

Министерство образования и науки РФ
СЕВЕРНЫЙ (АРКТИЧЕСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ М.В.ЛОМОНОСОВА

«УТВЕРЖДАЮ»



Проректор по научной работ
д-р хим. наук, проф.

Боголиць

ОТЧЕТ

по научно-исследовательской работе

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ
ПРОФИЛИРОВАННОЙ ГЕОМЕМБРАНЫ
ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОЧНОСТИ И МОРОЗОУСТОЙЧИВОСТИ
ДОРОЖНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ**

Шифр темы 404/08

Руководитель НИР, к.т.н., доцент

Оруджова

О.Н.Оруджова

Ответственные исполнители

Оруджова

О.Н.Оруджова

Заборская

О.М.Заборская

Нормоконтроль

Гурьев

А.В. Гурьев

Архангельск, 2012

Содержание

1. ПЕРЕЧЕНЬ ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ.....	2
2. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБСЛЕДУЕМОГО УЧАСТКА ДОРОГИ.....	4
3.2 ОТБОР ПРОБ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ ГЕОМЕМБРАНЫ.....	6
5. ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ.....	15
6. ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	16

ПРИЛОЖЕНИЕ 1 «Фотографии»

ПРИЛОЖЕНИЕ 2 «Протокол испытаний геомембраны TefondHP на растяжение»

ПРИЛОЖЕНИЕ 3 «Протокол испытаний геомембраны TefondHP на устойчивость к
многократному замораживанию и оттаиванию»

ПРИЛОЖЕНИЕ 4 «Протокол испытаний геомембраны TefondHP на гибкость при отрицательных
температурах»

ПРИЛОЖЕНИЕ 5 «Протокол испытаний геомембраны TefondHP по определению коэффициента
теплопроводности»

ПРИЛОЖЕНИЕ 6 «Протокол испытаний геомембраны TefondHP по определению
теплостойкости»

ПРИЛОЖЕНИЕ 7 «Протокол полевых испытаний по измерению высотных отметок на участке
автодороге "Долматово-Няндомы-Каргополь-Пудож"»

ПРИЛОЖЕНИЕ 8 «Протокол полевых испытаний по измерению обратимых прогибов на участке
автодороге "Долматово-Няндомы-Каргополь-Пудож"»

1. ПЕРЕЧЕНЬ ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ

Сотрудники кафедры строительной механики и сопротивления материалов Северного (Арктического) федерального университета имени М.В.Ломоносова в составе: к.т.н., доцента Оруджовой О.Н., старшего преподавателя Заборской О.М. выполнили работы по оценке влияния профилированной мембраны на свойства дорожной конструкции разработкой рекомендаций по дальнейшему применению геомембраны в дорожном хозяйстве Архангельской области.

Цель работы: оценить влияние профилированной мембраны на свойства дорожной конструкции. Дать рекомендации по дальнейшему применению геомембраны в дорожном хозяйстве Архангельской области.

Основные задачи:

1. оценка влияния мембраны как капилляропрерывающей прослойки на величину морозного пучения дорожной конструкции;
2. оценка армирующих свойств мембраны;
3. прогнозная оценка изменения характеристик мембраны в течение срока службы.

В соответствии с Техническим заданием, выполнялись ***следующие виды работ:***

1. Полевые сравнительные испытания на участке автомобильной дороги Долматово – Няндама – Каргополь - Пудож, км 190+330 - км 190+490 (0,160 км) с экспериментальной конструкцией дорожной одежды:

плотный мелкозернистый асфальтобетон, тип Б, марка П	5 см
пористый крупнозернистый асфальтобетон, марка I	5 см
щебень, уложенный способом заклинки	26 см
двухосноориентированная полипропиленовая георешетка ГЕОДС40	-
песок средний	30 см
геомембрана Tefond HP	-
песок средний	30 см

подстилающие слои

В состав полевых работ входили: инструментальная фиксация и сравнение дефектов дорожного покрытия на экспериментальном (с мембраной) и контрольном (без мембраны) участках дороги. Проводились полевые испытания в 2 цикла измерений показателей дорожной конструкции (1-й цикл – в сентябре, 2-й цикл – в декабре).

Основные измеряемые показатели:

- 1.1. величина морозного пучения;
- 1.2. колейность;
- 1.3. продольная ровность;
- 1.4. модуль упругости на поверхности покрытия.
2. Лабораторные испытания образцов геомембраны TefondHP.

При проведении предварительных лабораторных испытаниях образцов геомембраны TefondHP было принято решение увеличить число испытаний по отдельным видам до 10 (5 - по длине, 5 - по ширине).

Основные измеряемые показатели:

- 2.1. прочность мембраны на разрыв, относительное удлинение при разрыве (по длине и по ширине образца);
- 2.2. устойчивости к многократному замораживанию и оттаиванию (по длине и по ширине образца);
- 2.3. гибкость при отрицательных температурах;
- 2.4. коэффициент теплопроводности;
- 2.5. показатель теплостойкости (по длине и по ширине образца).
3. Разработка рекомендаций по дальнейшему применению геомембраны в дорожном хозяйстве Архангельской области.

2. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБСЛЕДУЕМОГО УЧАСТКА ДОРОГИ

Исходные данные

Обследуемый участок автодороги проходит по территории Каргопольского района Архангельской области. По дорожно-климатическому районированию территории России участок работ расположен во II дорожно-климатической зоне. Рельеф трассы равнинный и слабовсхолмленный.

Проектом было предусмотрено проектирование элементов плана и продольного профиля по нормативам III технической категории.

Трасса автодороги имеет северо-западное направление. Выраженная овражная сеть отсутствует.

Согласно СНиП 2.05.02 85* и технической категории [40, 41, 42, 54, 57, 58] основные технические нормативы следующие:

-расчетная скорость движения	- 100 км/час
-ширина земляного полотна	- 12,0 м
-ширина проезжей части	- 7,0 м
-ширина обочины	- 2,5 м
-наименьший радиус кривой в плане	- 600 м
-наименьшие радиусы вертикальных кривых:	
-выпуклых	- 10000 м
-вогнутых	- 3000 м
-наибольший продольный уклон	- 50 ‰
-тип дорожной одежды	- капитальный
- покрытие	-асфальтобетон

Для выполнения работ по оценке влияния мембраны на свойства дорожной конструкции были предоставлен продольный профиль,

поперечный профиль земляного полотна, конструкция дорожной одежды на участок автомобильной дороги Долматово – Няндомы – Каргополь - Пудож, км 190+330 - км 190+490 (0,160 км). При выполнении работ по оценке руководствовались результатами визуального осмотра, контрольных обмеров, определения прочностных характеристик дорожной конструкции и образцов геомембраны TefondHP.

Обоснование выбора участка

В плане объектов капитального ремонта ГКУ АО ДА "Архангельскавтодор" на 2012 год автодорога «Долматово – Няндомы – Каргополь - Пудож» на участке км 183+400 – км 192+080 была выбрана в качестве оптимального объекта для проведения опытно-экспериментальных и научно-исследовательских работ с укладкой геомембраны TefondHP в дорожную конструкцию.

Выбор обусловлен следующими факторами:

1 . На данном объекте была запроектирована полная реконструкция дорожной одежды, включая слои основания, что позволило без дополнительных затрат разместить профилированную геомембрану наиболее оптимальным образом: на глубину 66 см от поверхности покрытия.

2. Ремонтируемый участок находится в неблагоприятных грунтово-гидрологических условиях. Рядом с насыпью - обводненный торф, местами до 9 м заболоченная местность, трудность отвода воды (рельеф трассы - равнинный).

Из всего подлежащего ремонту объекта для эксперимента был выбран участок км 190+330 – 190+490. На данном участке до капитального ремонта покрытие находилось в наихудшем состоянии, при изысканиях под старой насыпью обнаружены включения торфа.

По данным Заказчика геомембрана TefondHP укладывалась в дорожную конструкцию на экспериментальную секцию, км 190+330 - км 190+490 в период капитального ремонта автомобильной дороги Долматово – Няндомы – Каргополь – Пудож.

3.ЛАБОРАТОРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ

3.1 Общие положения и исходные данные

Геосинтетические материалы для автомобильных дорог испытывают различного вида нагрузки в результате воздействия насыпного слоя и транспортных средств. Эти нагрузки могут приводить к различным деформациям материала: продавливанию, сжатию, сдвигу, растяжению. В связи с этим важно знать, насколько материал способен к восстановлению (его упругие характеристики) и то, как его деформационные характеристики зависят от нагрузки и изменения деформации во времени.

Анализ и описание деформационных характеристик, возникающих под действием различных напряжений, оказывают существенное влияние на выбор геотекстиля в соответствии с областью применения [28, 47, 59, 60].

Грунт в дорожных конструкциях может работать на сжатие и срез. Тогда как с применением геосинтетических материалов и армирующих элементов из них он может воспринимать и растягивающие усилия, а значит, могут быть значительно улучшены прочностные свойства грунтов.

Прочность является основной характеристикой геосинтетического материала, определяющая способность его выполнять армирующую функцию и сохранять сплошность в процессе строительства и эксплуатации дороги. Деформируемость, как и прочность, определяет армирующий эффект прослойки и способность ее противостоять местным прорывам. Прочность и деформируемость геосинтетических материалов характеризуются величинами предела прочности на растяжение, относительного удлинения при разрыве и условным модулем деформации при растяжении.

3.2 Отбор проб для испытаний и условия проведения испытаний геомембраны

3.2.1 Методы отбора проб

Для проведения испытаний геомембраны TefondHP были подготовлены пробы в соответствии с установленными требованиями. Порядок отбора проб и их количество соответствуют действующим стандартам. Отбор проб геомембраны TefondHP производился в соответствии с ГОСТ Р 50275[37].

3.2.2 Требования к климатическим условиям при испытаниях

Для получения достоверных результатов при испытаниях геомембрана TefondHP выдерживалась в нормальных климатических условиях. Перед испытанием образцы выдерживали в течение 24 ч при относительной влажности воздуха $(65\pm 5)\%$ и температуре $(20\pm 2)^{\circ}\text{C}$.

3.3 Прочность мембраны на разрыв

3.3.1 Методика испытания геомембраны на растяжение

Сущность методики заключается в испытании образцов геомембраны TefondHP на растяжение и определении максимальной прочности и удлинения при разрыве. Определение прочности производилось по ГОСТ 2678 – 94 [39, 43]. Для определения предела прочности на растяжение по длине и по ширине было подготовлено по 5 образцов геомембраны TefondHP. В результате испытания устанавливается зависимость «нагрузка – удлинение». Прочность на разрыв соответствует максимальной нагрузке на единицу ширины, наблюдаемой во время испытания, при которой образец растягивается до разрыва[48]. Прочность на растяжение, полученное в результате таких испытаний, характеризует кратковременную прочность материала.

3.3.2 Средства измерения, вспомогательные устройства и материалы

1. Машина универсальная испытательная с механическим приводом ЦДМ-5 (диапазон измерения нагрузок 0-5000 кгс), обеспечивающие постоянную скорость растяжения, с относительной погрешностью показаний разрывной нагрузки не более $\pm 1,0$ % от измеряемой величины, абсолютной погрешностью показаний удлинения не более $\pm 1,0$ %. Требования к машинам для испытаний в соответствии с ГОСТ28840.

2. Штангенциркуль электронный Electronic digital caliper (интервал измерений 0-150 мм, разрешение 0,01 мм/ 0,0005', точность $\pm 0,02$ мм/ 0,001'')

3. Шаблон.

4. Ножницы.

5. Металлическая измерительная линейка в соответствии с ГОСТ 427.

3.3.3 Подготовка образцов

Из каждой пробы геомембраны TefondHP были вырезаны две группы образцов для испытания в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Пробы размечались в продольном направлении, т.е. в направлении выработки полотна, и поперечном направлении. Образцы были подготовлены так, чтобы один образец не являлся продолжением другого. При разметке проб первый образец вырезался на расстоянии от края не менее 1/10 ширины пробы геомембраны TefondHP.

Количество образцов, испытываемых в одном режиме - 5 в каждом направлении. Образцы изготовлены согласно ГОСТ 2678 – 94 – гантелевидной формы: общая длина образца – (2501) мм, длина рабочей зоны - (1161) мм, ширина образца – (60±1) мм, ширина рабочей зоны - (501) мм, радиус закругления – 75 мм.

3.3.4 Порядок проведения испытаний

Прочность на растяжение устанавливали при испытании гантелевидных образцов в специальной разрывной машине.

На разрывной машине устанавливали расстояние между зажимами, равное (116 ± 1) мм. На силоизмерительной шкале разрывной машины выбирали диапазон нагрузки таким образом, чтобы средняя разрывная нагрузка испытываемого образца находилась в пределах от 20 до 80% максимального значения шкалы нагрузок разрывной машины. Удлинение при предварительной нагрузке устанавливали равным 1% от удлинения при разрыве образца. Испытание на растяжение образца проводили до разрыва при скорости перемещения зажима 50 мм/мин

При заправке элементарной пробы в зажимы разрывной один из ее концов пропускали в верхний зажим таким образом, чтобы ее края касались однозначных делений, нанесенных на щечках, и слегка зажимали зажим. После этого другой конец элементарной пробы заправляли в нижний зажим и давали предварительную нагрузку. Верхний зажим ослабляли и под действием механизма предварительного натяжения давали элементарной пробе немного опуститься и крепко зажимали сначала верхний, а затем нижний зажим. После этого приводили в движение нижний зажим. Образец заправляли в зажимы разрывной машины так, чтобы продольная ось зажимов и ось образца совпадали между собой. Зажимы равномерно затягивали, чтобы исключить проскальзывание образца в процессе испытания, но при этом не происходило его разрушения в месте закрепления.

После установки образца приводили в действие разрывную машину и фиксировали процесс растяжения до разрыва. После чего останавливали машину и со шкалы силоизмерителя записывали максимальную нагрузку и удлинение при максимальной нагрузке.

При испытаниях во избежание проскальзывания полоски в зажимах разрывной машины применялись прокладки, что допускается ГОСТ Р 53226-2008.

3.3.5 Обработка результатов измерений

Прочность при растяжении, т.е. нагрузка на единицу ширины, рассчитывается по формуле

,

где – максимальная нагрузка при разрыве образца, Н;

Ш – ширина полотна, м.

За фактическую величину прочности при растяжении принимают среднеарифметическое значение результатов всех испытаний, вычисляемую по формуле [15]

,

где - прочность при растяжении при i -ом испытании;

n – общее количество испытаний.

Результаты обрабатывают методами математической статистики [15].

Определяют коэффициент вариации по формуле

,

где - среднеквадратическое отклонение, которое вычисляется по формуле

,

где - единичный результат испытания.

Относительное удлинение при максимальной нагрузке определяют по формуле

,

где Δl – приращение длины образца, мм;

– истинная зажимная длина образца, мм.

3.3.6 Протокол испытания

Протоколы испытаний приведены в приложении 2 (таблицы 2.1-2.2) и содержат:

вид, наименование материала;

количество образцов, испытанных в каждом направлении;

среднее значение разрушающей нагрузки, относительного удлинения при разрыве;

стандартное отклонение и коэффициент вариации;

условия проведения испытаний;

дату проведения испытаний.

3.3.7 Результаты лабораторных испытаний

Результаты лабораторных испытаний по определению предела прочности на растяжение и относительного удлинения при разрыве образцов, приведены в таблице 1.

Таблица 1 Прочность и деформируемость

Направление	Предел прочности на растяжение T , кН/м	Относительное удлинение при разрыве ε , %
по длине	6,00	16,2
по ширине	7,48	24,3

3.4 Устойчивость к многократному замораживанию и оттаиванию

3.4.1 Методика испытаний геосинтетических материалов на устойчивость к многократному замораживанию и оттаиванию (морозостойкость)

Методика устанавливает способ испытания геосинтетических материалов при воздействии многократного замораживания и оттаивания (морозостойкости). Под морозостойкостью геосинтетических материалов понимают их способность в увлажненном состоянии выдерживать многократные циклы «замораживание – оттаивание» без заметного ухудшения прочности. Основной причиной разрушения материала при низких температурах является расширение воды, заполняющей его поры. Сущность методики заключается в оценке сохранения прочности при растяжении геосинтетических материалов после многократного попеременного замораживания и оттаивания образцов.

3.4.2 Средства измерения, вспомогательные устройства и материалы

1. Климатическая испытательная камера для бетона серии СБ ("Тепло-холод"), позволяющая поддерживать температуру испытания в диапазоне от минус 18 °С до 23 °С с точностью $\pm 1^{\circ}\text{C}$.

2. Емкость для воды, обеспечивающая полное погружения образцов.

3. Машина универсальная испытательная с механическим приводом ЦДМ-5 (диапазон измерения нагрузок 0-5000 кгс), обеспечивающие постоянную скорость растяжения, с относительной погрешностью показаний разрывной нагрузки не более $\pm 1,0\%$ от измеряемой величины, абсолютной погрешностью показаний удлинения не более $\pm 1,0\%$. Требования к машинам для испытаний в соответствии с ГОСТ 28840.

3.4.3 Подготовка образцов

Для проведения испытаний образцов геомембраны TefondHP были отобраны пробы в соответствии с п. 3.2

Подготовка образцов в соответствии с п.3.2.

3.4.4 Порядок проведения испытаний

Испытания проводят на образцах, кондиционированных в соответствии с п.1.2.

Образцы, предназначенные для испытаний на многократное замораживание и оттаивание, погружают в емкость с водой так, чтобы уровень воды над образцами был не ниже 15 мм.

Емкость с водой помещают в климатическую камеру и проводят попеременное замораживание и оттаивание образцов по следующему циклу:

- 1) замораживание - в течение 12 ч при температуре минус 18 °С;
- 2) оттаивание (полное размораживание) – в течение 12 ч при комнатной температуре (18-23) °С.

Количество циклов – 30.

Образцы после попеременного замораживания и оттаивания извлекают из емкости, сушат при комнатной температуре в течение 24 ч или при температуре 60°С в течение 1 ч.

После этого проводят испытания образцов на растяжение для сравнительного анализа.

3.4.5 Обработка результатов измерений

Показатель стойкости геосинтетических материалов к многократному замораживанию и оттаиванию (сохранение прочности) определяется по формуле

$$R = \frac{R_1}{R_0} \cdot 100, \quad (11)$$

где R_1 – прочность при растяжении образца после многократного замораживания и оттаивания, кН/м;

R_0 – прочность при растяжении контрольного образца, кН/м.

3.4.6 Протокол испытаний

Протоколы испытаний приведены в приложении 3 (таблицы 3.1- 3.2). В протоколе испытаний содержатся следующие данные:

вид, наименование материала;

количество образцов, испытанных в каждом направлении;

режим проведения испытаний;

прочность при растяжении образцов после замораживания и оттаивания, кН/м;

показатель стойкости геомембраны после многократного замораживания и оттаивания в процентах;

условия проведения испытаний;

дату проведения испытаний.

3.4.7 Результаты лабораторных испытаний

Результаты лабораторных испытаний по определению предела прочности на растяжение и относительного удлинения при разрыве образцов после многократного замораживания и оттаивания, приведены в таблице 2.

Таблица 2 Показатель стойкости геомембраны после многократного замораживания и оттаивания

Направление	Предел прочности на растяжение T , кН/м	Относительное удлинение при разрыве ε , %	Показатель стойкости геомембраны после многократного замораживания и оттаивания C_t , %
по длине	8,63	77,4	144
по ширине	9,06	42,0	121

По оценке сохранения прочности при растяжении профилированной геомембраны TefondHP после многократного попеременного замораживания и оттаивания материал является морозостойким.

3.5 Гибкость при отрицательных температурах

3.5.1 Методика испытаний геосинтетических материалов на гибкость при отрицательных температурах

При пониженных температурах существенно снижается устойчивость геосинтетических материалов к изгибу. Важной характеристикой является определение гибкости материала при изгибании образцом испытательного бруса при заданной температуре в соответствии с ГОСТ 2678.

Брус изготавливается из материала с малой теплопроводностью (твердая древесина). Испытания проводятся при радиусе испытательного бруса 5 мм и следующих температурах: минус 10⁰С, минус 20⁰С.

Образцы перед испытанием охлаждают до заданной температуры в климатической камере. По истечении заданного времени образцы извлекают из испытательной среды и прикладывают тыльной стороной к ровной поверхности бруса таким образом, чтобы к брусу прилегало около 0,25 длины образца. Свободный конец образца загибают в течение (5) с вокруг закругленной части бруса до совмещения с другой его поверхностью; образцы при этом принимают U – образную форму.

Поверхность изогнутого образца осушают хлопчатобумажной тканью и производят контроль внешнего вида. Время с момента извлечения образца из охлаждающей среды до начала осмотра не должно превышать 15 с. В качестве показателя гибкости используют отсутствие трещин на лицевой стороне материала при заданной температуре.

3.5.2 Средства измерения, вспомогательные устройства и материалы

1. Климатическая испытательная камера для бетона серии СБ ("Тепло-холод"), позволяющая поддерживать температуру испытания в диапазоне от минус 18 °С до 23 °С с точностью $\pm 1^\circ\text{C}$.

2. Испытательный брус радиусом 5 мм.

3.5.3 Подготовка образцов

Из каждой пробы геомембраны TefondHP были вырезаны две группы образцов для испытания в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Пробы размечались в продольном направлении, т.е. в направлении выработки полотна, и поперечном направлении. Образцы были подготовлены так, чтобы один образец не являлся продолжением другого. При разметке проб первый образец вырезался на расстоянии от края не менее 1/10 ширины пробы геомембраны TefondHP.

Количество образцов, испытываемых в одном режиме - 5 в каждом направлении. Образцы изготовлены прямоугольной формы: длина образца – (1501) мм, ширина образца – (20 \pm 1) мм.

3.5.45 Протокол испытаний

Протокол испытаний приведен в приложении 4 (таблица 4.1). В протоколе испытаний содержатся следующие данные:

вид, наименование материала;

условия проведения испытаний;

дату проведения испытаний;

результаты определения гибкости материала при изгибании образцом испытательного бруса при заданных температурах.

По результатам лабораторных исследований на гибкость - геомембрана TefondHP устойчива к изгибу при пониженных температурах (отсутствуют трещины на лицевой стороне материала).

3.6 Коэффициент теплопроводности

3.6.1 Методика испытания геомембраны по определению коэффициента теплопроводности

Теплопроводность – способность материала проводить через свою толщину тепловой поток, который возникает под влиянием разности температур на поверхностях, ограничивающих материал. Это свойство фиксируется с помощью теплопроводности λ , которая показывает количество теплоты, которое проходит через стенку толщиной 1 м и площадью 1 м² при перепаде температур на противоположных поверхностях в 1 °С в течение 1 часа. Величина λ имеет размерность Вт/(м·°К); она может служить сравнительной характеристикой при оценке теплозащитных свойств различных материалов и зависит, главным образом, от влажности.

Для определения теплопроводности геомембраны TefondHP использовался прибор МИТ-1. Прибор МИТ-1 применяется для оперативного определения теплопроводности строительных и теплоизоляционных материалов зондовым методом по ГОСТ 30256 [32] на образцах, а также позволяет производить технологический, лабораторный и оперативный контроль теплозащитных свойств материалов и конструкций при обследовании зданий и сооружений.

3.6.2 Средства измерения, вспомогательные устройства и материалы

1. Измеритель теплопроводности материалов «МИТ-1».
2. Универсальная испытательная машина ИМЧ-30 с гидравлическим приводом активного захвата и механико-гидравлическим силоизмерением.

3. Дрель электрическая.

3.6.3 Подготовка образцов

Для проведения испытаний образцов геомембраны TefondHP были отобраны пробы в соответствии с п. 3.2. В соответствии с ГОСТ 30256 – 94 были подготовлены образцы. В образце было просверлено отверстие диаметром 6 мм.

3.6.4 Порядок проведения испытаний

При измерении теплопроводности измерительный зонд прибора МИТ–1 помещали внутрь образца с обеспечением максимального теплового контакта зонда с образцом. Для охлаждения зонда и образцовых мер измерения теплопроводности проводили с интервалом 10-15 минут.

3.6.5 Протокол испытаний

Протокол испытаний приведен в приложении 5 (таблица 5.1). В протоколе испытаний содержатся следующие данные:

вид, наименование материала;

условия проведения испытаний;

дату проведения испытаний;

результаты измерений теплопроводности.

Среднее арифметическое значение коэффициента теплопроводности $\chi=0,259$ Вт/м К.

3.7 Показатель теплостойкости

3.7.1 Методика испытания геомембраны на теплостойкость

Устойчивость к нагреву (теплостойкость) – важный показатель качества рулонных строительных материалов. Сущность методики заключается в способности геомембраны TefondHP сохранять исходные свойства под действием повышенных температур – моделирования воздействия на геомембрану температуры во время укладки горячей асфальтобетонной смеси.

3.7.2 Средства измерения, вспомогательные устройства и материалы

1. Шкаф сушильный Memmert (диапазон температур 30...250°C).

2. Машина универсальная испытательная с механическим приводом ЦДМ-5 (диапазон измерения нагрузок 0-5000 кгс), обеспечивающие постоянную скорость растяжения, с относительной погрешностью показаний разрывной нагрузки не более $\pm 1,0$ % от измеряемой величины, абсолютной погрешностью показаний удлинения не более $\pm 1,0$ %. Требования к машинам для испытаний в соответствии с ГОСТ 28840.

3.7.3 Подготовка образцов

Для проведения испытаний образцов геомембраны TefondHP были отобраны пробы и подготовлены образцы в соответствии с п. 3.2.

3.7.4 Порядок проведения испытаний

Испытания проводят на образцах, кондиционированных в соответствии с п.3.2.

Теплостойкость определяют на образцах, вырезанных в продольном и поперечном направлениях. Испытания проводят на пяти образцах для каждого направления.

Образцы выдерживают в муфельной печи, предварительно нагретой до температуры 50 °С в течении 2 ч. После этого образцы извлекают из печи, охлаждают. Для определения влияния температуры на свойства геомембраны TefondHP образцы испытываются на растяжение.

3.7.5 Обработка результатов измерений

Показатель теплостойкости геосинтетических материалов к воздействию повышенными температурами (сохранение прочности) определяется по формуле:

$$C_{\text{тепл}} = (\alpha_{\text{тепл}} / \alpha_0) 100\% \quad (10)$$

где $\alpha_{\text{тепл}}$ – прочность при растяжении образца после воздействия повышенной температуры, кН/м;

– прочность при растяжении контрольного образца, кН/м.

3.7.6 Протокол испытаний

Протоколы испытаний приведены в приложении 6 (таблицы 6.1-6.2). В протоколе испытаний содержатся следующие данные:

вид, наименование материала;

количество образцов, испытанных в каждом направлении;

режим проведения испытаний;

прочность при растяжении образцов после воздействия повышенной температурой, кН/м;

показатель стойкости геомембраны TefondHPк воздействию повышенных температур в процентах;

условия проведения испытаний;

дату проведения испытаний.

Результаты лабораторных испытаний по определению показателя теплостойкости геомембраныTefondHP приведены в таблице 3.

Таблица 3 Показатель теплостойкости геомембраны

Направление	Предел прочности на растяжение T , кН/м	Относительное удлинение при разрыве ε , %	Показатель теплостойкости геомембраны $C_{\text{тепл}}$, %
по длине	7,69	73,2	128
по ширине	6,91	54,4	92

По оценке сохранения прочности при растяжении профилированной геомембраны TefondHP после нагрева материал является теплостойким.

4. ПОЛЕВЫЕ ИСПЫТАНИЯ

4.1 Общие положения и исходные данные

Прочность дорожных конструкций является одним из важнейших показателей, позволяющих оценить эксплуатационное состояние дорог и выявить, насколько они отвечают требованиям автомобильного движения. Она характеризуется ее способностью воспринимать без отказа воздействие движения и погодно-климатических факторов. Отказом дорожной конструкции является ее переход в предельное состояние, то есть в состояние, при котором дорожная конструкция перестает удовлетворять заданным требованиям.

Сопоставляя эти данные с величинами, требуемыми по условиям движения, и принимают решение по несущей способности обследованных дорог. Фактические показатели прочности дорожных одежд определяют по результатам полевых испытаний, обработанных методами математической статистики.

Для оценки влияния прослойки геомембраны TefondHP на прочность дорожных конструкций были проведены полевые испытания [9, 36, 45, 49, 51].

Для испытания были выбраны опытные участки. Опытные участки включали экспериментальные и контрольные секции, предназначенные для проведения натурных испытаний дорожных конструкций. На экспериментальных секциях укладывались прослойки из геомембраны TefondHP в дорожную конструкцию, контрольные секции – без прослоек. Экспериментальные и контрольные секции располагались в одинаковых условиях, т.е. на протяжении секций - однородный тип местности по

условиям и степени увлажнения, грунтовые условия, рельеф местности, а также одинаковая толщина покрытия.

В состав полевых работ входили: инструментальная фиксация и сравнение дефектов дорожного покрытия на экспериментальном (км 190+330 - км 190+490 (0,160 км)) и контрольном (км 190+490 – км 190+650 (0,160 км)) участках дороги. Проводились полевые испытания в 2 цикла измерений показателей дорожной конструкции (1-й цикл – в сентябре, 2-й цикл – в декабре).

Полевые сравнительные испытания проводились на участке автомобильной дороги Долматово – Няндомы – Каргополь - Пудож, км 190+330 - км 190+490 (0,160 км) с экспериментальной конструкцией дорожной одежды:

плотный мелкозернистый асфальтобетон, тип Б, марка II	5 см
пористый крупнозернистый асфальтобетон, марка I	5 см
щебень, уложенный способом заклинки	26 см
двухосноориентированная полипропиленовая георешетка ГЕО ДС40	-
песок средний	30 см
геомембрана Tefond HP	-

подстилающие слои

Основные измеряемые показатели:

1. величина морозного пучения;
2. колейность;
3. продольная ровность;
4. модуль упругости на поверхности покрытия.

Прочностные испытания дорожных конструкций на опытных участках производились методом динамического нагружения с измерением упругих осадок. Методика устанавливает способ измерения прогиба покрытия под действием падающего груза.

Таким образом, учитывают вертикальные силы. Горизонтальные силы (сила тяги, торможения и т.п.) вызывают в основном поверхностный износ покрытия и незначительно распространяются в глубину.

4.2 Величина морозного пучения, колейность, продольная ровность

4.2.1 Методика определения величины морозного пучения, наличия и величины колеобразования и продольной ровности

На величину морозного пучения грунтов большое влияние оказывает плотность их сложения. Так, если грунты очень плотные, то при их промерзании наблюдается незначительное пучение (хотя все поры заполнены водой), поскольку такие грунты имеют малое количество воды и в них затруднена возможность ее передвижения при промерзании. В очень рыхлых грунтах много пор и пустот, которые обычно свободны от воды, и за счет этих пустот могут гаситься деформации пучения. Грунты средней плотности с

полным заполнением всех пор водой при промерзании сильно увеличиваются в объеме, т. е. деформируются от морозного пучения.

Оценку величины морозного пучения производили путем сравнительного анализа фактических отметок оси дороги, зафиксированных на первом и втором этапах полевых испытаний.

Также проверяли колейность и продольную ровность дороги. Продольная ровность проезжей части – один из показателей качества дорожного покрытия, характеризующий взаимное воздействие транспортных средств и дорожной поверхности на вертикальные колебания транспортного средства и динамическую нагруженность дорожной одежды.

При проведении полевых испытаний в первый цикл точки были зафиксированы на асфальте участка автодороги краской, пронумерованы рядом с осевой линией. Отметки взяты на перекрестье линий.

4.2.2 Средства измерения, вспомогательные устройства и материалы

1. Рейка 3—метровая дорожная универсальная. Габаритные размеры рейки: длина 3000 мм, допуск на параметр ± 2 мм, ширина 50 мм, допуск на параметр ± 2 мм, высота 110 мм.

2. Промерник. Габаритные размеры промерника: ширина основания 50,5 мм, - максимальная высота 15,0 мм.

3. НивелирН-3.

4.2.3 Порядок проведения измерений

Измерение колейности производится при помощи 3-м дорожной универсальной рейки и промерника по каждой полосе движения. Выбираются контрольные створы, на которых рейка прикладывается перпендикулярно оси дороги непосредственно на полосу движения. При помощи измерительного щупа (промерника), устанавливаемого вертикально, с шагом 10 см от начала и далее вдоль всей длины рейки снимаются отсчеты. Количество створов измерения и расстояние между створами принимают в зависимости от длины контрольного участка, но не менее 10 створов.

4.2.4 Обработка результатов измерений

Определяется среднее и максимальное значение колеи на каждом створе и на контрольном участке в целом.

4.2.5 Протокол измерения

Результаты полевых испытаний по измерению высотных отметок на автодороге "Долматово-Няндомы-Каргополь-Пудож" приведены в приложении 7 (таблицы 7.1 - 7.2).

Протокол измерения содержит:

наименование участка;

место производства измерений;

результаты измерений;

дату проведения измерений.

По наблюдениям за дорожной конструкцией с прослойкой профилированной геомембраны TefondHPи без прослойки за заданный (относительно небольшой) интервал времени морозное пучение не наблюдалось.

Наличие колеи, дефектов на участке дороги не установлено.

4.3 Модуль упругости на поверхности покрытия

4.3.1 Методика определения модуля упругости на покрытии

Для объективной оценки состояния дорожных одежд целесообразно использовать воздействие, аналогичное реальному при движении транспорта. Подобный анализ напряжённо-деформированного состояния будет наиболее информативен с позиции определения способности дорожной конструкции воспринимать динамическое воздействие автомобилей. В отличие от статических подходов, динамические модели напряженно-деформированного состояния теоретически способны учесть эффекты, обусловленные подвижностью нагрузки.

Методика устанавливает способ измерения прогиба покрытия под действием падающего груза.

Прибор выдает данные, приведенные к показаниям установки динамического нагружения ДИНА-3М.

Расчет модуля упругости дорожной одежды по измеренным данным производится по ОДН 218.1.052-2002 "Оценка прочности нежестких дорожных одежд".

4.3.2 Средства измерения, вспомогательные устройства и материалы

Прибор "Микродин".

4.3.3 Порядок проведения измерений

Для измерения прогиба покрытия в данной точке необходимо выполнить следующие действия:

1. установить прибор в нужную точку покрытия.
2. за верхнюю часть отклонить прибор в сторону, приподняв край опорной плиты с датчиком так, чтобы датчик «отцентрировался», затем вернуть прибор в исходное положение.
3. тумблером, установленным на корпусе, включить прибор.
4. нажать кнопку "сброс", обнуляя индикатор.

5. правой рукой поднять груз вверх до упора, при этом левой рукой следует придерживать прибор за верхнюю часть, чтобы основание прибора с датчиком не сместилось, а оставалось прижатым к дорожному покрытию.

6. отпустить груз.

7. прочесть показания индикатора и записать их в полевой журнал. Четыре цифры индикатора - это прогиб покрытия в микронах, приведенные к показаниям установки ДИНА-3М.

8. В одной точке покрытия производят 3-5 измерений, в зависимости от сходимости результатов. Разброс показаний обычно не превышает 5-10%. В случае появления большого разброса, следует установить прибор в другое место, убедившись в отсутствии посторонних предметов (например, щебня) на покрытии или значительных повреждений поверхности.

9. выключить прибор.

4.3.4 Обработка результатов измерений

Сравнительный анализ изменения прочности дорожной конструкции с укладкой геомембраны и без ее применения на автодороге "Долматово-Няндомо-Каргополь-Пудож" приведены в таблице 4.

Таблица 4 Сравнительный анализ увеличения прочности дорожной конструкции с укладкой геомембраны и без ее применения

	Уменьшение величины прогиба, %	Увеличение величины модуля упругости, %
Экспериментальный участок (км190+330 - км 190+490)	5	7

4.3.5 Протокол измерения

Результаты полевых испытаний по измерению обратимых прогибов на автодороге "Долматово-Няндомо-Каргополь-Пудож" приведены в приложении 8 (таблицы 8.1 -8.2).

Протокол измерения содержит:

наименование участка;

место производства измерений;

результаты измерений;

дату проведения измерений.

5. ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Установлено, что в результате устройства дорожной конструкции фактический общий модуль упругости дорожной одежды с прослойкой из профилированной геомембраны TefondHP увеличивается в среднем на 7 %, уменьшается величина осадки верхнего слоя покрытия в среднем на 5 % по сравнению с вариантом без прослойки.

2. Анализ значений предела прочности на растяжение и относительного удлинения при разрыве образцов профилированной геомембраны TefondHP показал, что по ширине - прочность на растяжение на 20 % больше, чем по длине; относительное удлинение - на 30% больше, чем по длине.

3. По оценке сохранения прочности при растяжении профилированной геомембраны TefondHP после многократного попеременного замораживания и оттаивания материал является морозостойким.

4. Установлено, что профилированная геомембрана TefondHP устойчива к изгибу при пониженных температурах.

5. По оценке сохранения прочности при растяжении профилированной геомембраны TefondHP после нагрева материал является теплостойким.

6. Для получения более полной информации о влиянии геомембраны TefondHP на величину морозного пучения рекомендуется дополнительно провести полевые испытания измерений показателей дорожной конструкции после ее промерзания (в феврале).

7. Для получения прогнозной оценки изменения характеристик геомембраны TefondHP в течение срока службы рекомендуется дополнительно провести лабораторные испытания на ползучесть (изменение прочностных и деформационных свойств материала во времени), т.к. со временем, в связи с процессом естественного старения, физико-технические свойства полимерных мембран, в том числе и их морозостойкость значительно понижаются.

8. Профилированная геомембраны Tefond в качестве прослойки в дорожной конструкции рекомендуется для дальнейшего применения в

дорожном хозяйстве Архангельской области для армирования, разделения конструктивных слоев и в качестве дополнительной изоляции от проникновения грунтовых вод.

6. ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. СП 11-110-99 Авторский надзор за строительством зданий и сооружений (с приложением журнала авторского надзора)
2. ГОСТ Р 21.1101-2009 СПДС. Основные требования к проектной и рабочей документации
3. ГОСТ Р 21.1001-2009 СПДС. Общие положения
4. ГОСТ Р 21.1002-2008 СПДС. Нормоконтроль проектно – сметной документации
5. ГОСТ Р 21.1003-2009 СПДС. Учет и хранение проектной документации
6. ГОСТ 21.302-96 СПДС. Условные графические обозначения в документации по инженерно-геологическим изысканиям
7. ГОСТ Р 21.1207-97 СПДС. Условные графические обозначения на чертежах автомобильных дорог
8. ГОСТ Р 21.1701-97 СПДС. Правила выполнения рабочей документации автомобильных дорог
9. СТ СЭВ 5497-86 Дороги автомобильные международные. Определение несущей способности дорожных конструкций и их конструктивных слоев установкой динамического нагружения (УДН)
10. ГОСТ 9128-2009 Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия
11. ГОСТ 5180-84 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик
12. ГОСТ 12536-79 Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава
13. ГОСТ 19912-2001 Грунты. Методы полевых испытаний статистическим и динамическим зондированием
14. ГОСТ 20276-99 Грунты. Методы полевого определения характеристик прочности и деформируемости
15. ГОСТ 20522-96 Грунты. Метод статистической обработки результатов испытаний
16. ГОСТ 22733-2002 Грунты. Метод лабораторного определения максимальной плотности

17. ГОСТ 23061-90 Грунты. Методы радиоизотопных измерений плотности и влажности
18. ГОСТ 23161-78 Грунты. Метод лабораторного определения характеристик просадочности
19. ГОСТ 23278-78 Грунты. Методы полевых испытаний проницаемости
20. ГОСТ 23740-79 Грунты. Методы лабораторного определения содержания органических веществ
21. ГОСТ 24143-80 Грунты. Методы лабораторного определения характеристик набухания и усадки
22. ГОСТ 24846-81 Грунты. Методы измерения деформаций оснований зданий и сооружений
23. ГОСТ 24847-81 Грунты. Методы определения глубины сезонного промерзания
24. ГОСТ 25358-82 Грунты. Метод полевого определения температуры
25. ГОСТ 25584-90 Грунты. Методы лабораторного определения коэффициента фильтрации
26. ГОСТ 26262-84 Грунты. Методы полевого определения глубины сезонного оттаивания
27. ГОСТ 26263-84 Грунты. Метод лабораторного определения теплопроводности мерзлых грунтов
28. ГОСТ 2678 – 94 Материалы рулонные кровельные и гидроизоляционные
29. ГОСТ 27217-87 Грунты. Метод полевого определения удельных касательных сил морозного пучения
30. ГОСТ 28514-90 Строительная геотехника. Определение плотности грунтов методом замещения объема
31. ГОСТ 28622-90 Грунты. Метод лабораторного определения степени пучинности
32. ГОСТ 30256-94 Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности цилиндрическим зондом
33. ГОСТ 30416-96 Грунты. Лабораторные испытания. Общие положения

34. ГОСТ 30672-99 Грунты. Полевые испытания. Общие положения
35. ГОСТ Р 53582-2009 Грунты. Метод определения сопротивления сдвигу оттаивающих грунтов
36. ГОСТ 30412-96 Дороги автомобильные и аэродромы. Методы измерения неровностей оснований и покрытий
37. ГОСТ Р 50275 – 92. Материалы геотекстильные. Метод отбора проб [Текст]. – Введ. 1993– 07 – 01. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 1992. – 3 с.
38. ГОСТ Р 50597-93 Автомобильные дороги и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности движения
39. ГОСТ Р 53226-2008 Полотна нетканые. Методы определения прочности
40. ГОСТ Р 52398-2005 Классификация автомобильных дорог. Основные параметры и требования
41. ГОСТ Р 52748-2007 Дороги автомобильные общего пользования. Нормативные нагрузки, расчетные схемы нагружения и габариты приближения. Кроме: Разделы 4,5
42. ГОСТ Р 52399-2005 Геометрические элементы автомобильных дорог
43. ГОСТ Р 53226 – 2008. Полотна нетканые. Методы определения прочности [Текст]. – Введ. 2010 – 01 – 01. – М.: Стандартинформ, 2009. – 19 с.
44. ВСН 5-81 Инструкция по разбивочным работам при строительстве, реконструкции и капитальном ремонте автомобильных дорог и искусственных сооружений
45. ОДН 218.0.006-2002 Правила диагностики и оценки состояния автомобильных дорог. Основные положения
46. ВСН 29-76 Технические указания по оценке и повышению технико-эксплуатационных качеств дорожных одежд и земляного полотна автомобильных дорог
47. ОДМ 218.5.003-2010 Рекомендации по применению геосинтетических материалов при строительстве и ремонте автомобильных дорог

48. ОДН 218.046-01Проектирование нежестких дорожных одежд
49. ОДН 218.1.052-2002Оценка прочности нежестких дорожных одежд
50. Приказ ФДС России,19.01.99 № 10Требования к автомобильным дорогам с регулярным автобусным сообщением
51. ОДМ от 17.05.02Рекомендации по выявлению и устранению колеи на нежестких дорожных одеждах, Росавтодор 2002год
52. Распоряжение Росавтодора от 17.07.02 №ОС-617-рРуководство по оценке ровности дорожных покрытий толчкомером
53. СП20.13330.2011Свод правил. Нагрузки и воздействия
- 54.СНиП 2.05.02-85*Автомобильные дороги (издание 2005 г. с изменениями)
55. СНиП 3.04.03-85Защита строительных конструкций и сооружений от коррозии
56. СНиП 3.01.04-87Приемка в эксплуатацию законченных строительством объектов. Основные положения
57. СНиП 3.06.03-85Автомобильные дороги
58. СНиП 23-01-99*Строительная климатология
59. ОДМ 218.5.003-2010Рекомендации по применению геосинтетических материалов при строительстве и ремонте автомобильных дорог
60. ОДМ218.5.005-2010Классификация, термины, определения геосинтетических материалов применительно к дорожному хозяйству
61. РСН-88 от 28.07.88Проектирование и строительство автомобильных дорог в Нечерноземной зоне РСФСР
62. Постановление Правительства РФ №87 от 16.02.2008г. «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию»

Приложение 1

Фотографии



Рис.1 Изготовление шаблонов гантелевидной формы



Рис.2 Изготовление образцов гантелевидной формы

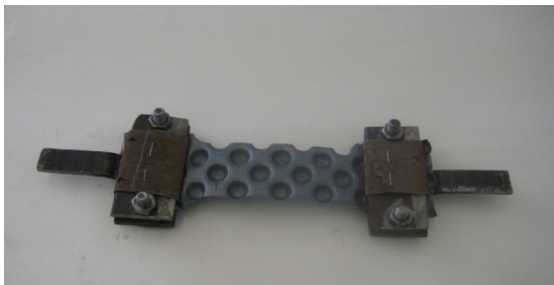


Рис. 3 Заправка образца в захваты



Рис. 4 Заправка пробы в захваты разрывной машины ЦДМ-5



Рис. 5 Процесс растяжения образца



Рис. 6 Разрыв образца



Рис. 7 Снятие образца после испытания



Рис. 8 Обмер образца после испытания



Рис. 9 Шкаф сушильный Memmert



Рис. 10 Образцы в шкафу сушильном Memmert

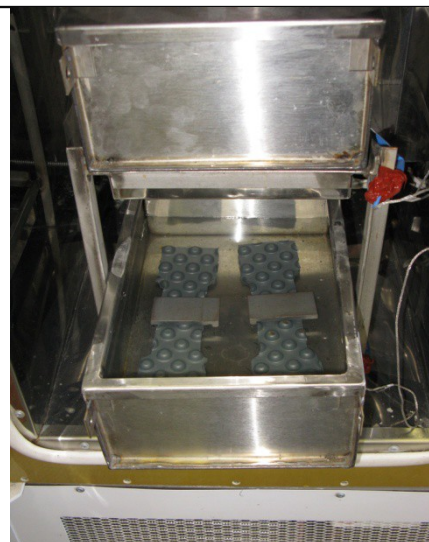


Рис. 11 Морозильная камера

Рис. 12 Образцы в морозильной камере



Рис. 13 Образцы в морозильной камере



Рис. 14 Растяжение образца после многократного замораживания и оттаивания



Рис. 15 Растяжение образца после выдерживания в муфельной печи



Рис. 16 Растяжение образца после выдерживания в муфельной печи



Рис. 17 Снятие образца после испытания



Рис. 18 Образцы после испытаний



Рис. 19 Изготовление образцов для определения коэффициента теплопроводности



Рис. 20 Универсальная испытательная машина ИМЧ-30 с гидравлическим приводом



Рис. 21 Уменьшение воздушных прослоек между слоями материала

Рис. 22 Уменьшение воздушных прослоек между слоями материала



Рис. 23 Измеритель теплопроводности материалов «МИТ-1»

Рис. 24 Подготовка образца к испытанию по определению теплопроводности



Рис. 25 Определение коэффициента теплопроводности



Рис. 26 Испытания на гибкость при отрицательных температурах



Рис. 27 Изгибание образцом испытательного бруса



Рис. 28 Изгибание образцом испытательного бруса



Рис. 29 Изгибание образцом испытательного бруса



Рис. 30 Изгибание образцом испытательного бруса

Таблица 2. 1 Протокол испытаний геомембраны Tefond HP на растяжение

Дата проведения испытаний – 20.09.2012 г.

№ п/п	Направление	Ширина рабочей части, мм		Длина рабочей части, мм		Разруша ющая нагрузка , кг	T, кН/м	Среднее значение разруша ющей нагрузки, кН/м	Стандарт ное отклонен ие	Коэффиц иент вариации , %	Относительная погрешность, %	
		до испытан ия	после испытани я	до испытания	п о с л е и с п ы т а н и я	после испытания						
1	по длине	51,0	48,3	150	173	150	31,5	6,18	6,0	0,11	1,91	2,00

2		51,0	48,8	150	1 7 5	30,0	5,89				
3		50,4	48,4	150	1 7 5	30,0	5,89				
4		50,8	48,7	150	1 7 3	31,0	6,08				
5		50,2	48,4	150	1 7 6	30,5	5,98				
6	по ширине	50,6	48,8	150	1 8 9	39,0	7,65	7 , 4 8	0,09	1,14	1,20
7		51,0	48,9	150	1 8	38,0	7,46				
8		50,3	48,6	150	1 8 8	37,8	7,42				
9		50,0	48,8	150	1 8 6	37,9	7,44				

10	51,0	48,5	150	1 8 8	38,0	7,46			
----	------	------	-----	-------------	------	------	--	--	--

Относительная влажность воздуха (65±5)% , температура (20±2)⁰С.

При планировании эксперимента задаёмся:

- относительная погрешность $\delta=5\%$;
- уровень доверительной вероятности $\alpha=0,95$.

Так как данных о величине коэффициента изменчивости геомембраны Tefond HP нет, то при первых опытах исходили из общих соображений, а в дальнейшем вносили соответствующую поправку на основе полученных данных.

Ответственный исполнитель _____ Оруджова О.Н.

Приложение 2

Таблица 2. 2 Протокол испытаний геомембраны Tefond HP на растяжение

Дата проведения испытаний – 20.09.2012 г.

№ п/ п	Направление	Относительное удлинение при разрыве, %	Среднее значение относительного удлинения при разрыве, %	Стандартное отклонение, %	Коэффициент вариации, %	Относительная погрешность, %
1	по длине	15,3	16,2	0,88	5,47	6,00
2		16,6				
3		16,6				
4		15,3				

5		17,3				
6		26,0				
7		20,7				
8	по ширине	25,3	24,3	2,11	8,73	10,00
9		24,0				
10		25,3				

Относительная влажность воздуха $(65\pm 5)\%$, температура $(20\pm 2)^{\circ}\text{C}$.

При планировании эксперимента задаётся:

- относительная погрешность $\delta=5\%$;
- уровень доверительной вероятности $\alpha=0,95$.

Так как данных о величине коэффициента изменчивости геомембраны Tefond HP нет, то при первых опытах исходили из общих соображений, а в дальнейшем вносили соответствующую поправку на основе полученных данных.

Ответственный исполнитель _____ Оруджова О.Н.

Приложение 3

Таблица 3.1 Протокол испытаний геомембраны Tefond HP на устойчивость к многократному замораживанию и оттаиванию

Дата проведения испытаний – 25.10.2012 г.

№ п/п	Направление	Разрушающая нагрузка, кг	T , кН/м	Среднее значение разрушающей нагрузки, кН/м	Стандартное отклонение	Коэффициент τ вариации, %	Относительная погрешность, %	C_t , %
----------	-------------	-----------------------------	------------	--	---------------------------	--------------------------------------	------------------------------------	-----------

1		45,0	8,83					
2		45,0	8,83					
3	по длине	45,0	8,83	8,63	0,25	2,87	3,00	144
4		42,0	8,24					
5		43,0	8,44					
6		45,0	8,83					
7	по ширине	48,0	9,42	9,06	0,29	3,18	3,34	121
8		48,0	9,42					
9		45,0	8,83					
10		45,0	8,83					

Относительная влажность воздуха $(65\pm 5)\%$, температура $(20\pm 2)^\circ\text{C}$.

При планировании эксперимента задаёмся:

- относительная погрешность $\delta=5\%$;

- уровень доверительной вероятности $\alpha=0,95$.

Так как данных о величине коэффициента изменчивости геомембраны Tefond HP нет, то при первых опытах исходили из общих соображений, а в дальнейшем вносили соответствующую поправку на основе полученных данных.

Ответственный исполнитель _____ Оруджова О.Н.

Приложение 3

Таблица 3.1 Протокол испытаний геомембраны Tefond HP на устойчивость к многократному замораживанию и оттаиванию

Дата проведения испытаний – 25.10.2012 г.

№ п/п	Направление	Разрушающая нагрузка, кг	T , кН/м	Среднее значение разрушающей нагрузки, кН/м	Стандартное отклонение	Коэффициент t вариации, %	Относительная погрешность, %	C_t , %
1		45,0	8,83					
2		45,0	8,83					
3	по длине	45,0	8,83	8,63	0,25	2,87	3,00	144
4		42,0	8,24					
5		43,0	8,44					
6		45,0	8,83					
7		48,0	9,42					
8	по ширине	48,0	9,42	9,06	0,29	3,18	3,34	121
9		45,0	8,83					
10		45,0	8,83					

Относительная влажность воздуха $(65 \pm 5)\%$, температура $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$.

При планировании эксперимента задаёмся:

- относительная погрешность $\delta=5\%$;
- уровень доверительной вероятности $\alpha=0,95$.

Так как данных о величине коэффициента изменчивости геомембраны Tefond HP нет, то при первых опытах исходили из общих соображений, а в дальнейшем вносили соответствующую поправку на основе полученных данных.

Ответственный исполнитель _____ Оруджова О.Н.

Таблица 4.1 Протокол испытаний геомембраны Tefond HP по определению
гибкости материала

Дата проведения испытаний – 31.10.2012 г.

Относительная влажность воздуха $(65\pm 5)\%$, температура $(22\pm 2)^{\circ}\text{C}$.

№ п/п	Температура а, $^{\circ}\text{C}$	Направление	Показатель гибкости материала при заданной температуре
1	- 10	по длине	отсутствие трещин на лицевой стороне материала
2			
3			
4			
5			
6		по ширине	
7			
8			
9			
10			
1	- 20	по длине	отсутствие трещин на лицевой стороне материала
2			
3			
4			
5			
6		по ширине	
7			
8			
9			
10			

Ответственный исполнитель _____ Заборская
О.М.

Таблица 5.1 Протокол испытаний геомембраны Tefond HP по определению коэффициента теплопроводности

Дата проведения испытаний – 31.10.2012 г.

Относительная влажность воздуха $(65\pm 5)\%$, температура $(22\pm 2)^{\circ}\text{C}$.

№ п/п	χ , Вт/м К	Среднее арифметическое значение, χ , Вт/м К	Стандартное отклонение	Коэффициент вариации, %	Относительная погрешность, %
1	0,259				
2	0,262				
3	0,254	0,259	0,0029	1,11	1,17
4	0,257				
5	0,261				

При планировании эксперимента задаёмся:

- относительная погрешность $\delta=5\%$;

- уровень доверительной вероятности $\alpha=0,95$.

Так как данных о величине коэффициента изменчивости геомембраны Tefond HP нет, то при первых опытах исходили из общих соображений, а в дальнейшем вносили соответствующую поправку на основе полученных данных.

Ответственный исполнитель _____ Оруджова О.Н.

Приложение 6

Таблица 6.1 Протокол испытаний геомембраны Tefond HP по определению теплостойкости

Дата проведения испытаний – 25.10.2012 г.

№ п/п	Направление	Разрушающая нагрузка, кг	Среднее значение разрушающей нагрузки, кН/м	Ст ан да рт но е от кл он ен ие	Коэффициент вариации, %	Относительная погрешность, %
1	по длине	40,0	7,69	0,	4,39	4,61

2		36,0				
3		40,0				
4		41,0			34	
5		39,0				
6		35,0				
7		35,0				
8	по ширине	35,0	6,91		0,08	1,14
9		36,0				1,19
10		35,0				

Относительная влажность воздуха (65±5)% , температура (20±2)⁰С.

При планировании эксперимента задаётся:

- относительная погрешность $\delta=5\%$;
- уровень доверительной вероятности $\alpha=0,95$.

Так как данных о величине коэффициента изменчивости геомембраны Tefond HP нет, то при первых опытах исходили из общих соображений, а в дальнейшем вносили соответствующую поправку на основе полученных данных.

Ответственный исполнитель _____ Оруджова О.Н.

Приложение 6

Таблица 6. 2 Протокол испытаний геомембраны Tefond HP по определению теплостойкости

Дата проведения испытаний – 25.10.2012 г.

№	Направление	Относительное	Среднее	Стандартное	Коэффициент	Относительная
п/		удлинение	значение	отклонение, %	вариации, %	погрешность, %

п		при разрыве, %	относительного удлинения при			
1		78,0				
2		72,0				
3	по длине	71,0	73,2	2,77	3,79	4,36
4		72,0				
5		73,0				
6		54,0				
7		52,0				
8	по ширине	57,0	54,4	1,82	3,34	3,84
9		55,0				
10		54,0				

Относительная влажность воздуха $(65 \pm 5)\%$, температура $(20 \pm 2)^{\circ}\text{C}$. При планировании эксперимента задаёмся:

- относительная погрешность $\delta=5\%$;
- уровень доверительной вероятности $\alpha=0,95$.

Так как данных о величине коэффициента изменчивости геомембраны Tefond HP нет, то при первых опытах исходили из общих соображений, а в дальнейшем вносили соответствующую поправку на основе полученных данных.

Ответственный исполнитель _____ Оруджова О.Н.

Протокол полевых испытаний по измерению высотных отметок
на участке автодороге "Долматово-Няндомы-Каргополь-Пудож"

Дата проведения испытаний – 30.09.2012 г.

Температура воздуха – +7°C.

Таблица 7.1

Наименование точки	Строительный пикетаж	Титульный километраж	Высотная отметка, м	Отсчеты по рейке	Высотная отметка на точке, м	Отметка горизонта прибора, м
Рп. на ПК 69+84			126,147	2,832		128,979
1	7017	190637		0,665	128,314	
2	6987	190607		0,792	128,187	
3	6957	190577		0,907	128,072	
4	6927	190547		1,02	127,959	
5	6897	190517		1,118	127,861	
5 (переход)	6897	190517		1,21		129,071
6	6867	190487		1,26	127,811	
7	6837	190457		1,258	127,813	
8	6807	190427		1,205	127,866	
ПК 68	6800	190420		1,219	127,852	
9	6777	190397		1,069	128,002	
10	6747	190367		0,926	128,145	

Ответственный исполнитель _____ Оруджова О.Н.

Протокол полевых испытаний по измерению высотных отметок
на участке автодороге "Долматово-Няндомы-Каргополь-Пудож"

Дата проведения испытаний – 02.12.2012 г.

Температура воздуха – - 8°С.

Таблица 7.2

Наименование точки	Строительный пикетаж	Титульный километраж	Высотная отметка, м	Отсчеты по рейке	Высотная отметка на точке, м	Отметка горизонта прибора, м
Рп. на ПК 69+84	-	-	126.147	2.990	-	129.137
1	7017	190637	-	0.811	128.326	-
2	6987	190607	-	0.939	128.198	-
3	6957	190577	-	1.054	128.083	-
4	6927	190547	-	1.170	127.967	-
5	6897	190517	-	1.266	127.871	-
5 (переход)	6897	190517	-	1.335	-	129.206
6	6867	190487	-	1.377	127.829	-
7	6837	190457	-	1.370	127.836	-
8	6807	190427	-	1.318	127.888	-
ПК 68	-	-	-	-	-	-

9	6777	190397	-	1.183	128.023	-
10	6747	190367	-	1.044	128.162	-

Ответственный исполнитель _____ Оруджова О.Н.