РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА
(ЦНИИС)

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ И СТРОИТЕЛЬСТВУ ГРУНТОВЫХ НАСЫПЕЙ НА ТОРФЯНОМ ОСНОВАНИИ, АРМИРОВАННЫХ ГЕОРЕШЕТКАМИ "ПРУДОН-494" В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Москва
2000

gost.e-ecolog.ru

Настоящие рекомендации разработаны для использования при проектировании и строительстве армогрунтовых конструкций, которые выполняют роль грунтовой буровой площадки для установки вышечного блока и оборудования на сложном инженерно-геологическом участке, характеризуемом наличием мощной толщи болота, где глубина залегания торфяных грунтов достигает более 4.0 м в условиях Западной Сибири.

Работа выполнена по договору с ОАО 494 УНР за № ПЛТКЭ-2000-0136.

Конструкция армогрунтовой насыпи для усиления и стабилизации ее основания армируется георешеткой «Прудон-494» в виде композитной системы с использованием геотекстиля (типа «Дорнит») для формирования геомембран.

Вопрос о конструкционном оформлении насыпи, представляющей собой композитное объединение мембран из георешетки «Прудон-494» и послойно армированной насыпи с расчетом количества мембран и потребного числа слоев георешетки, может решаться в каждом конкретном случае, в зависимости от мощности торфяной толщи и характеристик торфа. Георешетки «Прудон-494» являются основным элементом подобных насыпей, поскольку наиболее полно отвечают требованиям композитного конструирования - придания целенаправленных свойств конструктивным элементам и включения их в работу сооружения - в данном случае упрочнения грунтового массива и восприятия растягивающих напряжений при его нагружении полезной нагрузкой.



Данные материалы (информация) являются коммерческим продуктом и не подлежат копированию в какой бы то ни было форме без письменного разрешения ОАО 494 УНР

140170, Московская обл., г. Бронницы, ул. Строительная, 4
Тел.: (095) 950-82-38, 554-74-94
Тел./факс: (095) 953-86-70
Факс: (095) 924-97-25

E-mail: gost.e-ecolog.ru

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

Открытое акционерное общество
«Научно - исследовательский институт
транспортного строительства»
(«ЦНИИС»)

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель генерального
директора
Цернант А.А
«15» июня 2000 г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ И СТРОИТЕЛЬСТВУ ГРУНТОВЫХ НАСЫПЕЙ НА ТОРФЯНОМ ОСНОВАНИИ, АРМИРОВАННЫХ ГЕОРЕШЕТКАМИ «ПРУДОН-494» В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Москва 2000

Методические рекомендации разработаны сотрудниками Проблемной лаборатории транспортных коммуникаций и экологии ОАО «ЦНИИС»: Бирюковой Л.М., Кузнецовой Л.И., Штейном А.И., Акиновой Н.Г.

Замечания и предложения направлять по адресу:
129329, Москва, ул.Кольская 1. Научно-исследовательский институт транспортного строительства (ОАО ЦНИИС).

Зав.лабор., д.т.н. Г.С.Переселенков

Зам.зав.лабор., к.т.н. Л.М.Бирюкова

1. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ПРИМЕНЕНИЯ РЕКОМЕНДАЦИЙ

1.1 Геоморфологические особенности, рельеф и геологическое строение

Рекомендации относятся к области использования современных технических и технологических решений при строительстве новых промышленных площадок и их обустройстве (трубопроводы, дороги, поселки и др.), что требует вовлечения в строительство территорий с неблагоприятными инженерно-геологическими условиями при дальнейшем развитии нефтегазодобывающих районов Западной Сибири. К таковым относятся: наличие слабых водонасыщенных минеральных грунтов, торфяников и др.

Западно-Сибирская плита характеризуется широтной зональностью инженерно-геологических условий с севера на юг. Особенностью региона являются довольно низкие абсолютные отметки поверхности рельефа от 70 до 200 м.

Рельеф области в целом плоский, в большинстве районов совершенно нерасчлененный и слабо дренированный. По характеру заболоченности и заозерности здесь выделяются два типа местности.

Первый из них (южная часть области - так называемое Сургутское Полесье) характеризуется сильной заболоченностью, заозерностью и заторфованностью (до 90%) территории. По существу этот район представляет собой огромное, преимущественно верховое торфяное болото, которое пересекается узкими, относительно дренированными линейно ориентированными полосами, расположенными вдоль русел рек и сложенными, как правило, водно-ледниковыми, озерно-аллювиальными и аллювиальными песками.

Ко второму типу относятся более возвышенные и дренированные районы, окаймляющие с запада, севера и востока Сургутское Полесье. Эта территория имеет плоский в разной степени заболоченный рельеф, однако степень заболоченности в целом значительно ниже, чем в Сургутском Полесье. Микрорельеф торфяников в северной части обычно выпукло- и плоско-бугристый, а в южной - плоский грядово-мочажинный или кочковатый.

В строении верхней части разреза области принимают участие среднечетвертичные ледниковые и водно-ледниковые, а также верхнечетвертичные, озерные, озерно-аллювиальные и аллювиальные образования. Широко развиты голоценовые (современные) болотные отложения

Среднечетвертичные водно-ледниковые отложения представлены крупными, средними, мелкими и пылеватыми песками, как правило, содержащими в верхних 1-2.5 м разрезе различное количество гравия и мелкой гальки. Преобладают песчаные фракции 0.5-0.25 и 0.25-0.005 мм.

Свойства среднечетвертичных водно-ледниковых песков представлены в таблице 1.

Южные районы области сложены с поверхности средне- и верхнечетвертичными озерно-аллювиальными преимущественно песчаными отложениями, которые перекрыты голоценовыми грунтами. Озерно-аллювиальные пески в основном мелкие и пылеватые.

Таблица 1

Пески	Природн влажность, доли ед	Плотность, г/см^3			Пористость, %	Коэффициент пористости	Коэффициент фильтрации м/сут	Угол естествен откоса, град	
		частиц грунта	грунта	скелета грунта				в воздушно-сухом состоян	Подводной
Крупные	0 5-0 25	2 64-2 69	1 81-1 98	1 60-1 74	36-40	0 56-0 66	8 4-11 2	28-34	25-33
	-	2 67	-	1 68	37	0 59	9 6	32	30
Средние	0 07-0 20	2 64 2 70	1 77-2 00	1 46-1 81	33-46	0 49-0 84	6 2-7 7	29-34	27-32
	-	2 67	-	1 67	38	0 61	7 3	32	30
Мелкие	0.10-0 25	2 65-2 70	1.58-1.78	1 42-1 73	36-47	0 56-0 89	2 1-5 8	30-33	28-33
	-	2 67	-	1 51	44	0 77	3 7	32	30
Пылеватые	0 05-0 25	-	-	-	-	-	-	27-32	27-32
	-							31	30

Примечание В числителе приведены предельные значения показателей, в знаменателе - средние

Голоценовые болотные и озерно-болотные отложения, залегающие с поверхности на обширной территории области, представлены преимущественно верховыми типами торфа Мощность торфа в пределах торфяных массивов изменяется от 0 5 до 5-6 м, причем преобладают значения 1 5-2 5 м

Строительные условия и требования

Строительная классификация торфяных грунтов и сапропелей по материалам [5,6] приведены в таблице 2, типизация торфяных грунтов Западной Сибири по разработкам Гипротюменнефтегаза дана в таблицах 3 и 4

Из таблиц следует, что торфяные грунты характеризуются значительным водонасыщением с влажностью, иногда превышающей 1200%, малой плотностью с льдонасыщенностью в отдельных слоях, достигающей 80% Торфы сильно сжимаемы достигает 60% от мощности слоя, а при болотах II и III типа характеризуются деформациями сдвига и выдавливания

Таблица 2

Разновидность торфяного грунта	Природная влажность	Степень разложения	Зольность	Плотность $\gamma_{ск}$, г/см^3	Сопротивление		Сжимаемость				Тип грунта по прочности
					Сдвигу по крыльчатке		Модуль деформации E, кПа, при нагрузке P, кПа		Модуль осадки i_p, мм/м при нагрузке P, кПа		
					В природном залегании	После уплотнения под нагрузкой P=49 кПа	49	98	49	98	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Торф сухой	<300	<25	МЗ	>5	>48	>245	>245	>323	<100 (<200)	<200 (<300)	1
			СЗ		>41	>168					
		25-40	МЗ		>29	>123					
			СЗ		>32	>103					
Торф маловлажный	300-600	<25	МЗ	0,2-0,15	48-26	245-133	245-147	323-225	100-250	200-370	1
			СЗ		41-22	168-88			(200-350)	(300-420)	
		25-40	МЗ		41-17	123-39					1,2
			СЗ		32-16	103-55					
Торф средней влажности	600-900	<25	МЗ	0.5-0.10	26-16	136-87	147-108	225-108	250-400	370-500	1
			СЗ		22-16	90-66					
		25-40	МЗ		17-10	60-42			(350-450)	(420-530)	2
			СЗ		16-11	56-35					
Торф очень влажный	900-1200	<25	МЗ	0,10-0.06	16-11	87-62	108-88	186-167	400-470	(500-550)	1
			СЗ		16-11	62-46			(450-550)	(530-600)	
		25-40	МЗ		10-6	42-28					2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Торф избыточно влажный	>1200	25	М3 С3	0 06	11-7 11-6	62-38 46-20	90-85	170-150	470-490 (550-600)	550-570 (600-650)	2,3
Сапропель влажный	<200	-	-	-	>20	>30	>300	-	<150	-	1,2
Сапропель средней влажности	200-250	-	-	-	20-10	30-15	300-100	-	150-400	-	2
Сапропель сильно влажный	500-1000	-	-	-	10-1	15-3	<98	-	400	-	2,3
Сапропель избыточно влажный (жидкий)	>1000	-	-	-	<1	<3	-	-	-	-	3

Типизация торфяных грунтов по деформативности применительно к условиям нефтяных районов Западной Сибири (разработка ГипротюменНефтегаз)

Таблица 3

Разновидность отложений	Тип грунта по прочности	Подтип по деформативности	Сопротивление сдвигу (по крыльчатке) $C_{кр}$, кПа	Влажность торфа	Плотность $\gamma_{ск}$, г/см^2	Коэффициент пористости	Сопротивление зондированию q, кПа
Торф маловлажный	1	А	≥14,7	≤600	>0,13	≤10	-
Торф средней влажности	1	Б	14,7 - 9,8	600 - 800	0,13 - 0,10	10 -13	-
Торф очень влажный	2	-	9.8 - 4,9	800 - 1200	0,10 - 0,07	13 - 20	-
Торф избыточно влажный	3	А	4,9	>1200	<0,07	>20	-
Жидкие образования	3	Б	-	-	-	-	<30,0

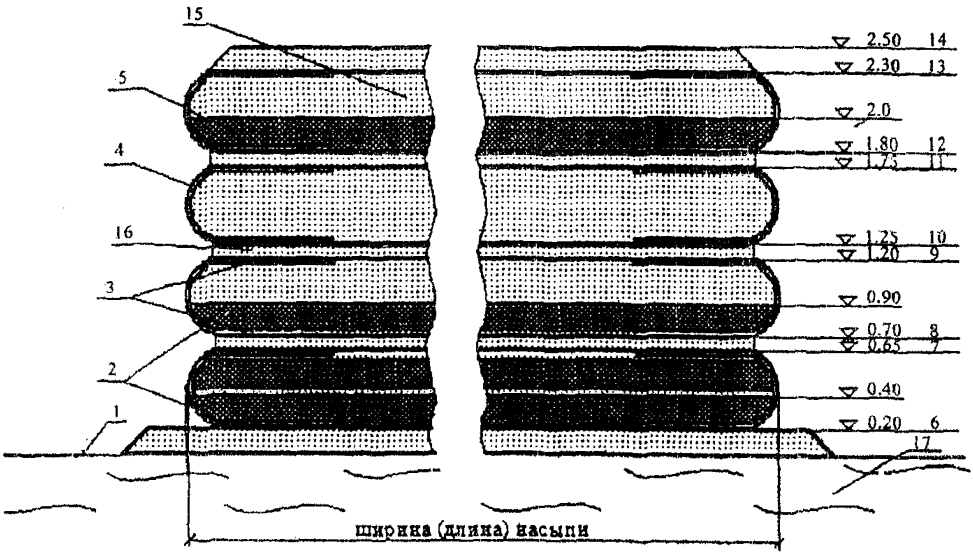
Примечание. Типизация торфов выполнена применительно к насыпи высотой до 2,5-3 м. Для насыпей большей высоты, тип торфа должен уточняться по расчету.

Рекомендации имеют целью выбор технических решений наиболее рациональных, с позиции экономических, технологических, экологических и временных, обеспечивающих сооружение конструкций грунтовых насыпей на торфяном основании в Западной Сибири под буровую площадку для установки вышечного блока и оборудования.

Конструкция основания под буровую площадку на слабом основании должна обеспечивать:

1. устойчивость основания насыпи;
2. исключение недопустимых осадок основания насыпи после сооружения вышечного блока и оборудования;
3. обеспечение динамической устойчивости конструкции насыпи под воздействием работы оборудования.

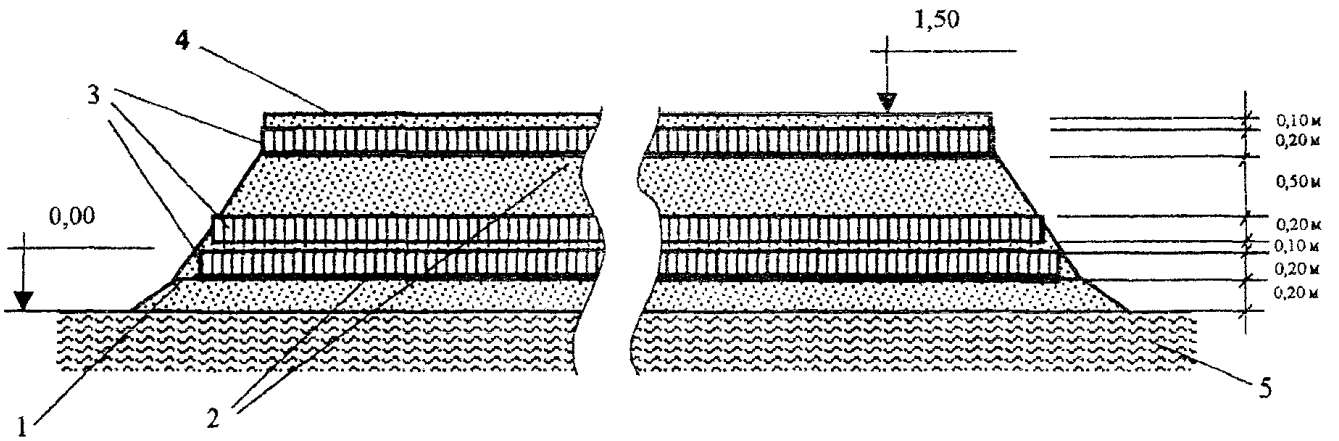
Пример конструкции армогрунтовой насыпи на торфяном основании под буровую площадку



1. Поверхность выравнивающего слоя;
2. Замкнутая обойма;
3. Стеклоткань ТР-07;
4. Геотекстиль «Дорнит»;
5. Георешетка «Прудон-494»;
6. Верхняя поверхность искусственного основания;
7. Верхняя грань первой обоймы;
8. Нижняя грань второй обоймы;
9. Верхняя грань второй обоймы;
10. Нижняя грань третьей обоймы;
11. Верхняя грань третьей обоймы;
12. Нижняя грань четвертой обоймы;
13. Верхняя грань четвертой обоймы;
14. Отметка фундамента;
15. Заполнение песком обоймы;
16. Выравнивающий слой;
17. Торф.

рис. 1.

Армогрунтовая насыпь на торфяном основании под буровую площадку



1. Поверхность выравнивающего слоя;
2. Геотекстиль «Дорнит»;
3. Георешетка «Прудон-494»;
4. Выравнивающий слой песка;
5. Торф.

Рис. 2

Таблица 4

Строительный тип болота	Характеристика деформаций грунта в основании насыпи	Характеристика режима отсыпки (по нарастанию нагрузки на основание)	Возможное наличие типов грунтов, слагающих болото
I	Сжатие	Любая скорость	Только тип I (I-А и I-Б)
II	Сжатие	Скорость отсыпки ограничена (не более 63 кПа за месяц)	Тип 2 обязателен, возможно наличие типа 1
III-А	Выпор, частично сжатие	Как правило, скорость отсыпки ограничена (не более 63 кПа за месяц)	Возможно наличие всех типов торфа, типы 3 и 1 обязательны
III-Б	Только выпор	Любая скорость	Только тип 3

Примечание. Характеристика типов торфяных грунтов по прочности приведена в табл 1 и 2

Технические характеристики объемной георешетки «Прудон-494»

Таблица 5

№№ п/п	Параметры георешетки	Измеритель	Показатель
1	Габаритные размеры георешетки длина ширина высота	м	 6 0/11 0 2 40/3 30 0 17/0 18
2	Толщина стенки ячейки	мм	1 2
3	Длина диагонали ячеики	см	0 27/0 41
4	Материал		Полиэтилен
5	Разрывная нагрузка пластина шов на отрыв	кгс/5 см	 146 65
6	Максимальное удлинение материала	%	25

3. РАСЧЕТЫ УСТОЙЧИВОСТИ НАСЫПИ И ОСНОВАНИЯ ПЛОЩАДКИ.

На основании имеющихся исходных геологических данных расчеты устойчивости насыпи площадки выполняют по методу круглоцилиндрических поверхностей (КЦПС) с последующим сопоставлением полученных результатов и достаточности конструктивных решений.

Устойчивость насыпи оценивают коэффициентом устойчивости. Для расчетов устойчивости поперечное сечение насыпи разбивают на блоки (см. рис. 3.1).

Коэффициент устойчивости каждого блока, смещение которого возможно по поверхности круглого цилиндра, ищется как отношение суммы моментов сил, удерживающих блоки насыпи от вращения относительно оси, проходящей через т.О. к сумме моментов сдвигающих сил относительно той же оси. При этом внешние силы раскладывают на составляющие нормальные и тангенциальные к поверхности скольжения.

Моменты берутся относительно т.О - центра кривой возможного смещения. Можно записать, что коэффициент устойчивости

$$K = \frac{M_{уд}}{M_{сдв}};$$

где -*Муд* и *Мсдв*- моменты удерживающих и сдвигающих сил.

Очевидно, что для устойчивых откосов К>1, ибо *Муд*>*Мсдв*.

В случаях когда К=1, грунты находятся в предельном равновесии. Для нормальных условий эксплуатации принято, чтобы К≥1,2. Если расчетные характеристики грунта (объемный вес γ, коэффициент трения f удельное сцепление c) определены для реального объекта специальными лабораторными исследованиями (а не взяты из справочников), можно допустить коэффициент устойчивости К≥1,1

Расчеты устойчивости обычно проводят для 1 пог. м длины насыпи.

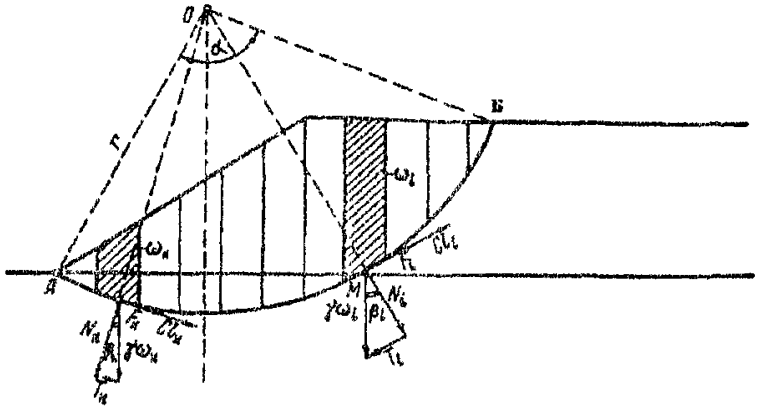


Рис.3.1. Схема разбивки на блоки поперечного сечения насыпи из однородных грунтов

Для каждого блока можно изобразить его вес $\gamma\omega_i$ в виде вектора на поверхность скольжения откоса. Вектор веса $\gamma\omega_i$ раскладывается на нормальную N_i и касательную T_i, составляющие.

$$N_i = \gamma\omega_i \cos\beta_i; T_i = \gamma\omega_i \sin\beta_i$$

Сила T_i вызывает смещение отсека, а составляющая N_i порождает силу трения F_i, удерживающую грунт от смещения

$$F_i = fN_i.$$

Здесь f - коэффициент внутреннего трения грунта, равный

$$f = \mathrm{tg}\varphi,$$

где φ - угол внутреннего трения грунта.

Препятствуют смещению грунта также силы сцепления cl, где c—удельное сцепление; l - длина кривой смещения

$$l = \frac{\pi r \alpha}{180°};$$

где: r - радиус кривой обрушения;

α - центральный угол, соответствующий дуге l

В блоках, расположенных левее вертикально направленного радиуса кривой смещения, возникают тангенциальные составляющие веса $T_к$, которые направлены в сторону, противоположную смещению грунта.

Таким образом, часть тангенциальных составляющих веса отсеков относится к удерживающим силам $T_{уд}$, другая часть - к сдвигающим силам $T_{сдв}$.

Формула коэффициента устойчивости принимает вид:

$$K = \frac{\sum fN + \sum cl_i + \sum T_{уд}}{\sum T_{сдв}}.$$

Расчет устойчивости насыпи, состоящей из двух пластов - 1 и 2 с разными расчетными характеристиками грунтов(рис.3.2).

γ_1, γ_2 и γ_3 - объемный вес грунтов насыпи и основания;

f_1, f_2 и f_3 - коэффициенты трения в грунтах насыпи и основания;

c_1, c_2, и c_3 - коэффициенты сцепления в грунтах насыпи и основания;

l_1, l_2, и l_3 - длины кривых смещения в двух зонах и основания.

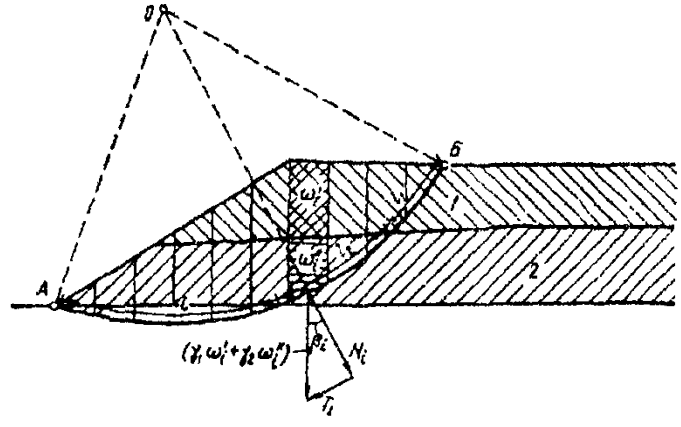


Рис.3.2 Разбивка на блоки из разнородных грунтов

Разбивка на блоки поперечного сечения насыпи с разнородными грунтами проводится по формуле для определения коэффициента устойчивости в развернутом виде, которая имеет вид:

$$K = \frac{f_1 \sum \gamma_1 \omega_i' \cos\beta_i + f_{2i} \sum (\gamma_1 \omega_i' + \gamma_2 \omega_i'') \cos\beta_i}{\gamma_1 \omega_i \sin\beta_i + \left[(\gamma_i \omega_i' + \gamma_2 \omega_i'' + \gamma_3 \omega_i''') \sin\beta_i\right]_{сдв}} +$$

$$+ \frac{f_3 \sum (\gamma_1 \omega_i' + \gamma_2 \omega_i'' + \gamma_3 \omega_i''') \cos\beta_i + c_1 l_1 + c_2 l_2 + c_3 l_3}{\gamma_1 \omega_i \sin\beta + \left[(\gamma_i \omega_i' + \gamma_2 \omega_i'' + \gamma_3 \omega_i''') \sin\beta_i\right]_{сдв}} +$$

$$+ \frac{\left[(\gamma_i \omega_i' + \gamma_2 \omega_i'' + \gamma_3 \omega_i''') \sin\beta_i\right]_{уд}}{\gamma_1 \omega_i \sin\beta_i + \left[(\gamma_i \omega_i' + \gamma_2 \omega_i'' + \gamma_3 \omega_i''') \sin\beta_i\right]_{сдв}},$$

где ω_i' и ω_i'' - соответственно части площадей отсеков в первом и втором пластах;

ω_i''' - часть площади отсеков в грунте основания.

Для оценки устойчивости имеет значение критическая кривая смещения, т. е. такая кривая, при которой коэффициент устойчивости K имеет наименьшее значение.

Задача состоит в том, чтобы найти такое положение поверхности скольжения, при котором коэффициент устойчивости минимален. То есть задача поиска коэффициента устойчивости сводится к решению оптимизационной задачи. Параметрами оптимизации при этом являются координата точки вращения и радиус поверхности круглого цилиндра.

Радиус круглоцилиндрической поверхности скольжения и координаты ее центра однозначно определяются координатами ее точек пересечения с поверхностью земляного полотна (основания) и величиной стрелы стягивающей концы рассматриваемой потенциальной кривой скольжения (см. схему рис.3.3).

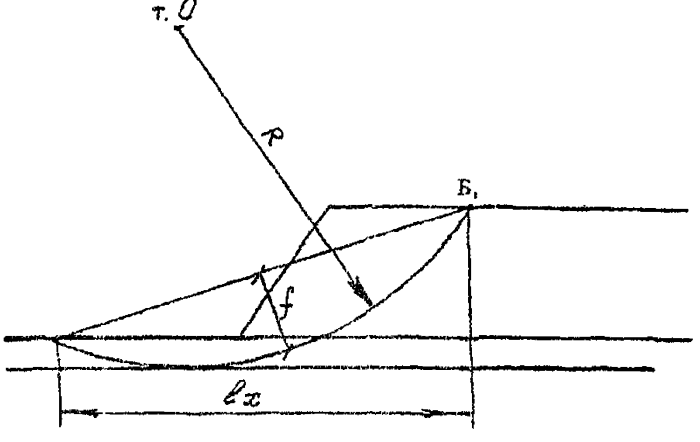


Рис. 3.3

В качестве параметров приняты:

- координата верхней точки поверхности скольжения (точка $Б_1$);
- длина проекции на ось X поверхности скольжения (lx);
- стрела хорды стягивающей концы кривой скольжения (f).

Наихудшее сочетание параметров ищется на основе метода систематического просмотра многомерных областей. В качестве пробных точек в пространстве

параметров используются точки равномерно распределенных последовательностей. В основе алгоритма лежит численное зондирование пространства параметров проектируемой конструкции насыпи. Исследование проводится в три этапа.

1-й этап: составление таблиц испытаний.

2-й этап: выбор критериальных ограничений. В нашем случае это принятая величина коэффициента устойчивости, менее которой считается устойчивость земляного полотна не обеспеченной

3-й этап: проверка непустоты множества недопустимых точек. Если на третьем этапе найдутся возможные поверхности, для которых коэффициент устойчивости близок или меньше допустимого значения, то следует соответствующим образом изменить диапазон (сузить) изменения параметров и повторить все три этапа. Если будут найдены новые «плохие» точки, то следует провести новый цикл расчетов. И так до тех пор пока не будет уверенности, что найдены все положения поверхности скольжения, для которых не обеспечена устойчивость земляного полотна.

Результаты расчетов методом КЦПС приведены в приложении для условной площадки размером 165х70 м применительно к кусту буровых (заштрихованная площадь) рис П. 8.

4. РАСЧЕТ ПРОЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ И ПРОГНОЗА ОСАДКИ АРМОГРУНТОВОЙ НАСЫПИ НА ТОРФЯНОМ ОСНОВАНИИ

При отсутствии достаточно достоверных данных по испытаниям грунтов основания и физико-механических свойств заполняемого в георешетку грунта расчеты носят достаточно условный характер, а интерпретация их результатов требует осторожности.

Определения наиболее точных значений величин напряжений и деформаций проводят методом конечных элементов (МКЭ). В качестве математической модели грунта применяют упруго-пластическую модель с ассоциированным законом течения и условием прочности Мора-Кулона.

Однако, на стадии проектирования для оперативного определения параметров конструкции насыпи усиленной одним или несколькими слоями георешетки «Прудон-494» требуется производить вариантные расчеты. Применять для этого каждый раз такие мощные численные методы, как МКЭ весьма затруднительно и трудоемко Поэтому рекомендуется для этой цели пользоваться результатами численного эксперимента, проведенного по МКЭ, на основе которого построена многофакторная зависимость осадки армированной насыпи. Расчетная область была разбита на 1092 треугольных КЭ (600 узлов). План численного эксперимента формировался с использованием алгоритма, позволяющего равномерно зондировать многомерное пространство факторов.

Расчет прочности конструкции насыпи на торфяном основании включает:

1. Расчет устойчивости основания (под давлением насыпи)
2. Расчет величин осадки основания

Расчет устойчивости позволяет определить принципиальную схему армирования насыпи георешеткой «Прудон-494», обеспечивающую ее устойчивость на слабых грунтах основания, в том числе предотвращающую выпор грунтов. Устойчивость характеризуется "коэффициентом устойчивости", который должен быть как правило, не менее чем 1,25. Расчет устойчивости производится методом круглоцилиндрических поверхностей скольжения с учетом взаимодействия отсеков. При этом по алгоритмам, позволяющим зондировать поле параметров, ищется их наихудшее сочетание. Это сочетание параметров и определяет положение потенциальной кривой обрушения, по которой возможна деформация насыпи. Приведенные в приложении 1 результаты расчета устойчивости насыпи выполнены с учетом торфяного основания могут служить основой для ориентировочного выбора конструкций армогрунтового массива. Расчеты проводились для трех возможных состояний торфяного слоя, характеризуемых следующими физико-механическими свойствами (табл. П 1):

1. Сопротивление грунта сдвигу по крыльчатке принималось, соответственно равным 5, 10 и 15 кПа (рис П.1)
2. Угол внутреннего трения принимался близким к нулю 0... 1 град.
3. Модуль деформации торфа соответственно варьировался от 100 до 300 кН/м^2

4. Расчетная прочность слоя георешетки «Прудон-494» на разрыв принималась 50кН на 1 п.м.(с коэффициентом запаса на неоднородность заполнения ячеек).

Результаты расчетов приведены в приложении (таблицы П2, П3, П4 и рисунки П2, П3, П4). Следует отметить, что применение георешетки «Прудон-494» позволяет обеспечить устойчивость конструкции. На графиках П5 и П6 показано изменение коэффициента устойчивости для максимальных и минимальных сочетаний параметров в зависимости от количества слоев георешетки «Прудон-494». Для обеспечения устойчивости основания в зависимости от его консистенции может потребоваться от 1 до 5 слоев Расчеты показали, что во всех случаях положение потенциальной кривой обрушения практически одинаково.

Однако положительные результаты расчетов устойчивости не гарантируют допустимые величины деформаций основания. Поэтому были проведены вариационные расчеты напряженно-деформированного состояния конструкции методом конечных элементов в упругопластической постановке. Условие прочности принято по Мору-Кулону. Для решения упруго-пластической, нелинейной задачи использован шаговый метод нагружения.

Необходимо отметить, что данные по величинам физико-механических свойств слоя георешетки, заполненной различными грунтами могут существенно различаться. Поэтому принята достаточно условная схема расчета -двухслойная конструкция, поскольку основное влияние на величину осадки оказывает торф. При этом нижний слой - торф рассматривается со свойствами, указанными выше. Прочность насыпи, характеризуемая модулем деформации и сцеплением, варьировалась в диапазоне: Ед = 10000 ... 60000 кПа, С = 50 ... 175 кПа. Угол внутреннего трения насыпи принимался равным 36 град. На графике (рис. П7) приведено семейство кривых, показывающих влияние физико-механических свойств насыпи на осадку торфа основания в зависимости от его консистенции.

Расчеты деформаций при необходимости могут быть уточнены после проведения исследований физико-механических свойств георешетки «Прудон-494», заполненной конкретными грунтами, уложенной на конкретное податливое основание.

Для практического применения при проектировании на основании указанного плана и результатов расчетов по МКЭ с использованием метода наименьших квадратов построена многофакторная, нелинейная математическая модель зависимости осадки армированной насыпи от расчетных параметров (см. табл. П5).

Перед подстановкой значений варьируемых факторов в уравнение регрессии они должны быть нормированы по формулам:

X_1=-(20-Ен)/10

X_2= -(125-Сн)/75

X_3=-(10-Ст)/5

При этом необходимо отметить, что модель дает удовлетворительные результаты при изменении нормированных факторов в диапазоне от -1 до +1.

Коэффициенты уравнения регрессии приведены в таблице:

Таблица

X_1	X_2	X_3	F_0	$X_1 * X_2$	$X_1 * X_3$	$X_2 * X_3$	X_3^2
-0.1816	-0.2237	-0.9353	1.124	0.2625	0.1615	0.2751	0.5821

В табл.П6 приведены результаты сравнения расчетов по МКЭ и по математической регрессионной модели.

Регрессионная модель характеризуется следующими показателями:

- Число степеней свободы =12
- Средняя ошибка регрессии, % =5,9
- Дисперсия адекватности =0,013

Для проверки прочности и устойчивости конструкции насыпи площадки были проведены расчеты коэффициента прочности по Мизесу для средних грунтовых условий основания, которые показали, что возможные зоны, где коэффициент прочности может оказаться <1, имеют ограниченный замкнутый характер и достаточно удалены от поверхности площадки

Эти данные позволяют рекомендовать при реальном проектировании ограничиться расчетами по предложенной методике и обращаться к более углубленным расчетам только в случаях существенно отличных природных условий (на глубинах болот более 6 метров, на болотах со сплавиной, при полном отсутствии дренирующих грунтов для отсыпки насыпи и т.п.).

Порядок расчетов при проектировании конструкции насыпи.

1. Устанавливается необходимый коэффициент устойчивости. Как правило он должен быть в диапазоне 1.1 .. 1,25.
2. По графикам зависимости коэффициента устойчивости от количества слоев георешетки и консистенции основания определяют схему армирования
3. По регрессионной математической модели определяют ожидаемую величину осадки (см. формулу). Для расчетов удобно использовать Microsoft Excel.

$$H = Fo - 0\ 1816 * X_1 - 0.2237 * X_2 - 0\ 9353 * X_3 +$$

$$+0.2625 * X_1 * X_2 + 0.1615 * X_1 * X_3 + 0.2751 * X_2 * X_3 + 0.5821 * X_3^2$$

4. Если величина ожидаемой осадки превышает допустимую, то следует изменить конструкцию и повторить расчет.
5. Собственные частоты колебаний насыпи, как показали расчеты, слабо зависят от параметров основания и определяются в основном физико-механическими свойствами грунта и армирования насыпи. Расчетные значения величины октав собственных частот колебаний насыпи, армированной георешеткой «Прудон-494» составили, Гц:

2,3	4,0	6,1	8,9	12,9	18,4	26,2

При наличии динамической нагрузки и необходимости ее учета целесообразно выбирать частоту вынуждающей силы отличную от указанных.

5. ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ АРМОГРУНТОВОЙ НАСЫПИ ИЗ ОБЪЕМНОЙ ГЕОРЕШЕТКИ «ПРУДОН-494»

5.1. Подготовительные работы

Подготовительные работы включают в себя:

• выравнивание основания будущей армогрунтовой насыпи;

• разбивку границ участка длиной 165 м и шириной 70 м армогрунтовой насыпи с фиксированием ее подошвы;

• подготовка георешеток;

• заготовка колышков, требующихся для закрепления полотнищ геотекстиля, и металлических штырей и скрепок для закрепления георешеток.

• доставка заготовленных материалов на место работ и складирование их во временном помещении.

• выравнивание основания, отсыпка выравнивающего слоя песком производятся бульдозером.

Разбивочные работы ведут от оси проектируемого земляного сооружения (насыпи) с обозначением ее подошвы. Для закрепления разбивки на местности применяют колья с натянутой на них проволокой, вешки-визирки и шпильки-высотники.

5.2. Основные работы

Возведение армогрунтовой конструкции насыпи на всю высоту осуществляют в следующей последовательности.

• на всю площадь насыпи расстилают полотнища геотекстиля, закрепляют их колышками;

• укладывают первый слой георешетки, засыпают его песком, уплотняют;

• укладывают второй слой георешетки, также засыпают песком и уплотняют,

• отсыпают насыпь песком слоем толщиной 50 см, уплотняют,

• расстилают полотнища геотекстиля, закрепляют;

• укладывают третий слой георешетки, засыпают песком, уплотняют;

• выравнивают поверхность с приданием требуемых уклонов.

5.3. Детальное описание технологии производства работ

До начала работ по устройству армогрунтовой насыпи должны быть выполнены все подготовительные работы. В их число, кроме отсыпки выравнивающего слоя и геодезической разбивки, входит устройство временных дорог для транспортировки грунта в тело насыпи и доставки материалов армирования.

Предшествующие работы оформляются актами на скрытые работы.

5.3.1. Укладка георешеток

На армирующие полотнища устанавливаются звенья георешеток на всю ширину насыпи в поперечном направлении одновременно с обоих торцов по длине насыпи на протяжении 25 м.

Звенья георешеток устанавливают следующим образом:

с помощью натянутых шнуров фиксируют плановое положение каждого звена вдоль

ширины насыпи (торца);

- георешетку растягивают, при этом двое рабочих удерживают **короткий край решетки**, а двое рабочих другой край;
- георешетку крепят к основанию штырями вдоль торца насыпи;
- вторую георешетку растягивают и устанавливают вплотную к **первой по короткому краю** решетки

Параллельно устанавливают звенья георешеток вплотную к первым звеньям и ребра георешеток закрепляют скрепками.

Такая последовательность установки звеньев георешеток попеременно с двух торцов насыпи осуществляется на протяжении 25 м (с каждой стороны) по длине насыпи.

В середине насыпи (на протяжении 115 м) на всю ее длину звенья георешеток устанавливаются чередованием их в поперечном и продольном направлении, а ребра георешеток также скрепляются скрепками.

Края георешеток крепят штырями к основанию с шагом 1.5 -2.0 м по всему периметру, при этом следует контролировать параллельность сторон георешетки.

После окончания укладки георешеток проверяют качество выполненных работ и оформляют «акт на скрытые работы».

5.3.2. Засыпка георешеток песчаным грунтом

Операцию засыпки песком ячеек георешеток выполняют с помощью ковшовых погрузчиков ТО-11.

Используют два погрузчика, по одному с обеих торцевых сторон насыпи.

Песок предварительно завозят автосамосвалами и складируют в бунты у этих же сторон площадки.

Песок отсыпают в ячейки с избытком, не менее чем на 20-25 см над уровнем верха георешетки.

Отсыпку песка выполняют за один раз на всю толщину слоя.

При выполнении этой технологической операции необходимо следить, чтобы колеса погрузчика не деформировали ребра решетки.

5.3.3 Разравнивание и предварительная планировка грунта

Предварительную планировку поверхности отсыпки выполняют бульдозером типа ДЗ-42 на пневмошинах за один - два прохода по одному следу.

Эту работу выполняют поперечными и продольными проходами на 2-ой рабочей скорости, начиная от торцов насыпи с постепенным перемещением к ее середине и с перекрытием предыдущего следа на 0.5-0.8 м.

Использование бульдозера на гусеничном ходу не допускается.

5.3.4. Уплотнение грунта

При выборе уплотняющего механизма необходимо учитывать несущую способность основания.

Особое внимание следует уделять тщательности уплотнения грунта, помещаемого в обойму по всей ширине насыпи, включая откосную часть.

Поэтому уплотняют сначала легким катком ДУ-31А за 4 прохода по одному следу, а затем окончательно средним катком ДУ-16В на пневмошинах за 6 проходов по одному следу по всей ширине насыпи.

Первые проходы катка выполняют от середины к краям насыпи, смещая каждый последующий проход на 1/3 ширины катка с выравниванием прибровочного участка со стороны лицевого откоса насыпи.

Степень уплотнения проверяют лабораторно-строительные посты строительства.

6. ОРГАНИЗАЦИЯ ТРУДА ПО СООРУЖЕНИЮ АРМОГРУНТОВОЙ НАСЫПИ

Организуют комплексную бригаду.

Бригада состоит из следующего состава рабочих:

машинист бульдозера		6 разряда - 2 чел.
машинист катков	ДУ-31А	6 разряда - 2 чел.
	ДУ-16В	6 разряда - 2 чел.
машинист автогрейдера	ДЗ-99	6 разряда - 1 чел.
машинисты погрузчиков	ТО-11	6 разряда - 2 чел.
дорожные рабочие:		3 разряда - 4чел.
		2 разряда - 4 чел.

Работу бригада организует следующим образом:

• дорожные рабочие (2 чел. 3 разряда и 2 чел. 2 разряда) раскатывают дорнит на всю ширину насыпи,

• машинист бульдозера производит отсыпку и разравнивание грунта на толщину 5 см на всю площадь насыпи,

• дорожные рабочие (2 чел. 3 разряда и 2 чел. 2 разряда) устанавливают георешетки вдоль ширины насыпи (70 м), попеременно с одной и другой стороны.

• машинисты погрузчиков ТО-11 выполняют отсыпку ячеек георешеток за один раз на всю толщину слоя 35 см с учетом осадки при уплотнении;

• машинист катка ДУ-31А прокатывает отсыпанный грунт за 4 прохода по одному следу;

• дорожные рабочие (2 чел. 3 разряда, и 2 чел. 2 разряда) устанавливают на отсыпанный над первым слоем георешетки и уплотненный грунт второй слой георешетки и скрепляют его скобами с первым слоем, установку второго слоя георешетки производят в той же последовательности, что и первый слой;

• машинисты погрузчиков ТО-11 осуществляют засыпку георешеток второго слоя (с торцов насыпи);

• машинисты катков ДУ-31А прокатывают отсыпанный грунт в ячейки георешеток второго слоя;

• машинист катка ДУ-16В укатывает послойно грунт над вторым слоем георешетки до необходимой плотности 0,98.

Окончательную планировку выравнивающего слоя выполняют автогрейдером ДЗ-99 за два прохода по одному следу по всей ширине насыпи.

Первый проход делают по оси насыпи. Последующие проходы с постепенным смещением к краю насыпи. Повторные - от краев насыпи с перемещением к середине.

При проходе по оси насыпи отвал грейдера устанавливают вертикально, при остальных проходах - в соответствии с проектными уклонами.

В отдельных местах, особенно у бровки откосных частей насыпи, рабочие разравнивают и планируют поверхность насыпи вручную.

7. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

При строительстве армогрунтовой насыпи на торфяном основании под кустовую площадку с применением в качестве армирующих прослоек георешетки «Прудон-494», необходимо выполнять «Правила по охране труда при сооружении насыпей».

До начала работ необходимо:

- оградить участок работ дорожными знаками;
- место производства работ и строительная площадка должны освещаться стационарными, передвижными или переносными осветительными установками наружного освещения по всему периметру насыпи.
- наметить для рабочих схему захода в зону работ автосамосвалов.

В процессе работ по возведению насыпи необходимо соблюдать следующие требования:

- расстояние от бровки насыпи до колеса бульдозера, автогрейдера, погрузчика должно быть не менее 0.5 м, а до колеса автосамосвала - не менее 1.0 м.
- при выгрузке грунта из самосвалов рабочие должны находиться со стороны водителя машины и не ближе 5 м от зоны развала выгруженного грунта;
- при выгрузке грунта расстояние от оси заднего колеса автосамосвала до бровки отсыпаемого армогрунтового откоса должно быть не менее 2 м;
- рабочие, обслуживающие машины, должны пользоваться средствами индивидуальной защиты в соответствии с отраслевыми нормами;
- при совместной работе нескольких машин, идущих друг за другом, дистанция между ними должна быть не менее 10 м;
- каждая машина должна быть закреплена по приказу за определенным водителем.
- засыпку георешеток грунтом следует вести не ближе, чем за 20 м от места установки георешетки.

При обрезке полотен геотекстиля и стеклоткани ручным режущим инструментом необходимо соблюдать следующие правила безопасности.

- отрезать армирующие полотнища способом от себя;
- убирать режущий инструмент в футляр;
- при укреплении откосов георешеткой, состоящей из отдельных элементов, ее разрешается укладывать только в направлении от подошвы откоса к вершине.

В таком же порядке следует производить отсыпку ячеек георешетки растительным грунтом с семенами.

Все работы по защите откосов георешетками - доставка их на место монтажа, где они раскладываются в объемах, соответствующих погонному расходу в сооружении, транспортные операции, складирование и монтаж их в карту покрытия следует производить в соответствии с Правилами техники безопасности и санитарии.

8. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА РАБОТ. НАУЧНОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ. ПОТРЕБНОСТЬ РЕСУРСОВ

Выполнение работ по возведению насыпи рекомендуемой конструкции требует особого внимания к контролю качества ведения работы и ее результатов по каждому технологическому процессу и организации научного сопровождения хода строительства.

В первой составляющей - основное требование - это соблюдение указаний нормативных документов.

Во второй - своевременное регулирование технологии отсыпки и реакция на процесс и тенденции хода осадок и их стабилизации.

Научное сопровождение должно быть организовано заказчиком и выполняться компетентными специалистами научной организации, курирующей объект.

Для выполнения расчетов потребности в ресурсах могут быть использованы данные, полученные на основании опыта строительства аналогичных объектов. Пример расчета стоимости и трудоемкости дан на 1 м^2 в локальной смете, с учетом перерасхода материала при укладке в приложении 10.

Рекомендованные материалы для армирования - георешетки «Прудон-494», принятые в расчетах, не являются дефицитными, однако, в случае их замены на какие-либо другие, кроме проверки обязательного наличия сертификата, следует провести контрольные расчеты конструкций насыпи, прежде чем применить их при ее возведении.

Специфика объекта и возможные в связи с этим отклонения от расчетных экономических показателей и единичных расценок должны при соответствующем обосновании компенсироваться за счет непредвиденных расходов, закладываемых в сметные документы.

Приложения к настоящим рекомендациям могут быть использованы при рабочем проектировании как исходный материал.

ЛИТЕРАТУРА

1. Атлас СССР. главное управление геодезии и картографии. М., 1986.
2. СНиП 2.01.01-82. Строительная климатология и геофизика. М., Госстрой. 1983.
3. Инженерная геология. том 2. Западная Сибирь. изд-во МГУ. 1976.
4. Инженерная геология Западно-Сибирская и Туранская плиты. книга 1. М., «Недра», 1990.
5. Основания и фундаменты транспортных сооружений. М., «Транспорт», 1996.
6. Пособие по проектированию земляного полотна на слабых грунтах (к СНиП 2.05.02-85).
7. Временные строительные нормы по применению синтетических материалов при устройстве нежестких дорожных одежд автомобильных дорог. приложение 3 - технические характеристики объемных георешеток «Прудон-494». М., ЦНИИС. 26 ЦНИИ МО РФ. 1999
8. Глотов Н.М., Леонычев А В. и др. Основания и фундаменты транспортных сооружений. М., «Транспорт», 1996
9. Методические указания по проектированию земляного полотна на слабых грунтах. М., ЦНИИС. СоюздорНИИ. Оргтрансстрой.
10. Методика расчета устойчивости грунтовых насыпей. армированных георешетками «Прудон-494».М., СоюздорНИИ. 1999.
11. Синтетические текстильные материалы в транспортном строительстве. М., «Транспорт», 1984.
12. Сборник научных трудов Новые конструкции и технология сооружения земляного полотна. М., «Транспорт», 1987
13. Обзорная информация Автомобильные дороги. №5 за 1998год. Львович Ю.М., Ким А.И., Аливер Ю.А., Геосинтетические и геопластиковые материалы в дорожном строительстве. М., Информавтодор. 1998.
14. Инструкция по использованию геотекстилей и георешеток в строительстве. Рабочая немецкая группа по земляным работам и фундаментному строительству. М., 1994
15. НТО и НИР «Научно-техническое сопровождение строительства опытных участков с использованием георешеток «Прудон-494» на автомобильной дороге в г.Бронницы Московской области» (шифр «Дорога-94»). 26 ЦНИИ МО РФ. М., 1994.
16. СНиП 3.02.01-83. Основания и фундаменты.
17. СНиП 2.02.04-88 Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах. М., Госстрой. 1990.
18. СНип II-4-80 часть III глава 4. Правила производства и приемки работ, техника безопасности в строительстве.
19. Заключение по эффективности использования георешеток в конструктивных слоях дорожных одежд в практике ремонта и строительства автомобильных дорог 494 УНР. М., РосдорНИИ, 1997.
20. Материалы отечественной и зарубежной печати по проблемам применения георешеток «Прудон-494»: «Строительная газета», журналы «Деловые люди». «CIS TODAY». «Автомобильные дороги».
21. Энциклопедические издания:
    - Федеральный справочник. Российское строительство. Строительный потенциал Подмосковья. М., «РОДИНА-ПРО». 1998. стр.93;
    - Большой российский каталог. Строительство 2000. М., 2000г., стр. 82-83.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1.

Таблица П. 1.

Физико-механические свойства грунта

Объект- Грунтовая насыпь на торфяном основании

	Блоки	Толщина слоя, м	Плотность кН/м куб	Сцепление, кПа	Угол внутреннего трения, град	Отметка основания слоя,м
№ слоя 1						
	3	2.00	18.500	4.00	36.00	20.00
	4	2.00	18.500	4.00	36.00	20.00
№слоя 2						
	1	4.00	12.000	5.00	1.00	16.00
	2	4.00	12.000	5.00	0.00	16.00
	3	4.00	12.000	5.00	0 00	16.00
	4	4.00	12.000	5.00	1.00	16.00
№ слоя 3						
	1	16.00	17.500	4.00	36 00	0.00
	2	16.00	17.500	4.00	36.00	0.00
	3	16.00	17.500	4.00	36.00	0.00
	4	16.00	17.500	4.00	36.00	0.00

Приложение 1а

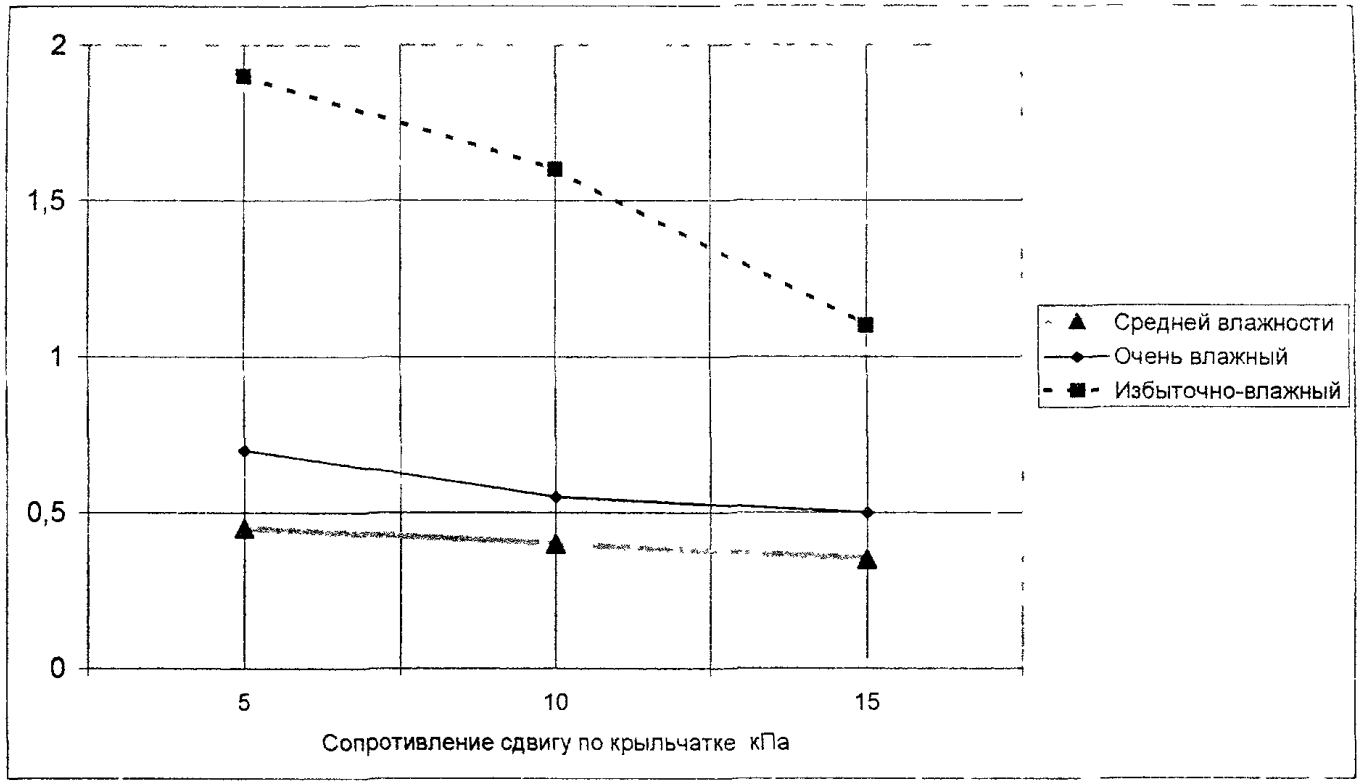


рис П 1

Приложение 2

Таблица П.2.

Протокол расчета устойчивости объекта -Грунтовая насыпь на торфяном основании

Координата точки входа, м	Длина кривой обрушения, м	Стрела кривой обрушения, в % от ее длины	Коэффициент устойчивости (4 слоя)
57.97	28.09	17.38	1 113
54.69	29.45	16.25	1.212
53.91	26.91	18.13	1.216
59.77	31.70	14.56	1.333
57.85	31.85	13.34	1.427
59.61	35.02	11.19	1.526
52.23	32.63	14.84	1.529
52.42	24.47	20.94	1.578
56.95	34.43	18.31	1.722
58.13	25.16	15.50	1.723
55.86	30.33	20.19	1.740
55.31	28.67	11.75	1.745
53.20	23.50	15.31	1.755
55.39	26.23	25.06	1.756
49.73	23.25	20.84	1.771
59.92	15.10	38.94	1.783
55.16	37.85	15.13	1.788
54.92	33.85	26.94	1.804
54.53	38.63	13.63	1.807
40.20	19.15	22.72	1.825
53.59	35.12	24.88	1.840
56.60	39.66	22.34	1.845
52.73	26.43	33.69	1.860
54.41	36.14	17.09	1.876
52.54	30.67	27.59	1.882
56.25	32.19	23.00	1.909
52.11	31.89	29.19	1.928
52.85	25.60	25.34	1.939
54.14	37.17	22.06	1.945
51.64	21.54	28.06	1.946
54.22	32.77	32.38	1.952
42.27	22.32	20.56	1.973

Приложение 3.

Таблица П.3.

Протокол расчета устойчивости объекта- Грунтовая насыпь на торфяном основании

Координата точки входа, м	Длина кривой обрушения, м	Стрела кривой обрушения, в % от ее длины	Коэффициент устойчивости (4 слоя)
57.97	28.09	17.38	1.269
53.91	26.91	18.13	1.393
54.69	29.45	16.25	1.405
59.77	31.70	14.56	1.528
57.85	31.85	13.34	1.624
52.42	24.47	20.94	1.703
59.61	35.02	11.19	1.780
56.95	34.43	18.31	1.795
55.39	26.23	25.06	1.801
52.23	32.63	14.84	1.807
55.86	30.33	20.19	1.814
54 92	33.85	26.94	1.827
53.59	35.12	24.88	1.865
56.60	39.66	22.34	1.868
58.13	25.16	15.50	1.877
52.73	26.43	33.69	1.878
55.16	37.85	15.13	1.892
52.54	30.67	27.59	1.906
59.92	15.10	38.94	1.914
56.25	32.19	23.00	1.932
53.20	23.50	15.31	1.940
54.41	36.14	17.09	1.945
54.22	32.77	32.38	1.950
52.11	31.89	29.19	1.955
54.53	38.63	13.63	1 961
54.14	37.17	22.06	1.980
55.31	28.67	11.75	1.989
52.85	25.60	25.34	1.990
51.64	21.54	28.06	2.014
58.67	38.54	23.94	2.021
49.73	23.25	20.84	2.022
55.08	33.65	28.81	2.052

Приложение 4.

Таблица П.4.

Протокол расчета устойчивости объекта -Грунтовая насыпь на торфяном основании

Координата точки входа, м	Длина кривой обрушения, м	Стрела кривой обрушения, в % от ее длины	Коэффициент устойчивости (4 слоя)
57.97	28.09	17.38	1.351
53.91	26.91	18.13	1.480
54.69	29.45	16.25	1.508
59.77	31.70	14.56	1.636
57.85	31.85	13.34	1.730
52.42	24.47	20.94	1.735
56.95	34.43	18.31	1.788
55.39	26.23	25.06	1.793
55.86	30.33	20.19	1.803
54.92	33.85	26.94	1.810
53.59	35.12	24.88	1.844
56.60	39.66	22.34	1.851
52.73	26.43	33.69	1.853
52.54	30.67	27.59	1.881
58.13	25.16	15.50	1.891
56.25	32.19	23.00	1.907
54.22	32.77	32.38	1.910
55.16	37.85	15.13	1.918
59.61	35.02	11.19	1.931
52.11	31.89	29.19	1.937
54.41	36.14	17.09	1.940
59.92	15.10	38.94	1.947
54.14	37.17	22.06	1.966
52.23	32.63	14.84	1.970
52.85	25.60	25.34	1.986
58.67	38.54	23.94	2.006
53.20	23.50	15.31	2.006
51.64	21.54	28.06	2.009
54.53	38.63	13.63	2.024
55.08	33.65	28.81	2.025
57.89	35.61	31.06	2.025
53.05	33.07	19.44	2.038

Приложение 4а

Грунтовая насыпь на торфяном основании Коэффициент устойчивости = 1,1 по методу КЦПС

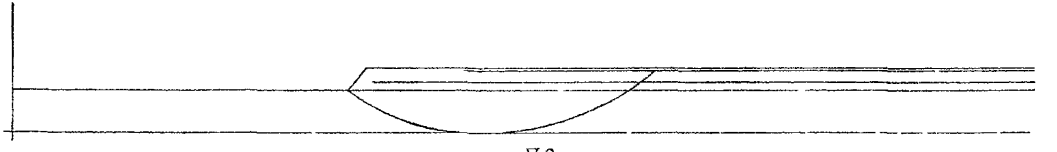


рис П 2

Грунтовая насыпь на торфяном основании Коэффициент устойчивости = 1,269 по методу КЦПС



рис П 3

Грунтовая насыпь на торфяном основании Коэффициент устойчивости = 1.351 по методу КЦПС

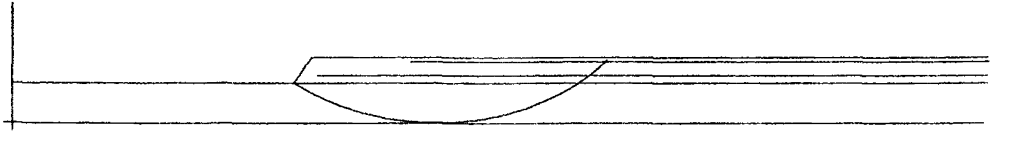


рис П 4

Приложение 5

Таблица П. 5

План численного эксперимента расчета осадок насыпи

Модуль деформации армогрунтовой насыпи, МПа	Расчетная величина сцепления армогрунтовой насыпи, кПа	Сопротивление сдвигу по крыльчатке торфа основания, кПа
20	125	10
15	162,5	7,5
25	87,5	12,5
12,5	68,75	13,75
22,5	143,8	8,75
17,5	181,3	11,25
27,5	106,3	6,25
13,75	115,6	8,125
23,75	190,6	13,13
18,75	153,1	5,625
28,75	78,13	10,63
11,25	96,88	11,88
21,25	171,9	6,875
16,25	134,4	14,38
26,25	59,38	9,375
10 63	54,69	6 563
20,63	129,7	11,56
15,63	167,2	9,063
25,63	92,19	14,06
13,13	73,44	12,81

Приложение 5а

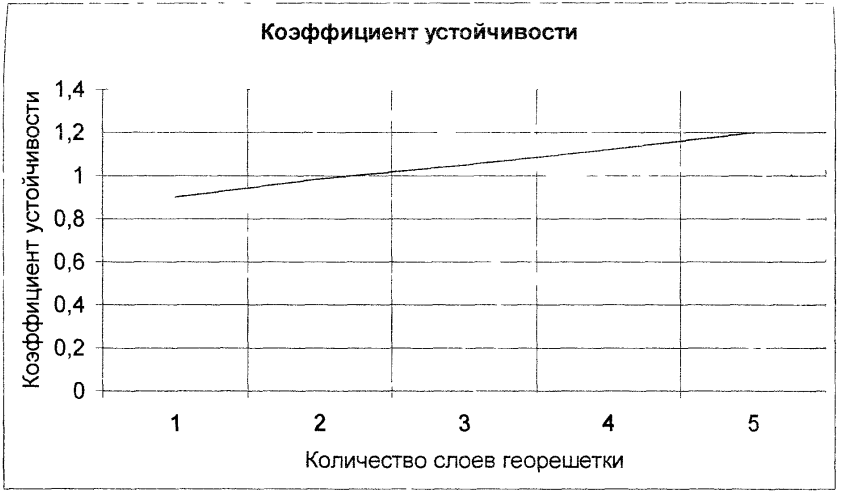


Рис П 5

Приложение 6.

Результаты сравнения расчетов осадок насыпи
по МКЭ и математической модели

Таблица П. 6

X_1	X_2	X_3	Осадка по МКЭ,мм	Осадка по модели,м	Ошибка, %
0 0000	0.0000	0.0000	1.108	1.124	1.443
-0.5000	0.5000	-0.5000	1.608	1.622	0.902
0.5000	-0.5000	0.5000	0.758	0.729	3.832
-0.7500	-0 7500	0.7500	0.794	0.956	20389
0.2500	0.2500	-0.2500	1.223	1.282	4.798
-0.2500	0.7500	0.2500	0.914	0.797	12.843
0.7500	-0.2500	-0.7500	2.033	1.984	2.384
-0.6250	-0.1250	-0.3750	1.616	1.769	9505
0.3750	0.8750	0 6250	0.716	0.778	8.608
-0.1250	0.3750	-0 8750	2.285	2.242	1.881
0.8750	-0.6250	0.1250	0.899	0.850	5.494
-0.8750	-0.3750	0.3750	1.064	1 092	2.661
0.1250	0.6250	-0.6250	1.647	1.674	1.660
-0.3750	0.1250	0.8750	0.727	0.756	4 051
0.6250	-0 8750	-0 1250	1.105	1.206	9.192
-0.9375	-0 9375	-0 6875	2.984	2.934	1658
0.0625	0.0625	0.3125	0.916	0.873	4.740
-0.4375	0.5625	-0.1875	1.225	1.193	2.576
0 5625	-0.4375	0.8125	0.662	0.656	0.980
-0.6875	-0.6875	0.5625	1.251	1.016	18.767

Приложение 6а

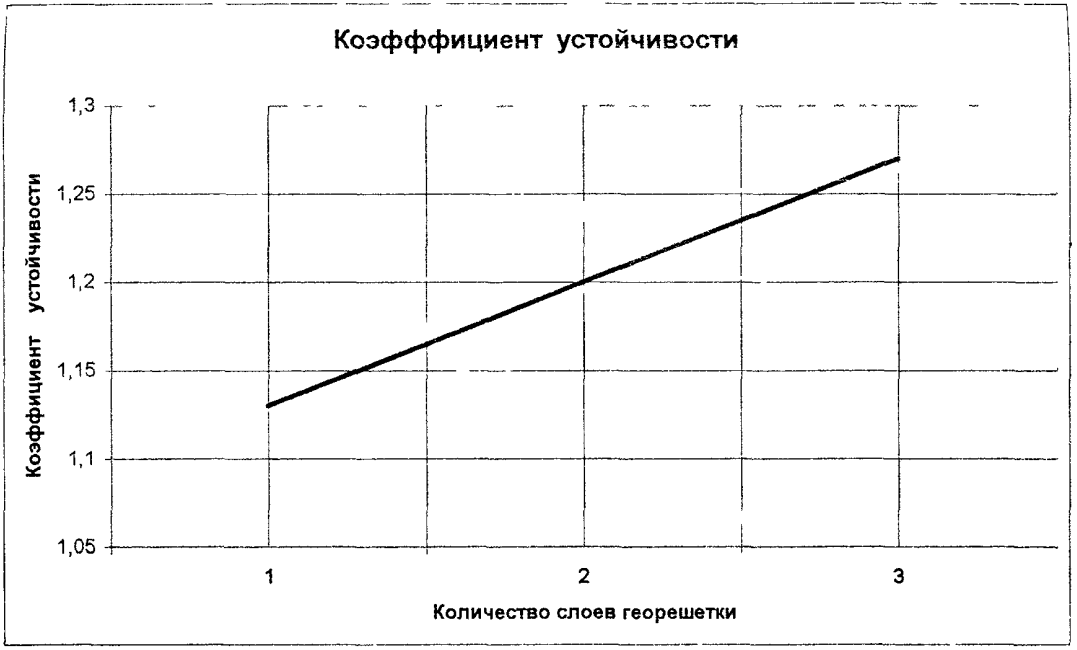


Рис П 6

Приложение 7

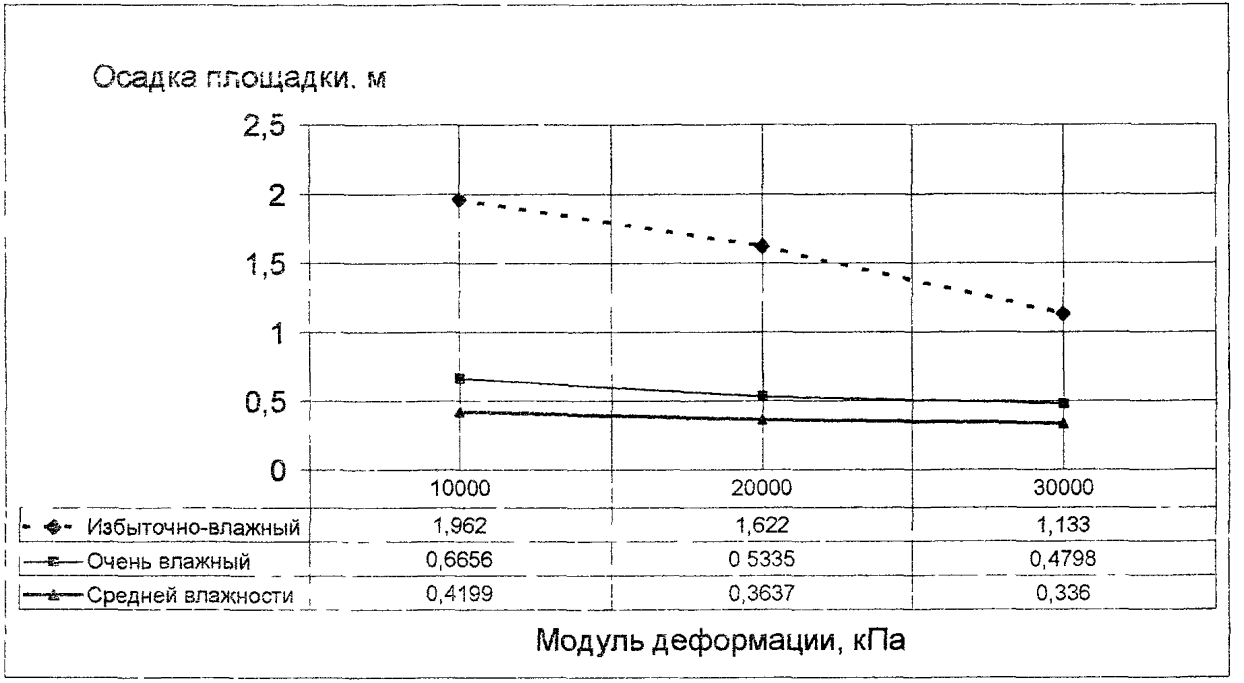


Рис П 7

Приложение 8

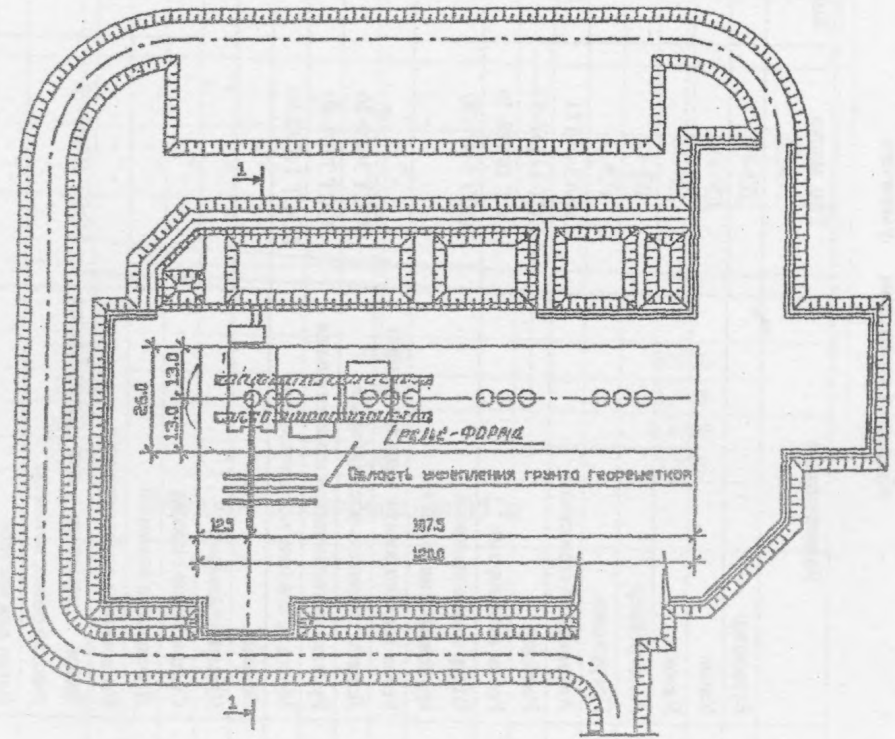
Потребность в машинах, инвентаре, оборудовании, инструментах

Таблица П 8

№№ п/п	Наименование	Тип, марка ГОСТ	Количество, шт
1	Бульдозер	ДЗ-42	1
2	Каток	ДУ-31А	1
3	Каток	ДУ-16	1
4	Автогрейдер	ДЗ-99	1
5	Погрузчики	ТО-11	1
6	Автомобили-самосвалы	КамАЗ-54111	По расчету
7	Нивелир	ГОСТ 11158-83	1
8	Рейки нивелирные	ГОСТ 10528-76	2
9	Шнур льнопеньковый крученый длиной 50 м	ГОСТ 5107-70	2
10	Рейка трехметровая с мерным клином	- " -	1
11	Лопаты строительные стальные	ГОСТ 3620-76	4
12	Рулетка металлическая измерительная	ГОСТ 7502-80	1
13	Молотки стальные строительные	ГОСТ 11042-83	5
14	Вешки	- " -	6
15	Штыри стальные	- " -	По расчету
16	Специальные скрепки	- " -	По расчету
17	Деревянные колышки	- " -	По расчету
18	Выдвижные стабилизаторы	- " -	По расчету
19	Знаки дорожные для ограждения участка работ, комплект	ГОСТ 10807-78	1
20	Вагон для мастера	- " -	1
21	Наружное освещение по периметру		

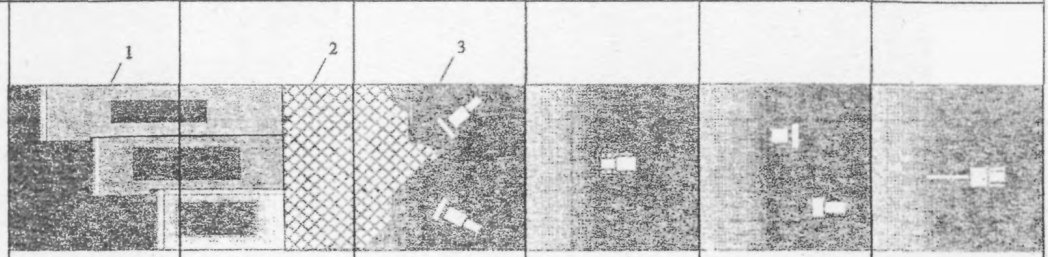
Приложение 9.

Схема строительства буровой площадки



Приложение 10.

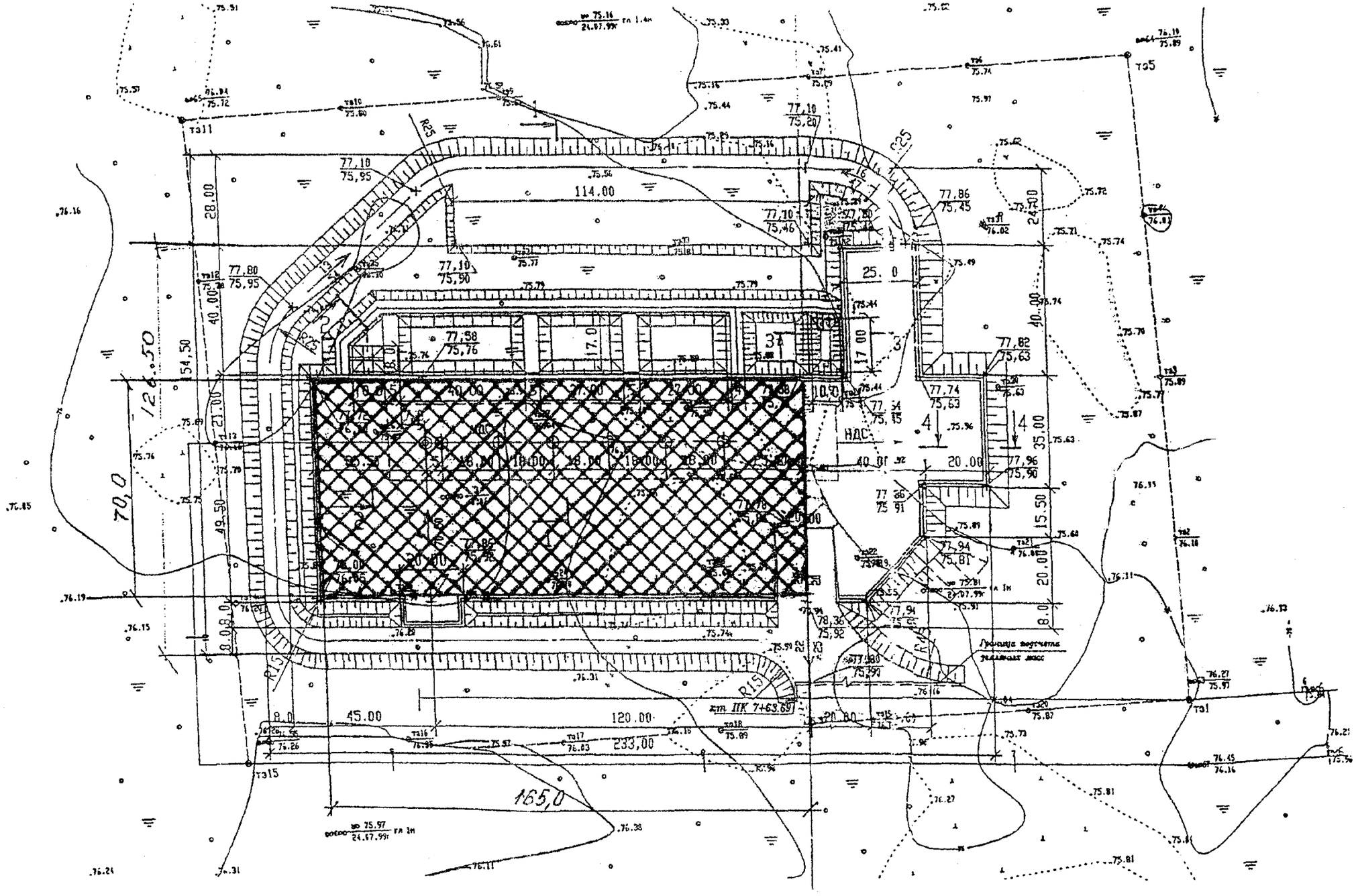
Технологическая схема укладки рулонного геотекстильного материала и георешетки «ПРУДОН-494» в основании земляного полотна.

Вид работ	Раскатка рулонов синтетического нетканого материала	Укладка георешеток «ПРУДОН-494»	Засыпка георешеток песком	Разравнивание и предварительная планировка песка	Уплотнение песка	Окончательная планировка
Схема потока						
№ и длина захватки	1-400			2-400		

1 – синтетический нетканый материал; 2 – «ПРУДОН-494»; 3 – песок.

Приложение 11

Обустройство Федоровского нефтегазового месторождения



1. Привязка кустовой площадки произведена к координатам 1 скважины и направлению движения станка.
2. Устройство шламовых амбаров предусмотрено объемом 500 м^3 на 1 скважину.

gost.e-ecolog.ru