

DOI: 10.25558/VOSTNII.2019.13.3.004

УДК 631.6.02:691.163:691.32:666.97

© И.Я. Ямалиев, 2019

**И.Я. ЯМАЛИЕВ**

заместитель директора по развитию

ООО «Concrete Canvas Russia», г. Москва

e-mail: yamaliiev@ucsr.su

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ «БЕТОННОЕ ПОЛОТНО» ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ РАБОТ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ БЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

*Бетонное полотно «Concrete Canvas» быстро становится популярной альтернативой традиционным методам возведения и восстановления конструкций в гражданском, горнодобывающем, нефтехимическом и сельскохозяйственном секторах производства. Совокупными преимуществами бетонного полотна является увеличение скорости реализации проекта при снижении расходов на доставку материалов, рабочую силу и топливо.*

*В этой статье демонстрируются преимущества бетонного полотна при возведении и восстановлении конструкций, используемых в инфраструктурных проектах. Особый акцент сделан на соображениях, необходимых для обеспечения непроницаемости, прочности конструкций.*

*Конкретный пример использования приведен с целью демонстрации эффективности бетонного полотна по повышению скорости и простоты монтажа.*

Ключевые слова: ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИЕ ЦЕМЕНТНЫЕ КОМПОЗИТНЫЕ МАТЫ, БЕТОННОЕ ПОЛОТНО, ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЕ ПРОИЗВОДСТВО, НЕФТЕХИМИЧЕСКОЕ ПРОИЗВОДСТВО.

### 1. Введение

Бетонное полотно — это относительно новая классификация продукции в области геосинтетических материалов. В производстве бетонного полотна используется высокопрочный цемент в сочетании с геотекстилем и геомембраной для формирования композитного материала. В данном продукте удалось соединить свойства традиционно гибкой геосинтетики и жесткого армированного бетонного покрытия.

Сокращая разрыв между гибкими и жесткими системами, технология бетонного полотна теперь позволяет ориентироваться на рынок, ранее изолированный от традиционной геосинтетики. Замена двух или более обычных систем одним составным слоем

приводит к значительным преимуществам для осуществимости проекта с точки зрения времени, простоты установки и общих затрат по проекту.

В этой статье освещаются технологические достижения, полученные при разработке бетонного полотна, а также продолжающееся развитие и тестирование продукта. В документе рассматриваются не только характеристики материала, полученные при испытаниях, но также подробно описывается конкретный проект, ориентированный на эффективность и преимущества данной технологии. Однако, чтобы продемонстрировать возможности материала, сначала необходимо понять два формата продукта, доступных в настоящее время на рынке.

### 1.1. Бетонное полотно (СС)

Бетонное полотно «СС» (Concrete Canvas) — это гибкий, рулонный композит с цементным наполнителем, который затвердевает при гидратации, образуя тонкий, прочный, армированный волокнами и водостойкий слой бетона заданной формы и толщины. Он сочетает в себе высокие прочностные характеристики бетонных конструкций, практичность монтажа рулонных материалов и гидроизоляционные свойства полимерных геомембран. Полотно «СС» обычно используется в качестве защитного покрытия поверхностей для контроля температурной, солнечной, водной и ветровой эрозии, при облицовке каналов, укреплении берегов и склонов, для восстановления бетонных конструкций. Бетонное полотно «СС» поставляется в трех размерных классах: СС5, СС8 и СС13. Обозначение относится к номинальной толщине материала в миллиметрах.

### 1.2. Бетонное полотно Гидро (ССН)

Бетонное полотно «ССН» — это новый продукт компании Concrete Canvas. Он сочетает запатентованную технологию композитного материала с цементным наполнителем с химически стойкой геомембраной очень низкой проницаемости. Двухканальный воздушный канал на соединительном шве позволяет проверить на месте швов на герметичность с гарантированным качеством. Полотно включает в себя сварочную полосу, позволяющую термически фиксировать соединительные стыки трехслойным сварным швом за один проход. «ССН» обычно используется в задачах обеспечения защитного противofильтрационного покрытия и восстановления гидротехнических сооружений. «ССН» поставляется в двух классах ССН5 и ССН8. Обозначение относится к номинальной толщине в миллиметрах.

## 2. Описание материала

### 2.1. Что такое бетонное полотно

Бетонное полотно — это гибкая, пропитанная цементной смесью ткань, которая затвердевает при гидратации, образуя тонкий, прочный и непроницаемый слой бетона.

Структура материала состоит из:

- верхнего гидрофильного тканевого слоя из туго связанных полиэстеровых нитей;
- трехмерной армирующей сетчатой матрицы, заполненной специальной высокопрочной цементной смесью;
- ПВХ основы низкой проницаемости.

### 2.2. Гидратация бетонного полотна

Бетонное полотно увлажняется путем распыления или полного погружения в воду. Качественные характеристики материала и его конечные свойства не зависят от качества воды для гидратации. Например, в качестве увлажняющего агента можно использовать соленую воду. Требуется минимальный коэффициент гидратации 1:2, соответствующий 500 мл воды на каждый килограмм установленного материала. Гидрофильная верхняя поверхность гарантирует, что вода быстро и равномерно впитывается в нижележащую цементную смесь, сводя потери от испарения к минимуму.

### 2.3. Свойства бетонного полотна

Бетонное полотно — это уникальное объединение различных геосинтетических продуктов. Как многокомпонентный материал бетонное полотно демонстрирует полезные технические свойства каждого из компонентов продукта, а именно:

- Гидрофильная верхняя поверхность из полиэстера обеспечивает герметичность цементного раствора при транспортировке и монтаже. Он также способствует впитыванию воды в процессе гидратации и минимизации испарения при затвердевании цементной смеси.
- Полиэфирные армирующие волокна обеспечивают плотную трехмерную упрочняющую матрицу, которая улучшает прочность на разрыв, предотвращает распространение трещин после схватывания цементной смеси, а также увеличивает прочность на изгиб.
- Вяжущая смесь обеспечивает прочность на сжатие, износостойкость, истирание, стойкость к атмосферным осадкам, устойчивость к УФ излучению в течение всего срока службы бетонного полотна.
- Подложка из ПВХ обеспечивает непроницаемый для агрессивных сред барьер.

## 2.4. Конкурентные преимущества

Бетонное полотно обычно конкурирует с обычным монолитным или сборным бетоном по отдельности или в сочетании с геомембраной. Таким образом, составная конструкция бетонного полотна имеет значительные преимущества по сравнению с этими традиционными решениями.

### 2.4.1. Логистические преимущества

Бетонное полотно упаковано и поставляется в рулонном формате. Конфигурация упаковки позволяет доставлять значительные количества в одной партии. Бетонное полотно также может поставляться в виде переносных рулонов или больших рулонов, требующих подъемного оборудования (рис. 1).

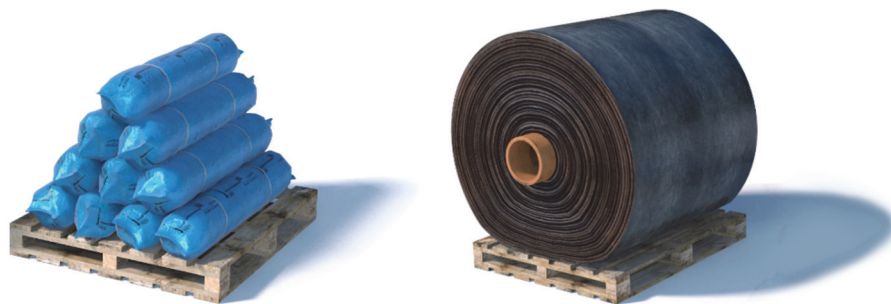


Рис. 1. Переносные рулоны до 10 м<sup>2</sup>/рул, большие рулоны до 200 м<sup>2</sup>/рул

В приведенной ниже таблице приводится сравнительная таблица логистических преи-

муществ модификации полотен «СС» и «ССН» по сравнению с обычными решениями.

Таблица 1

Сравнение веса используемого бетонного полотна различной толщины с монолитным бетоном

Тип	Ширина рулона (м)	Масса на 1 кг (кг/м <sup>2</sup> )	Размеры компактных рулонов			Размеры больших рулонов			Монолитный бетон (2400 кг/м <sup>3</sup> )	
			Длина, пог.м.	Площадь (м <sup>2</sup> )	Вес (кг)	Длина, пог.м.	Площадь (м <sup>2</sup> )	Вес (кг)	Толщина слоя (мм)	Вес (кг)
СС5	1,0	7,0	10	10	70	200	200	1400	75	36000
СС8	1,1	12,0	4,5	5	60	113	125	1500	100	30000
СС13	1,1	19,0	-	-	-	73	80	1520	150	28800
ССН5	1,0	9,0	-	-	-	150	150	1350	75	36000
ССН8	1,0	14,0	-	-	-	100	100	1400	100	30000

### 2.4.2. Скорость монтажа

Скорость монтажа бетонного полотна значительно выше по сравнению с обычными одно- или многослойными альтернативными решениями. При применении бетонного полотна происходит одновременный монтаж слоя геомембраны и жесткого бетонного слоя, армированного волокном. Такие действия, как укладка геомембраны, возведение опалубки, монтаж стальной армирующей системы, заливка бетона, уплотнение и остывание раствора, исключаются. Кроме того, геомембрана защищена армирующей структурой над ней во время установки, что снижает риск прокола.

Бетонное полотно разворачивается, фиксируется, увлажняется во время установки и стремительно набирает прочность. В результате компоновки «все в одном» строительная инфраструктура может быть использована в течение короткого времени.

### 2.4.3. Однородность материала

Отклонения от требуемых допусков на объем и толщину слоев для торкретбетона и монолитной заливки значительно выше, чем у бетонного полотна. При большой площади заливки любое отклонение от требуемых допусков обычного бетона приводит к значи-

тельным материальным потерям и, в конечном итоге, к увеличению стоимости. Для бетонного полотна этот риск снижается за счет точного соответствия толщины материала заявленным в технических условиях величинам для каждого класса продукции.

#### 2.4.4. Разработка вариантов продукта

Характеристики бетонного полотна постоянно развиваются и совершенствуются, и могут быть адаптированы к индивидуальным потребностям проекта.

В дополнение к этому имеется возможность создавать улучшенную эстетическую привлекательность изменения цвета поверхности пигментацией гидрофильной поверхности.

Одной из самых последних разработок «Конкрит Кэнвас» является возможность изготовления на заказ более широких полотен. Это не только увеличивает эффективную скорость монтажа, но также уменьшает требуемое количество соединений.

### 3. Тестирование бетонного полотна

Проведение испытаний для композитных материалов является достаточно сложной за-

дачей. Кроме того, состояние бетонного полотна до гидратации принципиально отличается от состояния после гидратации. Методы испытаний должны быть тщательно установлены и выбраны для определения индивидуальных и составных свойств бетонного полотна. Ниже перечислены основные методы испытаний, которые считаются применимыми к данному материалу, и их результирующие значения.

#### 3.1. Испытание на растяжение

Испытания полотна на растяжение проводились как до, так и после гидратации. Наиболее важным состоянием для бетонного полотна для конечного применения является состояние после гидратации.

Были отобраны образцы размером 300 мм в длину и 100 мм в ширину. Два 25-миллиметровых горизонтальных паза были вырезаны с каждой стороны образца, чтобы уменьшить ширину тестируемого образца до 50 мм и гарантировать, что в этой области происходит разрыв при растяжении. Скорость растяжения тензометра составила 50 мм/мин (табл. 2).

Таблица 2

Предел прочности при растяжении полотна различной толщины

	Начальная прочность на разрыв (кН/м)		Предельная прочность на разрыв (кН/м)	
	Продольное	Поперечное	Продольное	Поперечное
CC5	6,7	3,9	24,3	12,8
CC8	8,6	6,6	37,6	22,2
CC13	19,5	12,9	43,8	26,1

Результаты испытаний на растяжение демонстрируют некоторые интересные свойства бетонного полотна. По существу, на графике зависимости напряжения от деформации изображены три фазы:

- Упругая фаза: при увеличении нагрузки происходит начальные деформации в цементном компоненте материала.

- Фаза пластичной деформации. По мере увеличения нагрузки и микротрещин цементного компонента, волокнистая арматура воспринимает напряжение и соответственно деформируется. Эти волокна постепенно раз-

рушаются по мере того, как растрескивание распространяется через матрицу.

- Фаза окончательного разрыва: когда предел прочности волокон в сочетании с геомембраной превышен, композит окончательно разрывается.

Следует отметить, что бетонное полотно деформируется пластично без типичных для обычных бетонных конструкции внезапных разрушений, как показано на графике ниже. Внутренний армирующий слой позволяет хорошо распределять по площади разрывающее напряжение.

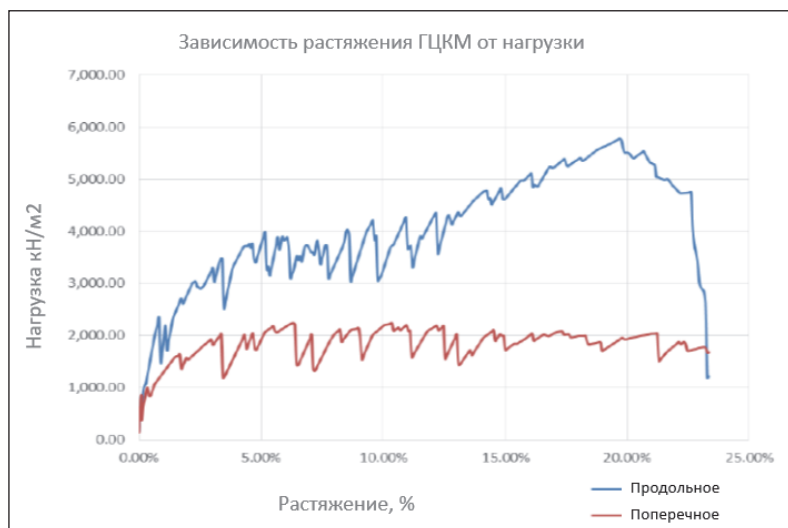


Рис. 2. Типичное распределение напряжения: график деформации затвердевшего полотна

### 3.2. Сопротивление проколу

Целью испытания является оценка устойчивости полотна к прокалыванию острым предметом в соответствии со стандартом ASTM F1306-16: «Стандартный метод испытаний на сопротивление низкоскоростному проникновению гибких барьерных пленок и

ламинатов». В тесте используются образцы размером 76 x 76 мм. Опубликованные результаты испытаний сравниваются с результатами обычных геомембран, используемых в типичных применениях при устройстве противодиффузионных экранов (рис. 3).

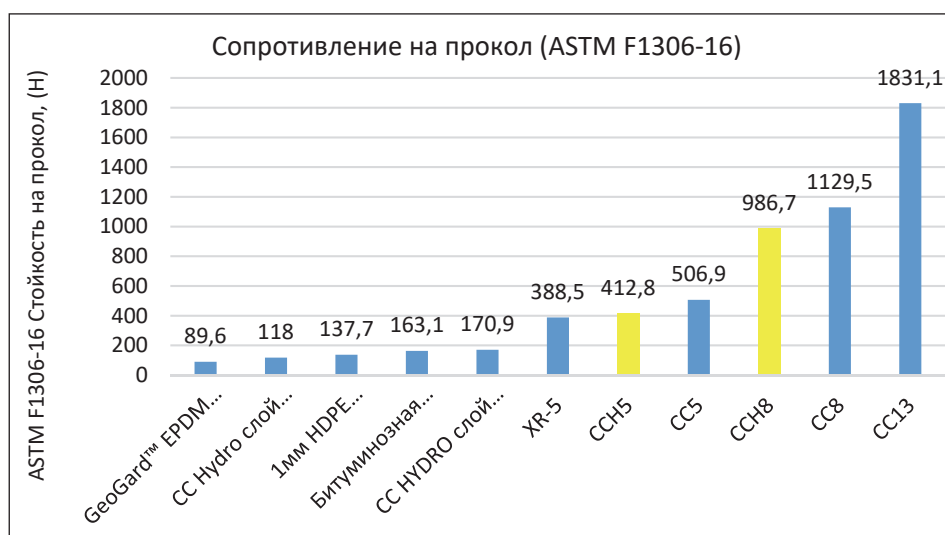


Рис. 3. Сравнение прочности на прокол в соответствии со стандартом ASTM F1306-16

Как и в результатах испытаний на растяжение, очевидно, что все типы бетонного полотна, в частности Гидро «ССН», испытывают очень похожие характеристики разрыва при пробойной нагрузке. На графике ниже (рис. 4) показаны режимы упругости,

нагрузки и разрыва. Кроме того, стойкость к проколу, по сравнению с обычной геомембраной, значительно улучшается благодаря наличию твердого армированного волокнами цементирующего слоя.

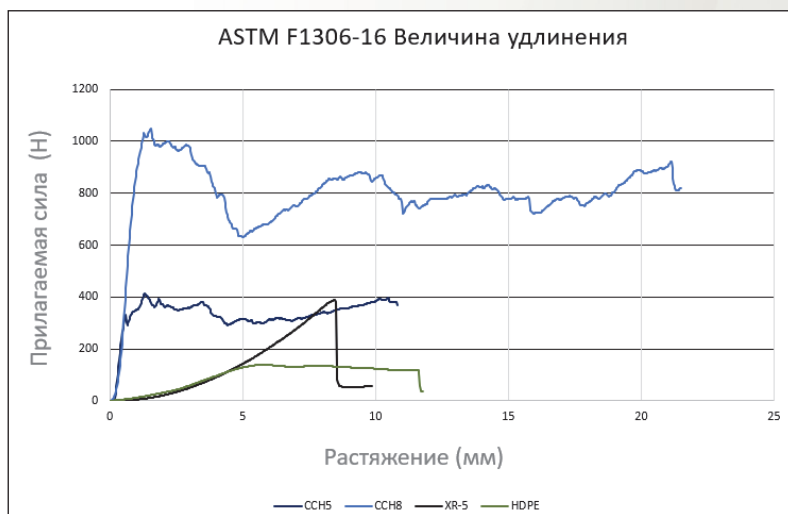


Рис. 4. Величина удлинения в зависимости от прокалывающей нагрузки по ASTM F1306-16

### 3.3. Изгибающая деформация и сопротивление сдвигу

Испытания бетонного полотна на изгиб и сопротивление сдвигу были разработаны для определения способности противодействовать дифференциальному движению грунта, характерному для большинства применений. Испытания проводились на образцах размером 200 x 200 мм, аналогичных тем, которые использовались при испытаниях на растяжение при нагрузке, перпендикуляр-

ной поверхности материала.

Точка перелома и разрушения при сдвиге под нагрузкой была ниже в ориентации по ширине и, следовательно, это было решающим фактором, определяющим возможности бетонного полотна. Кроме того, было определено, что прочность ССН значительно выше, чем у СС, из-за увеличенной толщины и наличия усиливающей сетки в подложке из ПВХ (рис. 5 и 6).

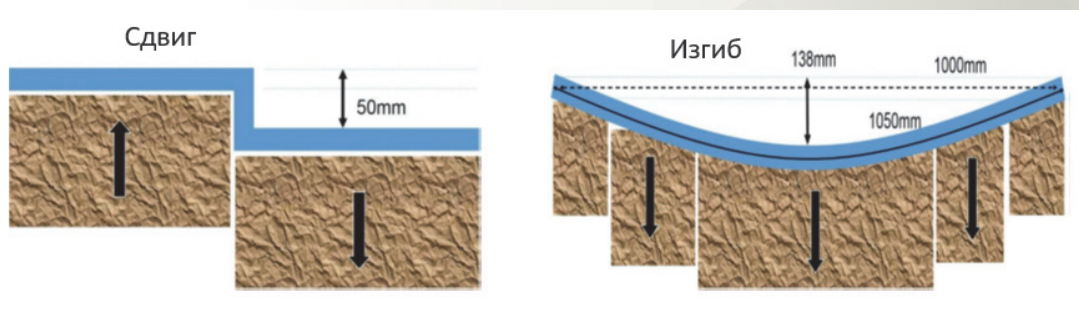


Рис. 5. Усилие сдвига и изгиба полотна «СС»

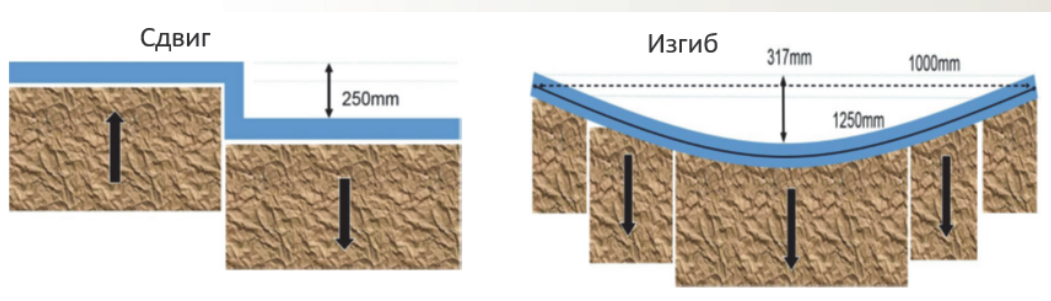


Рис. 6. Усилие сдвига и изгиба полотна «ССН»

### 3.4. Испытание на проницаемость

Проницаемость бетонного полотна была испытана в соответствии с BS 1377: часть 6: пункт 6: 1990. Коэффициент проницаемости модификации «СС» составил:  $k = 1 \times 10^{-8}$  м/с. Испытание модификации «ССН» проводилось на более строгих требованиях, предназначенных для противофильтрационных сооружений, особенно в нефтехимической промышленности. Проницаемость «ССН» была определена для агрессивных жидкостей. Результаты испытаний приведены в табл. 3. Испытания проводились при воздействии постоянного напора, эквивалентного 1 м воды, при 20°C.

Таблица 3  
Коэффициент проницаемости ССН по BS 1377

	Проницаемость (м/с)
Вода	$7.5 \times 10^{-13}$
Дизельное топливо	$1.6 \times 10^{-12}$

### 3.5. Химическая стойкость

Химическая стойкость бетонного полотна была проверена в соответствии с BS EN 14414: 2004 «Метод испытаний геосинтетических материалов для определения химической стойкости на полигонах захоронения отходов».

После погружения и насыщения образцов бетонного полотна в:

- кислоты (pH 1.0) — серная кислота;
- щелочь (pH 13.0) — гидроксид натрия;
- углеводороды (35 % дизельного топлива, 35 % парафина и 30 % смазочного масла).

Образцы бетонного полотна были испытаны для определения сохраняемой прочности на изгиб (рис. 7).

Испытания на химическую стойкость полотна «СС» проводились погружением образцов материала на 56 дней при температуре 50°C. Также проведены испытания геомембранного слоя «ССН» в течение 14 дней на воздействие бензина и дизельного топлива.

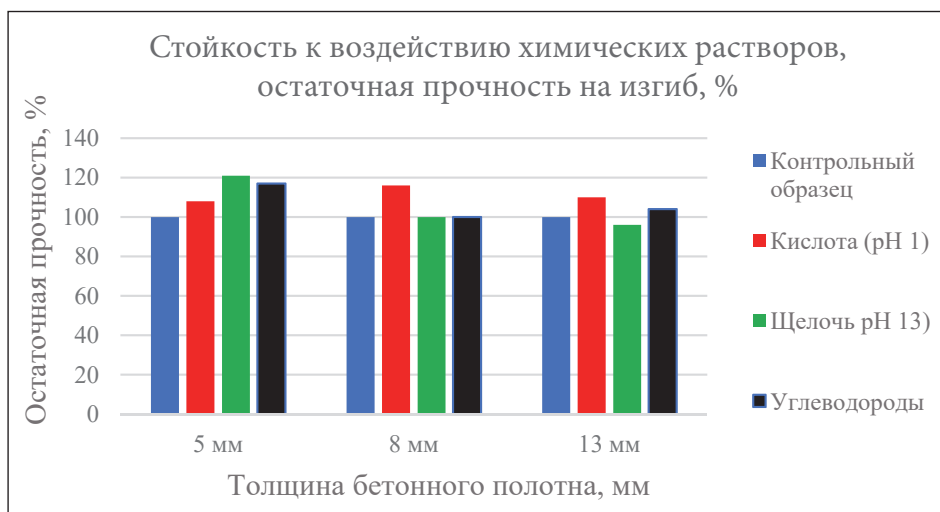


Рис. 7. Остаточная прочность бетонного полотна на изгиб на воздействие к химическим растворам

Основным эффектом воздействия дизельного топлива на геомембранный слой ССН в течение 14 дней является увеличение удлинения при разрыве на 35 %. Существуют также небольшие, но измеримые изменения размеров, в том числе незначительное увеличение веса (~ 1 %) и толщины (~ 1 %).

Основным эффектом воздействия бензина на геомембранный слой ССН в течение 14 дней является небольшое снижение пре-

дела прочности при растяжении на 6,8 %. Существуют также небольшие, но измеримые изменения размеров, в том числе незначительное уменьшение веса (~ 6 %) и увеличение толщины (~ 5 %).

Принимая во внимание вышеупомянутые факторы, геомембранный слой должен продолжать работать в качестве защитной оболочки после 14-дневного воздействия дизельного топлива и бензина.

### 3.6. Стойкость к истиранию

Испытания бетонного полотна на стойкость к истиранию проводились в соответствии с ASTM C – 1553 с использованием абразивного оборудования Taber 5150. Результаты испытаний показали, что эксплуатационные характеристики превышают характеристики обычного портландцемента (Milliken, 2014).

### 3.7. Срок эксплуатации

Испытания на долговечность бетонного полотна проводились методом имитации условий, присутствующих в естественной среде, а именно тепла, холода, влажности,

сушки, смачивания, замораживания и оттаивания. Испытания проводились в соответствии с BS EN 12467: 2004 и достигли статуса категории А «Устойчивость к атмосферным воздействиям», самого высокого уровня атмосферостойкости для листов из фиброцемента (табл. 4). На основании этих результатов можно ожидать, что бетонное полотно модификаций «СС» и «ССН» будет противостоять нормальному атмосферному воздействию в течение как минимум 50-летнего срока службы под открытым небом в климате Великобритании (Concrete Canvas, 2015).

Таблица 4

Сводная информация о требованиях к испытаниям на долговечность для ожидаемого срока службы в течение 50 лет (Kastoumis, 2016)

Требования к среде и физические характеристики	Классификация	Требования	Результат
Объемная плотность затвердевшего бетонного полотна	н/д	> 1900 кг/м <sup>3</sup>	Пройден
Прочность на изгиб	Класс 1	4 – 7 МПа	Пройден
Непроницаемость для воды	Категория А	Непроницаемый	Пройден
Теплая вода (60 ± 2) °С	Категория А	(56 ± 2) дня	Пройден
Требования к долговечности			
Увлажнение-высушивание: 6 часов высушивание при (60 ± 5) °С и 18 часов погружение в воду > 5 °С (20 ± 4) °С	Категория А	50 циклов	Пройден
Замораживание-оттаивание: 1 – 2 часа при (-20 ± 4) °С замораживание и 1 – 2 часа погружение в воду при (+20 ± 4) °С	Категория А	100 циклов	Пройден
Нагрев-дождь: 2 ч 50 мин ± 5 мин разбрызгивание водой и 2 ч 50 мин ± 5 мин тепловое излучение	Категория А	50 циклов	Пройден

### 3.8. Стойкость к гидравлическому потоку

Определение стойкости бетонного полотна гидравлическому потоку было проведено в соответствии с ASTM D6460 «Стандартный метод испытаний для определения характеристик материала для защиты от эрозии, защите грунтовых каналов от ливневой эрозии» (Milliken, 2013). Результатами испытаний установлено, что:

- значение коэффициента Мэннинга для бетонного полотна составило 0,011, что примерно эквивалентно значению выравненной деревянной рейкой бетонной поверхности;
- сдвигающая нагрузка 1200 Па, возникающая при максимальной скорости потока 10,7 м/с, на установленные в лотке образцы бетонного полотна воздействия не оказала, а также не было никаких признаков разрушения швов, движения отрезков полотна или эрозии под покрытием.



### 3.9. Методы контроля качества на месте

До настоящего времени было трудно использовать стандартные методы полевых испытаний, используемых для геомембран или обычного бетона для проверки качества бетонного полотна. Те методы, которые были адаптированы для характеристик полотна, также являются либо разрушающими, либо осуществляются на образцах за пределами площадки.

В связи с этим компания Concrete Canvas Ltd разработала стандартное руководство пользователя «Обеспечение качества строительства» на основе ASTM C803 для неразрушающего контроля полотен «СС» и Гидро «ССН». Принципиальное значение имеет использование системы штифтов (WPS), которая быстро и точно измеряет прочность покрытия из бетонного полотна. Этот метод тестирования также гарантирует, что бетонное полотно может быть протестировано на достаточную гидратацию.

Руководство пользователя содержит:

- инструкцию по применению;
- руководство по измерению глубины;
- оценку измерений;
- требования к корректирующим действиям в случае неудачных испытаний.

Вся определенная информация может быть сведена в таблицу на стандартном контрольном листе для удобства ведения учета (Concrete Canvas Ltd. 2017).

## 4. Методы соединения и фиксации

По мере того, как сфера применения бетонного полотна расширяется и становится все более популярной, методы соединения и фиксации отдельных отрезков полотна между собой становятся более важными с точки зрения выбора и соответствия требуемым характеристикам эксплуатации покрытия. Бетонное полотно, имеющее конечную ширину, требует тщательного выбора метода фиксации с учетом их применения при:

- ветровой нагрузке;
- требованиях по герметичности;
- сопротивлению истиранию;
- ударопрочности;

- условиях прилегания к основанию;
- скорости и типах потока;
- уровне навыков установки.

С началом производства модификации Гидро «ССН» и использованием бетонного полотна в качестве противофильтрационного экрана, особенно в нефтехимической промышленности, возникла необходимость в надежных методах соединения, которые относительно просты с точки зрения монтажа и в то же время сертифицированы. Наличие геомембранного компонента в бетонном полотне позволяет проводить тепловую сварку и создавать соединение, которое можно проверить на соответствие стандартным нормам, таким как ASTM D-7177.

Тепловое соединение стандартной модификации «СС» также возможно с рекомендованными руководящими положениями, предоставленными «Concrete Canvas» Это позволяет использовать обычный тип полотна «СС» в защитных оболочках, где химическая стойкость к агрессивным средам не является критической, например, в обычных системах удержания или отстоя воды (рис. 8).

Таким образом, отдельные отрезки бетонного полотна могут быть зафиксированы между собой механическим способом, склеены клеем, термически скреплены методами, изложенными в руководствах Concrete Canvas.

## 5. Позиционирование бетонного полотна на рынке геосинтетических материалов

Являясь композитным материалом, бетонное полотно напрямую конкурирует с обычными геомембранами и бетоном (рис. 9). Модификации «СС» или «ССН» могут быть выбраны на основе требуемого уровня проницаемости конструкции. Очень низкий уровень проницаемости для «ССН» в сочетании с прочностью и долговечностью верхнего слоя из армированного бетона позволяет отказаться от использования традиционных многослойных систем в защитных конструктивных системах. Аналогичным образом, в тех случаях, когда проницаемость покрытия не является критическим определяющим фактором, модификация «СС» будет по-прежнему обеспечи-

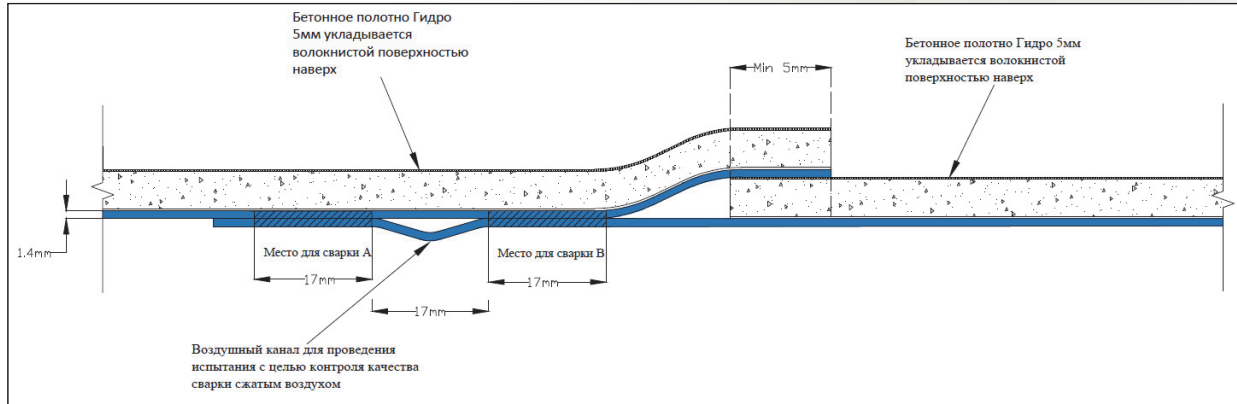


Рис. 8. Термическая сварка бетонного полотна «ССН»

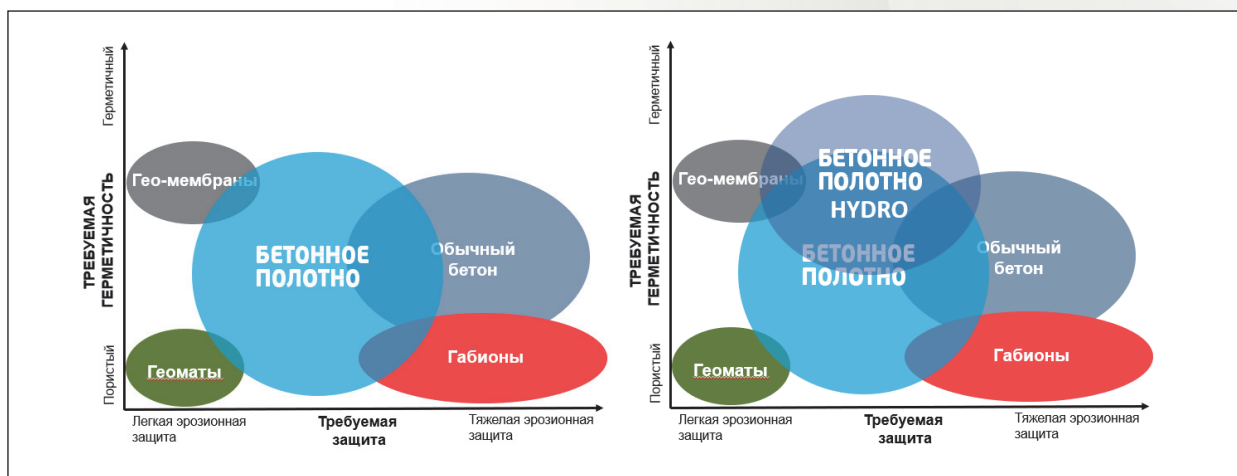


Рис. 9. Позиционирование бетонного полотна СС на рынке строительных решений

вать высокую степень устойчивости к эрозии и истиранию, в то же время достигая разумной степени непроницаемости.

На приведенном выше графике с левой стороны показано, где можно использовать модификацию «СС» по сравнению с традиционными решениями, обеспечивающими определенный уровень непроницаемости и защиты. Правый график демонстрирует дополнительную непроницаемость «ССН» по сравнению с традиционными конструкциями.

## 6. Использование бетонного полотна для восстановления поврежденных конструкций

Восстановление существующей инфраструктуры стало серьезной проблемой для частных и государственных компаний, как с точки зрения времени, так и затрат. Важно при этом оставаться не только в рамках выде-

ленного бюджета на проведение ремонта, но и следить за тем, чтобы проводимые работы по обслуживанию и модернизации оказывали минимальное влияние на функционирование этих объектов. Бетонное полотно отвечает указанным этим критериям, обеспечивая общую экономию затрат на проект, простоту ремонта и быстрый монтаж.

Приведенный ниже пример дает некоторое представление о целесообразности и преимуществах использования бетонного полотна.

### 6.1. Горнодобывающий сектор (анализ применения при ремонте гравитационного сгустителя)

Гравитационные сгустители на руднике Еххаро Grootegeluk в Лефалале, Южная Африка, играют ключевую роль в рециркуляции воды. Резервуары используются для осаждения мелкой фракции руды, образовавшейся в

результате дробления и измельчения. Чтобы продлить срок их эксплуатации и обеспечить эффективное функционирование, четыре таких резервуара в рамках программы технического обслуживания было решено отремонтировать: два диаметром 70 м и два диаметром 50 м (рис. 10).

Для проведения технического обслужи-

вания такого рода у шахты в каждом году имеется возможность выделения 3-недельного «окна». В дополнение к этому важно, чтобы очищенная вода оставалась доступной в течение этого периода. По этой причине только один резервуар в год может останавливаться для ремонта, в то время как другие три должны находиться в работе.



Рис. 10. Фрагмент гравитационного сгустителя 70 м до удаления осадков мелких фракций (предоставлено Concrete Canvas Ltd, 2016)

В течение 3-недельного срока требовалось осушить резервуар, удалить осадок, восстановить и уплотнить верхний гравийный слой перед проведением футеровки. Первоначальным проектом предполагалось, что восстановление дна резервуара будет осуществляться путем монтажа противодиффузионного слоя из геомембраны и последующей укладки противоизносного слоя из бетонных плит.

Качественный ремонт резервуаров площадью около 4000 м<sup>2</sup> менее чем за 3 недели, является основной проблемой этого традиционного решения. Геомембрану следовало уложить, приварить и закрепить перед заливкой бетона. Температура окружающей среды внутри резервуара часто превышает 40°C, что создает дополнительные проблемы при заливке и затворении обычного бетона. С периодом вывода объектов в ремонт, установленным с середины ноября, также существует риск

сильных дождей, которые также могли поставить выполнение программы под угрозу.

Приняв во внимание требования к функциональности и ограничения по времени, руководством компании было решено использовать технологию восстановления пола дна резервуара бетонным полотном ССН8 Гидро толщиной 8 мм. Использование бетонного полотна позволяет использовать преимущества геомембран и прочность бетонных конструкций. Наличие сварной полосы и полых каналов по кромке полотна ССН8 обеспечивает возможность испытания сварного соединения на месте проведения для работ с гарантированным качеством.

Ткань, пропитанная цементным составом, твердеет при гидратации, образуя долговременную защиту геомембраны от проколов, истирания, атмосферных воздействий и ультрафиолетового излучения. Прочный верх-

ний слой ССН8 устраняет необходимость в верхнем покрытии из бетона, которое обычно требуется для традиционных решений при футеровке поверхности. ССН8 также обеспечивает быстрый монтаж и стремительный

набор прочности (рис. 11).

Несмотря на достаточно сложную форму резервуара, гибкость бетонного полотна позволила уложить покрытие без перегибов и ряби.



Рис. 11. Разворачивание бетонного полотна «ССН8» (предоставлено Concrete Canvas Ltd, 2016)

Для проектов такого рода с малой продолжительностью крайне важно, чтобы планирование осуществлялось тщательно.

ССН8 поставляется в рулонах по 100 погонных метров весом примерно 1,5 тонны на рулон. Эти рулоны были подняты в резервуар с применением подъемного оборудования. После развёртывания и ориентации проводится термическая сварка геомембранного слоя полотен и проверяется герметичность

сварного шва (рис. 12). После завершения сварки ССН8 производится гидратация верхнего слоя. После гидратации бетонное полотно сохраняет гибкость в течение 1–2 часов в зависимости от температуры окружающей среды. Прочность готового покрытия на сжатие ССН8 составляет 40 МПа, и 80 % от этого значения обычно достигается в течение первых 24 часов.

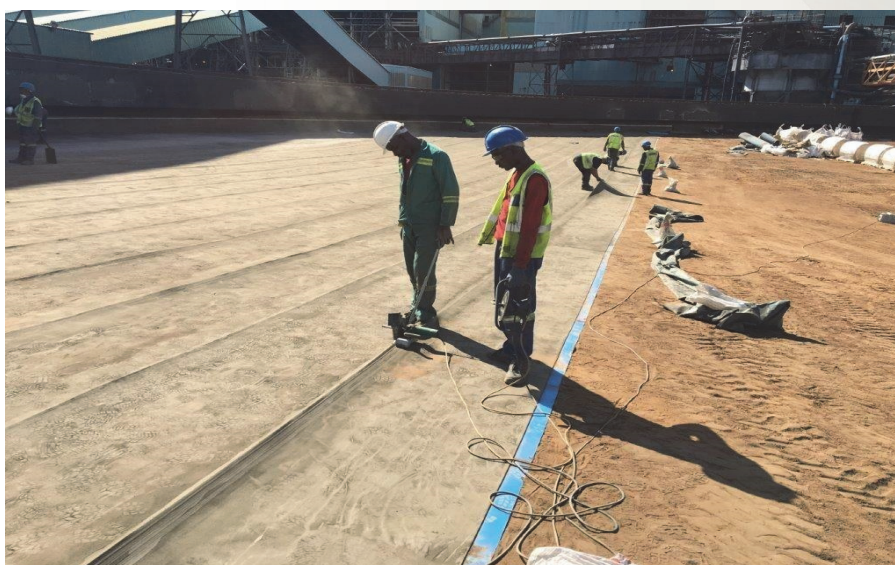


Рис. 12. Тепловое соединение отрезков «ССН8» (предоставлено Concrete Canvas Ltd, 2016)

Во время установки прошли несколько значительных грозовых ливней. Дождь способствовал гидратации ССН8, и связанных с этим потерь времени не было. ССН8 может укладываться в неблагоприятных погодных условиях, и прочность покрытия не зависит

от водоцементного соотношения. Качество воды, используемой при гидратации, также не существенно. В конечном итоге, полная установка защитного слоя была достигнута в течение 7 дней (рис. 13).



Рис. 13. Монтаж бетонного полотна «ССН8» завершен (предоставлено Concrete Canvas Ltd, 2016)

## 6.2. Другие варианты применения

Применение технологии Concrete Canvas горнодобывающей промышленности (рис. 14) прежде всего востребовано при возведении вентиляционных перемычек для регулирования вентиляционных потоков в подземных выработках шахт, герметизации противодиффузионных накопителей, устройстве ка-

налов для отвода отходов обогащения. Качественные характеристики бетонного полотна позволяют использовать его при восстановлении и герметизации промышленных полов и отмосток, ремонте железобетонных стенок вентиляционных каналов для пропуска воздуха, укреплении нагорных канав для отвода поверхностных вод и т. д.





Рис. 14. Применение бетонного полотна в горнодобывающей промышленности:  
 а — вентиляционные перемычки; б — промышленные полы; в — противодиффузионные сооружения;  
 д — нагорные каналы

## 7. Заключение

Несмотря на то, что продукция «Concrete Canvas» является относительно новой технологией в гражданской и горнодобывающей промышленности, она быстро становится предпочтительным решением для компаний, рассматривающих возможность защиты, возведения и восстановления различных конструкций. Ключевыми преимуществами бетонного полотна являются сокращение времени, стоимости выполнения работ и простота монтажа, что делает его чрезвычайно привлекательным. Кроме того, бетонное полотно является надежным решением, которое способно выдержать серьезные испытания временем. В сочетании с гарантией качества продукта, изготовленного в фабричных условиях и поставляемого в воздухо- и водонепроницаемой упаковке, бетонное полотно оставляет очень мало места для альтернативных решений.

## 8. Ссылки

– Заключение по результатам испытаний полотна бетонного «Concrete Canvas марок CC5, CC8, CC13 по основным физико-механическим характеристикам и показателям долговечности.

– American Concrete Institute, Committee 117-1990, Standard Specifications for Tolerances

for Concrete Construction and Materials, American Concrete Institute (ACI), Detroit). Brewin, P. (2015).

– Installation Guide – Remediation, Concrete Canvas Ltd (2017).

– Concrete Canvas Ltd (2012) Tensile Testing.

– Concrete Canvas Ltd (2017) Puncture Resistance.

– Concrete Canvas Ltd (2015) Flexural Bending and Shear Resistance.

– Concrete Canvas Ltd (2015) Permeability Testing.

– Concrete Canvas Ltd (2015&2017) Chemical Resistance Testing.

– Concrete Canvas Ltd (2015) Durability Testing 50yr Ageing Certification.

– Concrete Canvas Ltd (2013) Hydraulic Capacity.

– Concrete Canvas Ltd (2014) Root Resistance Testing.

– Concrete Canvas Ltd (2017) Non-destructive Testing, Windsor Pin System.

– Concrete Canvas Ltd (2017) Construction Quality Assurance.

– Concrete Canvas Ltd (2017) Concrete Canvas User Guide – General.

– Concrete Canvas Ltd (2017) Concrete Canvas User Guide – Hydration.

– Concrete Canvas Ltd (2017) Concrete Canvas User Guide – Ditch Lining.

– Concrete Canvas Ltd (2017) Concrete Canvas User Guide – Jointing and Fixing.

- Concrete Canvas Ltd (2015) Concrete Canvas – Understanding the Market.
- Concrete Canvas Ltd (2015) CCHydro Technical Literature.
- Kastoumis N. (2016) Geosynthetic Composite Cementitious Mats (GCCM's) – State of the art in 2016.
- Milliken Infrastructure Solutions (2013) Hydraulic Testing of Concrete Cloth.
- Milliken Infrastructure Solutions (2014) Technical Note, Concrete Cloth Abrasion resistance Phase 1.
- Milliken Infrastructure Solutions (2015) Technical Overview of Concrete Cloth.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ISO 10318-1:2015. International standard. Geosynthetics. Pt. 1: Terms and definitions. 8 p.
2. ГОСТ 33068-2014 (EN 13252:2005). Международный стандарт. Материалы геосинтетические для дренажных систем. Общие технические требования М.: Стандартинформ, 2015. 48 с.
3. GRI-GM13. Test methods. Test properties and testing frequency for high density polyethylene smooth and textured geomembranes. 2016. 11 p.
4. GRI-GM17. Test methods. Test properties and testing frequency for linear low density polyethylene smooth and textured geomembranes. 2016. 11 p.
5. ГОСТ Р 56586-2015. Геомембраны гидроизоляционные полиэтиленовые рулонные. Технические условия. Введ. 2016-01-01. М.: Стандартинформ, 2016. 9 с.
6. ГОСТ 32794-2014. Композиты полимерные. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2015. 98 с.
7. Метелкин В.В. Инновационные методы обработки грунтовых покрытий при подготовке к эксплуатации мелиоративных объектов и мелиоративных защитных сооружений: информ. сб. М.: ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2008. 120 с.
8. Concrete Canvas. Mode of access: <http://concretcanvas.com>, 2018.

---

**DOI: 10.25558/VOSTNII.2019.13.3.004**

**UDC 631.6.02: 691.163: 691.32: 666.97**

**© I. Ya. Yamaliev, 2019**

**I. YA. YAMALIEV**

Director of Development

Concrete Canvas Russia LLC, Moscow

e-mail: [yamaliev@uccr.su](mailto:yamaliev@uccr.su)

#### USE OF CONCRETE CANVAS TECHNOLOGY FOR INTENSIFICATION OF WORKS AT CONSTRUCTION OF CONCRETE STRUCTURES

*Geosynthetic cement composite mats (GCCM) are rapidly becoming a popular alternative to traditional methods of construction and restoration structures in the civil, mining, petrochemical and agricultural production sectors. The combined advantages of GCCM are to increase the speed of the project while reducing the delivery costs of materials, labour and fuel.*

*The article demonstrates the advantages of GCCM in the construction and restoration of structures used in infrastructure projects. Special emphasis will be placed on the parameters necessary to ensure the impermeability, strength of the structures.*

*A specific use case is provided to demonstrate the effectiveness of GCCM when it is necessary to increase the speed and ease of installation.*

**Keywords: GEOSYNTHETIC CEMENT COMPOSITE MATS, CONCRETE CANVAS, MINING, PETROCHEMICAL PRODUCTION.**

## REFERENCES

1. ISO 10318-1:2015. International standard. Geosynthetics. Pt. 1: Terms and definitions. 8 p.
2. GOST 33068-2014 (EN 13252:2005). International standard. Geosynthetic materials for drainage systems. General technical requirements M.: Standard form, 2015. 48 p. (In Russ.).
3. GRI-GM13. Test methods. Test properties and testing frequency for high density polyethylene smooth and textured geomembranes. 2016. 11 p.
4. GRI-GM17. Test methods. Test properties and testing frequency for linear low density polyethylene smooth and textured geomembranes. 2016. 11 p.
5. GOSTR 56586-2015. Waterproofing polyethylene roll geomembrane. Specification. Introduced 2016-01-01. M.: Standard form, 2016. 9 p. (In Russ.).
6. GOST 32794-2014. Polymer composites. Terms and definitions. Moscow: Standard Form, 2015. 98 p. (In Russ.).
7. Metelkin V.V. Innovative methods of soil coating treatment in preparation for operation of reclamation facilities and reclamation defense facilities: information collection. Moscow: «Meliovodinform» CSTR, 2008. 120 p. (In Russ.).
8. Concrete Canvas. Mode of access: <http://concretecanvas.com>, 2018.