Государственный дорожный научно-
исследовательский институт
ФГУП «СОЮЗДОРНИИ»

В.Д.Казарновский, С.Е. Гречищев,
Е.С. Пшеничникова, Ю.Б. Шешин

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ПРИМЕНЕНИЮ ОБЪЕМНОЙ ГЕОРЕШЕТКИ ТИПА «ГЕОВЕБ» ПРИ СООРУЖЕНИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В РАЙОНАХ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ
(ДЛЯ ОПЫТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА)

Москва 2003

gost.e-ecolog.ru

Государственный дорожный научно-
исследовательский институт
ФГУП «СОЮЗДОРНИИ»

В.Д. Казарновский, С.Е. Гречищев,
Е.С. Пшеничникова, Ю.Б. Шешин

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ПРИМЕНЕНИЮ ОБЪЕМНОЙ ГЕОРЕШЕТКИ ТИПА «ГЕОВЕБ» ПРИ СООРУЖЕНИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В РАЙОНАХ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

(ДЛЯ ОПЫТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА)

Москва 2003

УДК 625.7.08:624.139

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ОБЪЕМНОЙ ГЕОРЕШЕТКИ ТИПА «ГЕОВЕБ» ПРИ СООРУЖЕНИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В РАЙОНАХ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ (для опытного строительства)/ В.Д. Казарновский, С.Е. Гречищев, Е.С. Пшеничникова, Ю.Б. Шешин.– Союздорнии. М., 2003.

Содержат указания по проектированию и строительству дорожных конструкций, включающих объемные георешетки типа «Геовеб», на опытных участках автомобильных дорог. Применяются для строительства дорог в зоне вечной мерзлоты Западносибирского региона. Общая часть рекомендаций, не связанная непосредственно с особенностями природных условий, может быть использована также для проектирования и строительства опытных участков дорог в других регионах.

Рис. 14, табл. 7

5-98286-001-8

©ФГУП «Государственный дорожный научно-исследовательский институт» 2003

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящие Методические рекомендации разработаны в рамках договора Союздорнии с ВНИПИгаздобыча на основе обобщения опыта применения георешеток «Геовеб» в различных странах, а также теоретических, лабораторных и стендовых исследований, проведенных Союздорнии в 2000 г., включая первый этап опытного строительства дороги УКПГ-2С.

Методические рекомендации могут быть использованы при опытном строительстве с применением и других типов георешеток, обладающих свойствами, близкими к георешеткам типа «Геовеб».

Методические рекомендации разработаны лабораторией дорожных одежд (ЛДО) и лабораторией водно-теплового режима и криогенных процессов (ЛВТРДК и КП).

В разработке участвовали:

В.Д. Казарновский – соруководитель работы, зав. ЛДО, засл. деятель науки и техники РФ, д-р техн. наук, профессор;

С.Е. Гречищев – соруководитель работы, зав. ЛВТРДК и КП, лауреат Государственной премии РФ, д-р геол.-минерал. наук, профессор;

Е.С. Пшеничникова – ответственный исполнитель от ЛДО, вед. науч. сотр., канд. техн. наук;

Ю.Б. Шешин – ответственный исполнитель от ЛВТРДК и КП, вед. науч. сотр., канд. геол.-минерал. наук.

В работе также принимали участие: *М.Л. Попов* (вед. науч. сотр.); *И.В. Лейтланд* (ст. науч. сотр., канд. техн. наук); *Н.И. Чернова* (инженер-программист 1 кат.); *Л.П. Дегтярева* (инженер).

✉ Замечания и предложения по настоящей работе просьба направлять по адресу: 143903, г. Балашиха-3 Московской обл., шоссе Энтузиастов, 79, Союздорнии.

Директор Союздорнии *В.М. Юмашев*

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящие Методические рекомендации предназначены для проектирования и строительства в условиях зоны вечной мерзлоты Западносибирского региона опытных участков автомобильных дорог с применением в конструкциях дорожных одежд, элементах земляного полотна и защитных укреплений поверхности прилегающих территорий объемных георешеток типа «Геовеб».

Целью разработки Методических рекомендаций является возможность получения практического опыта в применении георешетки «Геовеб» и на их основе в перспективе разработка соответствующих нормативных документов.

Настоящие Методические рекомендации разработаны на основе обобщения зарубежного опыта и проведенных Союздорнии исследований, в том числе на объектах Газпрома, построенных с использованием георешетки «Геовеб».

Методические рекомендации могут применяться также при строительстве дорог и в других природных условиях, в той части, которая не связана непосредственно с особенностями природных условий зоны вечной мерзлоты Западносибирского региона.

Во всех случаях для принятия решения о применении георешетки «Геовеб» в зоне вечной мерзлоты следует предварительно выполнить инженерно-геокриологический прогноз в целях оценки возможного проявления криогенных процессов, их состава и интенсивности на отдельных участках проектируемых автомобильных дорог и возможности эффективного использования «Геовеба» с учетом этих процессов.

1.2. При разработке настоящих Методических рекомендаций, кроме результатов собственных исследований Союздорнии и материалов, предоставленных ЗАО «ПРЕСТО-РУСЬ», учитывались данные исследований и других отечественных организаций, опубликованные документы по применению геосинтетики в дорожных конструкциях вне зоны вечной мерзлоты, такие как ВСН «Применение синтетических материалов при устройстве нежестких одежд автомобильных дорог»; ТУ 2246-002-97859300-97 «Прудон-494»; «Методические рекомендации по проектированию и строительству грунтовых насыпей на торфяном основании, арми-

рованном георешетками «Прудон-494» (ОАО «ЦНИИС». М 2000. – 39 с.).

1.3. Поскольку опыт применения «Геовеба» в условиях рассматриваемого региона практически отсутствует, при строительстве дорог с использованием настоящих Методических рекомендаций следует предусматривать соответствующее научное сопровождение как на стадии изысканий, проектирования и строительства, так и на стадии их эксплуатации. При этом должны быть предусмотрены натурные наблюдения за поведением конструкций, в которых используется «Геовеб», во времени.

Результаты указанных наблюдений, как и опыт проектирования и строительства, должны быть использованы для уточнения и дополнения настоящих Методических рекомендаций, с тем чтобы последние легли в основу нормативно-технического или методического документа, предназначенного для широкого применения

1.4. «Геовеб» представляет собой сотовую структуру из пластика, объемную георешетку, которая при использовании в конструктивном слое способна играть роль армирующего элемента. При заполнении ячеек «Геовеба» тем или иным материалом образуется композитная система, обладающая прочностью на растяжение и распределяющей способностью, как некоторый квазиоднородный слой. Механические свойства этой системы определяются геометрическими параметрами объемной георешетки, свойствами заполнителя ячеек, а также характером взаимодействия заполнителя с георешеткой.

1.5. Композитный слой «Геовеб» + заполнитель может использоваться:

- ✧ в дорожной одежде в качестве альтернативы слоев из грунта и каменных материалов, укрепленных вяжущими;
- ✧ в укреплении обочин;
- ✧ в покрытиях стояночных площадок пешеходных дорожек и т. п.;
- ✧ в укреплении откосов насыпей и выемок;
- ✧ в укреплении кюветов и канав;
- ✧ в укреплении грунтовых поверхностей придорожных территорий;

- ✧ в основании дорожных насыпей, сооружаемых на слабых основаниях,
- ✧ в теле дорожных насыпей, возводимых с откосами повышенной крутизны

Наряду с этим указанный композитный слой может применяться в качестве армирующих элементов в армогрунтовых подпорных сооружениях и других геотехнически конструкциях

1 6 Применительно к дорожному строительству слои на основе «Геовеба» могут использоваться в том или ином качестве при строительстве дорог любого уровня – как общей сети, так и промысловых, промышленных, патрульных, городских, сельскохозяйственных дорог, а также подъездов и временных проездов

2. НОМЕНКЛАТУРА ОБЪЕМНЫХ ГЕОРЕШЕТОК «ГЕОВЕБ»

2 1 Трехмерная сотовая георешетка «Геовеб» представляет собой объемную ячеистую конструкцию изготавливаемую из полиэтиленовых лент (полиэтилен высокого и низкого давления) толщиной ($1{,}27^{+10\%}_{-5\%}$) мм посредством их соединения между собои линейными швами, расположенны ии в шахматном порядке

2 2 «Геовеб» может эксплуатироваться при температуре от минус 65 до 50°С при воздействии ультрафиолетового излучения, в условиях контакта с водой, бетоном, почвогрунтами с показателем кислотности pH = 4–11

2 3 «Геовеб» выпускают в виде складывающихся секций прямоугольной формы в плане площадью 15 и 30 м^2, массой 15 и 42 кг

«Геовеб» выпускают преимущественно с рельефной текстурированной поверхностью граней ячеек, которая позволяет увеличить трение между стенками ячеек и заполнителем

«Геовеб» выпускают также с перфорированными стенками ячеек, что также позволяет повысить трение с крупнозернистым заполнителем и обеспечить дренаж При этом коэффициент проницаемости «Геовеба», равный отношению суммарной площади отверстий на одной грани ячейки к площади этой грани, не должен превышать 0,3

2.4. Георешетки «Геовеб» выпускают с ячейками следующих размеров:

- ✧ *стандартная* ячейка: 244×203 мм; *крупная* ячейка: 488×406 мм; *высота стенки* ячейки: 50; 76; 102; 152 и 203 мм;
- ✧ стандартная *А-секция*: ширина – 2,44 м, длина – от 0,61 до 9,1 м (рис. 2.1, прил. 1); стандартная *В-секция*: длина – 6,10 м, ширина – от 0,73 до 2,44 м (см. прил. 1).

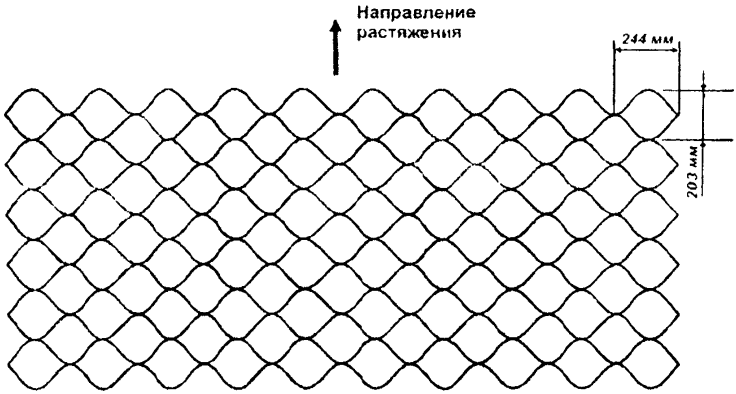


Рис 2.1. Стандартная А-секция «Геовеб»

3. ОСОБЕННОСТИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ РАЙОНОВ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ, УЧИТЫВАЕМЫЕ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ «ГЕОВЕБА»

3.1. В зоне распространения вечной мерзлоты в Западной Сибири применительно к дорожному строительству (в частности, при использовании «Геовеба») следует выделить три геокриологические области – северную, центральную и южную (рис. 3.1).

3.2. В северной области *А* многолетнемерзлые породы имеют повсеместное распространение как по площади, так и по вертикали и достигают мощности более 500 м. Талики приурочены в

основном к крупным рекам – Оби, Пуру, Тазу, Надыму и др., а также к глубоким озерам. Температура мерзлых пород в северной области на уровне нулевых годовых амплитуд изменяется от минус 9°С на севере до минус 3°С на юге. В ее северном районе 1 распространены в основном мерзлые толщи, которые характери-

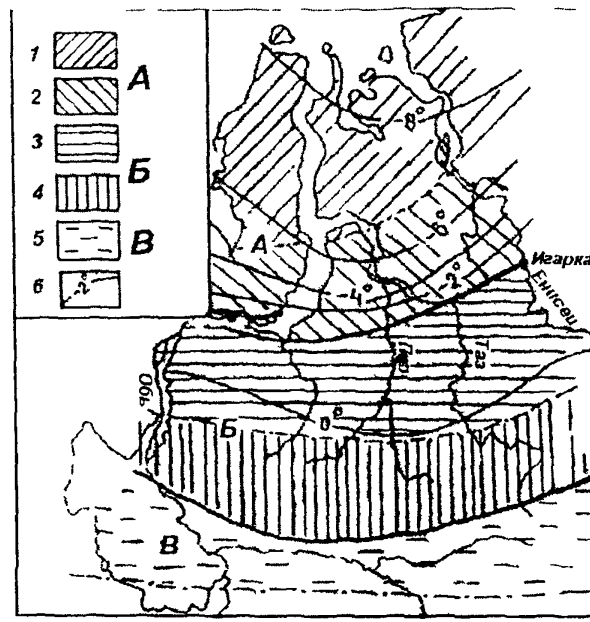


Рис 3 1 Схема мерзлотных областей (А, Б и В) и районов (1–5) верхней (10–20 м) толщи пород криолитозоны Западной Сибири А – северная область (сплошная вечная мерзлота), Б – центральная область (прерывистая и островная вечная мерзлота), В – южная область (зона перелетков); 1 – пылеватые песчано-глинистые, часто засоленные мерзлые породы, часто с пластовыми и клиновидными льдами и криопегами, 2 – пылеватые песчано-глинистые засоленные мерзлые породы, часто с клиновидными льдами и криопегами, 3 – торф и песчано-глинистые мерзлые породы, иногда с клиновидными льдами, 4 – мерзлые торфяники и немерзлые минеральные грунты, 5 – мерзлые породы с глубоко залегающей (>20 м) кровлей, 6 – изолинии температур на границе нулевых годовых амплитуд

зуются высокой льдистостью (до 60—70%). Криогенная текстура отложений слоистая, линзовидная, толстошлировая. В районе 2 преимущественно распространены мерзлые эпигенетические толщи. Мощность сезонно-талого слоя в северной зоне изменяется от 0,3 м в торфяниках до 1,5 м в песках.

Ведущими криогенными физико-геологическими процессами в северной области *А* являются криогенное растрескивание грунтов, термокарст, склоновые процессы.

3.3. Центральная область *Б* характеризуется прерывистым и островным распространением вечной мерзлоты. В ее северном районе 3 верхний горизонт представлен многолетнемерзлыми минеральными грунтами и торфяниками, а в южном районе 4 — только многолетнемерзлыми торфяниками.

В северном районе 3 центральной области мерзлота приурочена преимущественно к обширным безлесным пространствам торфяников, занимающ х до 70% площади. В пределах Ярудейско-Надымского междуречья, сложенного преимущественно суглинистыми грунтами, около 60% площади составляют мерзлые породы. В приенисейской же части низменности вечная мерзлота занимает 80—90% междуречий.

Температура горных пород на уровне нулевых годовых амплитуд в пределах центральной зоны изменяется от 0 до минус (2÷3)°С. Наиболее низкая температура минус (3÷3,5)°С зафиксирована в буграх пучения и бугристых торфяниках в пределах северного района.

Мощность сезонно-талого слоя в центральной области колеблется от 0,5 м в торфах до 2,5 м в сухих песках.

Из криогенных физико-геологических процессов наиболее развиты термокарст, пучение, деградация и новообразования мерзлоты.

3.4. В южной геокриологической области *В* мерзлота в естественных условиях встречается весьма редко и приурочена к сильнозамшелым участкам территории, с которых почти полностью сдувается снег.

Температура горных пород на глубине нулевых годовых амплитуд в пределах южной геокриологической области колеблется от 0 до 3—4°С. В пределах области широко распространены фор-

мы рельефа, которые свидетельствуют о наличии здесь в прошлом более сурового климата (псевдоморфозы по жильным льдам, термокарстовые котловины, бугристо-западинный рельеф и т. д.).

Аллювиальные и озерно-аллювиальные отложения — один из самых распространенных генетических типов. Они представлены песками с включениями валунно-галечного материала, а старичные фации — в основном глинистыми отложениями с включениями растительных остатков и торфами. Озерно-аллювиальные отложения, как правило, глинистые.

Песчаные отложения на территории севера Западной Сибири представлены песками различного гранулометрического состава: гравелистыми песками, крупными, мелкими пылеватыми песками. Причем преобладающими типами являются мелкие и пылеватые пески: на долю этих фракций приходится 50—60%. Пески в условиях естественного залегания имеют среднее по плотности сложение. Пески на высоких дренированных участках обычно маловлажные, а в понижениях и поймах рек — влагонасыщенные.

Глинистые породы представлены на севере Западной Сибири супесями, суглинками и глинами, причем преобладают первые две литологические разновидности. Глины встречаются сравнительно редко. Глинистые породы значительно опесчанены и содержат до 50—60% пылеватых частиц. Пластичность разновозрастных глинистых грунтов северных районов Западной Сибири изменяется в незначительных пределах.

Торфяные отложения занимают значительные площади в южной и центральной частях Западной Сибири. Мощность торфяных залежей достигает 3—5 м. Влажность колеблется от 200—300 до 1000—2000%.

3.5. Зональное изменение инженерно-геокриологических условий с севера на юг (см. рис. 3.1) должно учитываться при определении целесообразных направлений использования «Геовеба» в разных областях и районах (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Характеристика	Область А, район		Область Б, район		Область В район
	1	2	3	4	5
Ландшафтные условия	Тундра	Лесотундра	Северная тайга		Тайга
Распространение вечной мерзлоты	Сплошное		Прерывистое	Островное	Нет
Температура вечномерзлых пород на глубине 10–12 м, °С	От –3 до –12	От –1,5 до –7	От 0 до –3	От 0 до –2	–
Мощность сезонно-талого слоя, м	0,5–1,6	0,4–1,8	0,6–2,2	0,6–2,5	–
Преобладающие грунты	Пылеватые, песчано-глинистые, часто засоленные		Торфяные, песчано-суглинистые мерзлые	Торфы мерзлые, супеси, пески талые	–
Мерзлотные процессы и явления в естественных условиях	Пластовые и клиновидные льды, льдогрунты, бугры пучения, морозобойное растрескивание, солифлюкция, термокарст, криопеги	Клиновидные льды, льдогрунты, бугры пучения, солифлюкция, льдистые торфяники, термокарст, криопеги	Льдистые торфяники, льдогрунты, термокарст, криопеги	Льдистые торфяники, новообразования мерзлоты	Новообразования мерзлых перелетков

Окончание табл. 3.1

Характеристика	Область А, район		Область Б район		Область В, район
	1	2	3	4	5
Вероятные мерзлотные процессы на автомобильных дорогах	Температурное растрескивание, оползание откосов и склонов, термоэрозия (поперечная и вдольтрассовая), просадки оттаивания насыпи при двухстадийном строительстве	Оползание откосов и склонов, термоэрозия	Неравномерные просадки оттаивающих сжимаемых оснований, оползание откосов и склонов, эрозия	Неравномерные просадки оттаивающих сжимаемых оснований, оползание откосов и склонов, эрозия, неравномерное пучение и растрескивание при новообразовании мерзлоты	–
Целесообразные направления применения «Геовеба»	Борьба с растрескиванием и неоднородностью просадки дорожной одежды, стабилизация склонов, защита от эрозии	Защита откосов и склонов от оползания и эрозии	Уменьшение неоднородности осадок дорожной одежды при оттаивании земляного полотна и основы, стабилизация откосов и склонов; в основании земляного полотна	Уменьшение неоднородности пучения дорожной одежды при новообразовании мерзлоты, то же, при оттаивании, стабилизация откосов и склонов, защита от эрозии	Уменьшение неоднородности пучения дорожной одежды при новообразовании мерзлоты

4. ВАРИАНТЫ СХЕМ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБЪЕМНОЙ ГЕОРЕШЕТКИ «ГЕОВЕБ»

4.1. «Геовеб» в конструкциях дорожных одежд

4.1.1. «Геовеб» в конструкциях дорожных одежд может применяться в целях:

- ✧ сокращения объемов дискретных материалов;
- ✧ повышения прочности одежды при том же расходе дискретных материалов;
- ✧ замены технологии устройства щебеночных слоев, предусматривающей расклинцовку;
- ✧ замены технологии укрепления вяжущими в тех случаях, когда традиционная технология неприменима (зимние работы и т. п.);
- ✧ повышения несущей способности дискретных слоев;
- ✧ обеспечения проезда по песчаному слою построечного транспорта при устройстве песчаного основания под цементобетонные покрытия;
- ✧ замены покрытий из железобетонных плит на нежесткую временную конструкцию, обеспечивающую движение транспортных средств на первой стадии строительства дороги в северных условиях и на заболоченных территориях;
- ✧ создания цементобетонного основания с блочной структурой, обеспечивающего повышение температурной трещиностойкости устраиваемого на нем асфальтобетонного покрытия

4.1.2. Конструктивные слои дорожных одежд, устраиваемые на основе георешетки «Геовеб», могут играть роль:

- ✧ слоя покрытия;
- ✧ несущего слоя основания;
- ✧ дополнительного (дренирующего или теплоизолирующего) слоя основания;
- ✧ комбинированного (несущего и дренирующего) слоя основания.

4.1.3. В зависимости от функции отводимой конструктивному слою на основе «Геовеба», должны определяться требования

к заполнителю ячеек, а также к самой георешетке в отношении геометрических параметров и наличия перфорации.

Во всех конструктивных слоях дорожных одежд при использовании дискретного заполнителя следует применять перфорированный «Геовеб».

В основании жестких и нежестких дорожных одежд следует использовать «Геовеб» с размером ячейки 244×203 мм. Высота стенки георешетки «Геовеб», применяемой в нежестких дорожных одеждах, должна выбираться исходя из расчета на прочность конструкции дорожной одежды, но не менее 152 мм. В основании сборного покрытия следует применять «Геовеб» с высотой стенки 76 мм.

В случае применения не укрепленного вяжущим (или укрепленного малыми добавками) дискретного заполнителя ячеек роль «Геовеба» сводится к механическому укреплению слоя из этого дискретного заполнителя (щебня, песка и т. п.).

При заполнении ячеек «Геовеба» бетоном роль георешетки сводится к обеспечению создания блочной структуры бетонного слоя, способствующей в случае применения ее в основании асфальтобетонного покрытия повышению температурной трещиностойкости конструкции.

4.1.4. При использовании «Геовеба» в конструкции переходного типа (рис. 4.1) конструктивный слой на его основе может играть роль покрытия. При этом в зависимости от предполагаемого характера движения и требуемого срока службы дороги может быть предусмотрено заполнение ячеек:

- ✧ песком;
- ✧ щебнем;
- ✧ местным дискретным материалом (например, шлаком и т. п.);
- ✧ дискретным материалом, укрепленным неорганическим вяжущим (сухой смесью с последующим увлажнением).

При этом в качестве дискретного заполнителя используется тот же материал, который предусмотрен в основании.

4.1.5. Конструкции переходного типа с дискретным заполнителем ячеек целесообразно применять:

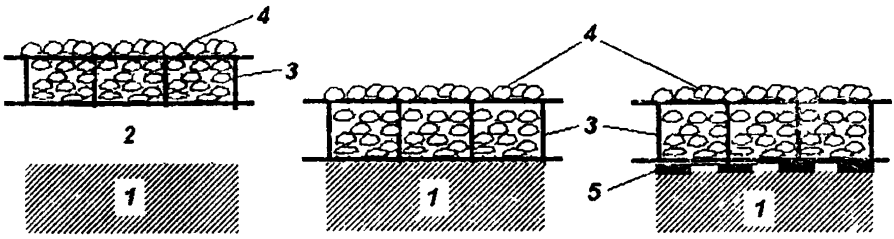


Рис 4.1. Схемы вариантов конструкции переходных дорожных одежд с использованием «Геовеба» 1 – грунт земляного полотна; 2 – слой основания из щебня, песка, гравия, ПГС и т п , не укрепленного или укрепленного вяжущим; 3 – «Геовеб» с заполнением ячеек материалом, используемым в слое 2, 4 – защитный слой из щебня, песка или ПГС; 5 – геотекстильная прослойка

- ✧ при небольшом движении и ограниченном сроке службы (временные дороги, подъезды с небольшим движением, площадки для стоянок и т. п.);
- ✧ при стадийном строительстве дорог, когда на первой стадии невозможно обеспечить стабильность земляного полотна (на заболоченных территориях, в условиях зоны вечной мерзлоты, при производстве земляных работ в зимнее время и т. п.);
- ✧ при стадийном строительстве дорожной одежды, связанном с другими причинами.

4.1.6. В капитальных дорожных одеждах конструктивные слои на основе «Геовеба» могут предусматриваться в качестве слоя несущего основания, в качестве слоя основания, одновременно выполняющего функции дренирующего слоя, а также (при соответствующем заполнителе) в качестве теплоизолирующего слоя (рис. 4.2 и 4.3).

4.1.7. Во всех конструкциях дорожных одежд может быть использован геотекстиль со следующими характеристиками: предел прочности при растяжении 70 Н/см, относительная деформация 60–80%, условный модуль деформации при кратковременном растяжении не менее 150 Н/см, коэффициент фильтрации (при обжатии 2 кПа) 20 м/сут.

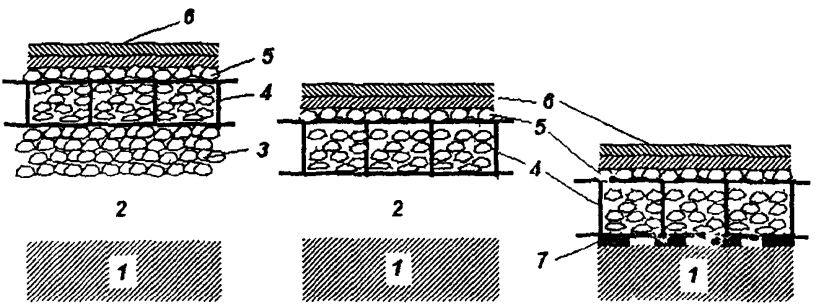


Рис 4 2 Схемы вариантов конструкций капитальных нежестких дорожных одежд с использованием «Геовеба» 1 – грунт земляного полотна; 2 – дренирующий песчаный слой; 3 – слой основания из щебня, гравия, ПГС и т п , не укрепленных или укрепленных вяжущими; 4 – «Геовеб» с заполнением ячеек материалом, используемым в основании; 5 – защитный слой из щебня, песка или ПГС; 6 – слой асфальтобетонного покрытия, 7 – геотекстиль

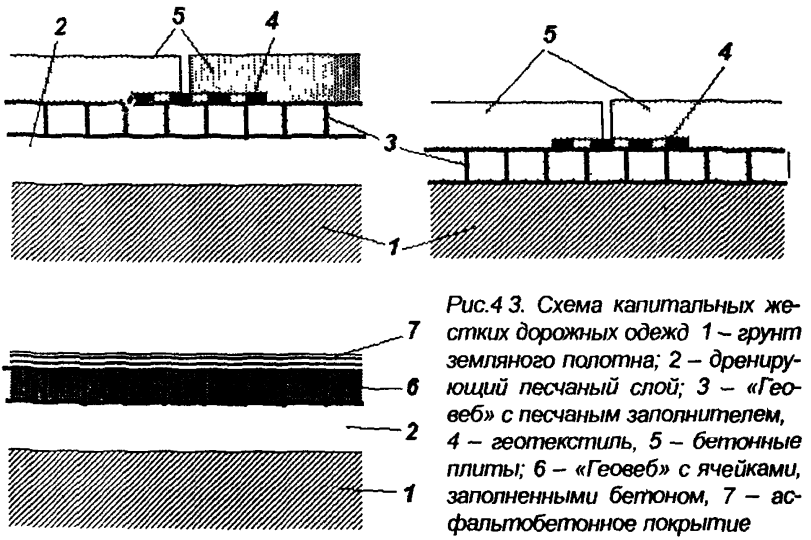


Рис.4 3. Схема капитальных жестких дорожных одежд 1 – грунт земляного полотна; 2 – дренирующий песчаный слой; 3 – «Геовеб» с песчаным заполнителем, 4 – геотекстиль, 5 – бетонные плиты; 6 – «Геовеб» с ячейками, заполненными бетоном, 7 – асфальтобетонное покрытие

4.2. «Геовеб» в конструкциях укрепления обочин

4.2.1. Использование «Геовеба» для укрепления обочин аналогично его применению в конструктивных слоях дорожной одежды – в верхнем или нижних слоях.

В верхнем слое укрепления обочин «Геовеб» целесообразно использовать совместно с такими материалами как щебень, гравий и т. п.

При укреплении обочин асфальтобетоном «Геовеб» может использоваться в слое основания под асфальтобетонным покрытием.

4.3. Применение «Геовеба» для укрепления откосов земляного полотна

4.3.1. Применение «Геовеба» для укрепления откосов может рассматриваться как альтернатива:

- ✧ травосеянию;
- ✧ одерновке;
- ✧ устройству сборной обрешетки;
- ✧ применению гибких плит и т. д.

При воздействии на откос только поверхностных вод для его укрепления выбирают конструктивное решение. Укрепление подтапливаемых откосов должно быть обосновано гидравлическими расчетами.

В зависимости от предполагаемых условий воздействия воды на откос и его заложения при укреплении откоса «Геовебом» могут быть использованы следующие заполнители: растительный грунт, минеральный дискретный материал (щебень, гравий, песчано-гравийная смесь, в том числе укрепленная цементом), монолитный минеральный материал (цементобетон).

В отдельных случаях следует комбинировать заполнители: например, ячейки «Геовеба» на обочине заполняют щебнем, на поверхности откоса – растительным грунтом, в нижней подтапливаемой части откоса – монолитным цементобетоном (рис. 4.4).

При использовании дискретного заполнителя следует применять перфорированный «Геовеб».

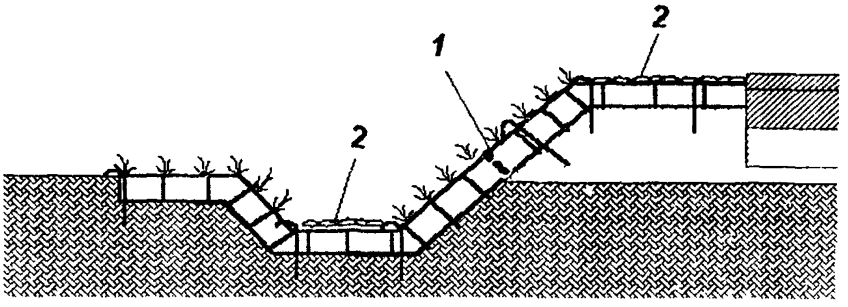


Рис 4 4 Комплексное укрепление откоса насыпи и кювета на основе «Геовеба» с применением в качестве заполнителя растительного грунта с посевом трав по поверхности откоса (1) и щебня на обочине и в кювете (2)

Для обеспечения дренажа конструкции укрепления и защиты грунта откоса от размыва применяют подстилающую прослойку из нетканого геотекстильного материала, который назначают исходя из его характеристик и в зависимости от материала заполнителя. На подтапливаемых откосах геотекстильная прослойка может быть использована в качестве обратного фильтра.

4.3.2. Применение заполнителя из растительного грунта рекомендуется в тех случаях, когда поверхностные потоки имеют малую продолжительность (не более 24 ч) и скорость менее 6 м/с.

Геотекстильную прослойку в этом случае применяют, как правило, из иглопробивного нетканого материала плотностью не более 150–200 г/м^2, с прочностью при растяжении 35 Н/см, относительной деформацией более 30%, коэффициентом фильтрации (при обжатии 2 кПа) 20 м/сут.

«Геовеб» с крупной ячейкой обычно используют для укрепления откосов с заложением менее 1:1,75 (углом откоса менее 30°) и умеренной интенсивностью стока. Для укрепления откосов, имеющих заложение более 1:1,75 или подвергающихся воздействию сосредоточенного потока, следует применять «Геовеб» со стандартной ячейкой.

4.3.4 Минимальная высота стенки (глубина ячеики) «Геовеба» при использовании в качестве заполнителя растительного грунта составляет 7,5 см при условии, что в грунте откоса будет

развиваться корневая система растении и заложение откоса составляет менее 1 1,75. Для откосов круче 1:1,75 требуемая глубина ячейки должна быть не менее 10 см Глубину ячеек более 10 см следует принимать при озеленении откосов насыпей из крупнообломочных грунтов, а также из плохо поддающихся уплотнению одноразмерных песков.

Примечание Рекомендации по размеру ячеек даны исходя из допущения, что растительный покров полностью сформируется прежде, чем начнется воздействие расчетного стока.

В случае если угол укрепляемого откоса больше угла естественного откоса заполнителя, требуемую глубину ячейки «Геоверба» (рис 4 5) определяют по формуле

$$d = L \operatorname{tg}(\beta - \phi) + d_e, \qquad (4.1)$$

где d – глубина ячейки, мм;

L – длина ячейки, мм;

β – угол откоса, град;

ϕ – угол естественного откоса материала-заполнителя, град;

d_e – минимальная допустимая толщина слоя материала-заполнителя, мм. Рекомендуемое минимальное значение d_e составляет 25 мм.

4.3.5. Укрепление поверхности откосов посредством георешетки «Геоверб», заполненной дискретным минеральным матери-

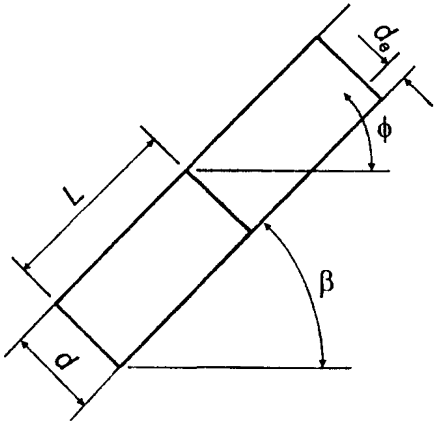


Рис 4.5. Определение требуемой глубины ячейки «Геоверба»

ялом (гравием, щебнем, гравийно-песчаной смесью и т. п.), может быть эффективным в том случае, если скорость потока превышает неразмывающую для материала укрепления при отсутствии «Геовеба»

Сопротивление эрозии «Геовеба» с заполнителем из минерального материала может быть повышено путем распределения на поверхности заполнителя бетонного раствора. При этом рекомендуется минимальная глубина проникания раствора в заполнитель 25 мм

Максимальные размеры минерального материала, рекомендуемые для применения в зависимости от размера и глубины ячеек «Геовеба», следует подбирать в соответствии с табл. 4.1.

Геотекстиль, используемый для подстилающей прослойки, должен иметь плотность 200–300 г/м^2, а остальные характеристики — те же, что и при использовании растительного грунта

Таблица 4.1

Максимальный размер применяемого минерального материала

Ячейка	Размер материала, мм, в зависимости от глубины ячейки, мм			
	76	102	152	203
Стандартная	50	75	75	75
Крупная	50	75	150	150

4.3.6. Применение «Геовеба» с заполнением ячеек бетоном позволяет получить долговечную, устойчивую к эрозии конструкцию укрепления откоса равномерной толщины, которая сохраняет способность работать на растяжение и воспринимать деформации грунта тела насыпи

Бетон в качестве заполнителя «Геовеба» рекомендуют для откосов, которые подвергаются длительному воздействию поверхностных вод, ударам волн

В соответствии с проектными требованиями могут варьироваться марка бетона, способы обработки поверхности, а также высота стенок «Геовеба». Способы обработки поверхности (гла-

дилка, щетка или скребок) назначают в зависимости эстетических требований или требований к ее шероховатости. Для получения определенной текстуры или окраски поверхности в свеженауложенную бетонную смесь может быть заглублен щебень или гравий.

Тощие бетонные смеси и смеси с прерывистым гранулометрическим составом используют в качестве заполнителя в тех случаях, когда воздействие поверхностных вод является умеренным.

4.3.7. Выбор геотекстильного материала для подстилающего слоя зависит от грунтово-гидрологических условий и характера воздействия ливневых и талых вод на конструкцию укрепления откоса.

«Геоверб» со стандартной ячейкой обычно рекомендуют для откосов круче 20° (1:1,25), если бетонная смесь для заполнения не обладает очень низкой осадкой конуса.

Высоту стенки ячейки «Геоверба» выбирают с учетом анализа сдвигающих и удерживающих сил, воздействию которых подвергается конструкция.

4.4. Применение «Геоверба» для укрепления поверхности склонов и придорожной полосы

4.4.1. Укрепление «Геовербом» поверхности склонов и придорожной полосы может выполняться в целях защиты склонов от оплывания сезонноотаивающего слоя и термоэрозии, а придорожной полосы – от продольной вдольтрассовой термоэрозии.

Заполнение георешеток, обеспечение дренажа и защита от размыва грунта склона и(или) придорожной полосы осуществляются аналогично рекомендациям п. 4.4.

4.4.2. При защите склонов от оплывания сезонно-талого грунта в особо ответственных случаях может применяться комбинирование «Геоверба» с теплоизолирующими слоями (например, торфяными), толщина которых назначается исходя из условия сохранения верхней границы вечной мерзлоты на прежнем уровне или даже ее поднятия (рис. 4.6).

4.4.3. Крепление георешетки на склоне выполняется с помощью какой-либо из анкерных систем. Наиболее часто применяемые системы показаны на рис. 4.7. Глубина заделки анкеров и расстояние между ними должны определяться расчетом с учетом

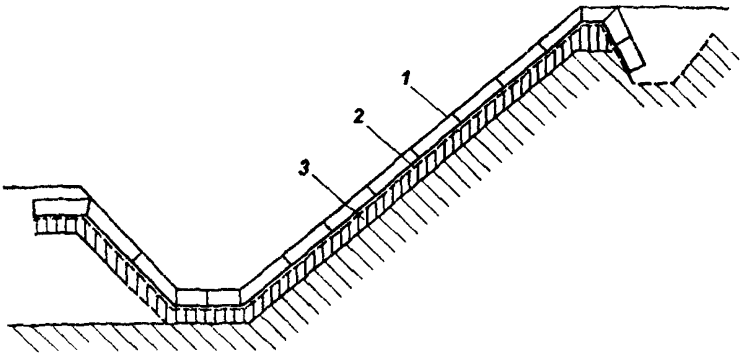


Рис 4 6 Вариант закрепления склона и придорожной полосы композитом 1 – «Геовеб», 2 – геотекстиль, 3 – теплоизолирующий слой (например торф)

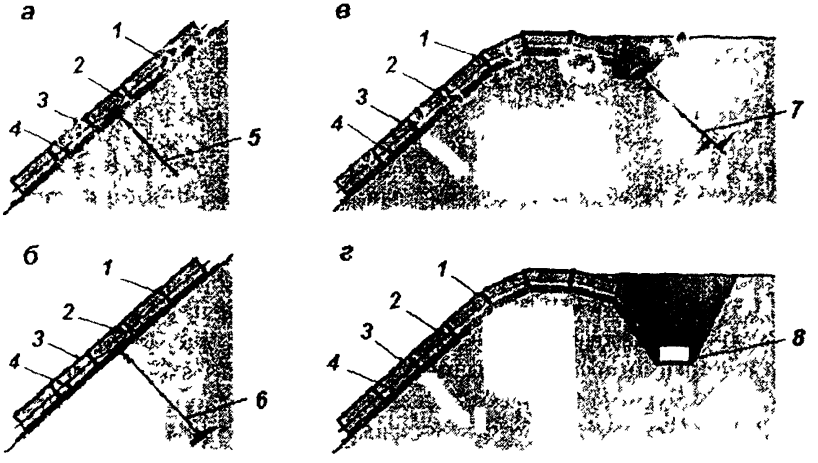


Рис 4 7 Схема анкерных креплений «Геовеба» а – поверхностная анкеровка стержнями с АТР-клипом, б – то же, стержнями с заглубленным шарниром, в – анкеровка на верху откоса (склона) шнековыми анкерами, г – то же анкерными столбами (грузами), 1 – стенка «Геовеба», 2 – трос, 3 – заполнитель, 4 – геотекстиль, 5 – анкерный стержень с АТР-клипом, 6 – анкерный стержень с заглубленным шарниром, 7 – шнековый анкер, 8 – анкерный столб (груз)

нагрузок от собственного веса, всех видов пригрузок (например, веса снега) и возможности морозного пучения.

4.4.4. При проведении работ по укреплению откосов насыпей, поверхностей склонов, кюветов и канав с помощью объемных георешеток необходимо предварительно тщательно подготовить поверхность. Поверхность, на которую будет монтироваться объемная георешетка, должна быть спланирована, а уклоны – соответствовать проектным. Поверхность должна быть ровной, без видимых резких углублений; размер комьев грунта не должен превышать 5–10 см в диаметре. Грунт, используемый для засыпки, должен быть уплотнен до требуемых значений. Особое внимание необходимо уделить периферийной заделке геотекстиля в грунт (рис. 4.8). Краевые части геотекстиля как на обочине насыпи (*А*, см. рис. 4.8), так и в верхней части укрепляемого откоса (*Б*, см. рис. 4.8) должны быть надежно заанкерены и присыпаны грунтом во избежание затекания поверхностных вод под геотекстиль.

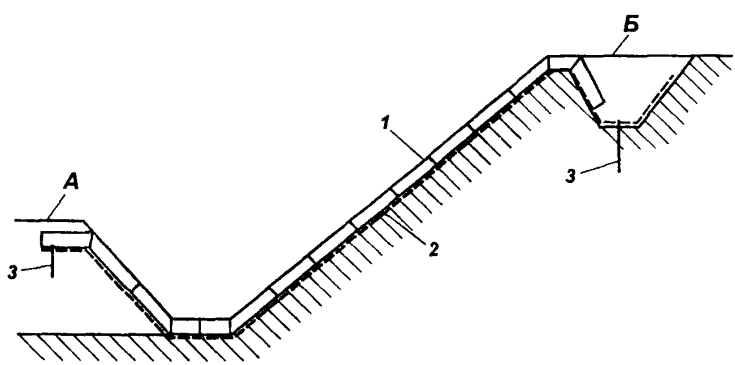


Рис.4 8 Периферийная заделка геотекстиля под «Геовеб» в грунт. А – обочина, Б – верх склона; 1 – «Геовеб»; 2 – геотекстиль; 3 – анкеры

4.5. Применение «Геовеба» для укрепления кюветов и канав

4.5.1. Укрепление кюветов и канав выполняют обычно при неблагоприятных грунтово-гидрологических условиях, когда воз-

можен размыв кюветов из-за больших продольных уклонов, значительного расхода потока и наличия несвязных или слабосвязных грунтов в основании кювета

4 5 2 В зависимости от состава и состояния грунтов основания, расхода и скорости потока «Геовеб» может быть заполнен растительным грунтом, щебнем (песчано-гравийной смесью и т д) или цементобетоном. Возможно также комбинированное заполнение ячеек. Вид заполнителя назначают исходя из допустимой скорости потока. Укрепление кювета рекомендуется предусматривать в комплексе с укреплением откоса.

4.6. «Геовеб» в конструкциях насыпей на болотах и слабых грунтах

4 6 1 При сооружении насыпей на участках залегания слабых грунтов (в том числе болотных) без их удаления и замены «Геовеб» может быть использован в качестве армирующей прослойки, устраиваемой в нижней части насыпи (рис. 4 9), или в качестве материала, образующего обойму, в которую заключена нижняя часть насыпи.

4 6 2 Устройство армирующей прослойки из «Геовеба» и обоймы обеспечивает:

- ✧ повышение устойчивости основания насыпи (повышение допустимой нагрузки),
- ✧ снижение неравномерности осадки основания насыпи на поперечнике, обеспечивающее ускорение завершения интенсивной части осадки;
- ✧ возможность уменьшения объема грунта, требуемого для компенсации проседающей части насыпи

4 6 3 Наряду с устройством прослойки из «Геовеба», на подошве насыпи могут быть предусмотрены дополнительные армирующие прослойки по высоте насыпи, позволяющие повысить ее жесткость и увеличить крутизну откосов.

4 6 4 При использовании «Геовеба» в насыпях на слабых грунтах и болотах конструктивное решение должно быть обосновано специальными расчетами, выполненными по методикам, разработанным для расчета насыпей на слабых грунтах

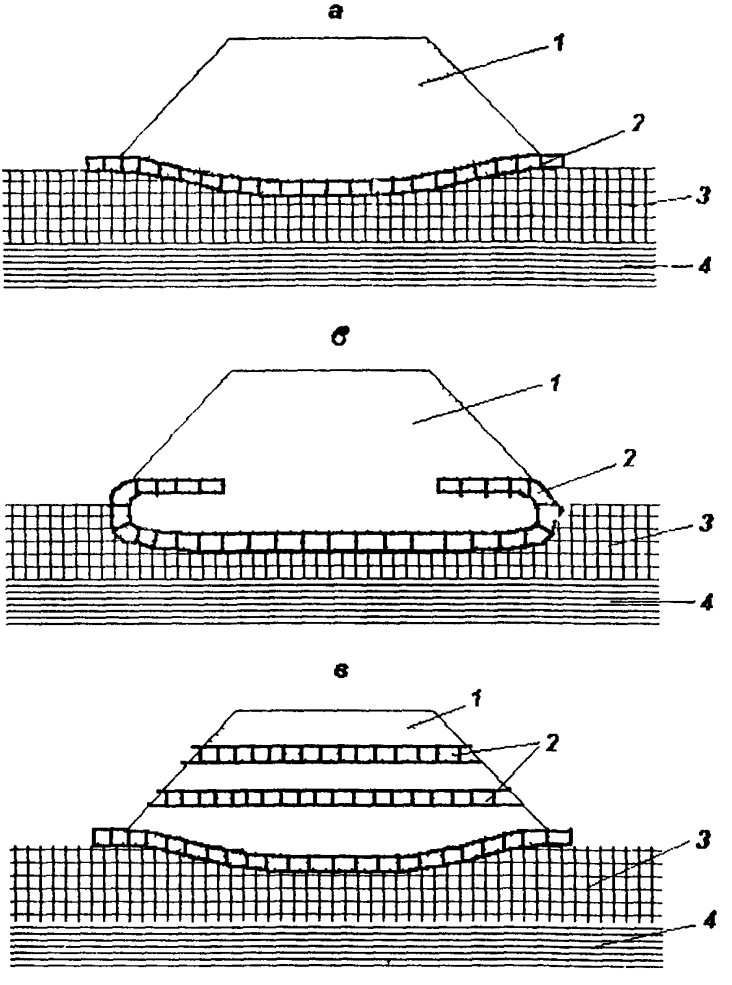


Рис 4 9 Применение «Геовеба» при устройстве насыпей на болотах без выторфовывания а – с армирующей прослойкой в основании, б – с полуобоймой в основании, в – с прослойкой в основании и армирующей прослойкой по высоте, 1 – песок насыпи, 2 – «Геовеб» с заполнителем, 3 – торф, 4 – минеральное основание

5. ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА НА ПРОЧНОСТЬ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД С КОНСТРУКТИВНЫМИ СЛОЯМИ НА ОСНОВЕ «ГЕОВЕБА» С ЗАПОЛНИТЕЛЯМИ

5.1. Расчет нежесткой дорожной одежды с конструктивными слоями на основе «Геовеба» осуществляется, как и для традиционных дорожных одежд, по трем критериям, предусмотренным действующими документами (ОДН 218.046-01 «Проектирование нежестких дорожных одежд») При этом указанные конструктивные композитные слои рассматриваются как сплошные квазиоднородные слои, имеющие повышенные прочность на растяжение при изгибе (за счет прочности и деформативности полос геопластика) и сопротивляемость сдвигу (за счет работы заполнителя в замкнутой ячейке из пластика). В связи с этим расчет такого слоя на растяжение при изгибе и сдвиг не производится, а в качестве его расчетной характеристики при расчете конструкции дорожной одежды используется только модуль упругости.

5.2. При предварительных расчетах значение расчетного модуля упругости композитного слоя допускается принимать ориентировочно в зависимости от заполнителя по табл. 5.1.

Таблица 5.1

Расчетный модуль упругости композитного слоя

Заполнитель ячеек	Модуль упругости слоя, МПа
Песок	400
Щебень	1000

Примечания: 1. Значения модуля упругости получены в результате анализа и обобщения имеющихся экспериментальных данных при их соответствующей интерпретации, отвечающей отечественной методике расчета дорожных одежд

2 Значения модулей относятся к «Геовебу» с ячейками размером не более 244×203 мм²

5.3. Более достоверное значение модуля упругости композитного слоя необходимо устанавливать на основе специальных штамповых испытаний, выполняемых по методике, изложенной в прил. 1.

6. УЧЕТ ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ДОРОЖНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ «ГЕОВЕБА»

6.1. Дорожные конструкции в районах вечной мерзлоты с использованием объемной георешетки «Геовеб» должны отвечать общим требованиям как СНиП 2.05.02-85 «Автомобильные дороги», так и специализированных для вечной мерзлоты нормативных документов – СНиП 2.02.04-88 «Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах» и ВСН 84-89 «Изыскания, проектирование и строительство автомобильных дорог в районах распространения вечной мерзлоты».

6.2. При проектировании дорожных конструкций с использованием объемной георешетки «Геовеб» необходимо учитывать геокриологические процессы, характерные для этой территории в зоне вечной мерзлоты Западной Сибири (см. рис. 3.1). В случае применения технологии «Геовеб» должны быть решены задачи как защиты конструкций от криогенных процессов, так и оптимизации параметров системы «Геовеб» с учетом их криогенного взаимодействия с местными грунтами.

Учет процессов осуществляется в основном в рамках работ по индивидуальному проектированию с научным сопровождением.

7. ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСОВ, УКРЕПЛЕННЫХ ПРИ ПОМОЩИ ГЕОРЕШЕТКИ «ГЕОВЕБ»

7.1. Расчет устойчивости георешетки «Геовеб» на откосе насыпи или на склоне производится исходя из того, что максимальная сила трения георешетки «Геовеб» с заполнителем по поверхности откоса определяется по формуле

$$R_f = P\cos\beta \cdot \operatorname{tg}\varphi, \qquad (7.1)$$

где R_f – сопротивление трению по нижней поверхности плиты «Геовеба», МПа;

P – суммарный вес «Геовеба» с заполнителем (плиты) и всех видов пригрузок, МПа;

β – угол склона, град;

φ – минимальный угол трения между слоями «Геовеб»–грунт откоса геотекстиль–геомембрана и др., град.

В случае анкеровки георешетки предельная сила сопротивления анкера A (Н) рассчитывается как сопротивление сваи боковой нагрузке согласно СНиП 2.02.03-85 «Свайные фундаменты».

Далее применяется уравнение равновесия

$$L_a^2 P \sin\beta \le L_a^2 R_f + A, \qquad (7.2)$$

где L_a – расстояние между анкерами.

Последнее уравнение используется для подбора диаметра и длины анкеров (входят в расчет силы A) и расстояния между ними.

7.2. Расчет общей устойчивости откоса или склона, закрытого «Геовебом», производится обычными методами круглоцилиндрических поверхностей скольжения (рис. 7.1). При этом обя-

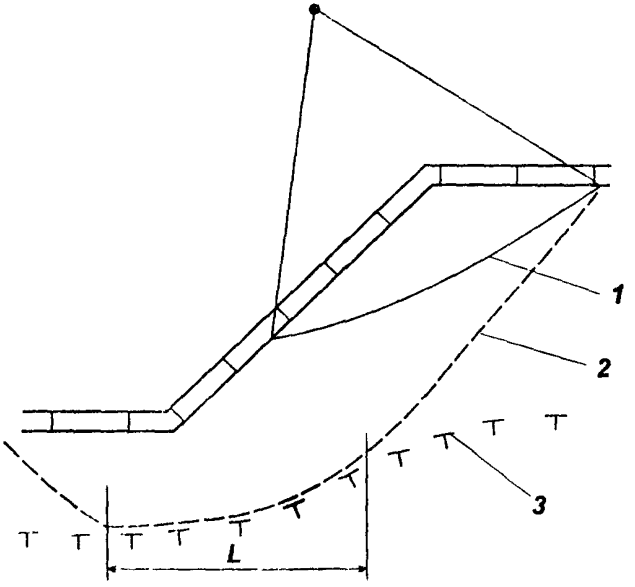


Рис. 7.1. Схема для расчета устойчивости откосов с «Геовебом» с применением поверхностей скольжения: 1 – круглоцилиндрической; 2 – с участком поверхности вечной мерзлоты L; 3 – вечной мерзлоты

зательной проверке на устойчивость должны быть подвергнуты поверхности, включающие участки поверхности вечной мерзлоты (см рис 7 1), силы трения на которых близки к нулю из-за подтаивания самого верхнего, льдонасыщенного слоя

Для повышения общей устойчивости откоса может быть применено усиление консолями из «Геовеба» (рис. 7.2)

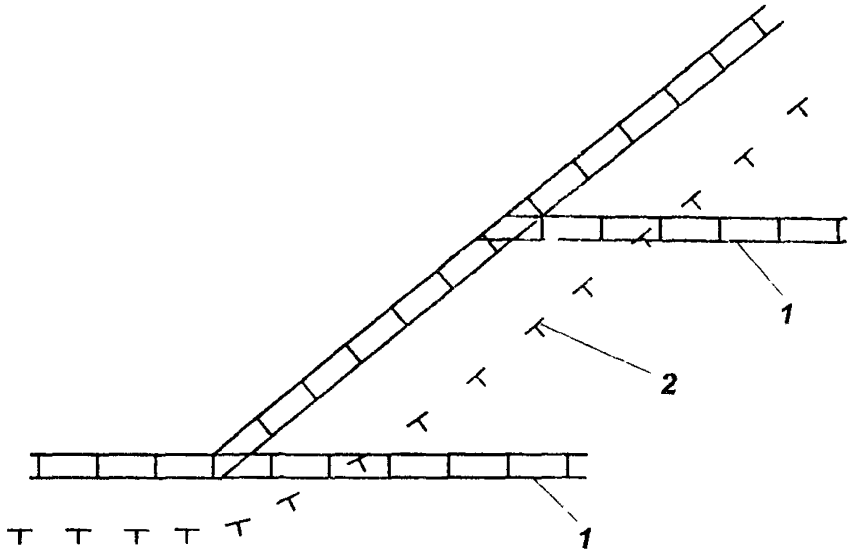


Рис 7 2 Вариант устройства консолей из «Геовеба» для усиления откоса 1 – консоли из «Геовеба», 2 – поверхность части насыпи остающейся в мерзлом основании вечной мерзлоты

7.3 Расчет местной устойчивости откосов, а также склонов с укреплением поверхности «Геовебом» выполняется по схеме плоских поверхностей скольжения При этом за расчетную поверхность скольжения принимается плоскость, параллельная поверхности откоса или склона и расположенная на глубине оттаивания (рис. 7 3).

В случае наличия на склоне пылевато-глинистых грунтов и возможности роста внутригрунтового льда на поверхности вечной мерзлоты силы трения в основании слоя сезонного оттаивания принимаются равными нулю. Для удержания оттаявшего грунта

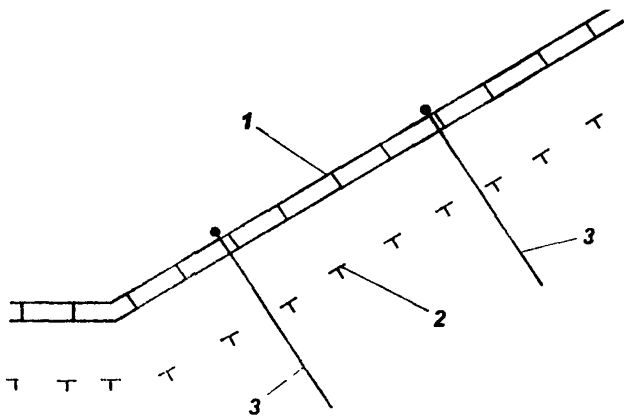


Рис 7 3 Использование «Геовеба» для повышения местной устойчивости склона 1 – «Геовеб», 2 – поверхность вечной мерзлоты, 3 – анкерные стержни (стойки), заделанные в вечную мерзлоту

на склоне можно применять либо заделку анкеров в вечную мерзлоту, либо устройство теплоизолирующих поясов.

В первом случае «Геовеб» крепится к склону анкерами – стержнями, заделанными в вечную мерзлоту (см. рис 7.3). В качестве сил, удерживающих оттаявшие грунты от скольжения, принимаются силы трения по нижней поверхности композитной плиты «Геовеб» + заполнитель, удерживаемой анкерами. Параметры анкерного крепления «Геовеба» (расстояние между ними, диаметр стержней и глубина заделки в мерзлоту) определяются по расчету свай, заделанных в мерзлоту, на боковую нагрузку согласно указаниям СНиП 2.02.03-85.

Во втором случае еще до укладки «Геовеба» вдоль склона под георешеткой предусматривают устройство поясов из теплоизоляционного материала (например, из торфа), обеспечивающих поднятие под ними поверхности вечной мерзлоты и создание тем самым вечномерзлых «зубьев»-барьеров, препятствующих сползанию оттаявшего грунта Размеры и частота «зубьев» определяются прочностным расчетом, а ширина и толщина теплоизолирующих поясов – специальным теплофизическим расчетом.

7.4. При использовании георешеток на песчано-пылевато-глинистых грунтах, особенно в нижней части откосов и склонов, необходимо учитывать возможность морозного выпучивания системы георешетка – анкер.

Расчет касательных сил морозного пучения, воздействующих на анкеры, следует производить согласно СНиП 2.02.01-83 «Основания зданий и сооружений» и Пособию к этому СНиП.

7.5. «Геовеб» можно использовать для предотвращения температурных трещин внутри мерзлой насыпи. Конструктивный слой «Геовеба» в этом случае должен быть расположен на глубине возможного зарождения трещины h, определяемой расчетом путем проверки условия прочности мерзлого грунта для глубин от 0 до 1,5 м по формуле

$$\frac{\alpha(t)\cdot t E(t)}{1-\nu} < \sigma_t(t), \qquad (7.3)$$

где t – минимальная зимняя температура грунта на глубине z,

$\alpha(t)$ – коэффициент температурного расширения мерзлого грунта;

$E(t)$ – модуль деформации мерзлого грунта при растяжении,

$\sigma_t(t)$ – прочность мерзлого грунта на растяжение;

ν – коэффициент Пуассона.

Все показатели свойств определяются экспериментально. Их ориентировочные значения даны в табл. 7.1 и 7.2.

Таблица 7.1

Значения коэффициента температурного расширения для некоторых мерзлых грунтов

Грунт	Влажность w %	$\alpha\ 10^6$, град$^{-1}$, при перепаде температур °С			
		от –2 до –5	от –2 до –10	от –2 до –15	от –2 до –20
Песок	15–20	30	20	20	20
Супесь	30–35	150	96	72	60
	20–25	250	150	110	90
	10–15	400	260	190	160

Окончание табл. 7.1

Грунт	Влажность w, %	$\alpha \cdot 10^6$, град$^{-1}$, при перепаде температур, °С			
		от –2 до –5	от –2 до –10	от –2 до –15	от –2 до –20
Суглинок	40–45	125	80	60	50
	20–25	380	240	180	150
	10–15	750	480	360	300
Глина	20–25	1200	–	–	–

Таблица 7.2

Ориентировочные значения некоторых характеристик механических свойств мерзлых грунтов при растяжении

Грунт	Влажность w, %	Температура, °С	Мгновенная прочность σ_t, МПа	Модуль мгновенной деформации E, МПа
Песок	12	–1	1,1	$1{,}5 \cdot 10^2$
		–3	1,8	$2{,}8 \cdot 10^2$
		–5	2,5	$4{,}5 \cdot 10^2$
	15	–1	0,9	$3{,}2 \cdot 10^2$
		–3	1,6	–
	17–23	–3	1,7	–
Супесь	15	–1	0,9	$3{,}2 \cdot 10^2$
		–3	1,6	–
	20–25	–5	2,0–2,5	–
	25–35	–5	2,0	–
Суглинок	21	–6	2,1	$7{,}2 \cdot 10^2$
	30–35	–3	1,2–1,6	–
Глина	30	–3	0,8	–
Торф разложившийся	300	–3	1,6	$4{,}7 \cdot 10^2$
		–6	3,3	$8{,}5 \cdot 10^2$

8. ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО УСТРОЙСТВУ КОНСТРУКТИВНЫХ СЛОЕВ НА ОСНОВЕ «ГЕОВЕБА»

8.1. Устройство конструктивных слоев на наклонных поверхностях

8.1.1. Способы закрепления «Геовеба» на откосе

«Геовеб» может быть закреплен на поверхности откоса следующими способами:

- ✧ анкерными (арматурными) стержнями, расположенными равномерно по поверхности откоса;
- ✧ стержнями только по бровке и подошве откоса;
- ✧ анкерными стержнями и синтетическими тросами.

Как правило, второй способ используют, если забивка арматурных стержней в тело насыпи затруднена (в насыпи из крупнообломочных грунтов) или небезопасна (на откосах битумохранилищ с использованием водонепроницаемой геомембраны). Третий способ применяют, если анкерных стержней для закрепления конструкции укрепления недостаточно. Для его назначения выполняют анализ устойчивости «Геовеба» с заполнителем на поверхности откоса с учетом действия сдвигающих и удерживающих сил по плоскости скольжения (основания «Геовеба»).

Для обеспечения дренажа и защиты от размыва грунта откоса достаточно часто применяют подстилающий слой из нетканого геотекстильного материала.

В общем случае работы по закреплению «Геовеба» на откосе выполняют в следующем порядке.

❶ *Предварительные работы*

➲ При необходимости выравнивают и уплотняют поверхность откоса. Перед началом работ осуществляют приемку откоса, проверяют его геометрические параметры: поверхность должна быть без видимых резких углублений. Если требуется, выполняют дополнительное уплотнение и планирование поверхности откоса.

➲ Укладывают, если это предусмотрено проектом, геотекстиль в соответствии с рекомендациями на этот счет.

❷ *Установка георешетки «Геовеб»*

➲ На уровне поверхности защитного слоя материала над георешеткой «Геовеб» на обочине на расстоянии примерно 0,5 м от бровки откоса забивают металлические анкеры на ширину секции. Секцию «Геовеба» надевают на забитые в земляное полотно анкеры, закрепляют и растягивают по откосу вниз. В основании откоса «Геовеб» укладывают на поверхность основания на расстоянии не менее 0,5 м от подошвы откоса и закрепляют анкерами. По откосу также забивают анкеры в количестве, предусмотренном проектом. На каждый анкер, перед тем как его забить, надевают зажим-защелку (АТР-клип). Анкер забивают заподлицо с поверхностью георешетки «Геовеб» и крепят к ее стенкам. Проверяют правильность положения секций, выравнивают края граничащих секций по вертикали. Поверхности соседних секций «Геовеба» должны быть уложены заподлицо.

➲ Соседние секции «Геовеба» соединяют скрепками в продольном направлении при помощи пневматического инструмента (пистолета). Каждую ячейку «Геовеба» скрепляют через каждые 2,5 см по высоте стенки.

➲ Ячейки «Геовеба» заполняют назначенным в соответствии с проектом материалом; при этом часть георешетки, размещенную на обочине, заполняют, устраивая над ней защитный слой толщиной не менее 2 см. Ячейки, расположенные на наклонной поверхности, как правило, заполняют вровень с их поверхностью.

❸ *Закрепление «Геовеба» с помощью тросов*

➲ На поверхности откоса забивают металлические анкеры на ширину секции. Секции «Геовеба» надевают на забитые в земляное полотно анкеры. Через отверстия в стенках «Геовеба» протягивают тросы.

➲ Секцию «Геовеба» растягивают и закрепляют по низу откоса анкерами. Тросы закрепляют на стенках ячеек и на анкерах.

➲ Если предусмотрено проектом, по поверхности откоса стенки «Геовеба» дополнительно закрепляют анкерами.

8.1.2. Особенности устройства слоя с заполнителем из растительного грунта

Засыпку георешетки «Геовеб» заполнителем производят следующим образом. Растительный грунт завозят автосамосвалами и складируют в бурты вдоль бровки откоса. Затем «Геовеб» засыпают экскаватором либо фронтальным погрузчиком. Планировку осуществляют вручную при помощи граблей.

Следует избегать укладки крупных комьев грунта. Рекомендуется слегка утрамбовывать заполнитель ручными трамбовками, чтобы избежать избыточного количества воздушных пустот, а также чрезмерного уплотнения заполнителя.

Сразу же после укладки материала, заполняющего ячейки, проводят посев и укладывают временные противоэрозийные экраны (мешковину, геотекстиль).

8.1.3. Особенности устройства слоя с заполнителем из дискретного минерального материала

Засыпку «Геовеба» заполнителем проводят фронтальным автопогрузчиком. При этом следует исключить падение мелкого минерального материала с высоты более 1 м и крупного минерального материала с высоты более 0,5 м.

Планировку осуществляют вручную при помощи граблей. Уплотнение минерального материала в ячейках выполняют с применением трамбующей плиты или ручных трамбовок.

8.1.4. Устройство слоя с заполнителем из монолитного бетона

Бетонную смесь в ячейки «Геовеба» транспортируют с помощью насосов или смонтированных на стреле крана ковшей либо выгружают непосредственно из автосамосвалов. Смесь в ячейках распределяют, а затем планируют вручную.

Заполнение ячеек бетонной смесью следует выполнять, начиная сверху, в направлении подошвы откоса. Устройство слоя бетона поверх ячеек не рекомендуется.

8.2. Устройство конструктивных слоев на горизонтальных поверхностях

8.2.1. Установка и закрепление «Геовеба»

❶ *Предварительные работы*

➲ Планируют и уплотняют основание. Производят разметку границ укладываемых секций «Геовеба» с помощью геодезических инструментов. Затем укладывают геотекстиль, если это предусмотрено проектом.

❷ *Установка «Геовеба»*

➲ По кромке в соответствии с разметкой закрепляют временные монтажные анкеры, проверяют правильность их размещения. Секции «Геовеба» надевают на анкеры, растягивают поперек земляного полотна и закрепляют их временными анкерами на противоположной стороне.

➲ Проверяют правильность положения секции, выравнивают края граничащих секций как в плане, так и по высоте. Поверхности соседних секций «Геовеба» должны быть уложены заподлицо.

➲ Секции «Геовеба» соединяют в продольном и поперечном направлениях специальными скрепками с помощью пневматического инструмента (пистолета). Причем скрепляют каждую ячейку через каждые 2,5 см по высоте стенки «Геовеба».

➲ Крайние ячейки «Геовеба» засыпают материалом-заполнителем вручную, после чего монтажные анкеры удаляют.

8.2.2. Заполнение ячеек «Геовеба» дискретным минеральным материалом

Материал-заполнитель должен удовлетворять следующим требованиям: размер частиц крупных фракций не должен превышать 50 мм; содержание глинистых и пылеватых фракций должно составлять не более 10%.

Заполнение проводится в следующем порядке:

➲ Заполнитель либо предварительно завозят и складируют в бурты вдоль одной из сторон земляного полотна, либо поточно подвозят автосамосвалами.

➲ Засыпку ячеек «Геовеба» дискретным заполнителем осуществляют по способу «от себя». Заполнитель либо перемещают автопогрузчиком, либо транспортируют тосамосвалами и затем разравнивают бульдозером; при этом проезд по незаполненной георешетке «Геовеб» без защитного слоя запрещен. Ячейки заполняют с избытком (не менее 5 см над георешеткой).

➲ Планировку поверхности секций «Геовеба», перекрытых защитным слоем выше проектной отметки, осуществляют автогрейдером. Толщина слоя заполнителя над верхней кромкой «Геовеба» в плотном теле должна быть не менее 5 см при заполнении щебнем и не менее 3 см при заполнении песком

➲ Уплотнение уложенного заполнителя выполняют, как правило, катками на пневматических шинах или виброкатками В случае использования в качестве заполнителя песка в процессе уплотнения производят полив его водой для достижения требуемой плотности.

➲ Защитный слой (если он предусмотрен проектом из того же материала, что и заполнитель ячеек) устраивают одновременно с заполнением и уплотнением заполнителя в ячейках «Геовеба»; при этом толщина слоя над «Геовебом» должна быть не менее 3–6 см.

➲ Если защитный слой устраивают из какого-либо другого материала, то над «Геовебом» оставляют слой из материала-заполнителя не менее 2–3 см в плотном теле. В этом случае защитный слой устраивают, придерживаясь общепринятой строительной практики.

8.3. Условия производства работ при устройстве слоев на основе «Геовеба» в зимнее время

8.3.1 Суровые климатические условия и наличие вечной мерзлоты в регионе определяют специфику производства строительных работ и сроков их проведения.

В первую очередь это связано с укреплением откосов насыпей, поверхностей склонов, кюветов и канав. Производство этих работ требует закрепления объемной георешетки анкерами Однако при промерзании грунта на 20–30 см ручное внедрение анкеров в грунт становится невозможным. В конце весны – начале лета эти

работы также затруднены из-за наличия мерзлоты на глубине Таким образом, оптимальные сроки этих работ – с 1 июля по 10 октября

8.3 2 Допускается круглогодичное производство работ при устройстве слоев на основе «Геовеба» в дорожной одежде. Заполнение ячеек в зимнее время в этом случае должно осуществляться или крупнообломочным материалом, или сыпучемерзлым грунтом Размер обломков не должен превышать 5 см в диаметре. В противном случае работы по укладке объемной георешетки производятся в задел, а заполнение ячеек георешетки песком осуществляется в весенне-летний период При этом в зимний период может быть предусмотрено заполнение ячеек снегом с последующим завершением работ после его оттаивания.

8.3 3 При производстве работ зимой наличие в ячейках георешетки снега исключает заполнение ее сыпучемерзлым грунтом Возможна засыпка георешетки щебнем при условии, что ячейки заполнены снегом не более чем на 20% их объема.

8.4. Особенности организации работ при использовании «Геовеба»

8.4 1 Специфические климатические условия региона: продолжительная (до 9 месяцев) суровая зима, короткое лето с частыми дождями и возвратом холодов – должны учитываться в организации работ при использовании технологии «Геовеб».

8 4.2. Для работ по технологии «Геовеб» в I климатической зоне необходимо применять отечественное или зарубежное оборудование в северном исполнении. Применяемое при проведении работ с объемными георешетками импортное оборудование: компрессоры, степлеры, шланги, пневмоинструмент и другие вспомогательные приспособления – рассчитаны на устойчивую работу в условиях II–III климатических зон. Использование этого оборудования в условиях севера Западной Сибири, особенно в зимнее время требует специфического тщательного ухода за ним Так, для степлеров необходима соответствующая незамерзающая смазка, подводящие воздух шланги не должны терять при отрицательных температурах эластичность; для компрессоров необходимы компактные, передвижные, утепленные укрытия.

8.4.3. На каждом строительном участке для работающего на трассе персонала необходимо предусматривать утепленный передвижной вагончик с автономным отоплением. Персонал, работающий на укладке георешеток, должен быть обеспечен необходимой удобной, утепленной спецодеждой и обувью. Особенно это касается рабочих, занятых сшивкой решеток «Геовеб».

8.5. Особенности контроля качества работ по устройству конструктивных слоев на основе «Геовеба»

8.5.1. Контроль качества осуществляют в процессе производства работ на всех этапах.

Перед началом работ по установке георешеток «Геовеб» на горизонтальной поверхности проверяют величину поперечных уклонов, которая должна быть не менее 1,5%.

8.5.2. При использовании геотекстиля проверяют величину перехлеста полотнищ на откосах, которая не должна быть менее 15 см.

8.5.3. При установке секций «Геовеба» проверяют их положение относительно друг друга по горизонтали и вертикали, количество и положение скрепок на швах. Несовпадение секций в швах скрепления по высоте не должно превышать 1 см. Минимальное расстояние между скрепками должно быть 2,5 см.

8.5.4. При установке секций «Геовеба» на откосах проверяют наличие, а также правильность установки АТР-клипов, соответствие количества анкеров проектному. После завершения заполнения ячеек на горизонтальной поверхности проверяют толщину защитного слоя. Если защитный слой устраивают одновременно с засыпкой ячеек и из того же материала, что и заполнитель, то его толщина должна быть не менее 5–6 см в плотном теле. Если защитный слой устраивают после засыпки ячеек и из другого материала, то толщина слоя заполнителя над поверхностью ячеек должна быть не менее 2–3 см в плотном теле (для песка). После завершения уплотнения осуществляют контроль плотности материала в ячейках и выявляют ее соответствие проектной.

8.5.5. После завершения работ по установке «Геовеба» на горизонтальной поверхности проверяют, проведен ли демонтаж временных анкеров.

ОСНОВЫ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УПРУГОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОНСТРУКТИВНОГО КОМПОЗИТНОГО СЛОЯ, ВКЛЮЧАЮЩЕГО «ГЕОВЕБ»

Для использования «Геовеба» с любым заполнителем в качестве конструктивного слоя дорожной одежды необходимо знать расчетный модуль упругости этого слоя.

Композитный характер слоя не дает возможности отождествить его расчетную упругую характеристику с модулем упругости материала слоя, поскольку слой скомпонован из различных материалов.

Вычислить модуль упругости слоя через модули упругости материалов, входящих в него, и геометрические параметры элементов слоя также не представляется возможным, поскольку механизм взаимодействия элементов слоя достаточно сложен и пока не раскрыт.

В связи с этим реальным путем практического определения упругой характеристики слоя может служить непосредственное испытание штамповой нагрузкой двухслойной конструкции в виде композитного слоя на основе «Геовеба», лежащего на грунтовом полупространстве с модулем упругости E_n.

В испытаниях могут замеряться либо напряжения на поверхности грунта под «Геовебом», либо (что проще) величина упругой осадки поверхности двухслойной конструкции под штампом с последующим решением задачи теории упругости для двухслойной системы.

Решение задачи теории упругости может быть принято в виде приближенной зависимости, полученной М.Б. Корсунским[1]:

$$E_{общ} = \frac{\left[1{,}05 - 0{,}1\,\frac{h}{D}\left(1 - \sqrt[3]{E_n/E_c}\right)\right]E_c}{0{,}71\,\sqrt[3]{E_n/E_c}\cdot \operatorname{arctg}\left(\frac{1{,}35h_э}{D}\right) + \frac{E_c}{E_n}\cdot\frac{2}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{D}{h}}, \qquad (1)$$

[1] См. Иванов Н.Н. Конструирование и расчет нежестких дорожных одежд. – М.: Транспорт, 1973.

где $E_{общ}$ – общий модуль упругости на поверхности двухслойной конструкции, определяемый по величине прогиба l под нагрузкой p;

h – толщина композитного слоя (высота профиля «Геовеба»);

D – диаметр штампа;

E_c – расчетный модуль упругости композитного слоя (искомый);

$h_э = 2h\sqrt[3]{E_c/(6E_n)}$.

При испытании жестким штампом общий модуль упругости конструкции на поверхности определяется по формуле

$$E_{общ} = \frac{0{,}25\pi hD(1-\mu^2)}{l}, \qquad (2)$$

где μ – коэффициент Пуассона, применяемый для определения $E_{общ}$ конструкции; $\mu = 0{,}3$.

При испытании гибким штампом (колесом автомобиля) используется зависимость

$$E_{общ} = \frac{(1-\mu^2)P}{0{,}4\pi lD}, \qquad (3)$$

где P – общая нагрузка на колесо;

D – расчетный диаметр отпечатка колеса.

При определении модуля упругости полупространства (грунтов земляного полотна) жестким штампом используется зависимость (2) при $\mu = 0{,}35$.

Общая процедура определения модуля упругости композитного слоя жестким штампом сводится к следующему:

1. предварительно жестким штампом определяют модуль полупространства E_n с использованием зависимости (2) при $\mu = 0{,}35$;
2. на полупространство укладывается слой «Геовеба» и заполняется тем или иным заполнителем; над «Геовебом» устраивается защитный песчаный слой толщиной 1–3 см (далее в расчетах он не учитывается);

❸ производится нагружение конструкции через жесткий штамп, уложенный на защитный слой, нагрузкой p, и определяется перемещение штампа l;

❹ используя зависимость (1), вычисляют (методом итераций) искомое значение E_c с использованием ПЭВМ.

Вместо вычислений по формуле (1) могут быть использованы номограммы, представленные в ВСН 46-83 и ОДН 218.046-01.

Приложение 2

НОМЕНКЛАТУРА ГЕОРЕШЕТОК «ГЕОВЕБ»

Секция	Длина, м	Ширина, м	Площадь, $м^2$	Масса секции, кг, при высоте ячеек, мм			
				76	102	152	203
Стандартная А-секция							
GW200n1003	0,61	2,44	1,49	1,87	2,49	3,74	4,99
GW200n1004	0,81	2,44	1,98	2,49	3,33	4,99	6,65
GW200n1005	1,02	2,44	2,48	3,12	4,16	6,24	8,32
GW200n1006	1,22	2,44	2,97	3,74	4,99	7,48	9,98
GW200n1007	1,42	2,44	3,47	4,37	5,82	8,73	11,64
GW200n1008	1,63	2,44	3,96	4,99	6,65	9,98	13,31
GW200n1009	1,83	2,44	4,46	5,61	7,48	11,23	14,97
GW200n1010	2,03	2,44	4,95	6,24	8,32	12,47	16,63
GW200n1011	2,24	2,44	5,45	6,86	9,15	13,72	18,29
GW200n1012	2,44	2,44	5,95	7,48	9,98	14,97	19,96
GW200n1013	2,64	2,44	6,44	8,11	10,81	16,22	21,62
GW200n1014	2,84	2,44	6,94	8,73	11,64	17,46	23,28
GW200n1015	3,05	2,44	7,43	9,36	12,47	18,71	24,95
GW200n1016	3,25	2,44	7,93	9,98	13,31	19,96	26,61
GW200n1017	3,45	2,44	8,42	10,60	14,14	21,21	28,27
GW200n1018	3,66	2,44	8,92	11,23	14,97	22,45	29,94
GW200n1019	3,86	2,44	9,41	11,85	15,18	23,70	31,60
GW200n1020	4,06	2,44	9,91	12,47	16,63	24,95	33,26
GW200n1021	4,27	2,44	10,41	13,10	17,46	26,19	34,93

Секция	Длина, м	Ширина, м	Площадь, $м^2$	Масса секции, кг, при высоте ячеек, мм			
				76	102	152	203
GW200n1022	4,47	2,44	10,90	13,72	18,29	27,44	36,59
GW200n1023	4,67	2,44	11,40	14,34	19,13	28,69	38,25
GW200n1024	4,88	2,44	11,89	14,97	19,96	29,94	39,92
GW200n1025	5,08	2,44	12,39	15,59	20,79	31,18	41,58
GW200n1026	5,28	2,44	12,88	16,22	21,62	32,43	43,24
GW200n1027	5,49	2,44	13,38	16,84	22,45	33,68	44,91
GW200n1028	5,69	2,44	13,87	17,46	23,28	34,93	46,57
GW200n1029	5,89	2,44	14,37	18,09	24,12	36,17	48,23
GW200n1030	6,10	2,44	14,86	18,71	24,95	37,42	49,90
GW200n1031	6,30	2,44	15,36	19,33	25,78	38,67	51,56
GW200n1032	6,50	2,44	15,86	19,96	26,61	39,92	53,22
GW200n1033	6,71	2,44	16,35	20,58	27,44	41,16	54,88
GW200n1034	6,91	2,44	16,85	21,21	28,27	42,41	56,55
GW200n1035	7,11	2,44	17,34	21,83	29,11	43,66	58,21
GW200n1036	7,32	2,44	17,84	22,45	29,94	44,91	59,87
GW200n1037	7,52	2,44	18,33	23,08	30,77	46,15	61,54
GW200n1038	7,72	2,44	18,83	23,70	31,60	47,40	63,20
GW200n1039	7,92	2,44	19,32	24,32	32,43	48,65	64,86
Крупноячеистая секция							
GW200n0503	1,22	2,44	2,98	1,64	2,21	3,31	4,43
GW200n0504	1,62	2,44	3,95	2,17	2,92	4,38	5,87
GW200n0505	2,03	2,44	4,95	2,72	3,66	5,49	7,36
GW200n0506	2,44	2,44	5,95	3,27	4,40	6,60	8,85

Секция	Длина, м	Ширина, м	Площадь, $м^2$	Масса секции, кг, при высоте ячеек, мм			
				76	102	152	203
GW200n0507	2,84	2,44	6,93	3,81	5,13	7,69	10,30
GW200n0508	3,25	2,44	7,93	4,36	5,87	8,80	11,79
GW200n0509	3,65	2,44	8,91	4,90	6,59	9,89	13,25
GW200n0510	4,06	2,44	9,91	5,45	7,33	11,00	14,74
GW200n0511	4,47	2,44	10,91	6,00	8,07	12,11	16,22
GW200n0512	4,87	2,44	11,88	6,53	8,79	13,19	17,67
GW200n0513	5,28	2,44	12,88	7,08	9,53	14,30	19,15
GW200n0514	5,68	2,44	13,86	7,62	10,26	15,39	20,61
GW200n0515	6,09	2,44	14,86	8,17	11,00	16,50	22,10
GW200n0516	6,50	2,44	15,86	8,72	11,74	17,60	23,58
GW200n0517	6,90	2,44	16,84	9,26	12,46	18,69	25,04
GW200n0518	7,31	2,44	17,84	9,81	13,20	19,80	26,53
GW200n0519	7,71	2,44	18,82	10,35	13,93	20,89	27,99
GW200n0520	8,12	2,44	19,81	10,90	14,66	21,99	29,46
GW200n0521	8,53	2,44	20,81	11,45	15,40	23,10	30,95
GW200n0522	8,93	2,44	21,79	11,99	16,13	24,19	32,40
GW200n0523	9,34	2,44	22,79	12,53	16,86	25,30	33,89
GW200n0524	9,74	2,44	23,77	13,07	17,59	26,38	35,35
GW200n0525	10,15	2,44	24,77	13,62	18,33	27,50	36,83
GW200n0526	10,56	2,44	25,77	14,17	19,07	28,60	38,32
GW200n0527	10,96	2,44	26,74	14,71	19,79	29,68	39,76
GW200n0528	11,37	2,44	27,74	15,26	20,53	30,79	41,25
GW200n0529	11,77	2,44	28,72	15,80	21,25	31,88	42,71

Секция	Длина, м	Ширина, м	Площадь, $м^2$	Масса секции, кг, при высоте ячеек, мм			
				76	102	152	203
GW200n0530	12,18	2,44	29,72	16,35	21,99	32,99	44,19
GW200n0531	12,59	2,44	30,72	16,90	22,73	34,10	45,68
GW200n0532	12,99	2,44	31,70	17,44	23,46	35,19	47,14
GW200n0533	13,40	2,44	32,70	18,00	24,20	36,30	48,62
GW200n0534	13,80	2,44	33,67	18,52	24,92	37,37	50,07
GW200n0535	14,21	2,44	34,67	19,07	25,66	38,48	51,55
GW200n0536	14,62	2,44	35,67	19,62	26,40	39,60	53,04
GW200n0537	15,02	2,44	36,65	20,16	27,12	40,68	54,50
GW200n0538	15,43	2,44	37,65	20,71	27,86	41,79	55,99
GW200n0539	15,83	2,44	38,63	21,25	28,59	42,88	57,44
GW200n0540	16,24	2,44	39,63	21,80	29,33	43,99	58,93
GW200n0541	16,65	2,44	40,63	22,35	30,07	45,10	60,42
GW200n0542	17,05	2,44	41,60	22,88	30,78	46,18	61,86
GW200n0543	17,46	2,44	42,60	23,42	31,52	47,29	63,35
GW200n0544	17,86	2,44	43,58	24,00	32,25	48,37	64,80
GW200n0545	18,27	2,44	44,56	24,52	32,99	49,48	66,29

Приложение 3

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГЕОРЕШЕТКИ «ГЕОВЕБ»

Показатель	Георешетка текстурированная	
	с перфорацией	без перфорации
Разрывная нагрузка полоски размером 50×100 мм толщиной 0,85 мм, Н, не менее	400	950
Удлинение при разрыве, %, не менее	150	150
Прочность сварного шва на отрыв полоски, Н, не менее	665	665

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3
1 Общие положения 4
2. Номенклатура объемных георешеток «Геовеб» 6
3. Особенности инженерно-геокриологических условий районов вечной мерзлоты Западной Сибири, учитываемые при использовании «Геовеба». 7
4. Варианты схем конструктивных решений с использованием объемной георешетки «Геовеб» 13
4.1. «Геовеб» в конструкциях дорожных одежд 13
4.2. «Геовеб» в конструкциях укрепления обочин 17
4.3. Применение «Геовеба» для укрепления откосов земляного полотна. 17
4.4. Применение «Геовеба» для укрепления поверхности склонов и придорожной полосы 21
4.5. Применение «Геовеба» для укрепления кюветов и канав 23
4.6. «Геовеб» в конструкциях насыпей на болотах и слабых грунтах 24
5. Особенности расчета на прочность дорожных одежд с конструктивными слоями на основе «Геовеба» с заполнителями 26
6 Учет геокриологических процессов при проектировании дорожных конструкций с использованием «Геовеба». 27
7. Особенности расчета устойчивости откосов, укрепленных при помощи георешетки «Геовеб» 27
8. Технология и организация работ по устройству конструктивных слоев на основе «Геовеба» 33
8 1. Устройство конструктивных слоев на наклонных поверхностях 33
8.2. Устройство конструктивных слоев на горизонтальных поверхностях. 36
8 3 Условия производства работ при устройстве слоев на основе «Геовеба» в зимнее время 37
8 4 Особенности организации работ при использовании «Геовеба» 38
8.5. Особенности контроля качества работ по устройству конструктивных слоев на основе «Геовеба» 39
Приложение 1 Основы методики определения упругих характеристик конструктивного композитного слоя, включающего «Геовеб» 40
Приложение 2 Номенклатура георешеток «Геовеб» . . . 43
Приложение 3 Физико-механические характеристики георешетки «Геовеб 47

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ОБЪЕМНОЙ ГЕОРЕШЕТКИ ТИПА «ГЕОВЕБ» ПРИ СООРУЖЕНИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В РАЙОНАХ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ (ДЛЯ ОПЫТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА)

Редактор Л Крылова
Корректор Ж Иноземцева

Подписано к печати 05 11 2003 Формат 60x84/16
Печать офсетная Бумага офсетная №1 3,0 печ. л.
Тираж 100 экз Заказ 16-03

Участок оперативной печати Союздорнии
143900, Московская обл., г. Балашиха-6,
ш Энтузиастов, 79

gost.e-ecolog.ru