

С. Н. Колдаева, А. С. Романович, В. А. Васюта

## МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОЧНОСТИ АДГЕЗИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СИЛОВОГО И ФУТЕРОВОЧНОГО СЛОЕВ БИПЛАСТМАССОВОЙ ТРУБЫ

*Установлена зависимость адгезионной прочности по границе раздела несущего и защитного слоев бипластмассовых труб от материала защитного слоя, способа формирования адгезионного контакта и природы наполнителя. Разработан способ изготовления герметичных бипластмассовых труб из композиционных материалов на основе стеклянного волокна, позволяющий осуществлять химическую сшивку несущего и защитного слоев.*

**Введение.** Традиционно перерабатываемые в экструзионные профили (трубы) термопласты – ПЭНД, ПЭВД, ПВХ, ПП. Долговечность изделий из этих материалов зависит от условий нагружения, т. к. для них характерны явления ползучести и усталостного разрушения под нагрузкой. Переработка в экструзионные профили термопластичных полимерных композитов не получила столь широкого распространения, поскольку особенности технологии накладывают ограничения как на содержание наполнителя, так и на степень дисперсности последнего.

Разрабатывались различные способы упрочнения труб из термопластов путем нанесения на пластмассовую основу дополнительно силового слоя из стеклопластика. Однако при этом отмечается неудовлетворительное сцепление стеклопластика с термопластом, что при возникновении осевых нагрузок в процессе эксплуатации трубы приводит к сдвигу по их стыку (т. е. фактически к разрушению трубы).

Для повышения надежности сцепления термопластичной трубной оболочки со стеклопластиком применялись различные приемы:

–намотка стеклопластика на рукав из термопласта с последующим нагревом, расширением изнутри и полимеризацией [1];

–нанесение на полиэтиленовую трубную заготовку, предварительно надетую на технологическую оправку, праймерного слоя, намотку композиционно-волокнутого материала и термообработку с полимеризацией и замоноличиванием элементов [2];

–формирование на наружной поверхности полиэтиленовой трубы винтовых канавок для укладки волокнутого наполнителя [3];

–формирование на наружной поверхности трубной оболочки спиральных ребер жесткости противоположного направления [4];

–плакирование поверхности термопластичной оболочки слоем стеклоткани, не пропитанной связующим, путем ее частичного сплавления в термопласт за счет давления сжатого воздуха, подаваемого внутрь экструдированной оболочки в зоне плакирования [5].

Тем не менее, во всех случаях экспериментально подтверждена низкая надежность сцепления между трубной оболочкой и стеклопластиком. Наблюдалось отслоение их друг от друга при осевых нагрузках, возникающих в процессе эксплуатации, а также при изменении температуры окружающей среды или перекачиваемой по трубе жидкости вследствие высокой разницы коэффициентов теплового расширения оболочки и стеклопластика. Разделение слоев бипластмассовой трубы вызывало ее разрушение.

Эффект расслоения силового и футеровочного слоев наиболее характерен при применении бипластмассовых труб для транспортировки химически активных абразивосодержащих сред. Поток абразивных частиц способствует усилению осевых нагрузок, что стимулирует разделение слоев и разрушение трубы.

Проведенная нами серия исследований была направлена на снижение вероятности разгерметизации бипластмассовых труб во время эксплуатации в калийно-промысловых трубопроводах. Предмет исследования – зависимость адгезионного взаимодействия силового и футеровочного слоев от выбора материала последнего, а также физико-химические процессы в пограничной области.

**Методы исследований.** Определение предела адгезионной прочности по границе раздела несущего и защитного слоев стеклопластиковых и базальтопластиковых труб проводили по методу межслойного сдвига [6]. Для испытаний были выбраны плоские двухслойные образцы прямоугольной формы (рисунок 1), вырезанные из образцов труб в осевом направлении. В центральной части образцов были выполнены поперечные надрезы в футеровочном и несущем слое на расстоянии порядка 15 мм друг от друга.

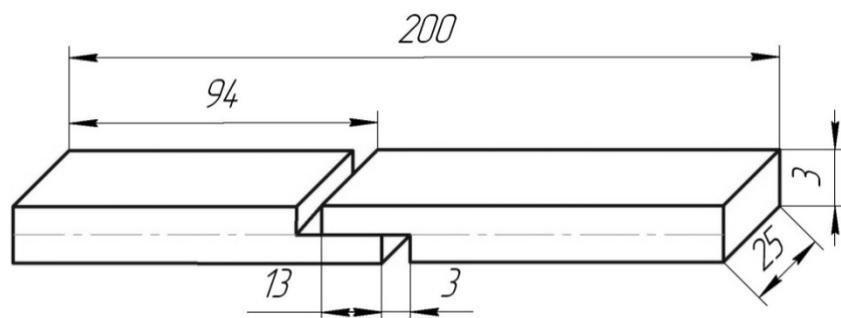


Рисунок 1 – Образец для испытаний на межслойный сдвиг

Для таких образцов касательные напряжения распределены по длине рабочих поверхностей неравномерно. Концентрация напряжений зависит от отношения максимального касательного напряжения к среднему значению касательных напряжений. Поскольку концентрация напряжений увеличивается пропорционально расстоянию между надрезами, последнее выбирали в интервале 10–30 мм. При наличии концентраторов напряжений разрушение инициируется максимальными напряжениями при сравнительно низких средних напряжениях. Это приводит к снижению значений измеренной прочности, поскольку фактически в ходе испытаний регистрируют средние значения касательных напряжений. На показатели прочности межслойного сдвига существенно влияют также размеры и форма образцов, технологические и структурные дефекты композиционного материала (например, заломы и «морщины» футеровки), которые трудно учесть аналитически. Поэтому данные, полученные при этих испытаниях, можно рассматривать как оценочные, но пригодные для сопоставления свойств различных композитов [7].

Нагревание до температуры 90° С производили в термокамере ТС-3,6–200 «Терма» при двухчасовом термостатировании [8]. Нагревание до 130° С при давлении 0,2 МПа в атмосфере перенасыщенного пара в течение двадцати минут обеспечивалось стандартным режимом стерилизатора парового ГК-10-1 и имитировало длительное эксплуатационно-атмосферное влияние [9]. Адгезионную прочность обеспечивали как определенным клеящим составом, так и специальными конструктивными мерами.

**Результаты и их обсуждение.** Опытное производство стеклопластиковых труб для нужд ОАО «Беларуськалий» налажено в филиале УПП «Нива» «Нива-Пластик» (г. Солигорск).

Стеклопластиковые трубы и соединительные детали изготавливают методом радиально-перекрестной намотки армирующего наполнителя из стекловолокна, пропитанного связующим, на металлическую оправку с последующей полимеризацией. С целью улучшения герметичности и повышения долговечности изделий трубы изготавливают с футеровочным износостойким покрытием. Футеровочный слой должен иметь высокую

эластичность в нормальных условиях и при низких температурах, тем самым обеспечивая герметичность труб даже при незначительных повреждениях силового стеклопластикового слоя. Вид футеровки выбирается в зависимости от характера транспортируемого продукта, скорости потока и других факторов.

За время эксплуатации двухслойных труб в калийно-промысловых трубопроводах был выявлен ряд серьезных недостатков, требующих изменения конструкции и технологии изготовления трубы:

- недостаточная адгезия между футеровочным и стеклопластиковым слоем, что не позволяет обеспечить монолитность стенки трубы;
- нарушение эластичности материала футеровки при низких температурах окружающей среды;
- отслоение футеровки от стеклопластиковой оболочки трубы при транспортировке по трубам газосодержащих сред (кессонный эффект).

Испытаниям на межслойный сдвиг для определения предела адгезионной прочности по границе раздела несущего и защитного слоев были подвергнуты образцы стеклопластиковых труб № 2/1 и № 2/2 на штатном связующем ЭД-20 (ГОСТ 10578-84), испытываемые слои стеклопластик – резина. В трубе № 2/1 для формирования межфазного слоя использовали клей 51-К-45. У трубы № 2/2 клеевой слой отсутствовал, межслойная прочность обеспечивалась за счет естественной адгезии резины к прослойке нетканого полотна при использовании штатного связующего. Результаты испытаний после статистической обработки приведены в таблице

1. Эксперименты проводили на информационно-испытательном комплексе: разрывная машина 2055 Р-0,5 – управляющий компьютер РС/АТ. Условия испытания – нормальные, скорость нагружения – 10 мм/мин. Всего было испытано по 10 образцов из каждой трубы. Перед испытанием проводили замеры индивидуальных размеров каждого образца.

Полученные результаты демонстрируют незначительное (в пределах 3%) повышение предела адгезионной прочности при наличии межфазного клеевого слоя.

Таблица 1 – Результаты испытаний адгезионной прочности по границе раздела стеклопластик – резина образцов на штатном связующем

№ образца	Предел прочности, МПа	
	№ 2/1	№ 2/2
1	0,57	0,61
2	0,64	0,54
3	0,61	0,60
4	0,55	0,61
5	0,79	0,59
6	0,53	0,67
7	0,61	0,53

Продолжение таблицы

8	0,55	0,58
9	0,57	0,51
10	0,54	0,59
<b>&lt;<math>\tau</math>&gt;</b>	<b>0,60</b>	<b>0,583</b>
<b>К</b>	<b>0,12</b>	<b>0,075</b>

**Примечание:**  $\langle \tau \rangle$  – среднее значение; к – коэффициент вариации.

При тех же условиях проведены испытания на межслойный сдвиг для определения предела адгезионной прочности по границе раздела несущего и защитного слоев для образцов базальтопластиковых труб  $D_v 265$  (испытываемые слои базальтопластик – резина). Обработанные результаты испытаний представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты испытаний адгезионной прочности по границе раздела базальтопластик – резина образцов базальтопластиковой трубы

№ образца	Пределы прочности, МПа		
	№1/2	№1/3	№1/4
1	0,70	0,84	н.о.
2	0,72	н.о.	1,03
3	0,67	0,90	0,96
4	0,66	0,96	н.о.
5	0,91	1,10	1,06
6	–	–	1,04
<b>&lt;<math>\tau</math>&gt;</b>	<b>0,73</b>	<b>0,95</b>	<b>1,02</b>
<b>К</b>	<b>0,16</b>	<b>0,11</b>	<b>0,04</b>

**Примечание.** Н. о. – разрушение произошло по механизму нормального отрыва резины;  $\langle \tau \rangle$  – среднее значение; к – коэффициент вариации.

Испытуемые изделия имели следующие конструктивно-клеевые особенности:

– образцы базальтопластиковой трубы № 1/2 имели четыре слоя резины, склеенных попарно составом 51-К-45, межфазный слой формировался из клея 51-К-45 и фенолкаучукового клея ВК-3, первый слой базальтопластика формировался путем спиральной намотки при использовании штатного связующего;

– образцы базальтопластиковой трубы № 1/3 имели четыре слоя резины, склеенных попарно составом 51-К-45, межфазный слой – клей «А», первый слой базальтопластика формировался путем спиральной намотки при использовании штатного связующего;

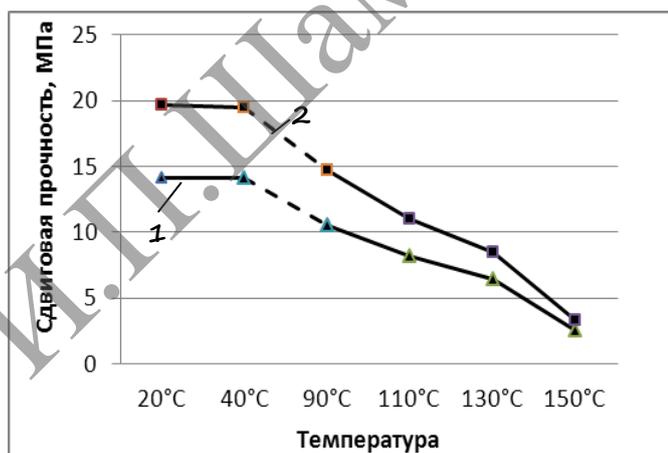
– образцы базальтопластиковой трубы № 1/4 имели: один слой резины 51-1619, клеевой состав 51-К-37 + 51-К-45, два слоя резины 2110, межфазный слой – клей 51-К-45 и клей ВК-3, первый слой базальтопластика формировался путем спиральной намотки при использовании связующего с отверждающей системой «Этал-450».

Как видно из представленных данных, в среднем предел адгезионной прочности к резине для базальтопластика на 20–70% превосходит аналогичные показатели для стеклопластика. Поэтому в случае комплексного армирования силового слоя трубы стеклянным и базальтовым волокном целесообразно осуществлять намотку внутреннего слоя базальтовым ровингом.

Адгезионная прочность по границе раздела несущего и защитного слоев зависит от адгезионных свойств, состояния и стойкости к внешним воздействиям клеевого слоя. Поэтому для труб (базальтопластиковых №№ 1/2, 1/3, 1/4 и стеклопластиковой № 2/1) были проведены испытания на межслойный сдвиг при различных температурных и атмосферных воздействиях: 20° С и 90° С при прочих нормальных условиях, 130° С при давлении 0,2 МПа в атмосфере перенасыщенного пара. Зависимость предела адгезионной прочности по границе раздела несущего и защитного слоев от температуры представлена на рисунке 2.

- 1 – стеклопластик – резина;
- 2 – базальтопластик – резина

**Рисунок 2 – Зависимость предела адгезионной прочности по границе раздела несущего и защитного слоев от температуры**



Обеспечение достаточной адгезии к стеклопластику и эластичности внутреннего слоя являются взаимно противоположными проблемами. Лучшая адгезия к стеклопластиковому слою обеспечивается химической сшивкой двух материалов, и для этого в качестве футеровки целесообразно применять материал терморезактивной природы. Однако такой материал теряет эластичность при низких температурах, и плюсы двухслойной конструкции трубы теряются. Напротив, лучшую эластичность при низких температурах имеют термопластичные материалы – полиолефины, однако осуществить их химическую сшивку со стеклопластиковой оболочкой проблематично.

Адгезию полиолефина к стеклопластику обеспечивали за счет использования полиолефиновой адгезионно-активной пленки (ААП) толщиной 100–150 мкм с двусторонним модифицированием поверхностей с прочностью склейки не менее 13 МПа [10].

При производственных испытаниях трубы, футерованные адгезионно-активным полиэтиленом, хорошо зарекомендовали себя на прямолинейных

участках трубопроводов. Однако на поворотных участках при повышении силового воздействия транспортируемых сред на стенки трубы имело место истирание футеровки. Кроме того, коэффициент линейного термического расширения полиолефинов на два порядка выше, чем у стеклопластиков, что вызывает появление напряжений в месте соединения футеровочного и конструкционного слоев и, как следствие, к расслоению конструкции трубы, особенно на поворотных участках, где усиливается влияние турбулентности потока.

Эффект истирания адгезионно-активной пленки в условиях воздействия турбулентного абразивосодержащего потока обусловлен механическими свойствами ААП. Адгезионно-активные пленки изготавливают из термопластичных, например полиэтиленовой, полипропиленовой пленки, путем радиационно-химического модифицирования на ускорителях электронов с развернутым пучком. Радиационно-химическое модифицирование снижает прочность пленки на 20%, что существенно снижает эффективность ее использования в качестве материала футеровочного слоя при транспортировке абразивосодержащих сред.

Проведенные нами исследования были направлены на изучение возможности химической сшивки футеровочного слоя со стеклопластиковой оболочкой. В процессе исследования возможностей повышения герметичности и механической прочности эпоксидных стеклопластиков, подвергающихся механическому нагружению, нами установлено [9], что формирование на поверхности наполнителя эластичной фазы сопровождается образованием в граничной зоне полимерной матрицы градиентных структурных слоев, обеспечивающих релаксацию напряжений при термоусадке и облегчающих протекание сдвиговой пластической деформации матрицы. Исследование влияния вида и толщины промежуточной эластичной пленки на границе раздела фаз на адгезионную прочность эпоксидной смолы ЭД-20 к стеклянным волокнам показало, что формирование на поверхности стекловолокна эластичного слоя поливинилбутирала позволяет повысить герметичность труб на 20–30%, предел прочности при статическом изгибе на 20–25%, стойкость к химическим реагентам повышается в 3–4 раза [8].

Результаты исследований эрозионного износа труб в песчаной пульпе представлены в таблице 4. В таблице 5 приведена интенсивность износа труб в циркулирующей абразивной среде.

Эксперимент по износу в солевой пульпе в пересчете на условия эксплуатации (25° С и 2,5 м/с) показывает, что износ стеклопластиковых труб без футеровки в песчаной пульпе для эпоксидного стеклопластика составляет  $12 \cdot 10^{-4}$  мм/год, для модифицированного эпоксидного стеклопластика –  $9 \cdot 10^{-4}$  мм/год. Данные по износу свидетельствуют о высокой абразивной стойкости стеклопластиковых труб по сравнению со стальными, износ которых составляет величины на 3 порядка более высокие.

Таблица 4 – Изменение толщины стеклопластиковой трубы после 10 ч экспонирования в циркулирующей песчаной пульпе при 95°С

Плоскость по высоте трубы	Связующее	
	ЭД-20	ЭД-20 + ПВБ
верх	+ 0,05	0,00
– 20 мм от верха	– 0,02	0,00
низ	– 0,04	– 0,01
+ 20 мм от низа	– 0,03	0,00

**Примечание.** Каждое значение – среднее арифметическое 10 замеров по соответствующему периметру.

Таблица 5 – Интенсивность износа труб в условиях циркуляции абразивной среды

Связующее	Среда	Интенсивность износа			
		$i_{105,84}^*$ мм/час	$i_{95,84}$ мм/год	$i_{95,2,5}$ мм/год	$i_{25,2,5}$ мм/год
ЭД-20	Песчаная пульпа	0,00500	43,8	0,4093	0,0012
ЭД-20 + ПВБ	Песчаная пульпа	0,00400	35,04	0,3275	0,0009

\***Примечание.** Первый индекс соответствует температуре эксперимента, второй – скорости потока.

Полученные результаты могут быть обусловлены образованием химической связи между поливинилацетатом и связующим стеклопластика.

Анализ полученных экспериментальных данных позволяет предположить, что для образования химической сшивки между стеклопластиком и термопластичной оболочкой можно использовать промежуточный слой, способный образовывать химические связи как с термопластичным полимером, так и со связующим стеклопластика. Проведенная нами серия лабораторных экспериментов подтвердила предложенную гипотезу. В качестве термопластичного футеровочного материала был выбран ПВХ, образующий устойчивые химические связи с поливинилацетатом.

После серии экспериментов, проведенных на производственной базе УПП «Нива-Пластик», нами разработан и апробирован в условиях производственной площадки способ изготовления герметичных бипластмассовых труб из композиционных материалов на основе стеклянного волокна. Способ включает формирование футеровочного слоя намоткой на оправку термопластичной пленки и далее формирование стеклопластиковых слоев с последующим отверждением. В качестве термопластичной пленки использовали поливинилхлоридную пленку толщиной 130–160 мкм с нанесенным на обе поверхности эластичным слоем поливинилацетата толщиной 2,0–3,5 мкм. Наличие на поверхности термопластичной пленки слоя поливинилацетата позволяет достичь химической связи между поливинилхлоридной пленкой и связующим

стеклопластика. Кроме того, присутствие слоя эластомера на границе раздела фаз снижает уровень остаточных напряжений.

Предлагаемый способ проиллюстрирован примерами 1–3.

Пример 1. На вращающуюся секторную оправку Ø150 мм станка непрерывной намотки СНИГ-14 наматывали 1 слой с нахлестом в 4 мм поливинилхлоридной пленки толщиной 130 мкм и шириной 35 мм. Перед намоткой на оправку пленку ПВХ пропускали через кювету, заполненную эластомером – спиртовым раствором поливинилбутираля, нагретым до температуры 30–40° С. В результате пленка с обеих сторон покрывалась слоем поливинилбутираля в 2,0 мкм. Толщину покрытия регулировали концентрацией раствора. Перед укладкой витков на наружную поверхность пленки наносили слой эпоксидного связующего ЭД-20 (ГОСТ 10578-84). Поверх термопластичной пленки формировали силовой слой трубы перекрестной намоткой пропитанного тем же связующим стекловолокна с углом намотки 55°. Сформированную трубу отверждали в термокамере.

Пример 2. Изготовление стеклопластиковой трубы осуществляли аналогично примеру 1. В качестве термопластичной пленки использовали поливинилхлоридную пленку толщиной 160 мкм, покрытую поливинилбутиралем толщиной 3,5 мкм.

Пример 3. На вращающуюся секторную оправку Ø150 мм станка непрерывной намотки СНИГ-14 был намотан один слой с нахлестом в 4 мм адгезионно-активной полиэтиленовой пленки (ААП) с двойным модифицированием (ТУ N 6-26-02102332-18-89) толщиной 100 мкм шириной 32 мм с прочностью склейки 13,0 МПа. Перед укладкой витков пленки на их наружную поверхность был нанесен валиком слой эпоксидного связующего марки ЭД-20, затем формировали конструкционный стеклопластиковый слой аналогично примеру 1. Снаружи трубу обмотали слоем пропитанного тем же эпоксидным связующим стекловолокнистого материала марки МПС-А-35 (ТУ 6-11-403-84). Сформированную трубу отвердили.

Результаты испытаний стеклопластиковых труб, полученных по примерам 1–3, приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Результаты испытаний стеклопластиковых труб

Состав герметизирующего слоя	Толщина полимерной пленки, мкм	Толщина слоя поливинилацетата, мкм	Прочность склейки термопластичной пленки, МПа	Свойства труб	
				Прочность на отрыв пленка – стеклопластиковый слой, МПа	Герметичность, МПа
ПВХ-пленка с поливинилацетатным покрытием	130	2,0	9,6	5,4	10,8
То же	160	3,5	10,4	6,8	11,6
Адгезионно-активная полиэтиленовая пленка	100		5,2	2,7	8,5

Анализ результатов испытаний стеклопластиковых труб (таблица 6) показывает, что герметичность труб, изготовленных предлагаемым

способом, увеличивается на 30–40%, соответственно повышается стойкость к химическим реагентам. Повышается надежность и длительная прочность изделий за счет предотвращения преждевременной разгерметизации трубы.

Экспериментальные образцы бипластмассовой трубы, изготовленные по приведенному способу (рисунок 3), установлены на испытания в технологических трубопроводах РУП «Беларуськалий».



**Рисунок 3 – Образцы бипластмассовой трубы, футерованной лентой ПВХ, обработанной поливинилацеталем**

**Заключение.** Разработан способ повышения герметичности и механической прочности эпоксидных стеклопластиков путем модифицирования поверхности стекловолокна поливинилацеталем. Эксперимент по износу в солевой пульпе в пересчете на условия эксплуатации (25 °С и 2,5 м/с) показал, что износ труб без футеровки в песчаной пульпе для эпоксидного стеклопластика составляет  $12 \cdot 10^{-4}$  мм/год, для модифицированного эпоксидного стеклопластика –  $9 \cdot 10^{-4}$  мм/год. Данные по износу свидетельствуют о высокой абразивной стойкости стеклопластиковых труб по сравнению со стальными, износ которых составляет величины на 3 порядка более высокие.

Исследована зависимость адгезионной прочности по границе раздела несущего и защитного слоев бипластмассовых труб от материала

защитного слоя и способа формирования адгезионного контакта и природы наполнителя. Установлено, что в случае комплексного армирования силового слоя трубы стеклянным и базальтовым волокном целесообразно осуществлять намотку внутреннего слоя базальтовым ровингом, поскольку предел адгезионной прочности к резине для базальтопластика на 20–70% превосходит аналогичные показатели для стеклопластика.

Разработан способ изготовления герметичных бипластмассовых труб из композиционных материалов на основе стеклянного волокна, позволяющий осуществлять химическую сшивку несущего и защитного слоев. Герметичность труб, изготовленных предлагаемым способом, увеличивается на 30 – 40% по сравнению с аналогами, футерованными ААП, более чем в 2 раза повышается адгезионная прочность по границе раздела несущего и защитного слоев.

#### Литература

1. Способ изготовления бипластмассовых труб из термопласта и стеклопластика: авт. св. СССР № 193046, кл. В 29 С 53/56, 1967.
2. Труба: пат. 2095676 Росс. Федерации, МПК F 16 L 9/133 / А.Ф. Ларионов; Ф.М. Шарифуллин; И.С. Манушакян; М.И. Ширяев; Р.М. Хачатуров; А.А. Тульников; Н.И. Кобяков; Н.Г. Пермяков; заявитель ЗАО "Композит-нефть". – № 95112315/06; Заявл. 18.07.1995; опубл. 10.11.1997 // <http://ru-patent.info/20/95-99/2095676.html>.
3. Способ изготовления слоистых труб из полимерных материалов: Авт. св. СССР № 1659217, кл. В 29 С 53/56, 1991.
4. Конструкция бипластмассовой трубы: пат. на полезную модель № 30416 Росс. Федерации, МПК F 16 L 9/12, 2003.
5. Способ изготовления бипластмассовых труб: авт. св. СССР № 216241, кл. В 29 С 47/02, 1983.
6. Берлин, А. А. Основы адгезии полимеров / А.А. Берлин, В. Е. Басин. – М.: Химия, 1974. – 390 с.
7. Вакула, В. Л. Физическая химия адгезии полимеров / В. Л. Вакула, Л. М. Притыкин. – М.: Химия, 1984. – С. 12.
8. Колдаева, С. Н. Новые конструкционные и технологические решения при изготовлении трубопроводов из стеклопластика / С. Н. Колдаева // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. – Серыя фізіка-тэхнічных навук. – 2010 – № 4 – С. 26–33.
9. Колдаева, С. Н. Технологические основы формирования труб из терморезистивных полимерных композитов. – Мозырь: Белый Ветер, 2011. – 207 с.
10. Способ изготовления герметичных стеклопластиковых труб: пат. 2015909 Росс. Федерации, МПК В 29 С 53/56 // В 29 L 23:22 / Н.Ф. Лапшин; К.Н. Китаев; С.В. Сабурин; Б.А Ковалев; заявитель Лапшин Н.Ф. – № 5039120/05; Заявл. 21.04.1992; опубл. 15.07.1994// <http://ru-patent.info/20/95-99/2015909.html>.

## Тезаурус

**Композиционные материалы, композиты** – искусственные многокомпонентные материалы, состоящие из основы – **матрицы**, и **наполнителей**, играющих укрепляющую и некоторые другие роли.

**Фазы** – компоненты композита.

**Граничный слой** – граница между компонентами композита.

**Конструкционные материалы** – материалы, из которых изготавливаются детали конструкций (машин и сооружений), воспринимающих силовую нагрузку.

**Футеровка** – специальная отделка для обеспечения защиты поверхностей от возможных механических или физических повреждений.

**Адгезия** (от [лат. adhaesio](#) – прилипание) в [физике](#) – сцепление [поверхностей](#) разнородных твёрдых и/или жидких тел.

**Адгезионная прочность** – характеристика соединения покрытия и подложки, измеряется при нормальном отрыве или касательном сдвиге в единицах силы на единицу площади (МПа), а также при отслаивании – в единицах силы на единицу ширины полосы отслаивания (Н/см).

**Фасонные изделия** – отводы, тройники и другие элементы, предназначенные для соединения труб при строительстве трубопроводов.

**Эластомер** (Elastomer) – под этим термином понимают полимеры, обладающие в диапазоне эксплуатации высокоэластичными свойствами.

**Коррозия** (от [лат. corrosio](#) – разъедание) – это самопроизвольное разрушение [материала](#) в результате химического или физико-химического взаимодействия с окружающей средой.

**Эрозия** – разрушение поверхности материала механическими воздействиями – ударами, трением и т. п.

**Адсорбция** ([лат. ad](#) – на, при; [sorbeo](#) – поглощаю) – повышение концентрации одного вещества (газ, жидкость) у поверхности другого вещества (жидкость, [твёрдое тело](#)).