

Инженер Кандидат Технических Наук Януш Завадзки
Инженер Магистр Павел Скерчиньски
Инженер Магистр Томаш Меховски
Дорожный Научно-Исследовательский Институт

Выбранные примеры применения геосинтетиков в асфальтовых слоях

Изложение

Произведена оценка эффективности использования геосинтетиков в асфальтных слоях на отрезках дороги с мягким и жестким основанием. В случае отрезков дороги с мягким основанием, оценка данного эффекта была произведена на основании измерений упругих прогибов и соединения слоев. В случае отрезков дороги с жестким основанием, данный эффект был оценен на основании индекса трещин.

Исследования доказали, что укрепление покрытия с мягкой конструкцией будет происходить тогда, когда геосинтетик будет закреплен под асфальтными слоями. Стойкость к изнашиванию такой конструкции в большей степени определяет как основание, так и грунт. Динамическая методика упругих прогибов (FWD) дает возможность оценить эффект укрепления покрытия при помощи геосинтетических материалов.

Геосетки с устойчивостью к растяжениям 50 kN/m не предохраняют от появления трещин в асфальтных слоях с цементобетонным основанием.

1 Введение

В Польше, использование геосинтетических материалов для асфальтовых покрытий, находится в фазе развития, и поэтому не имеется установленных критериев относительно выбора вида геосинтетика, способа размещения и закрепления его в конструкции. Технические одобрения содержат малое количество информации по данным изделиям, больше информации на эту тему можно найти в проспектах производителей или поставщиков геосинтетических материалов. Главным заданием в применении геосинтетиков в асфальтовых слоях является правильное определение цели данной процедуры. Это облегчает решение проектировочных вопросов. Однако, получение ожидаемого эффекта также зависит от качества выполнения работ, связанных с монтажом геосинтетика. Пренебрежение этим вопросом, особенно в сочетании с проектировочными ошибками, приводит, как показывает опыт, к ускоренному повреждению покрытия, часто с размерами, превышающими повреждения покрытий, в которых геосинтетик вообще не применяется.

Проведена оценка использования кладочной стальной сетки из геокомпозита и синтетических геосеток в асфальтовых слоях с мягким и жестким основанием после 3-летней эксплуатации таких покрытий, учитывая, что в случае покрытия с мягкой конструкцией эффект использования данных продуктов сравнивается с экспериментальными участками.

2 Методика действия

Оценка эффекта применения геосинтетических материалов в асфальтовых слоях выполнена на примерах конструкции покрытий с мягким и жестким основанием. Были выбраны дорожные отрезки, которые находились в эксплуатации минимум 3 года в условиях движения с минимальной категорией КД-3. Чтобы иметь возможность пользоваться результатами исследований, исключая проектировочные ошибки, исследованию подверглись только отрезки, выполненные технологически правильно, так как только в таком случае можно правильно оценить эффект применения геосинтетиков в асфальтовых слоях. На участках с мягким основанием оценка эффекта производилась на основе сравнения с экспериментальными участками, которые имели подобную конструкцию, но без геосинтетика.

В случае отрезков с мягким основанием выполнены измерения упругих прогибов при помощи аппарата FWD и балки Бенкельмана, а также были исследованы межслойные соединения. В случае участков с жестким основанием, состояние покрытия оценено количеством отраженных трещин (индексом трещин).

3 Примеры использования геосинтетических материалов в асфальтовых слоях

3.1. Участки с мягким основанием

3.2. Участок с кладочной сеткой из стальной проволоки

Кладочная сетка, выполненная из стальной проволоки, была использована для укрепления асфальтовых слоев на улице Ковальской во Вроцлаве, в связи с ремонтом данной улицы в 2000 г. на отрезке от ул. Тезевской до ул. Цегляней (1400 м). Эта сетка была уложена под связующим слоем на обочине дороги шириной 2,0 м по обеим сторонам проезжей части (рисунок 1). Для закрепления ее к основанию была использована смесь slurry seal (SS), в количестве 18 кг/м². Данная улица является выездом из Вроцлава в сторону Елча. Категория движения на этой улице принадлежит к КД-4. Актуальное состояние покрытия данной дороги находится в удовлетворительном состоянии.

- 1- верхний слой из минеральной смеси SMA 12,8 толщиной 4,0 см,
- 2- связующий слой из АБ 20,0 толщиной 5,5 см,
- 3- стальная сетка в слое SS, в количестве 18 кг/м²,
- 4- выравнивающий слой из АБ: 75 кг/м²,
- 5- частичная фрезеровка старого асфальтного слоя,
- 6- щебневое основание.

Обозначение последовательного измерения упругих прогибов

Рис. 1 - Поперечное сечение конструкции покрытия на ул. Ковальской во Вроцлаве

3.1.2 Участок с использованием геосетки из стекловолокна

Геосетка из стекловолокна А была использована для укрепления асфальтового покрытия на правой обочине государственной автодороги № 2, на километrajных отрезках от 147+550 до 147+650, в связи с ремонтом данной дороги в 1995 г. Эта геосетка была заинсталлирована между верхним и связующим слоем (рисунок 2). Учитывая, что данная дорога является трассой международных перевозок, её обочины также испытывают нагрузку движения дальнего следования с минимальной категорией КД-3. Экспериментальный участок без геосетки для участка с геосеткой из стекловолокна А находится на этой же обочине, на километrajных отрезках от 147+650 до 147+900.

- 1- верхний слой из АБ 12,8 толщиной 4,0 см,
- 2- геосетка из стекловолокна А,
- 3- связующий слой из АБ 16, толщиной 4,0 см,
- 4- частичная фрезеровка старого слоя из АБ,
- 5- старый слой из цементобетонных плит (ЦБ), толщиной 20,0 см,
- 6- новое основание из МСЕ 63, толщиной 24,0 см,
- 7- песчаный балласт,
- 8- грунтовое основание.

Рис. 2 Поперечное сечение конструкции дороги и правой обочины, укрепленной при помощи Геосетки из стекловолокна на государственной автодороге № 2 на километrajном отрезке от 147+550 до 147+650

3.1.3 Участок с использованием геокомпозита

Геокомпозит (сетка из стекловолокна + волокно из полиэстра) был использован для укрепления асфальтового покрытия на правой обочине государственной автодороги № 2, на километrajном отрезке от 147+900 до 147+000, в связи с ремонтом этой дороги в 1995 г. Геокомпозит был установлен между верхним и связующим слоем. На данной обочине движение имеет категорию КД-3. Экспериментальный участок без геокомпозита также находится на этой обочине, на километrajных отрезках от 147+650 до 147+900. Разрез конструкции дорожной части и обочины правого отрезка с использованием геокомпозита, является таким же, как разрез участка с использованием геосетки из стекловолокна (рисунок 2).

3.2 Участки с жестким основанием

3.2.1 Участок с использованием геосетки из стекловолокна В

Геосетка из стекловолокна В была использована на ул. Новоторуньской в Быдгощи, на отрезке от ул. Плана 6-летнего до ул. Келецкой (1600 м), с целью предотвращения проникновения отраженных трещин в жесткие слои из цементного бетона и в новые асфальтные слои. Геосетка была заинсталлирована под связующим слоем на частично отфрезерованной асфальтной основе (рисунок 3). Ремонт произведен в 2000 г.

- 1- верхний слой из АБ 12,8 толщиной 4,0 см,
- 2- связующий слой из АБ 16, толщиной 4,0 см,
- 3- стеклянная геосетка В,
- 4- частичная фрезеровка старого асфальтового слоя,
- 5- старый слой из цементобетонных плит ЦБ, толщиной 20,0 см,
- 6- песчаный балласт,
- 7- грунтовое основание.

Рис. 3 Поперечное сечение конструкции проезжей части с использованием геосетки из стекловолокна В на ул. Новоторуньской в Быдгощи

3.2.2 Участок с использованием геосетки из полиэстера

Геосетка из полиэстера была использована на ул. Варыньского в Варшаве, на отрезке длиной 100 м между ул. Нововойска и ул. Польной. Геосетка была заинсталлирована под связующим слоем. Покрытие на этом отрезке лежит на плите из железобетонного сплава, покрывающей подземный паркинг над станцией метро «Политехника» [1]. Установка геосетки между асфальтными слоями должна была предотвратить появление трещин в этих слоях, которые могли бы появиться в результате усадки нижерасположенных жестких слоев (рисунок 4). Объект был построен 1995 г.

- 1- верхний слой из АБ, толщиной 5,0 см (восточный ряд) и 7,0 см (западный ряд),
- 2- связующий слой из АБ, толщиной 5,0 см,
- 3- геосетка из полиэстера,
- 4- основание из АБ, толщиной 7,0 см,
- 5- защитный слой из неармированного ЦБ, толщиной 10,0 см (в. ряд) и 11,0 см (зап. ряд: армированный бетон),
- 6- утепляющий слой из керамзитного АБ толщиной 13,0 см,
- 7- защитный слой из армированного ЦБ, толщиной 7,0 см (в. ряд) и 5,0 см (зап. ряд),
- 8- гидроизоляция из рубероида,
- 9- перекрытие паркинга из железобетонной плиты.

Рис. 4 Поперечное сечение конструкции проезжей части с использованием геосетки из полиэстера на ул. Варыньского в Варшаве.

4. Результаты исследований

Результаты исследований участков покрытия с мягким основанием представлены в таблицах 1 ÷ 7.

Результаты исследований участков покрытия с жестким основанием представлены в таб. 8 и 9.

В таблице 10 представлены свойства стальной кладочной сетки и остальных геосинтетических материалов использованных на исследуемых участках.

Таблица 1: Результаты измерений упругих прогибов покрытия при помощи балки Бенкельмана на ул. Ковальской во Вроцлаве (усредненные результаты, мм)

Локализация измерения	Результат исследования
Правая и левая полоса дороги до ремонта	0,88
Правый полоса (в сторону Елча); 1,0 м от обочины (последовательное измерение II), площадь с сеткой	0,137
Левая полоса (в сторону Елча); 1,0 м от обочины (последовательное измерение I), площадь с сеткой	0,120
В среднем площадь с сеткой	0,129
Правая полоса (в сторону Елча); 1,0 м от оси (последовательное измерение IV), площадь без сетки	0,136
Левая полоса (в сторону Елча); 1,0 м от оси (последовательное измерение III), площадь без сетки	0,151
В среднем площадь без сетки	0,144

Таблица 2: Результаты измерений упругих прогибов покрытия при помощи аппарата FWD на ул. Ковальской во Вроцлаве (усредненные результаты, μm)

Локализация измерений	№ датчика d (геофона)						
	1	2	3	4	5	6	7
Правая полоса (в сторону Елча); 1,0 м от обочины (последовательное измерение II), площадь с сеткой	301	248	187	136	97	70	52
Левая полоса (в сторону Елча); 1,0 м от обочины (последовательное измерение I), площадь с сеткой	289	228	166	120	86	62	47
Правая полоса (в сторону Елча); 1,0 м от оси (последовательное измерение IV), площадь без сетки	255	204	151	109	80	58	45
Левая полоса (в сторону Елча); 1,0 м от оси (последовательное измерение III), площадь без сетки	288	220	154	108	77	56	44

Таблица 3: Результаты прочности на износ покрытия на ул. Ковальской во Вроцлаве на основании измерений прогибов аппаратом FWD

Локализация измерения	Модули слоев, МПа			Критерии износа, млн. осей 100 kN	
	E1 асфальтные слои	E2 основание	Eр грунтовая основа	Na асфальтных слоев	Nр грунтовой основы
Правая полоса (в сторону Елча); 1,0 м от обочины (последовательное измерение II), площадь с сеткой	10227	833	92	9,8	6,6
Левая полоса (в сторону Елча); 1,0 м от обочины (последовательное измерение I), площадь с сеткой	7493	1119	102	14,5	7,4
Правая полоса (в сторону Елча); 1,0 м от оси (последовательное измерение IV), площадь без сетки	9685	1143	117	16,9	13,7
Левая полоса (в сторону Елча); 1,0 м от оси (последовательное измерение III), площадь без сетки	6401	1034	113	12,4	6,3

Таблица 4: Результаты измерений напряжения среза между слоями, обозначенного на образцах, вырезанных из покрытия на ул. Ковальской во Вроцлаве, МПа

Расположение слоев	№ образца					Средний результат
	1	2	3	4	5	
верхний/связующий	2,4	2,1	2,1	1,8	2,6	2,2
связующий/стальная сетка/первый слой ниже сетки	0,9	1,4	0,9	0,7	1,1	1,0
первый слой ниже сетки/ второй слой ниже сетки	2,2	1,0	1,7	0	1,3	1,2

Таблица 5: Результаты измерений упругих прогибов покрытия при помощи аппарата FWD на обочине государственной дороги № 2 (усредненные результаты, мкм)

Локализация измерения	№ датчика d (геофона)						
	1	2	3	4	5	6	7
Участок с использованием геосетки из стекловолокна А, на километrajном отрезке от 147+550 до 147+650	490	351	232	148	95	61	43
Участок с использованием геокомпозита из стекловолокна, на километrajном отрезке от 147+900 до 148+000	682	488	313	188	109	66	46
Экспериментальный участок без геосинтетиков, на километrajном отрезке от 147+650 до 147+900	465	347	239	158	102	66	46

Таблица 6: Результаты расчетов прочности на износ покрытия на правой обочине государственной дороги № 2 на основании измерений упругих прогибов при помощи аппарата FWD

Локализация измерения	Модули слоев, МПа			Критерии износа, млн. осей 100 kN	
	E1 асфальтные слои	E2 основание	Eр грунтовая основа	Na асфальтных слоев	Nр грунтовой основы
Участок с использованием геосетки из стекловолокна А, на километrajном отрезке от 147+550 до 147+650	14790	591	81	1,8	0,4
Участок с использованием геокомпозита из стекловолокна, на километrajном отрезке от 147+900 до 148+000	9620	512	54	1,2	0,1
Экспериментальный участок без геосинтетиков, на километrajном отрезке от 147+650 до 147+900	21386	559	80	2,0	0,5

Таблица 7: Усредненные результаты измерений срезающего напряжения τ между слоями, обозначенного на образцах вырезанных из покрытия правой обочины на ГА № 2, МПа

Расположение слоев	Участок с геосеткой из стекловолокна А ^{х/} , на км 147,550 до 147,650	Участок с геокомпозитом ^{хх/} , на км 147,900 до 148,000	Экспериментальный участок без геокомпозита, на км 147,650 до 147,900
Верхний из АБ/связующий из АБ	-	-	2,35
Верхний из АБ/геосинтетик/ связующий из АБ	1,13	1,04	-

^{х/}/склейка при помощи обычного асфальта из эмульсии в количестве 0,35 кг/м²,

^{хх/}/склейка при помощи обычного асфальта из эмульсии в количестве 0,8 кг/м².

Таблица 8: Результаты расчетов индекса трещин ИТ покрытия с геосеткой из стекловолокна В на ул. Новоторуньской в Быдгощи после 3 лет эксплуатации

Количество отрезков длиной 100 м из исследуемых отрезков			
без трещин ИТ=0	небольшое кол-во трещин ИТ ≤ 1	среднее кол-во трещин 1 < ИТ ≤ 3	большое кол-во трещин ИТ > 3
1	3	9	3 (ИТ=3,5+7,0)

Таблица 9: Результаты расчетов индекса трещин ИТ покрытия с геосеткой из полиэстера на ул. Варыньского в Варшаве после 7 лет эксплуатации ^{х/}

Количество отрезков длиной 100 м из исследуемых участков			
без трещин ИТ=0	небольшое кол-во трещин ИТ ≤ 1	среднее кол-во трещин 1 < ИТ ≤ 3	большое кол-во трещин ИТ > 3
-	-	-	1 (ИТ=4,5)

^{х/} первые поперечные трещины покрытия, находящиеся на участке оси проезжей части и длиной не более 2,5 м, которые появились уже после 3 лет эксплуатации объекта.

Таблица 10: Свойства стальной кладочной сетки и остальных геосинтетических материалов использованных на участках дорог (данные из технических одобрений)

Свойства	Название продукта				
	Стальная сетка	Геосетка из стекловолокна А	Геокompозит (сетка из стекловолокна + волокно из полиэстера)	Геосетка из стекловолокна В	Геосетка из полиэстера
Устойчивость к растяжениям - вдоль полосы, kN/м - поперек пол., kN/м	≥40 ≥50	35 56	35 56	50 50	50 50
Удлинение при разрыве - вдоль полосы, % - поперек полосы, %	- -	3 3	3 3	3,5 3,5	12 14
Кладочная масса, г/м ²	-	280	360	350	240
Размеры ячеек, мм	118 x 80	40 x 26	40 x 26	30 x 30	30 x 30
Диаметр проволоки ячейки, мм	2,45	-	-	-	-
Расстояние между поперечными проволоками, мм	235	-	-	-	-

5 Анализ результатов исследований

5.1 Участки с мягким основанием

Главной целью использования геопродуктов в асфальтовых слоях на участках с мягким основанием, было укрепление конструкции этих покрытий. В случае участка на ул. Ковальской во Вроцлаве стальная кладочная сетка была установлена под связующим слоем, что в данном случае означает, что она была прикрыта асфальтовыми слоями, общей толщиной в 8,5 см.

В случае участка (обочина, на которой частично осуществляется движение транспорта) на государственной автодороге № 2, геосетка из стекловолокна и геокompозит из стекловолокна, были размещены непосредственно под верхним слоем, толщиной 4, 0 см. Это два разных способа размещения данных материалов в асфальтовых слоях, и при этом случай с участком на ул. Ковальской дает основание для предположений, что стальная сетка будет подвержена действию растягивающих сил.

В случае участка на ГА 2 это скорее невозможно. Находит ли такое предположение подтверждение в результатах исследований над прочностью покрытия, выполненных при помощи методов распространенных в стране?

Измерение упругих прогибов покрытия на ул. Ковальской, выполненное при помощи балки Бенкельмана, указывает (таблица 1) на то, что на участке со стальной сеткой средняя такого прогиба не намного отличается от средней прогиба на территории без сетки: разница составляет только 0,015 мм. Если оценка укрепления покрытия была бы основана только на этом методе, то это был бы мало убедительный метод, тогда как с финансовой стороны, такое исследование увеличивает цену ремонта.

Измерение упругих прогибов покрытия на данной улице при помощи аппарата FWD (таблица 2) и рассчитанные на этом основании качества параметров, определяющих прочности, предоставляют более весомые аргументы, так как использование стальной сетки в асфальтовых слоях, повысило модуль их прочности (таблица 3). Но несмотря на то, что модуль прочности асфальтовых слоев E1 (таблица 3) на участке с сеткой (в среднем E1 = 8860 МПа) положительно высший, чем участок без сетки (в среднем E1 = 8045 МПа), то более высокие качества параметров износа Na и Nr для участка без сетки были определены более высокими качествами модуля упругости основания E2 и грунтовой основы

(для участка с сеткой ср. $N_a = 12,2$ млн осей и ср. $N_p = 7,0$ млн осей, для участка без сетки ср. $N_a = 14,7$ млн осей и ср. $N_p = 10,0$ млн осей).

Отсюда следует вывод, что основание и грунтовая основа определяют прочность конструкции асфальтового покрытия. Данная ситуация также находит подтверждение в результатах исследований других участков [3].

Для того, чтобы установить, влияет ли применение сетки на увеличение радиуса кривизны чаши прогиба, по сравнению с конструкцией без сетки, была высчитана разница между прогибами под плитой d_1 и под четвертым датчиком (геофоном) d_4 , находящимся на расстоянии 90 см от середины плиты. Далее величину этой разницы (Δ_z - участка с сеткой и Δ_b - участка без сетки) сравнили для случаев с приблизительно одинаковыми значениями прогиба d_1^z (с сеткой) и d_1^b (без сетки) (таблица 2). В результате были получены следующие показатели для отрезка на ул. Ковальской:

- для $d_1^z = 289 \mu\text{м} \rightarrow \Delta_z = 169 \mu\text{м}$ (со стальной сеткой),
- для $d_1^b = 288 \mu\text{м} \rightarrow \Delta_b = 180 \mu\text{м}$ (без стальной сетки).

Вышеприведенные результаты означают, что степень кривизны радиуса чаши прогибов покрытия, укрепленного стальной сеткой, крупнее, чем кривизна радиуса чаши прогибов покрытия без стальной сетки, согласно графической интерпретации на рисунке 5.

Рис. 5 Гипотетические кривизны чаш прогибов в исследовании FWD для покрытия с геосеткой (кривая Z), и без геосетки (кривая B).

Большой радиус кривизны чаши прогибов влияет на большую устойчивость покрытия к появлению трещин износа от повторяющихся нагрузок. Однако, если прогибы под плитой покрытия d_1 с геосинтетиком будут увеличиваться от таких прогибов, касающихся покрытия без геосинтетиков, тогда уменьшается положительное влияние большего радиуса кривизны чаши прогибов на устойчивость покрытия.

Пример трех участков на обочине государственной автодороги № 2 указывает на то, что установка геосетки из стекловолокна или геокомпозита из стекловолокна непосредственно под верхним слоем, значительно уменьшила модуль жесткости набора асфальтных слоев E1, по сравнению с экспериментальным участком без геосинтетика (таблица 6). Оценивая эффект укрепления набора асфальтовых слоев на основании этого модуля можно утверждать, что лучшее укрепление было достигнуто путем инсталляции между слоями геосетки, чем геокомпозита. Однако, как это уже было отмечено ранее, устанавливая геосинтетики в середине асфальтовых слоев, в обоих случаях не удалось достичь предполагаемого укрепления первичной конструкции, а даже наоборот, появилось ослабление, особенно на отрезке с геокомпозитом, для которого модуль E1 асфальтных слоев был самым маленьким из этих трех участков (таблица 6).

Результаты измерений напряжения среза между слоями (таблицы 4 и 7) указывают, что размещение между ними геосинтетика ослабляет их адгезию; в случае стальной сетки, которая соединена со слоем slurry seal, то ослабление такого соединения в среднем в 2 раза выше (таблица 4). Такое ослабление межслойного соединения наблюдается на отрезках укрепленных геосеткой А и геокомпозитом из стекловолокна (таблица 7). Более ранние исследования показали [4], что взаимное соединение асфальтовых слоев является важным свойством покрытия, которое выгодно влияет на его прочность. Отсутствие или слабое соединение даже только некоторых асфальтовых слоев влияет на уменьшение модуля жесткости и целого набора этих слоев.

Размещение стальной сетки на дне набора асфальтовых слоев (ул. Ковальска), то есть в месте предполагаемого растяжения, повлияло на то, что, не смотря на ослабленное соединение асфальтовых слоев в этом месте, модуль жесткости E1 этих слоев более высокий, чем модуль жесткости асфальтовых слоев E1 на участке, не укрепленном сеткой ($E1$ в последовательном измерении II $>$ E1 в последовательном измерении IV, а также E1 в последовательном измерении I $>$ E1 в последовательном измерении III – таблица 3).

Однако установка геосетки из стекловолокна и геокомпозита между верхним и связующим слоем (правая обочина ГА 2) одинаковой толщины, то есть в нейтральной оси этого набора, влияет на то, что геосинтетик не растягивается и соединение этих слоев ослаблено (таблица 7), что приводит к уменьшению модуля E1 этих слоев, по сравнению с набором асфальтовых слоев без геосинтетика (таблица 6).

5.2 Участки с жестким основанием

Результаты расчетов индекса трещин покрытия на ул. Новоторуньской в Быдгощи (таблица 8) и на ул. Варыньского в Варшаве (таблица 9) доказывают, что геосетки с устойчивостью к растяжению 50 кН/м (таблица 10) не предотвращают появления поперечных трещин асфальтового покрытия с твердым основанием после 3 лет эксплуатации. В этих случаях геосетки были прикрыты асфальтовыми слоями одинаковой толщины (рис. 3 и 4). На ул. Новоторуньской трещины почти прямые и отражают щели от швов между бетонными плитами старого покрытия, во время наблюдения трещины отражали, конечно, не все щели.

На ул. Варыньского линии поперечных трещин нерегулярные и небольшая кривизна идет по направлению к оси проезжей части, то есть перпендикулярно продольной оси перекрытия подземного паркинга. Также наблюдаются локальные продольные и сетчатые трещины, главным образом эти трещины располагаются на центральной части полос движения. В этом случае, трещины асфальтовых слоев появились по причине температурных проседаний защитного слоя (слоев) выполненного из цементобетона, а не из плиты перекрытия, так как она находится под термоизоляцией, а внутри паркинга, круглый год сохраняется плюсовая температура.

В данных исследованиях не установлено, какую практическую роль играет удлинение геосеток из стекловолокна и полиэстера при появлении трещин асфальтовых слоев. Например, удлинение геосеток из стекловолокна было почти в 3,5 раза меньше, чем удлинение геосетки из полиэстера (таблица 10). Несмотря на это, трещины асфальтовых слоев появлялись на обоих отрезках с нижними слоями из цементобетона, и на котором были использованы эти материалы. Однако нет сомнений в том, что устойчивость на растяжения и удлинения должна приниматься под внимание при выборе геосинтетического материала для определенного применения, а особенно, если это будет касаться покрытий с жестким основанием.

6 Выводы

- 1) Укрепление покрытия с мягкой конструкцией возможно тогда, когда геосинтетик был размещен под асфальтовыми слоями. Положительным признаком является рост модуля жесткости этих слоев.
- 2) Эффект укрепления асфальтовых слоев при помощи геосинтетиков или стальной сетки, редуцируется ослабленным соединением слоев между которыми они размещены, по сравнению с соединением слоев, где геосетка не применялась. Использование в этих целях вяжущих веществ, модифицированных полимерами, могло бы исправить данный недостаток.
- 3) Использование измерения упругих прогибов покрытия при помощи динамического метода, дает возможность оценить эффект укрепления асфальтовых слоев при помощи геосинтетиков или стальных сеток.
- 4) Размер остатальной стойкости к износу покрытия с мягкой конструкцией, определяет прежде всего модуль упругости несвязанного основания и грунта (расчитанный на основании данных измерений прогибов аппаратом FDW); модуль жесткости асфальтовых слоев, даже если они были укреплены геосеткой, будет играть второстепенную роль.
- 5) Лучший эффект укрепления асфальтовых слоев (увеличение модуля жесткости E₁ и лучшее соединение) был получен в результате инсталляции между ними геосетки, а не геокомпозита.
- 6) Геосетки со стойкостью к растяжениям 50 kN/м не предохраняют асфальтовых слоев с основанием из цементобетона от появления в этих слоях трещин.

Библиография

- 1) К. Германок + группа – Техническая экспертиза, касающаяся конструкции подземного паркинга на ул. Варыньского, над станцией метро А-11, ДНИИ, Варшава, 2003 (работа не опубликована)
- 2) Ю. Завадзки, П. Скерчиньски, М. Палыс – Соединение между слоями асфальтового покрытия, методика исследования и требования, материал с VIII Международной Конференции «Прочные и безопасные дорожные покрытия», Кельце, 7-8 мая 2002 г.
- 3) Ю. Завадзки, П. Скерчиньски, Т. Меховски – Отчет со II этапа, задание А темы под названием: «Методы использования геосинтетиков для строительства и укрепления покрытия», Варшава, 2003 г. (работа не опубликована)
- 4) Ю. Завадзки, П. Скерчиньски, Т. Меховски – Влияние соединения между асфальтовыми слоями на прочность покрытия, материалы с IX Международной Конференции «Прочные и безопасные дорожные покрытия», Кельце, 6-7 мая 2003 г.