел меньшую изнашиваемость. С тех пор «керамика» завоевала популярность у водителей дорогих и роскошных спортивных автомобилей. В последние годы ведущие мировые производители внедряют в свои автомобили тормозные диски с керамическими компонентами. Так, например, немецкий концерн Audi в 2008 году начал оснащать керамическими дисками свою модель спорткара R8. Керамические тормозные диски Audi изготавливают из керамики, армированной углеродным волокном. Такой композитный материал, так называемый, композитная керамика содержит в качестве основного рабочего вещества очень твердый и стойкий к истиранию карбид кремния. Он армирован углеродными волокнами, эффективно принимающими на себя возникающие в материале напряжения. Срок службы такого тормозного диска в 4 раза больше стального, высокая стойкость керамических дисков к истиранию значительно увеличивает их срок службы. Экстремальная жесткость поверхности композитной керамики делает ее нечувствительной к различным солям и неуязвимой для коррозии.

Выделим основные преимущества и недостатки керамических тормозных дисков. У керамики гораздо больше возможностей, чем у металла или различных композитов. Керамические тормозные диски отличаются своей стабильной работой в широком диапазоне температур. А это означает, что различные погодные условия не будут значительно влиять на работу разогретого до нужной температуры тормозного диска. В отличии от дисков из металла керамический диск не коробится даже при интенсивном режиме работы. Кроме того, керамика характеризуется минимальным выбросом пыли и за счет этого не снижаются тормозные характеристики автомобиля. Керамические тормозные диски, по сравнению с аналогичными деталями из серого чугуна легче на 50%. Тормозная керамическая система может уменьшить массу автомобиля на 20 килограммов, а это значит, что уменьшается непосредственная масса и нагрузка на подвеску. Применение керамических тормозных дисков позволяет увеличить на 25% коэффициент трения, и повысить эффективность торможения в нагретом до высоких температур состоянии. Еще одно преимущество – долговечность. Керамические диски обычно не требуют замены на протяжении 300 тыс. км. Недостатками керамики является то, что он плохо работает в холодном состоянии. Холодные керамические диски хуже останавливают машину, даже чем холодные тормозные диски из металла. Еще одним недостатком является то, что некоторые керамические диски издают неприятный скрип при работе, но этот дефект удалось убрать за счет добавления в состав дисков различных металлических примесей. Самым большим недостатком керамических тормозных систем является цена. За счет применения новых и очень дорогостоящих

материалов керамическая тормозная система обойдется водителю примерно в стоимость бюджетного автомобиля.

Очевидно, что керамические тормозные диски в ближайшее время не станут применяться на автомобилях массового производства. Однако, на спортивных автомобилях скорость которых превышает 300 км/ч они просто необходимы. Керамика способна существенно сократить тормозной путь автомобиля и, тем самым, спасти человеку жизнь.

А теперь разберемся в технологическом процессе производства керамических композитных дисков и почему он такой дорогой. На первом этапе машина заполняет барабан выполняющий роль формы синтетической смолой и рубленым углеродным волокном. Форма заполняется на половину. Затем оператор вставляет в прорези формы алюминиевые вкладыши. Эти вкладыши будут создавать вентиляционные каналы в форме, предохраняя диск от перегрева. На следующем этапе в форму засыпается вторая половина углеволокна и прокатывается роликом. Затем форма закрывается и отправляется сначала под небольшой пресс, который утрамбовывает содержимое формы. На следующем этапе форма отправляется под более крупный пресс который создает давление в 20000 кг благодаря чему содержимое формы разогревается до 200 С° и происходит пластификация смолы. Затем форму достают из пресса и опускают в ванну с холодной водой в которой форма находится 7 – 10 минут. После охлаждения формы из нее вынимают алюминиевые вкладыши и разбирают ее, доставая диск. На следующем этапе автомат обтачивает диск и высверливает небольшие вентиляционные отверстия. Далее диск на 2 дня отправляется в печь, где в течении этого времени температура медленно повышается до 1000 С°. Затем диск помещается в тигель в центр которого засыпается мелко молотый кремний. И снова отправляется в печь, теперь на 24 часа, температура в печи повышается до 1700 С°. В этот момент кремний начинает плавиться и с помощью вакуумной камеры он распределяется равномерно по всему диску. На последнем этапе диски красятся во избежание окисления углерода. Затем происходит шлифовка и сборка диска со ступицей.

Как мы можем видеть процесс довольно трудоемкий и энергозатратный, этим и обуславливается стоимость данного изделия.

## КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНИКЕ

Гулмадов И.И. - аспирант, Ананьева Е.С. к.т.н., доцент, Маркин В.Б. – д.т.н., проф.  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (Барнаул)

Одним из перспективных направлений науки и техники XXI века по праву считается сфера высоких технологий, базирующаяся на современном материаловедении. Нельзя представить технический прогресс без расширения класса конструкционных материалов, которые, как правило, появляются в результате исследований, проводимых учеными-материаловедами на различных уровнях: макро-, микро-, мезо-, и нано. Совокупность фундаментальных и прикладных исследований позволяет решать сложные материаловедческие проблемы, приводить их на уровень разработки и инновационного внедрения технологических решений. В последние годы интересы ученых направлены на передний край высокотехнологичных приоритетных направлений, к которым относятся развитие нанотехнологий и наноматериалов, формирование и развитие инфраструктуры nanoиндустрии. Объем производства композитов в промышленно развитых странах увеличивается с каждым годом и многие ученые считают, что XXI век станет веком композитных материалов. Появление таких материалов как углепластики, органопластики и боропластики существенно расширило объемы применения композитов в летательных аппаратах, стеклопластиковые конструкции получили существенный задел в «приземленных» областях техники.

Получение композиционных материалов с заданными физико-механическими характеристиками имеет ряд особенностей. Свойства материала формируются в процессе

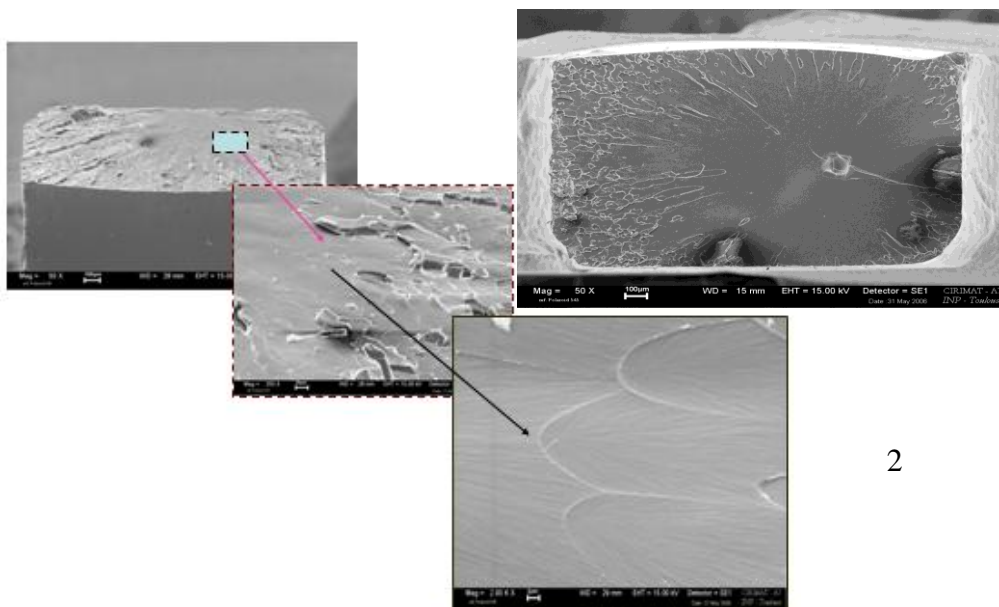
производства конкретной конструкции. Процесс проектирования изделия начинается с конструирования самого материала – выбора его компонентов и оптимизации режимов изготовления. Без учета особенностей технологии производства нельзя правильно назначить требования к композиционному материалу как к конструкционному. Главная особенность создания конструкций из композитов, в отличие от традиционных материалов, заключается в том, что конструирование материала, разработка технологического процесса изготовления и проектирование самой конструкции – это единый взаимосвязанный процесс, в котором каждая из составляющих не исключает, а дополняет и определяет другую. Как говорят, триада материал – конструкция – технология неразделима [3].

Сравнение основных физико-механических характеристик конструкционных материалов различного класса показывает, что современные композиционные материалы по основным показателям превосходят традиционные стали и сплавы.

По удельным характеристикам (удельная прочность  $\sigma_b/\rho$  и удельная жесткость  $E/\rho$ ) композиционные материалы существенно превосходят традиционные материалы.

Параметром, определяющим характер разрушения композиционных материалов при превышении предела прочности, можно считать коэффициент структурной безопасности, устанавливающий соотношение между отношением прочностных и упругих характеристик матрицы и армирующего волокна. Нормализация коэффициента структурной безопасности и приближение его значения к единице возможно при использовании двухосновных связующих, либо при модификации поверхности армирующих волокон, в результате которой можно ожидать не только увеличение активности взаимодействия на поверхности раздела фаз, но и появления условий для релаксации напряжений. Этими вопросами занимаются ученые Алтайского государственного технического университета, разработавшие большое количество методов модификации поверхности слабоактивных по отношению к матричным материалам углеродных и ряда органических волокон.

Одним из современных способов модификации прочностных характеристик полимерных композиционных материалов можно считать элементы нанотехнологии – влияние наноразмерных частиц на процессы структурирования полимерной матрицы при отверждении. Исследования, проведенные в этом направлении с использованием наноразмерных детонационных алмазов, показали значительное повышение ударной вязкости композитов и стойкости к образованию трещин. В этом случае наночастица при структурировании матрицы является существенным фактором изменяющим ход магистральной трещины при напряжении разрушения (рисунок 4).



2

Рисунок 4 – Характер разрушения при действии ударной нагрузки образца

эпоксидной матрицы, модифицированной наноразмерными алмазами, где 1 – поверхность разрушения, проходящая через наночастицу; 2 – последовательное увеличение зоны разрушения до проявления «охранного» свойства наночастицы по отношению к магистральной трещине

Заключение. Таким образом, современные композиционные материалы, обладающие такими характеристиками, которые открывают практически неограниченные возможности для совершенствования конструкций различного назначения, используемых в настоящее время, а также для разработки конструкций и технологий современной новой техники.

Список использованных источников:

1. Братухин А.Г., Сироткин О.С., Сабодаш П.Ф. Материалы будущего и их удивительные свойства. – М.: Машиностроение, 1995. – 128 с.
2. Буланов И.М., Воробей В.В. Технология ракетных и аэрокосмических конструкций из композиционных материалов: Учебник для вузов. М.: Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана, 1998. – 516 с.
3. Воробей В.В. Контроль качества изготовления и технология ремонта композитных конструкций: монография / В.В. Воробей В.Б. Маркин. - Новосибирск: Наука, 2006. – 190 с.
4. Маркин В.Б. Механика разрушения композитов с углеродным волокнистым наполнителем: В кн. Динамика стационарных трибосистем / Под ред. А.А.Максименко. – Изд. АлтГТУ – Барнаул, 1995. С.19-24.
5. Воробей В.В. Маркин В.Б. Основы технологии и проектирование корпусов ракетных двигателей: монография / В.В. Воробей, В.Б. Маркин. – Новосибирск: Наука, 2003. -164 с.
6. Воробей В.В. Основы проектирование и технология сверхлегких композитных баллонов высокого давления: – монография / В.В. Воробей, В.Б. Маркин. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2014. - 166 с.

## ВЫБОР МАТЕРИАЛА И ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО БАМПЕРА

Шмеер В.А. – студент группы МиТМ-21, науч. рук. Головина Е. А. – доцент, к. т. н. Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В данной работе описаны основные требования к изготовлению автомобильного бампера. Выбран материал для ее изготовления. Разработан технологический процесс изготовления рамы из углеродного волокна.

Основными требованиями, предъявляемыми к бамперам, являются:

- оптимальные аэродинамические качества ;
- дизайн;
- небольшая масса.

Бампер – важная деталь в автомобиле, которая гарантирует определённую безопасность водителю и пассажирам. Традиционно бамперы бывают металлическими и пластиковыми . И современным автомобилям они кроме защитной функции дают ещё и элемент эстетики , так как делают формы кузова автомобиля более плавными и изящными.

Бампер передний и задний – лицевая часть кузова авто . Его функция – предохранение машины, водителя, от повреждений. В настоящее время на смену металлическим бамперам пришли пластиковые. Этому есть несколько причин. Во-первых дутые пластмассовые бампера смотрятся более эстетично. Во-вторых - они менее травмоопасны чем металлические и позволяют при ДТП нанести меньший вред здоровью пешеходов и других людей, находящихся вне автомобиля (велосипедисты, мотоциклисты).

В последнее время все больше говорят о безопасности пешеходов, поэтому уже на этапе разработки в конструкцию закладываются элементы, которые оградят их от серьезных травм. Например, корректируют форму «отбойника», чтобы пешеход не полетел под колеса. Уберечь ноги помогут энергопоглощающие вставки из пенополиуретана.

Бампер как аэродинамический элемент кузова. Аэродинамические силы оказывают значительное влияние на безопасность движения. Автомобиль движется с различной скоростью в постоянно меняющемся воздушном пространстве, поэтому устойчивость и управляемость автомобилей зависит от их аэродинамических характеристик. Коэффициент аэродинамического сопротивления один из ключевых моментов в сложном алгоритме экономии топлива.

В среднем снижение величины аэродинамического сопротивления ( $C_x$ ) на каждые 3.5% приводит к экономии 1% топлива.

Бампер современного легкового автомобиля представляет собой скорее элемент дизайна, а не инженерную конструкцию.

Материалы, из которых делают бампера машины, можно разделить на: термопласты – ABS, PS; терморезистивные пластмассы или duroпласты – PA, EP, PUR; Полипропилены – PP, EPDM, POM. Они отличаются составом и, конечно, свойствами. Самые подходящие для современных конструкций – последние, потому и наиболее распространены. Так же часто используют алюминий.

Далее объективно рассмотрим преимущества и недостатки материалов, чаще всего используемых для изготовления бамперов. Различные параметры судов из разных материалов приведены в таблице 1. На основе сопоставления данных параметров с целями эксплуатации судна проектируется и материал для изготовления судна.

Наиболее широко в настоящее время применяют композиционные материалы, армированные стеклянными волокнами (стеклопластики). Они обладают относительно высокой прочностью, устойчивостью к знакопеременным нагрузкам и тепловым ударам, высокой радиопрозрачностью, коррозионной и эрозивной стойкостью, легко поддаются механической обработке.

Армирующими элементами в конструктивных стеклопластиков являются непрерывные волокна, организованные в виде нитей и жгутов различной степени крутки, либо ткани различного переплетения. Слоистые стеклопластики на основе тканей называют стеклотекстолитами.

Таблица 1 – Сравнение характеристик материалов

Характеристики	Материал для изготовления бампера			
	АБС пластик	Алюминий	Полипропилен	Стеклопластик
Прочность при изгибе	115 МПа	150 МПа	30 МПа	160 МПа
Плотность	1060 кг/м <sup>3</sup>	2700 кг/м <sup>3</sup>	900 кг/м <sup>3</sup>	1800 кг/м <sup>3</sup>
Модуль упругости	1700 МПа	7000 МПа	1700	5100 МПа
Коэффициент теплового расширения	73.8 · 10 <sup>-6</sup> °C <sup>-1</sup>	22.2 · 10 <sup>-6</sup> °C <sup>-1</sup>	32 · 10 <sup>-6</sup> °C <sup>-1</sup>	8,3 · 10 <sup>-6</sup> °C <sup>-1</sup>

Методы изготовления автомобильных бамперов.

Технология изготовления стеклопластиковых изделий появилась еще в середине прошлого века. Сейчас же ни одно производство не обходится без этого уникального материала.

В настоящее время стеклопластиковые бампера производят тремя методами: контактным (ручным) формованием, вакуумная инфузия и напылением.

Технология изготовления бампера включает в себя следующие этапы:

- 1 подготовка матрицы;
- 2 раскрой армирующего наполнителя;
- 3 нанесение гелькоута;
- 4 формование корпуса бампера;
- 5 выведения излишек смолы;
- 6 выемка изделия из формы;
- 7 механическая обработка изделия;
- 8 контроль качества.

Подготовка матрицы

Подготовка формы для изготовления нового изделия включает в себя несколько этапов:

- удаление остатков связующего после предыдущего формования;
- визуальный осмотр поверхности формы на наличие дефектов и повреждений;
- нанесение антиадгезионного покрытия на форму.

Раскрой армирующего наполнителя

Для уменьшения пылеобразования, при изготовлении стеклоткань смачивают особым маслом, масляной эмульсией или парафиновым раствором. Для обеспечения лучшей пропитки ткани связующим при оклеивании корпуса, этот замасливатель необходимо удалить. Парафиновый замасливатель удаляют бензином. Другие виды замасливателей снимают уайт-спиритом или ацетоном, с соблюдением всех мер предосторожности и правил техники безопасности. Промытую ткань следует просушить в течение 2-4 часов, лучше всего на сквозняке.

При раскрое ткани необходимо давать припуск 20-30 мм по тем краям, которые будут ложиться сверху, внакрой.

Нанесение гелькоута

Нанесение гелькоута производится вручную с помощью кисти или при помощи распыления, используя специальный пистолет и компрессор (пулевизатор), под большим давлением. Распыление с помощью пулевизатора позволит обеспечить равномерное распределение гелькоута по поверхности формы, так же применение технологии нанесения гелькоута распылением позволяет существенно сократить время на эту операцию и облегчить ее выполнение.

Формирование корпуса бампера

Фланец – ключевое понятие при конструировании матрицы. Форма детали (в данном случае бампер) часто имеет подвороты внутрь, или вообще замкнутую круговую поверхность. Для удобства, поверхность сложной формы делят на фрагменты, ограничивая и одновременно соединяя их фланцами в единую, но разборную конструкцию. В нашем примере бампер – простая, расширяющаяся в направлении кузова корка.

Наносим разделительный слой, который состоит из трех слоев автомобильной тефлоновой полироли. Между слоями выполняем просушку.

Судить о качестве нанесения разделительного слоя мы сможем на заключительном этапе, когда будут отходить детали матрицы от модели.

Выведение излишек смолы

Формование с применением вакуума позволяет изготовить изделие высшего качества, в частности изделия из стекловолокна.

Когда установлен вакуумный мешок, то давление с одной и другой стороны мешка равно атмосферному давлению. Для создания вакуума из мешка откачивается воздух. Давление внутри мешка становится отрицательным, а атмосферное давление снаружи остаётся прежним. Именно этот дифференциал давления обеспечивает однородную механическую силу зажима, которая и выдавливает лишнюю смолу и воздух. Получается своего рода пресс.



Выемка изделия из формы

Выемка изделия из формы производится после отверждения связующего.

После прогрева материала производится его охлаждение естественной теплоотдачей. Без дополнительного принудительного охлаждения. После достижения системой температуры окружающей среды (20–25 °С) с внутренней поверхности изделия удаляются термпары, считывающие температуру поверхности.

## ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА СИЛОВОЙ ОБОЛОЧКИ КОРПУСА ТВЕРДОТОПЛИВНОГО РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Кускова А.Г. – студент гр. МиТМ – 21, Головина Е.А. - к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)

Одной из важнейших проблем при проектировании и отработке РДТТ является рациональная тепловая защита силовой оболочки корпуса. Сущность этой проблемы заключается в необходимости обеспечить с заданной надежностью установленный из прочностных соображений тепловой режим в оболочке при соблюдении условия минимума ее массы [1].

Элементы конструкции корпуса двигателя должны быть защищены от теплового воздействия высокотемпературных продуктов сгорания твердого топлива. Для защиты стенок корпуса от наружного аэродинамического нагрева, воздействия газов, истекающих из сопла, а также от других тепловых потоков используют специальную наружную тепловую защиту. Конструктивно-технологические решения внутренней теплозащиты корпуса обусловлены повышенной склонностью силовой оболочки к деформациям. Наиболее рациональной является двухслойная конструкция теплозащитного покрытия: наружный слой из материала с повышенной эрозионной стойкостью, обладающего, как правило, пониженной эластичностью, это фенольные угле- и стеклопластики, углерод-углеродные и углерод-керамические, кремнийорганические материалы, и внутренний слой из материала с пониженной теплопроводностью и повышенной эластичностью, это резиноподобные материалы, основу которых составляют каучуки [2].

Теплозащитное покрытие представляет собой армированную тканью термостойкую резину, плотно наполненную углеродом и изготовленную на специальном каучуке. Очень важно сохранить структуру пакета и исключить негерметичность силовой оболочки при действии внутреннего давления.

Таким образом, для выполнения основных функций теплозащиты, состоящих в обеспечении на поверхности силовой оболочки корпуса допустимой температуры, ее герметичности, а также совместной работы всех компонентов корпуса, материалы внутренней теплозащиты должны обладать низкой теплопроводностью, стойкостью к высокотемпературным воздействиям, низкой газопроницаемостью, малой плотностью, высокой эластичностью и хорошими адгезионными характеристиками [1]. Наиболее полно этим требованиям удовлетворяют материалы на основе каучуков, которые благодаря высокой эластичности легко деформируются при усадке топлива во время его полимеризации и при деформациях корпуса в процессе нагружения внутренним давлением.

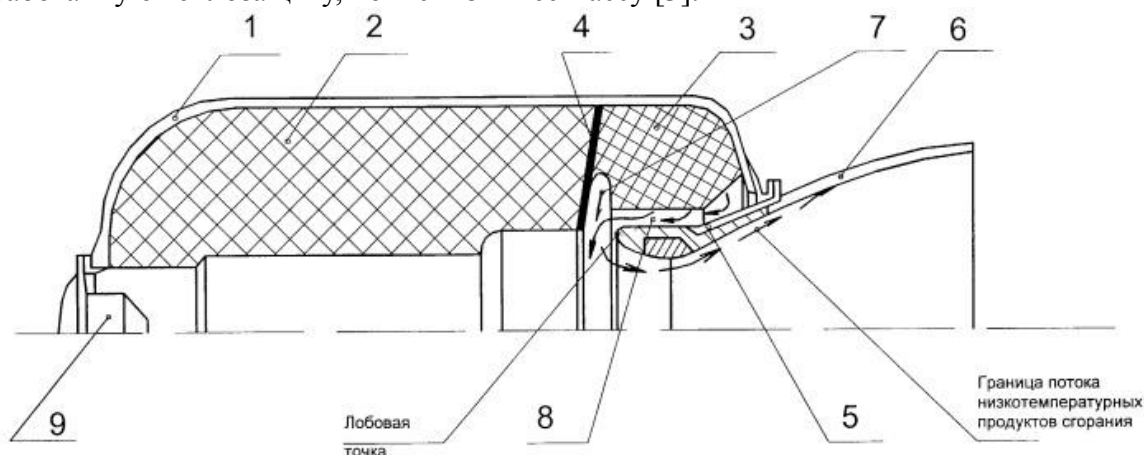
Из широкого ассортимента каучуков нашли применение бутадиен-нитрильные (СКН) и этилен-пропилен-диеновые (СКЭПД) каучуки. В качестве теплозащитного материала в рассматриваемом случае используем бутадиен-нитрильные каучуки СКН-26. Для повышения количества и прочности коксового остатка в теплозащитные материалы вводят термостойкие наполнители, минеральные или органические (белая и печная сажа, нитрид бора, пемза, диатомит, перлит). Основным недостатком минеральных наполнителей являются их высокая плотность и теплопроводность.

В состав теплозащиты входят также и вулканизирующие агенты, обеспечивающие связывание линейных макромолекул каучуков в пространственно-сшитую структуру,

определяющую основные эксплуатационные свойства материалов. Вулканизация теплозащитных материалов в основном осуществляется элементарной серой и ее соединениями (органическими ди- и полисульфидами) [1].

Как было сказано в самом начале, важной проблемой при разработке РДТТ является проблема уменьшения массы пассивной конструкции, в частности – теплозащиты. Одним из основных путей увеличения доставляемой массы полезного груза ракетой-носителем является повышение энергетических характеристик твердого топлива. Это обеспечивается использованием новых компонентов твердого топлива (окислителей и горючих), при этом основным параметром, повышающим энергетические характеристики двигателей, является температура горения твердого топлива в камере сгорания. К настоящему времени температура горения современных твердых топлив достигает значений более 4000 К. Такой уровень температуры в камере сгорания требует использования нового класса теплозащитных и эрозионно-стойких материалов, защищающих конструкцию РДТТ от теплового и эрозионного воздействий продуктов сгорания. Вновь создаваемые РДТТ требуют разработки новых теплозащитных покрытий (ТЗП), что связано с большими затратами времени и объемами финансирования, превышающими в несколько раз затраты на разработку современных высокоэнергетических твердых топлив. Для экономии времени и затрат при создании новых двигателей на современных твердых топливах целесообразно использовать уже отработанные ТЗП.

Использование таких материалов возможно только при уменьшении уровня тепловых потоков, эрозионного и химического воздействий на конструкцию двигателя. Достичь этого можно с помощью активной дополнительной тепловой защиты в виде завесы, образованной низкотемпературным газовым потоком, которая при этом позволит не только использовать уже отработанную теплозащиту, но и снизить её массу [3].



Двигатель состоит из камеры сгорания 1, имеющей цилиндрический участок и переднее и заднее днища. В камере расположен прочно скрепленный с ней заряд твердого топлива, состоящий из двух частей 2, 3. Часть 2 - это заряд топлива с высокой температурой горения, а часть 3 - с более низкой температурой горения (не превышающей 3000 К). Между собой они разделены эластичной мембраной 4, установленной вблизи утолщенной части 5 сопла 6. Часть заряда 3 из топлива с низкой температурой горения имеет по крайней мере одну проточку 7. Утолщенная часть 5 сопла 6, поверхность, обращенная к соплу части заряда 3, и заднее днище камеры 1 образуют канал 8, имеющий переменную площадь проходного сечения. Этот канал обеспечивает формирование низкотемпературного слоя продуктов сгорания части заряда топлива 3 и имеет длину, приблизительно равную длине утолщенной части сопла. Твердое топливо поджигается воспламенительным устройством 9.

Двигатель работает следующим образом. После поджигавоспламенительного устройства, установленного в камере сгорания, начинается горение частей заряда 2, 3. Образующиеся при горении части заряда 3 газы образуют два потока: один формируется течением в канале 8, второй – течением из проточки 7. Потoki смыкаются у лобовой точки

утопленной части 5 сопла 6, после чего вдоль стенок заднего днища и сопла 6 начинается движение низкотемпературных продуктов сгорания, которые создают активную тепловую защиту конструкции РДТТ от воздействия высокотемпературных продуктов сгорания, содержащих конденсированную фазу, образующихся при сгорании части 2 заряда твердого топлива [3].

Такая конструкция создаст дополнительную активную теплозащиту посредством низкотемпературного газового потока, которая в свою очередь позволит снизить массу пассивной теплозащиты оболочки, выполненной из бутадиен-нитрильного каучука СКН-26.

Источники информации:

1 Буланов, И. М. Технология ракетных и аэрокосмических конструкции из композиционных материалов [Текст]: учеб. для вузов / И. М. Буланов, В. В. Воробей – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1998. – 512 с.: ил.

2 Фахрутдинов И.Х. Ракетные двигатели на твердом топливе [Текст]: Фахрутдинов И.Х. Ракетные двигатели на твердом топливе. – М.: Машиностроение. – 1981. – 223 с.

3 Ракетный двигатель твердотопливный [Текст]: (<http://www.findpatent.ru/patent/222/2225524.html>)

4 Аджян А.П., Ракетно-космическая техника. Машиностроение. Энциклопедия. Т. IV [Текст]: Аджян А. П., Аким Э.Л., Алифанов О.М., Андреев А.Н. Ракетно-космическая техника. Машиностроение. Энциклопедия. Т. IV В двух книгах. Книга первая. – М: Машиностроение. – 2012. – 925 с.

## ВЫБОР МАТЕРИАЛА И ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ БАЗАЛЬТОВОГО УТЕПЛИТЕЛЯ

Блинов И.В. – студент группы МиТМ-21, науч. рук. Головина Е.А. – к.т.н., доцент Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Теплоизоляция в современном строительстве и промышленности играет важную роль. С ее помощью решают вопросы жизнеобеспечения, технологических процессов, экономии энергоресурсов. Теплоизоляционные изделия являются частью защиты элементов оборудования, трубопроводов, жилых, общественных и промышленных зданий. Благодаря изоляции существенно повышается надежность, долговечность и эффективность эксплуатации зданий, сооружений и оборудования.

Характеристики, которыми должен обладать утеплитель:

- маленький процент сорбционного увлажнения 0–1 %;
- широкий диапазон температур от -200 до +1000 °С;
- устойчивость к водной, щелочной, кислой среде;
- низкий коэффициент теплопроводности 0–0,05 Вт/(м×к);
- не выделять вредные вещества, то есть быть экологичным [1].

Утеплитель – это элементы конструкции, уменьшающие процесс теплопередачи и выполняющие роль основного термического сопротивления в конструкции.

Сравнение базальтовой ваты из супертонкого волокна и тонкого волокна с шлаковатой, стекловатой, минеральной ватой представлено в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Сравнение базальтовой ваты из супертонкого волокна и тонкого волокна с шлаковатой, стекловатой, минеральной ватой

Наименование параметров	Шлаковата	Стекловата (URSA)	Минеральная вата (ISOROC)	БТВ	БСТВ
Предельная температура применения, °С	до 250	от -60 до +450	до 300-600 (1)	от -190 до +700	от -190 до +1000
Средний диаметр волокна, мкм	от 4 до 12	от 4 до 12	от 4 до 12	от 5 до 15	от 1 до 3
Сорбционное увлажнение за 24 ч. (не более), %	1,9	1,7	0,095	0,035	0,02
Колкость	да	да	нет	нет	нет
Необходимость использования связующего	да	да	да	да	нет
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)	0,46-0,48	0,038-0,046	0,077-0,12	0,038-0,046	0,033-0,038
Наличие связующего, %	от 2,5 до 10	от 2,5 до 10	от 2,5 до 10	от 2,5 до 10	-
Класс горюч. (НГ/Г)(2)	НГ - негорючие	НГ - негорючие	НГ - негорючие	НГ - негорючие	НГ - негорючие
Выделение вредных веществ	да	да	да	да, если есть связующее	нет
Теплоемкость, Дж/кг·К (3)	1000	1050	1050	500-800	800-1000
Вибростойкость	нет	нет	нет	нет	да
Сжимаемость, % (4)	нет данных	нет данных	40	40	31,2
Упругость, % (5)	нет данных	нет данных	60	71	75,5
Температура спекания, °С (6)	250-300	450-500	600	700-1000	1100-1500
Длина волокон, мм	16	15-50	16	20-50	50-70
Коэффициент звукопоглощения	от 0,75 до 0,82	от 0,8 до 92	от 0,75 до 95	от 0,8 до 95	от 0,95 до 99
Химическая устойчивость (потеря веса), % в воде	7,8	6,2	4,5	1,6	1,6
Химическая устойчивость (потеря веса), % в щелочной среде	7	6	6,4	2,75	2,75
Химическая устойчивость (потеря веса). % в кислотной среде	68,7	38,9	24	2,2	2,2

Исходя из выше представленной информации можно уверенно сказать, что базальтовый утеплитель по многим характеристикам превосходит остальные утеплители. Основные преимущества: широкий диапазон температур от -190 до +1000 °С, высокая химическая устойчивость в воде 1,6 %, щелочной среде 2,75 %, кислой среде 2,2 %, низкое сорбционное увлажнение 0,02 %, вибростойкость, колкость, базальтовая вата не колкая поэтому с ней можно работать без специальной одежды, базальтовая вата является экологическим материалом так как изготовлена из базальтовых парод без добавления различных химикатов[8].

Способы получения базальтовых волокон.

Полученный в плавильном агрегате минеральный расплав перерабатывают в волокно следующими способами: пародутьевым, центробежно-валковым, центробежно-дутьевым, фильерно-дутьевым.

Из выше перечисленных способов получения ваты самый эффективный центробежно-дутьевой способ. Центробежно-дутьевой способ доля производства составляет 85–87% от общего объема, что обусловлено простотой конструкции технологического оборудования. Потери при этом способе равны 30–55%, содержание неволоконистых включений в изделии – 15–25%, средняя плотность ваты – 85–100ст/м3. Производительность дутьевой центрифуги 1500–2500 кг/ч по расплаву. Расход пара на одну центрифугу 2–4 т/ч [3]. Схема центробежно-дутьевого способа представлена на рисунке 2.1.

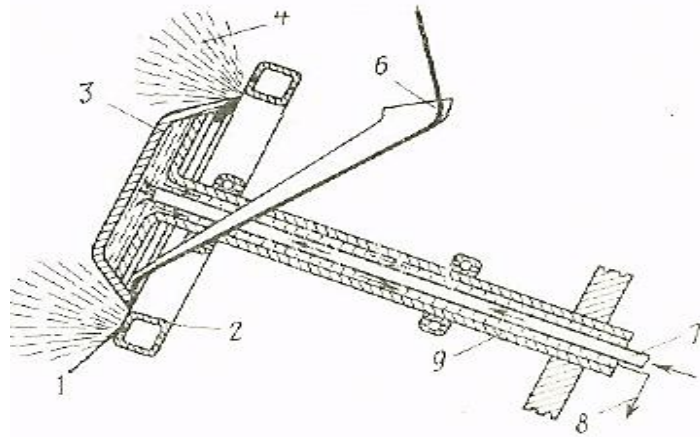


Рисунок 2.1 – Схема центробежно-дутьевого способа, где 1 – дутьевое сопло, 2 – паровой или воздушный кольцевой коллектор, 3 – ротор (раздаточная чаша), 4 – волокно, 5 – струя расплава, 6 – лоток, 7 – штуцер для подачи воды. 8 – слив охлаждающей воды, 9 – полый вал раздаточной чаши

Технологическая линия производства базальтового утеплителя.

Производство базальтового утеплителя – это сложный, многоступенчатый технологический процесс. Самая первая ступень – это входной контроль где поступившее сырье проходит комплексный химико-минералогический контроль. Базальтовые горные породы, средний химический состав которых следующий (% по массе):  $\text{SiO}_2$  (47,5-55,0);  $\text{TiO}_2$  (1,36-2,0);  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (14,0-20,0);  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$  (5,38-13,5);  $\text{MnO}$  (0,25-0,5);  $\text{MgO}$  (3,0-8,5);  $\text{CaO}$  (7-11,0);  $\text{Na}_2\text{O}$  (2,7-7,5);  $\text{K}_2\text{O}$  (2,5-7,5);  $\text{P}_2\text{O}_5$  (не более 0,5);  $\text{SO}_3$  (не более 0,5); прочие породы (не более 5).

Технологическая схема изготовления базальтового утеплителя



Рисунок 3 – Технологическая схема изготовления базальтового утеплителя

Подготовка сырья и дозировка компонентов

Сырье – горные породы габбро-базальтовой группы доставляется по железной дороге и подается на склад системой ленточных транспортеров. Подготовка шихты (смеси исходных компонентов) происходит в автоматизированных суточных силосах. Дозаторы тщательно взвешивают сырьевые компоненты и производят отсев мелкой фракции. Крупная фракция подается на дозаторы, которые тщательно взвешивают сырьевые компоненты. В результате в

вагранку поступает точно отмеренная партия шихты нужного качества. Это напрямую влияет на характеристики конечного продукта.

Только после этого шихта подается в вагранку – вертикальную шахтную печь [4].

#### Расплав компонентов

Установленные на заводах коксовые вагранки на горячем дутье позволяют получить расплав компонентов шихты требуемой температуры 1600 °С и нужной вязкости. Обслуживание вагранки контролируется электроникой, что снижает влияние человеческого фактора и повышает производительность.

#### Производство ваты

Центробежно дутьевой способ – это комбинированный способ производства минерального волокна, включающий в себя предварительное механическое центробежное расщепление основной струи расплава и последующее вытягивание частиц расплава в волокна под действием струи энергоносителя (пара или сжатого воздуха). Под действием центробежной силы капли расплава разлетаются и вытягиваются в волокна. Поток воздуха волокна сдуваются и попадают в специальную камеру на ленточный транспортер. В момент сдува волокно охлаждается. Суть технологии связывания волокна состоит в том, что вокруг форсунок впрыска установлена система электродов, создающих слабый заряд на микроскопических каплях связующего. Это обеспечивает однородность и стабильность размера частиц воздушно-капельной смеси, что позволяет более равномерно и полно обрабатывать волокна теплоизоляции, вплоть до самых мелких.

В одном растворе ученые смогли совместить свойства обеспыливателя, связующего и гидрофобизатора. В результате обработки значительно улучшаются такие качества материала, как прочность, гидрофобность, долговечность. Надежная равномерная связка волокон делает материал практически не пылящим, а значит экологически чистым [4].

#### Формование ковра

Базальтовое волокно, обработанное связующим и гидрофобизатором, поступает на ленточный транспортер. По нему тонкое базальтоватное полотно попадает на маятниковый раскладчик, который формирует ковер необходимой толщины и равномерной плотности этот процесс изображен на рисунке 2.1.



Рисунок 2.1 – Формование ковра

#### Прессование

После маятникового раскладчика «ковер» поступает на гофрировщик-подпрессовщик, который придает будущему изделию гофрированную структуру за счёт частичной вертикальной ориентации волокон. Это придаст теплоизоляционным плитам высокую прочность на сжатие и отрыв слоев.

#### Полимеризация и раскрой базальтового утеплителя

Сформированный «ковер» поступает в камеру полимеризации, где под действием горячего воздуха температурой 200–250 °С происходит отверждение связующего, после этого процесса связующего остается не более 2 %.

Затем ковер разрезается на плиты заданных размеров системой дисковых продольных и поперечных пил. Точность нарезки существенно облегчает последующий монтаж продукции потребителем [4].

#### Выходной контроль

Контроль качества продукции на предприятиях осуществляет отдел технического контроля (ОТК). Выходной (приемочный) контроль – это контроль качества готовой

продукции. Цель выходного контроля – установление соответствия качества готовых изделий требованиям стандартов или технических условий, выявление возможных дефектов.

Число изделий или упаковочных единиц, отобранных от партии для проведения испытаний, принимают по ГОСТ 26281.

Маты и плиты из базальтовой ваты испытывают по правилам, которые устанавливают соответствующие требования международной организации по стандартизации (ИСО) к методам определения следующих технических показателей:

- линейных размеров;
- правильности геометрической формы;
- прочности на сжатие не менее 100 кПа;
- прочности при растяжении не менее 150 кПа;
- предела прочности на отрыв слоев не менее 50 кПа;
- сорбционное увлажнение за 24 часа не более 0,04 %;
- коэффициент теплопроводности не более 0,044 Вт/м×К.

Результаты измерений или испытаний должны быть внесены в протокол испытаний, в котором указывают:

- наименование материала или изделия;
- обозначение нормативного документа, по которому изготавливают материал или изделие;
- дату изготовления;
- номер партии;
- номинальные размеры;
- вид и дату испытания;
- обозначение настоящего стандарта;
- количество образцов, подвергнутых испытанию;
- значение каждого параллельного определения;
- средние арифметические значения показателей по 3.4;
- название и адрес лаборатории, в которой проведены испытания;
- должности и фамилии лиц, проводивших испытания.

Подробная информация о проведении выходного и входного контроля расположена в «МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ материалы и изделия строительные теплоизоляционные методы испытаний ГОСТ 17177-94» [5].

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Теплоизоляционные материалы и конструкции [Текст]: Учебник для средних профессионально-технических учебных заведений. – Москва: Живой язык, 2003. – 1000 с.
2. Отличие стекловаты от базальтовой ваты –(<http://knigastroitelya.ru/uteplenie-doma/otlichie-steklovaty-ot-bazaltovoj-vaty.htm>)
3. Джигирис, Д.Д. Перспективы развития производства базальтовых волокон и области их применения [Текст] / Д.Д. Джигирис – Брянск: Изд-во Брянской государственной инженерно-технологической академии, 1999. – 60 с.
4. Технология производства базальтового утеплителя – (<http://yablor.ru/blogs/kak-proizvodyat-kamennuyu-vatu/4827791>)
5. Межгосударственный стандарт ГОСТ17177-94 –(<http://www.vashdom.ru/gost/17177-94/>)