

А.М. КЛЕВЦОВ, президент, корпорация «ТемпСтройСистема»;
С.В. ХОХЛОВ, руководитель направления Транспортное строительство,
корпорация «ТемпСтройСистема»

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ НА СДВИГ ПОЛИМЕРНОЙ ГИДРОИЗОЛЯЦИИ «РАББЕРФЛЕКС®-55»

Строительство и ремонт сооружений транспортной инфраструктуры дорогостоящи и трудозатратны. С целью снижения издержек строители ищут возможности применения новых материалов, позволяющих оптимизировать затраты и улучшить качество и долговечность службы дорожной одежды.

Таблица 1.
Основные характеристики гидроизоляционной системы «Рабберфлекс®-55»

№ п.п.	Показатели	Рабберфлекс®-55
1.	Водопоглощение за 24 ч. по массе, %	не более 0,5
2.	Водонепроницаемость за 24 ч., МПа	0,1
3.	Условная прочность при разрыве, МПа	> 3 (30)
4.	Относительное удлинение при разрыве, %	500
5.	Морозостойкость — гибкость без образования трещин на стержне d, мм/°С	10/ -60
6.	Теплостойкость, °С	230 ± 5
7.	Устойчивость к жидким агрессивным средам	Устойчив в кислых, щелочных средах, растворах солей, нефтепродуктах
8.	Среднее напряжение сдвига в системе «бетон — гидроизоляция — уплотняемый асфальт», МПа (кгс/см ²)	0,86 (8,8)
9.	Адгезия на отрыв от поверхности металла, МПа (кгс/см ²)	> 3 (30)
	Адгезия на отрыв от поверхности бетона, МПа (кгс/см ²)	> 2,4 (25)



<http://tempstroy.ru/>

Корпорация «ТемпСтройСистема»®, являющаяся разработчиком, производителем и поставщиком полимерных материалов для гидроизоляции объектов транспортной инфраструктуры и выполняющая работы по гидроизоляции, на своем опыте знает, как важно обеспечить отличное сцепление гидроизоляции с дорожной одеждой. Занимаясь вопросами гидроизоляции на протяжении 25 лет, корпорация «ТемпСтройСистема»® имела возможность провести многочисленные тестирования применяемых материалов и наблюдения за их поведением после нанесения. Практика показала, что именно вопрос сдвиговой стойкости является одним из наиболее проблемных для многих видов полимерных гидроизоляционных систем в связи с тем, что поверхности полимерных покрытий являются гладкими и в условиях отсутствия специального сцепляющего слоя — скользкими. По этой причине асфальт имеет тенденцию к беспрепятственному сдвигу по поверхности гидроизоляции и, как следствие, ускоренному разрушению.

Проанализировав полученные многолетние результаты наблюдений за поведением полимерных материалов, применяющихся в качестве гидроизоляции объектов транспортной инфраструктуры, корпорация «ТемпСтройСистема»® на базе опытно-научной лаборатории владимирского завода «Химсинтез» при научной поддержке НИЦ «Мосты» ОАО ЦНИИС и РосДорНИИ в 2003 году разработала однокомпонентную полиуретановую мастику «Рабберфлекс®-55», на основе которой создала многослойную систему гидроизоляции. Главной задачей разработки системы было создание композиции, которая, как минимум, не уступает по характеристикам материалам известных европейских производителей, но проще и экономичнее в работе.

В табл. 1 представлены основные характеристики гидроизоляционной системы «Рабберфлекс®-55».

В 2015–2016 гг. по заказу корпорации «Темп-СтройСистема®» для экспериментальной проверки предельных сдвиговых усилий покрытия с уплотняемым асфальтобетоном совместно с ЗАО «НП Институт «ИМИДИС» [4] на базе Испытательного центра АО ЦНИИС (к.т.н. Тарасова А.М. и к.т.н. Пряхина Д.В.) была проведена серия испытаний системы гидроизоляции «Рабберфлекс®-55».

В основу экспериментальных исследований легла методика, описанная в работе профессора, д.т.н. Овчинникова И.Г. и др. «Проведение экспериментальных исследований по анализу влияния гидроизоляции и дорожной одежды различных типов на сопротивляемость дорожной одежды сдвиговым деформациям». По причине отсутствия стандартов, регламентирующих процедуру определения напряжений при сдвиге для полимерных гидроизоляционных покрытий, испытания экспериментальных образцов были проведены с применением требований, предъявляемых к рулонным битумно-полимерным гидроизоляциям по ГОСТ Р 55403-2013, ГОСТ 55397-2013, а также оценки значений по зарубежным стандартам (ETAG 033, ASTM D6153-97(2007)).

Для первой серии испытаний были подготовлены образцы на металлических и бетонных подложках, имитирующие металлическую ортотропную плиту и плиту железобетонного пролетного строения мостовых сооружений. На подложках были уложены: гидроизоляционная система «Рабберфлекс®-55» и литой асфальтобетон толщиной 40 мм, а также система «Рабберфлекс®-55» и уплотняемый асфальтобетон тип Б марка 1 толщиной 50 мм.

Основной сложностью при проведении экспериментов являлось обеспечение надежной склейки поверхности асфальта с поверхностью образца бетона, не разрушая асфальтовый слой, соблюдая соосность установки и пресс всего пакета без создания условий,

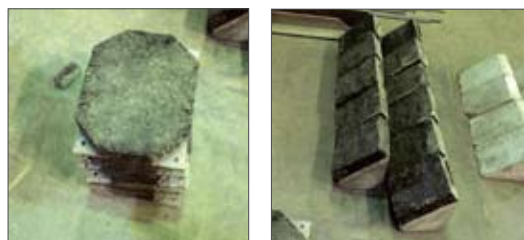


Рис. 1. Подготовка образцов для испытаний

которые могли исказить истинные значения сдвиговых нагрузок. Склеивание образцов было осуществлено специальным отечественным материалом на основе полиметилметакрилата марки «Рабберфлекс ПММА Грунт», который является одним из компонентов в составе тонкослойной дорожной одежды для мостов «Рабберфлекс ПММА».

Испытания проводились с помощью гидравлического пресса с пошаговым увеличением нагрузки (шаг 500 кг). Результаты испытаний приведены в табл. 2 и 3.

Таблица 2.

Результаты испытания на сдвиг гидроизоляционной системы «Рабберфлекс®-55» + литой асфальтобетон на металлической подложке

№ образца	Площадь контакта гидроизоляции с асфальтом, см ²	Максимальная вертикальная нагрузка на образец, кгс	Деформация в плоскости сдвига, мм	Предельное напряжение сдвига, кгс/см ²	Среднее ^{*)} напряжение сдвига, кгс/см ² (МПа)
1	443,5	4980	13,7	7,9	9,3 (0,91)
2	444,2	5500	12,1	8,8	
3	451,5	4500	8,2	7,0	
4	451,3	6700	11,2	10,5	
5	446,3	6360	11,7	10,1	
6	455,6	3500	12,3	5,4	

*) среднее значение получено по четырем наибольшим по сдвигу образцам в соответствии с аналогичными требованиями п. 6 ГОСТ 10180-90

Таблица 3.

Результаты испытания на сдвиг гидроизоляционной системы «Рабберфлекс®-55» + литой асфальтобетон на бетонной подложке

№ образца	Площадь контакта гидроизоляции с асфальтом, см ²	Максимальная вертикальная нагрузка на образец, кгс	Деформация в плоскости сдвига, мм	Предельное напряжение сдвига, кгс/см ²	Среднее ^{*)} напряжение сдвига, кгс/см ² (МПа)
1	290	5400	9,3	13,2	14,0 (1,37)
2	232	4900	9,2	14,9	
3	290	5760	8,1	14,0	
4	290	5340	9,0	13,0	

*) среднее значение получено по трем наибольшим по сдвигу образцам в соответствии с аналогичными требованиями п.6 ГОСТ 10180-90

Среднее значение получено по трем наибольшим значениям в соответствии с требованиями ГОСТ 10180-90.

Разброс значений сдвиговых напряжений для металлического и бетонного оснований можно отнести на счет применения (по условиям изготовления образцов) разных составов литого асфальта, а также в связи с различными площадями контакта гидроизоляции с асфальтовым слоем.

В табл. 4 представлены предельные значения сдвигающих напряжений по контакту гидроизоляции и дорожной одежды, нормируемые российскими и зарубежными стандартами и документами.

Таблица 4.
Предельно допустимые напряжения согласно действующим стандартам и последним исследованиям

Наименование стандарта/документа	Предельное значение сдвиговых усилий, МПа
ETAG 033	0,4
ASTM D6153-97(2007)	0,4
ГОСТ 55403	0,5 (для рулонной гидроизоляции)
Проект СТО ГК «Автодор»	0,3
По методике Овчинникова И. Г.	0,56



Рис. 3. Образцы с гидроизоляцией «Рабберфлекс®-55» и уплотняемым асфальтобетоном

Задача укладки и уплотнения такого слоя асфальтобетона на маломасштабных образцах была решена следующим образом: использовалась обечайка с рабочим диаметром 80 мм, в которой происходило уплотнение с помощью гидравлического пресса под давлением 40,0 МПа с выдержкой 3 мин. Температура при этом составляла 140°C. Описанная схема уплотнения максимально приближалась к реальным условиям укладки асфальтобетона на мостовых конструкциях.

Для создания сдвига асфальтобетона по контакту со слоем гидроизоляции металлическую пластину неподвижно закрепляли на стенде, а цилиндрическую часть образцов в виде столбиков из асфальтобетона помещали в объемлющий хомут с последующим приложением к нему через рычаг сдвигающей нагрузки, создаваемой единичными грузами. Свободная торцевая поверхность асфальтобетонных столбиков нагружалась сжимающей силой, моделирующей воздействие колеса автомобиля интенсивностью около 1,0 МПа. Фиксация сдвиговых перемещений асфальтобетона производилась с помощью индикатора часового типа.

Результаты испытаний показали, что разрушение слоев гидроизоляции для всех образцов происходит по асфальтобетону в его приконтактном с гидроизоляцией

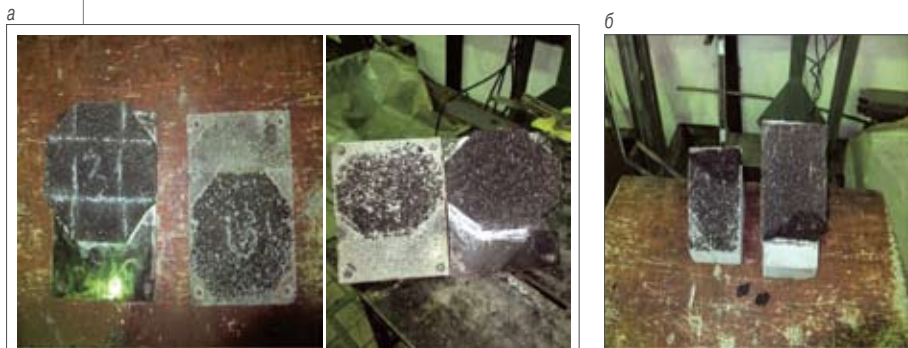


Рис. 2. Плоскости сдвига по контакту гидроизоляции с литым асфальтом: а – металлическое основание; б – бетонное основание

Проведенные исследования показали, что разрушение проезжей части от сдвиговых нагрузок происходит по асфальтобетонному покрытию, как наиболее слабому элементу в составе дорожной одежды, без нарушения сплошности гидроизоляционной системы «Рабберфлекс® -55».

слое (рис. 4) и указывает на то, что предельное сдвигающее напряжение слоев покрытия с гидроизоляцией определяется прочностью на срез асфальтобетона.

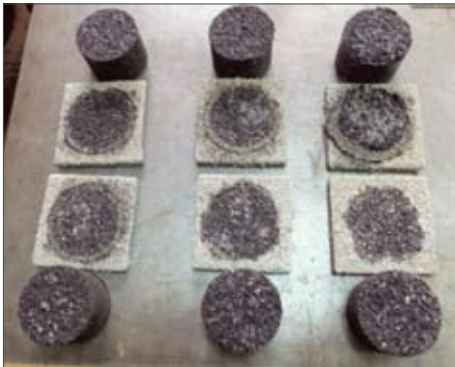


Рис. 4. Плоскости сдвига по контакту гидроизоляции «Рабберфлекс®-55» с асфальтобетоном

Предельное экспериментально полученное при температуре $18 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$ среднее значение сдвигового напряжения гидроизоляции (табл. 5) определяется исключительно прочностью на сдвиг асфальтобетона и превышает установленное ГОСТ 55396 – 2013 максимальное значение сдвигового напряжения по контакту гидроизоляция-подложка равное 0,5 МПа для рулонных битумно-полимерных гидроизоляций мостов, а также предельное значение для аналогичной характеристики по контакту гидроизоляция-подложка, содержащееся в зарубежных нормативных документах равное 0,4 МПа.

В процессе экспериментальных исследований была выявлена однородность упругих свойств покрытия на начальных стадиях нагружения, которая определяется физико-механическими свойствами асфальтобетона, о чем свидетельствует незначительное расхождение между кривыми «сдвигающая сила-деформация» в диапазоне сдвиговых напряжений до 3,0 МПа.

По результатам испытаний было определено, что:

- сдвиговая прочность контакта гидроизоляции марки «Рабберфлекс® – 55» с металлическим основанием и асфальтобетоном показали, что разрушение проезжей части от сдвиговых нагрузок происходит по асфальтобетонному покрытию, как наиболее слабому элементу в составе дорожной одежды, без нарушения сплошности гидроизоляционной системы «Рабберфлекс® – 55»;

- гидроизоляционная система «Рабберфлекс® – 55» соответствует современным отечественным и зарубежным нормативным требованиям, предъявляемым к полимерным гидроизоляционным покрытиям проезжей части мостов. ■

Таблица 5.
Результаты испытания на сдвиг гидроизоляции марки «Рабберфлекс®-55» и асфальтобетона

№ образца	Площадь контакта гидроизоляции с асфальтобетоном, см ²	Максимальная сдвигающая нагрузка на образец, кгс	Деформация в плоскости сдвига, мм	Предельное напряжение сдвига, кгс/см ²	Среднее напряжение сдвига, кгс/см ² (МПа)
1	38,5	340	2,14	8,8	8,8 (0,86)
2	38,5	340	1,58	8,8	
3	38,5	340	6,58	8,8	

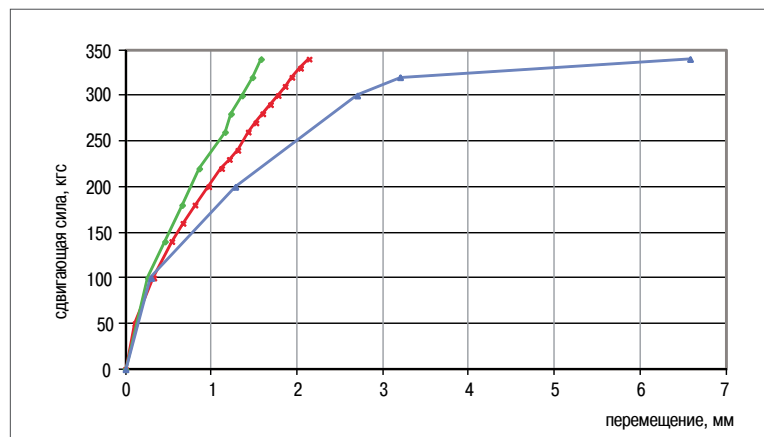


Рис. 4. Диаграмма сдвига асфальтобетона и гидроизоляции марки «Рабберфлекс®-55»

ЛИТЕРАТУРА

- ETAG 033. Guideline for European technical approval “Liquid applied bridge deck waterproofing kits”, July, 2010.
- ASTM D6153-97(2007). Standard Specification for Materials for Bridge Deck Waterproofing Membrane Systems. December, 2007.
- BD 47/99 Waterproofing and surfacing of concrete bridge decks, August, 1999.
- Заключение о результатах научно-исследовательской работы по теме «Проведение испытаний и разработка Заключения о несущей способности на сдвиг контакта гидроизоляции марки «Рабберфлекс-55» с асфальтобетоном и литым асфальтом». ЗАО «Институт «ИМИДИС», 2016;
- Протокол испытаний № 16 от 18.03.2015 г. АО ЦНИИС. М., 2016 г.
- ТУ 5775-001-43176212-2003. Технические условия. Мастики кровельные и гидроизоляционные «Рабберфлекс-21», «Рабберфлекс-55»;
- Рекомендации по применению на автодорожных мостах мастичной гидроизоляции на полиуретановой основе «Рабберфлекс – 55». Приложение А к научно-исследовательской работе ОАО ЦНИИС по теме ИС-2002-753-04;
- Дьяков К.А. Проведение экспериментальных исследований по анализу влияния гидроизоляции и дорожной одежды различных типов на сопротивляемость дорожной одежды сдвиговым деформациям [Электронный ресурс] / Р.М. Черкасов, Е.В. Зинченко, И.Г. Овчинников, 2012 г
- Автомобильные дороги и мосты. Проектирование состава асфальтобетона и методы его испытаний. ФГУП «Информационный центр по автомобильным дорогам». Обзорная информация. Выпуск 6. Москва, 2005 г.