

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ И ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ КОМБИНИРОВАННЫХ ИЗОЛЯЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ТРУБОПРОВОДОВ БОЛЬШИХ ДИАМЕТРОВ

*И.А. Матлашов (Минэнерго), А.Г. Гумеров,
Г.В. Журавлев (ГУП «ИПТЭР»), С.К. Рафиков (УГНТУ)*

Изоляционное покрытие в целом должно отвечать требованиям ГОСТ Р 51164-98 и ВСН 008-88, а входящие в покрытие конструктивные элементы, кроме того, требованиям ТУ, ГОСТ и технологических регламентов на создание покрытия, включая параметры технологических процессов и максимальное соответствие возможностям существующей и создаваемой ремонтной и строительной техники.

Как уже отмечалось [1], долговечные изоляционные покрытия, тип «Пластобит» и «Армопластобит», используемые при капитальном ремонте магистральных нефтепроводов, имеют ограничения по диаметру ремонтируемого трубопровода. Однако современные технологические возможности предприятий, выпускающих компоненты комбинированных изоляционных покрытий и улучшающих их свойства «под заказ», позволяют расширить диапазон применения этих высокоэффективных покрытий не только в сторону увеличения диаметра трубопровода, но и при строительстве нефте, газо- и продуктопроводов в высокоагрессивных грунтах и на участках повышенной опасности.

Для определения практической возможности применения покрытий типа «Армопластобит» на трубопроводах диаметром от 1020 до 1420 мм были разработаны специальные модель и методика расчета, которые в максимальной степени учитывали все технологические, строительные и эксплуатационные факторы [1]. В результате проведенных расчетов были определены граничные требования к параметрам, которым должно удовлетворять новое покрытие, и осуществлены подбор и испытания его компонентов.

В соответствии с программами испытаний в лабораторных условиях были проверены физико-механические, специальные защитные, технологические и эксплуатационные свойства материалов, образующих конструктивные элементы и готовое комбинированное покрытие для трубопроводов больших диаметров, технические требования к которым были определены согласно [1]. В частности, при испытании мастик использовались следующие методы [2]:

- однородность мастики определялась визуальным осмотром;
- температура размягчения мастики определялась по ГОСТ 11506-73 [3];
- глубина проникания иглы определялась на пенетрометре по ГОСТ 11501-78 [4];
- растяжимость мастики определялась на дуктилометре по ГОСТ 11505-75 [5];
- водонасыщаемость мастики за 24 часа определялась по ГОСТ 9812-74 [6];
- температура хрупкости мастики определялась по ГОСТ 11507-78 [7];
- установившаяся адгезия мастики к стальной поверхности определялась приборным методом по ГОСТ Р 51164-98 [8].

Физико-механические и электрофизические свойства образцов ленты ПВХ определялись по существующей нормативно-технической документации:

- прочность на разрыв и относительное удлинение при разрыве по ГОСТ 14236 [9];
- сплошность (отсутствие пробоя при испытательном электрическом напряжении) в соответствии с руководством по эксплуатации дефектоскопа;
- сопротивление пенетрации (вдавливанию) по ГОСТ Р 51164-98 [8];
- удельное объемное электрическое сопротивление по ГОСТ 6433.2 [10].

По отдельным методикам определялась температура хрупкости образцов ленты и защитные свойства:

- оценка величины адгезии образцов ленты ПВХ к мастичному слою осуществлялась с помощью адгезиметра методом отрыва [8];

- водопоглощение определялось гравитационным методом;

- испытание лент ПВХ на грибостойкость проводилось по ГОСТ 9.048 [11] и ГОСТ 9.049 [12].

Результаты контрольных испытаний основных элементов покрытия представлены в таблицах 1, 2, 3.

Таблица 1 – Динамика изменения физико-механических характеристик мастики «Изобит» по годам производства

Наименование показателей	Годы производства					
	1994	1995	1996	изобит-2М 1997	1998	2000
Температура размягчения, °С	89	86	86	83	80	78
Глубина проникания иглы, 0,1 мм: при 25 °С при 0 °С	27	25	25	31	20	24-25
	13	12	12	15	10	11
Растяжимость при 25 °С, см	5	6	6	5	5,5	5 (до 20см)
Водонасыщаемость, % ч/з 24 часа 1000 часов	0,016	0,03	0,03	0,03	0,05	0,05
	0,22	0,2	0,2	0,26	0,21	0,20
Температура хрупкости, °С	минус 13	минус 10	минус 10	минус 13	минус 10	минус 10

Анализ результатов показывает, что, за исключением температуры размягчения, все остальные показатели качества выпускаемой мастики «Изобитен» достаточно стабильно сохраняют заданные свойства. Температура размягчения мастики по годам ее производства стабильно снижалась с 89 °С до 78 °С, а температура хрупкости и пенетрация имели тенденцию к уменьшению (за исключением 1997 года), т.е. к некоторому незначительному повышению твердости и термопластичности мастики. Это говорит об ухудшении качества битумов в последние годы. Заложенные в конструкцию пленки ПВХ в целом

удовлетворяют требованиям, за исключением температуры хрупкости пленок АО «Каустик». С учетом этого показателя, а также относительного удлинения, для комбинированных покрытий типа «Армопластобит» предлагается использовать пленки ПВХ производства Ново-Куйбышевского завода изоляционных материалов.

Таблица 2 – Физико-механические характеристики пленок

Наименование показателей	Обертка ПЭКОМ 2000 г.	ПВХ «Каустик» 2000 г.	ПВХ «НКЗИМ» 2000 г.	ПВХ «Каустик» 1996-1997г.	ПВХ «НКЗИМ» 1996 г.
Толщина, мм	0,61	0,46	0,42	0,44	0,48
Прочность при разрыве, МПа	11,0	26,0	22,0	20,6	18,2
Относительное удлинение, %	446	255	180	202	166
Диэлектрическая сплошность, кв/мм	4	3 (41,40)	2 (18,80)	-	-
Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом·м	-	$1 \cdot 10^9$	$1 \cdot 10^9$	-	-
Температура хрупкости, °С	-	-20	-40	-	-
Водонасыщенность, % через 24 часа через 1000 часов	0,040 0,076	0,065 0,172	0,165 0,623	0,1 0,12	0,1 ≈ 0,6-1,06

Что касается мастики МБР, то из-за высокой температуры хрупкости она может быть рекомендована к применению только в районах, где глубина промерзания грунта не более 0,5 м, а при базовом нанесении изоляции температура воздуха не ниже +5°С.

Для испытания на сплошность при электрическом пробое и ударную вязкость пленки и покрытие наносились на толстые стальные пластины.

Таблица 3 – Физико-механические характеристики мастик

Наименование показателей	по годам						
	Борислав. завод 1984 г.	Борислав. завод 1986 г.	Борислав. завод 1988 г.	Сызранск. завод 1988 г.	Борислав. завод 1990 г.	Сызранск. завод 1994 г.	Сызранск. завод 2000 г.
Температура размягчения, °С	85	95	89	86	90	90	92
Глубина проникания иглы, 0,1 мм при 25 °С при 0 °С	35	34	30	24	25	18	20
	18	15	14	10	7	9	12
Растяжимость при 25°С, см	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	3,0	3,8-4
Водонасыщаемость, % через 24 часа через 1000 часов	0,02	0,019	0,02	0,05	0,02	0,02	0,02
	0,2	0,22	0,21	0,2	0,23	0,2	0,4
Температура хрупкости, °С	-5	0	-1	-3	-1	-2	-2

В состав покрытия вводится мастика «Изобит», температура при нанесении которой на трубопровод составляет 170°С-180°С. Для подготовки поверхности трубы используется грунтовка ГПБ, пленки ПВХ АО «Каустик» и «НКЗИМ». Общая толщина образцов покрытий составляет от 3,0 до 3,2 мм.

Результаты испытаний на электрическую сплошность пленок и покрытий приведены в таблице 4.

Отдельно изготавливались и испытывались образцы на сдвиговую адгезию по СМ-1 (ГОСТ Р 51164-98) – по всем видам производимых и используемых грунтовок, имеющих мастик и покрытий «Пластобит» и «Армопластобит». Результаты приведены в таблице 5. Наилучшей адгезией обладают покрытия по грунтовкам битумно-бензиновой, ТПН. Адгезия по грунтовкам НК-50 также соответствует требованиям ГОСТ Р 51164-98, а адгезия покрытий по грунтовке ГПБ-1 требованиям ГОСТ не соответствует.

Таблица 4 – Результаты испытаний на электрическую сплошность пленок и покрытий

Толщина пленки, мм	Деление прибора (положение переключателя)	Соответствия норме
Пленки АО «Каучук»		
0,4	2	выдерживает
	3	не выдерживает
0,5	2	выдерживает
	3	не выдерживает
0,46	2	выдерживает
	3	не выдерживает
пленка «НКЗИМ»		
0,48	2	выдерживает
	3	не совсем выдерживает
покрытия с пленкой АО «Каучук»		
0,4	3	выдерживает
	4	в основном выдерживает, но образовавшийся пузырь под пленкой пробивает
	5	не выдерживает
0,5 (толщина покрытия 4 мм)	4	выдерживает
покрытие с пленкой «НКЗИМ»		
толщина покрытия 4 мм	4	выдерживает

Таблица 5 – Усилия сдвига покрытия «Пластобит»
при температуре + 15 – + 20 °С по различным грунтовкам

Тип покрытия	Усилия сдвига, кг/см ²		
	24 часа	72 часа	120 часов
<i>По грунтовке битумно- бензиновой (1:3)</i>			
1. БН-IV	0,8	0,8	0,8
2. БН-V	5,0	5,0	4,8
3. «Изобит»	4,8	5,0	4,8
4. «Пластобит»	5,0	5,0	4,6
5. «Армопластобит»	3,4-4	4,8-5,0	5,0
6. «Полилен» (Новокуйбышевск)	2,1-2,3	-	-
<i>По грунтовке ТПН</i>			
1. БН-IV	-	1,8	1,2-1,4
2. БН-V	4,8	5,0	5,0
3. «Изобит»	4,8	5,0	4,8
4. «Пластобит»	5,0	5,0	5,0
5. «Армопластобит»	5,0	5,2	>5,0
6. «Полилен» (Новокуйбышевск)	1,9-2,2	-	-
<i>По грунтовке НК-50 (Новокуйбышевск)</i>			
1. БН-IV	0	0	0
2. БН-V	0,8	0,2	0,2
3. «Изобит»	-	-	0,4
4. «Пластобит»	1,2-2,8	3,4-4,4	1,4-2,6
5. «Армопластобит»	2,6-3,4	3,6-4,0	2,4
6. «Полилен» (Новокуйбышевск)	3,2 вытягивается пленка	-	-
<i>По грунтовке ГПБ-1 (Вязкость 80 секунд) (Стерлитамак)</i>			
1. БН-IV	-	0,4	0,2
2. БН-V	-	1,6	0,6
3. «Изобит»	0,8	0,8	1,2
4. «Пластобит»	0,8-1,0	0,8-1,4	1,2
5. «Армопластобит»	1,2-1,4	4,0	1,2
6. «Полилен» (Новокуйбышевск)	1,8-2	-	-
<i>По грунтовке «Поликен» (Вязкость 34 сек.)</i>			
1. БН-IV	-	-	-
2. БН-V	-	-	-

3. «Изобит»	-	-	-
4. «Пластобит»	-	-	-
5. «Армопластобит»	-	-	-
6. «Полилен» (Новокуйбышевск)	3,6 (вытягивается пленка)	-	-

Требуемые технологические и эксплуатационные свойства нового покрытия формируются с учетом требований ГОСТ Р 51164-98, ВСН 008-88, зарубежных стандартов, опыта эксплуатации покрытия «Пластобит-40», наработок по покрытию «Пластобит-60» и результатов расчетов по методике, изложенной в [1]. Технические характеристики покрытия приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Требуемые технические характеристики нового покрытия «Армопластобит»

Показатели	Грунтовка полимерно-битумная типа ГПБ-1
Армирующая стеклосетка прочностью в продольном и поперечном направлениях, кгс/2,5 см, не менее	10
Слой пленки ПВХ толщиной, мм, не менее	0,5
Общая толщина покрытия, мм, не более	5,0
Температура хрупкости мастичного слоя, °С, не выше	минус 20
Ударная прочность покрытия, кгс/см ² , не менее	50
Водонасыщаемость, %, не более	0,2
Стойкость к катодному отслаиванию, см ² , не более	5
Адгезия покрытия к стальной поверхности, кгс/см ² , не менее	2
Переходное сопротивление (после нанесения покрытия), Ом·м ² , не менее	1·10 ⁷
Диэлектрическая сплошность. Отсутствие пробоя при электрическом напряжении, кВ на мм толщины покрытия	5
Температура нанесения покрытия, °С	минус 15 до плюс 40
Температура эксплуатации, С	минус 20 до плюс 40

Биостойкость покрытия, баллы, не менее	2
Срок службы покрытия, лет, не менее	35

Основным требованием к конструкции изоляционной машины (комбайна) для нанесения покрытия «Армопластобит» в трассовых условиях является способность наносить покрытие в условиях траншеи за один проход. Для этой цели машина должна быть снабжена механизмами для последовательного нанесения грунтовки, мастичного слоя, армированной стеклосетки и ПВХ пленки, т.е. должен быть создан специализированный изоляционный комбайн, принципиальным отличием которого от предыдущих поколений изолирующих машин является механизм намотки, снабженный штангами различной длины для нанесения одновременно с соответствующим натягом армированной стеклосетки и ПВХ пленки. Конструкция комбайна должна позволять ее использование и в (стационарных) базовых условиях. Требования к характеристикам комбайна изложены в таблице 7.

Таблица 7 – Требуемые технические характеристики изоляционного комбайна

Производительность, м/час	100, 200, 300
Длина комбайна, м, не более	4
Ширина комбайна, м, не более	Диаметр + (2·0,6)
Высота под трубопроводом, м, не менее	0,6
Потребляемая мощность, кВт, не более	30
Общий вес, т, не более	3,2
Численность обслуживающего персонала, чел.	2

Покрытие должно обеспечивать срок службы не менее 35 лет как для трубопроводов, прокладываемых в нормальных условиях, так и для трубопроводов, прокладываемых в особо сложных природно-климатических условиях: в поймах рек, в скальных грунтах, на переходах различного назначения, в том числе на подводных.

Литература

1 Матлашов И.А., Гумеров А.Г., Журавлев Г.В., Рафиков С.К. Моделирование напряженно-деформированного состояния комбинированных изоляционных покрытий магистральных трубопроводов больших диаметров // Нефтегазовое дело, Том 1, 2003.

2 ТУ 5775-065-00147105-2000 «Мастика битумная изоляционная «Изобит».

3 ГОСТ 11506-73 Битумы нефтяные. Метод определения температуры размягчения по кольцу и шару.

4 ГОСТ 11501-78 Битумы нефтяные. Метод определения глубины проникания иглы.

5 ГОСТ 11505-75 Битумы нефтяные. Метод определения растяжимости.

6 ГОСТ 9812-74 Битумы нефтяные изоляционные. Технические условия.

7 ГОСТ 11507-78 Битумы нефтяные. Метод определения температуры хрупкости по Фраасу.

8 ГОСТ Р 51164-98 Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии

9 ГОСТ 14236-81 Пленки полимерные. Метод испытания на растяжение.

10 ГОСТ 6433.2-71 Материалы электроизоляционные твердые. Методы определения электрического сопротивления при постоянном напряжении.

11 ГОСТ 9.048-89 ЕСЗКС Изделия технические. Методы лабораторных испытаний на стойкость к воздействию плесневых грибов.

12 ГОСТ 9.049-91 ЕСЗКС. Материалы полимерные и их компоненты. Методы лабораторных испытаний на стойкость к воздействию плесневых грибов.