



**Заказчик: Общество с ограниченной ответственностью
«ЕвроХим Терминал Усть-Луга»**

**ТЕРМИНАЛ ПО ПЕРЕВАЛКЕ МИНЕРАЛЬНЫХ
УДОБРЕНИЙ В МОРСКОМ ТОРГОВОМ ПОРТУ УСТЬ-
ЛУГА. ПРИЧАЛ №3**

Рабочая документация

Генеральный план и транспорт

1692-2021-00-ГТ

Том 5

Арх. № 16088

1692-2021-00-ГТ_0_0_RU_IFC

~~1692-2021-00-ГТ_0_0_IFC_RU_IFR~~



МОРСТРОЙТЕХНОЛОГИЯ

ООО «Морстройтехнология» 195220, Санкт-Петербург, ул. Гжатская, д. 21 корп. 2 лит. А

Свидетельство СРО НП «Проектные организации Северо-Запада» № П-044-024.5 от 06.10.2016 г.
о допуске к определенным видам работ, которые оказывают влияние на безопасность объектов капитального строительства

**Заказчик: Общество с ограниченной ответственностью
«ЕвроХим Терминал Усть-Луга»**

ТЕРМИНАЛ ПО ПЕРЕВАЛКЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В МОРСКОМ ТОРГОВОМ ПОРТУ УСТЬ- ЛУГА. ПРИЧАЛ №3

Рабочая документация

Генеральный план и транспорт

1692-2021-00-ГТ

Том 5

Арх. № 16088

Главный инженер проекта

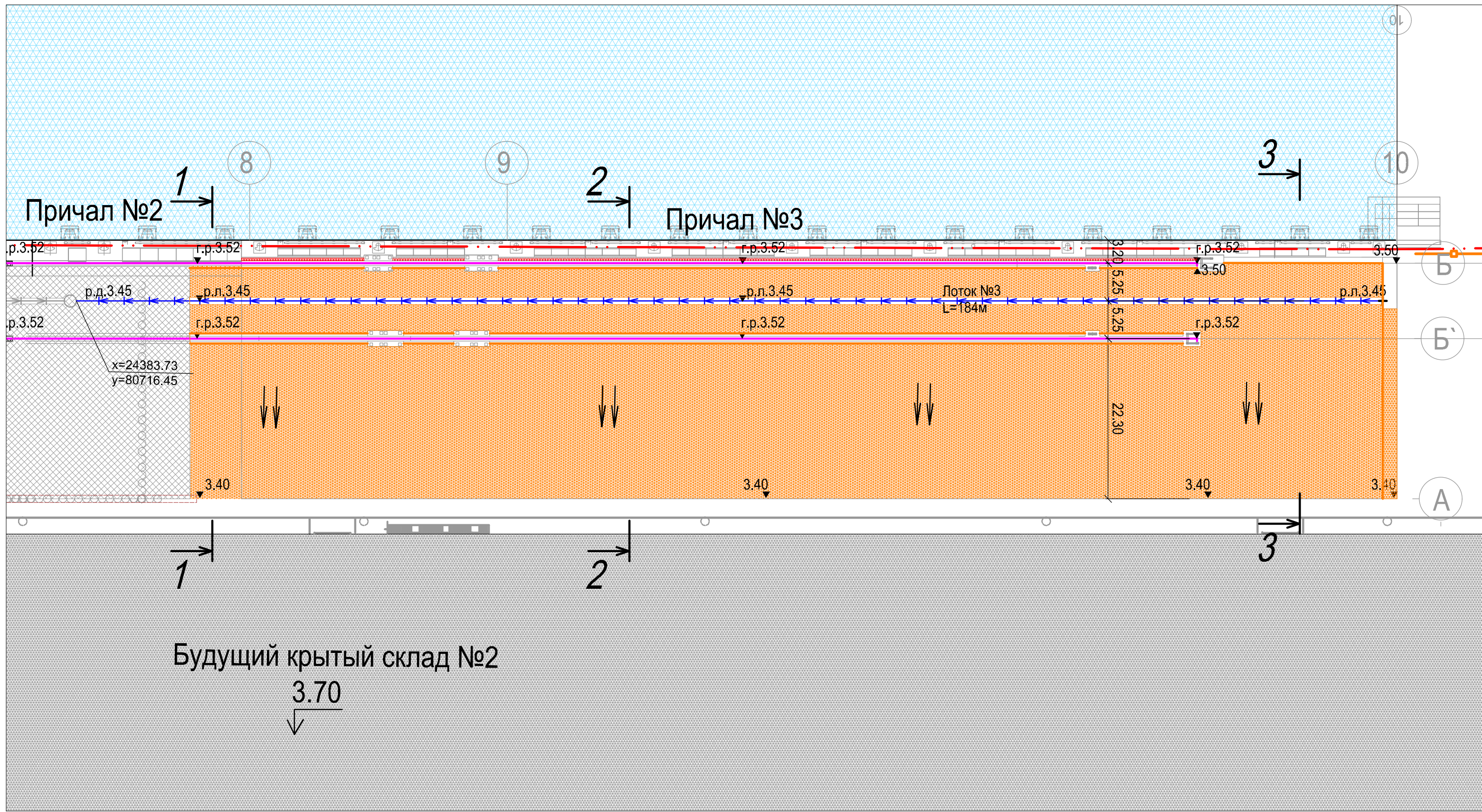
А.И. Богун

2022

1692-2021-00-ГТ_0_IFC_RU_IFR

СОГЛАСОВАНО				
Инов. № подл.				
Подпись и дата				
Взам. инв. №				

ВЕДОМОСТЬ РАБОЧИХ ЧЕРТЕЖЕЙ ОСНОВНОГО КОМПЛЕКТА															
Лист		Наименование				Примечание									
1		Общие данные													
2		Разбивочный план. План организации рельефа. М1:500													
3		Разрез 1-1													
4		Разрез 2-2													
5		Разрез 3-3													
ПЕРЕЧЕНЬ ВИДОВ РАБОТ, ДЛЯ КОТОРЫХ НЕОБХОДИМО СОСТАВЛЕНИЕ АКТОВ ОСВИДЕТЕЛЬСТВОВАНИЯ СКРЫТЫХ РАБОТ															
Нп/п		Виды работ				Примечание									
1		Подготовка поверхности земляного полотна													
2		Устройство и уплотнение конструктивных слоев насыпи													
4		Укладка геосинтетических материалов													
5		Устройство выравнивающего слоя под водоотводной лоток													
6		Укладка полиэтиленовой пленки													
7		Бетонирование обоймы водоотводного лотка													
8		Установка водоотводного лотка													
9		Заделка технологических швов водоотводного лотка													
ВЕДОМОСТЬ ССЫЛОЧНЫХ И ПРИЛАГАЕМЫХ ДОКУМЕНТОВ															
№ документа		Наименование				Примечание									
		<u>Прилагаемые документы</u>													
1692-2018-00-ГТ.С		Спецификация													
б\н		Раскладка блоков водоотводного лотка с решетками. Схема установки бетонных водоотводных лотков													
б\н		Расчет конструкции дорожной одежды при строительстве Терминала по перевалке минеральных удобрений в Морском порту Усть-Луга													
б\н		Инструкция по установке лотка. Поэтапная схема установки систем поверхностного водоотвода в проектируемую дорожную конструкцию													
ВЕДОМОСТЬ ОСНОВНЫХ КОМПЛЕКТОВ РАБОЧИХ ЧЕРТЕЖЕЙ															
№№		Наименование				Примечание									
1692-2018-01-ГР		Верхнее строение причала													
1692-2018-01-ГР2		Подкрановые пути причала													
1692-2018-01-ГР3		Участок сопряжения с терминалом ООО "БТУ"													
ВЕДОМОСТЬ МАТЕРИАЛОВ ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ ГЕНПЛАНА															
Нп/п		Обозначение		Наименование		Примечание									
1		958-2016-00-ИТ.СУБ		Геодезические изыскания		Арх.№ 6767									
ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ															
1. Документация разработана в соответствии с действующими нормами, правилами и стандартами РФ;															
2. Система высот - Балтийская 1977г.;															
3. Система координат - местная Усть-Луги;															
4. Подстилающие слои конструкции должны быть уплотнены на глубину не менее 0,5 м до коэффициента не менее 0,95, слои основании не менее к=0,98.															
5. Конструкция покрытия причала, предназначена на допустимую нормативную нагрузку от безрельсового транспорта не более 11,5 т на ось, расчетная схема нагрузки Н-30.															
1692-2021-00-ГТ															
Общество с ограниченной ответственностью "Еврохим Терминал Усть-Луга"															
Изм.		Кол.уч		Лист		№Док.		Подпись		Дата					
Гл. спец.		Падерин						Причал №3		Стадия		Лист		Листов	
Нач.отд.		Ромашенко								Р		1			
ГИП		Богун													
Н.контр.		Падерин								ОБЩИЕ ДАННЫЕ					
1692-2021-00-ГТ_0_IFC_RU_IFR															



N	Наименование вида работ	Ед. измер.	Количество
1	Устройство покрытия из асфальтобетона горячего I марки плотного на битуме 70/100, h=0,05м	тыс.м ²	5,09
2	Устройство покрытия из асфальтобетона горячего II марки плотного на битуме 70/100 h=0,07м	тыс.м ²	5,09
3	Устройство основания из щебня гранитного фр. 40-80 М800 с заклинкой, толщиной ГОСТ 8267-93 h=0,15м	тыс.м ²	5,09
4	Укладка георешетки СТАБАРМ 16, СТО 30978849-0003-2013	тыс.м ²	5,09*
5	Устройство основания из щебня гранитного фр. 40-80 М800 с заклинкой, толщиной ГОСТ 8267-93 h=0,20м	тыс.м ²	5,09
6	Укладка георешетки СТАБАРМ 18, СТО 30978849-0003-2013	тыс.м ²	5,09*
7	Песок средней крупности hср=0.48м	тыс.м ²	5,09
8	Планировка и уплотнение основания до k=0,95, на глубину не менее 0,5м	тыс.м ²	5,09
9	Установка бортовых камней БР 100.30.15 на бет.основании	п.м.	409
10	Полиэтиленовая пленка 120 мкм под подбетонку из бетона В7,5 h=0,05м под обойму водоотводного лотка	м ² м ³	256 25,6
11	Устройство армобетонной обоймы под водоотводной лоток, бетон-В35, арматура класса 12-A400 ГОСТ5781-82	м ³ т	71,8 7,01
12	Устройство водоотводного лотка BetoMax DN300 с уклоном с решеткой целевой чуг. ВЧ кл. Е600	п.м.	184
13	Обмазка битумом лотка	м ²	320
14	Засыпка пазух щебнем 40-80мм с заклинкой h=0,80м	м ²	44
15	Устройство покрытия из армобетона h=0,20м по п/з плёнке	м ²	44

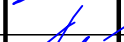
— — — Кадастровая граница территории ООО "ЕТУ"

Покрытие из асфальтобетона

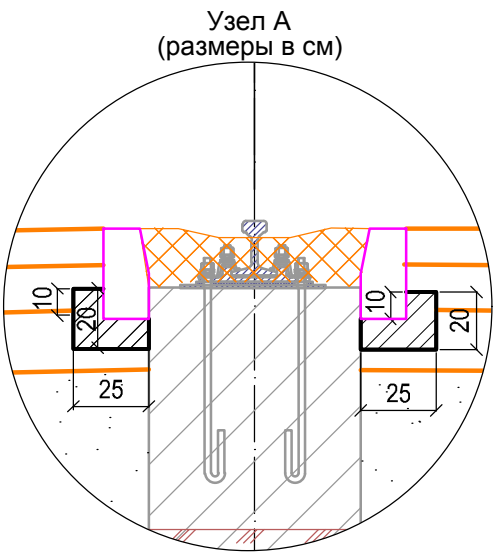
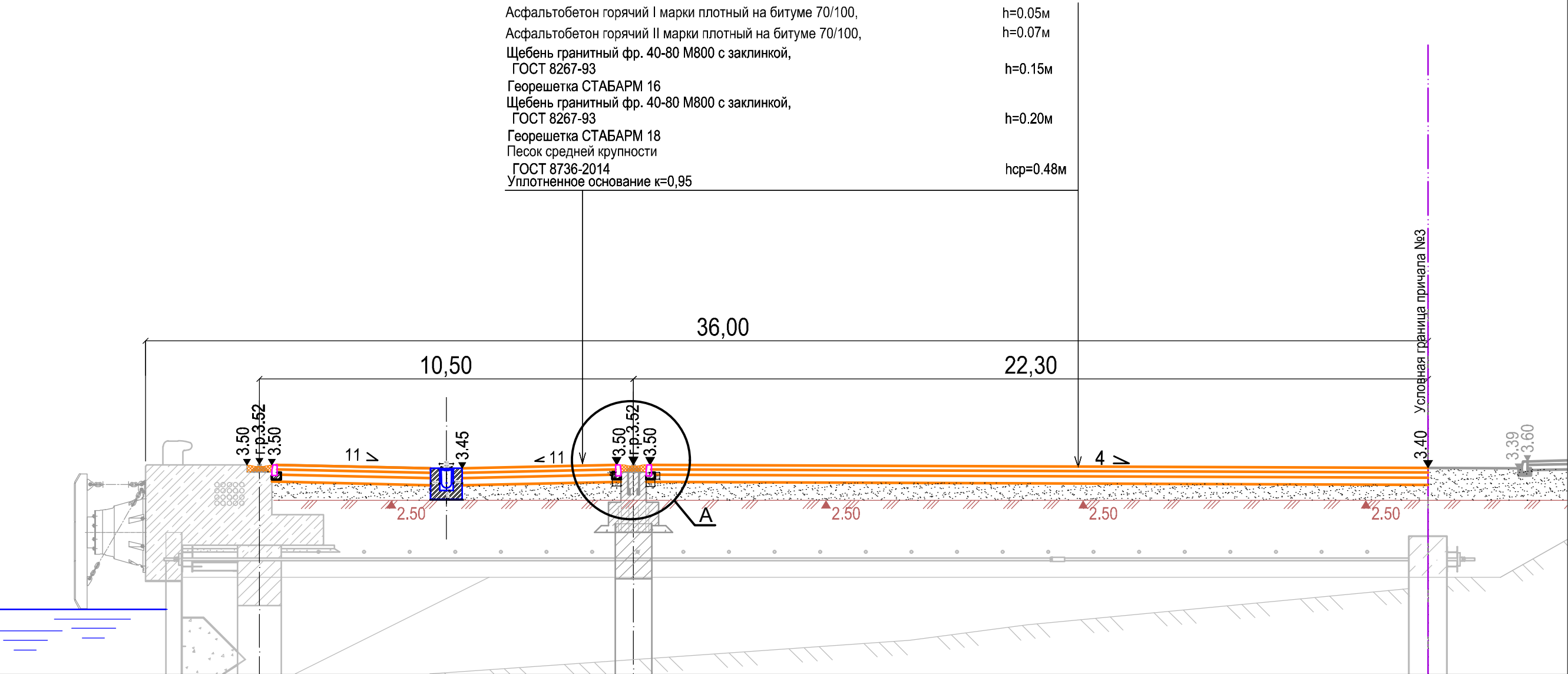
Покрытие из армобетона

лотокливной

1. Конструкция гидротехнических сооружений показана условно

						1692-2021-00-ГТ			
						Общество с ограниченной ответственностью "Еврохим Терминал Усть-Луга"			
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата				
Гл. спец.		Падерин				Причал №3		Стадия	Лист
Нач.отд.		Ромашенко						Р	2
ГИП		Богун							
Н.контр.		Падерин				Разбивочный план. План организации рельефа. М 1:500		 МОРСТРОЙТЕХНОЛОГИЯ	

Разрез 1-1

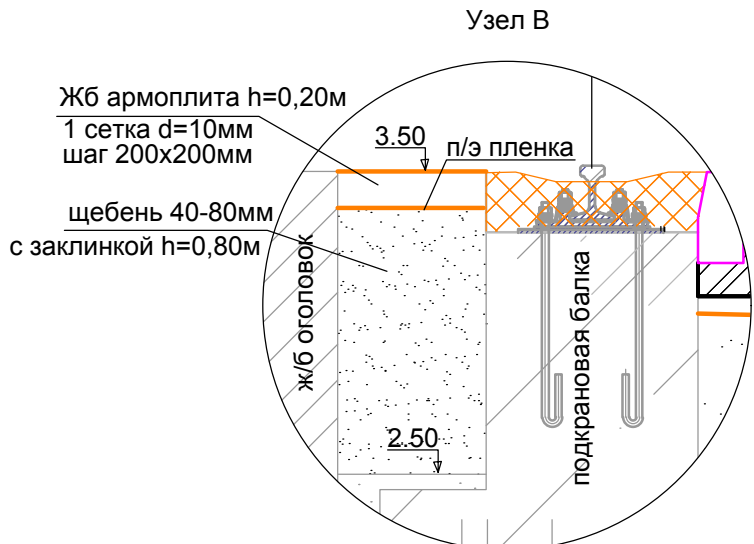
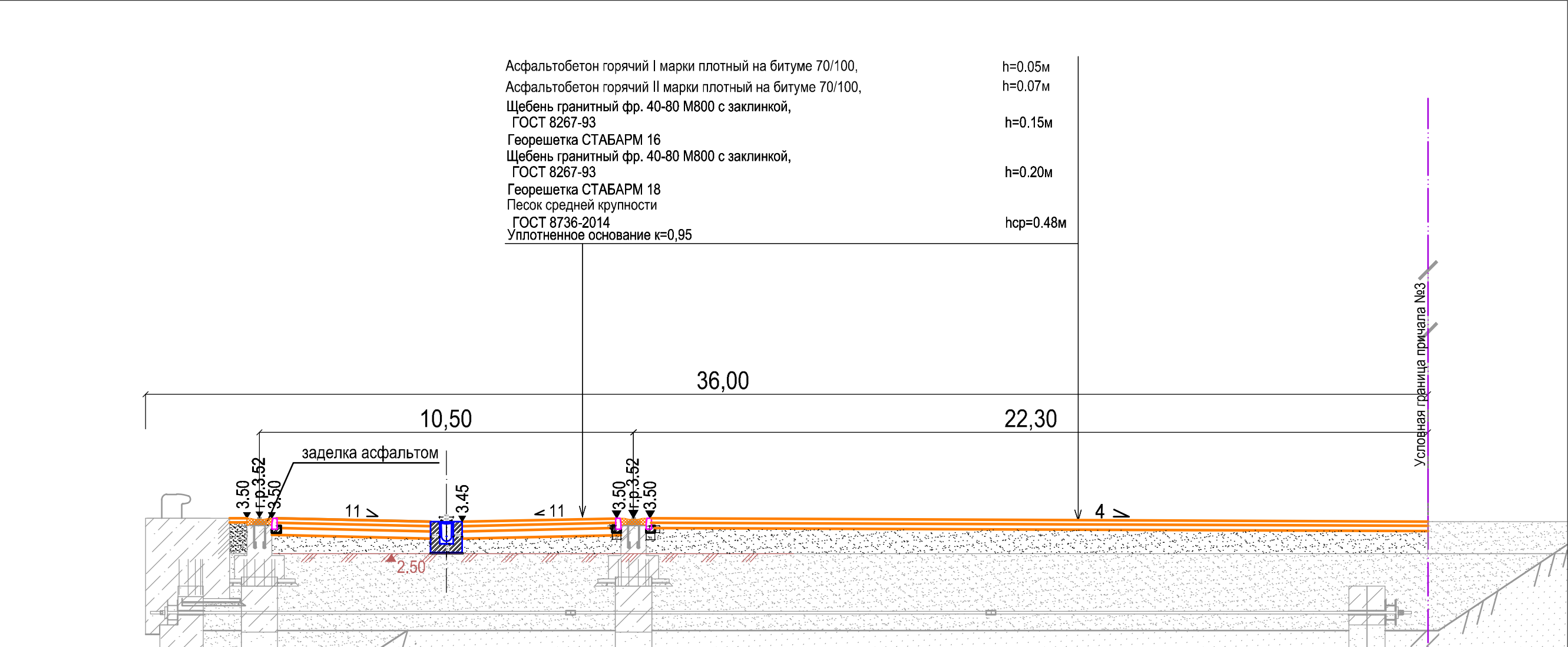


Примечание:

1. Конструкция гидротехнических сооружений показана условно;

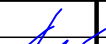
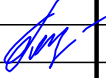
						1692-2021-00-ГТ		
						Общество с ограниченной ответственностью "Еврохим Терминал Усть-Луга"		
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата	Причал №3	Стадия	Лист
							Р	3
Гл. спец.		Падерин				Разрез 1-1		
Н.контр.		Падерин						

Разрез 2-2

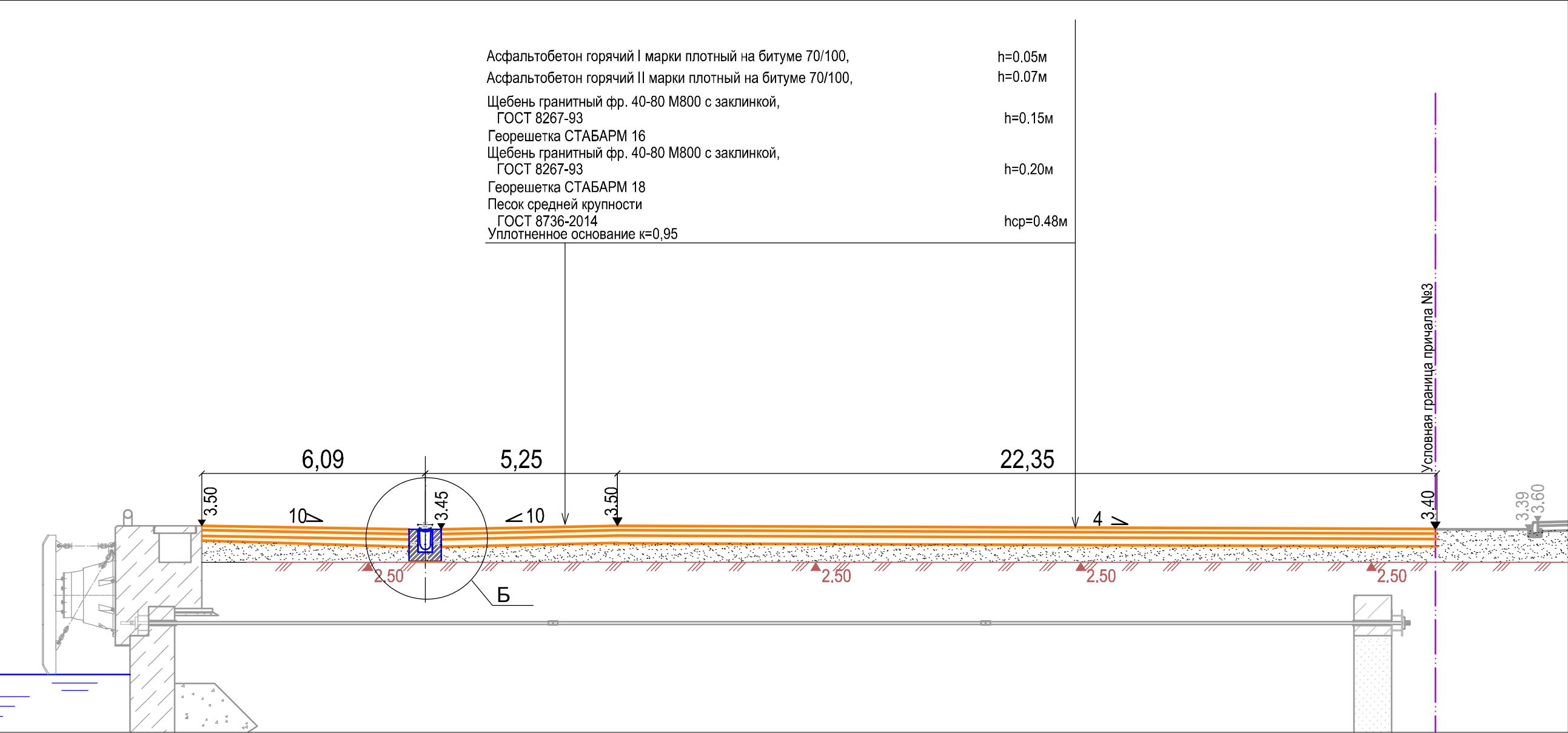


Швы между плитами выполнить из доски (толщ 10 мм) с пропиткой антисептиком. Шаг переменный около 3 м (уточнить по факту). Шов на высоту 2 см от поверхности заделать герметизирующим составом Сазиласт

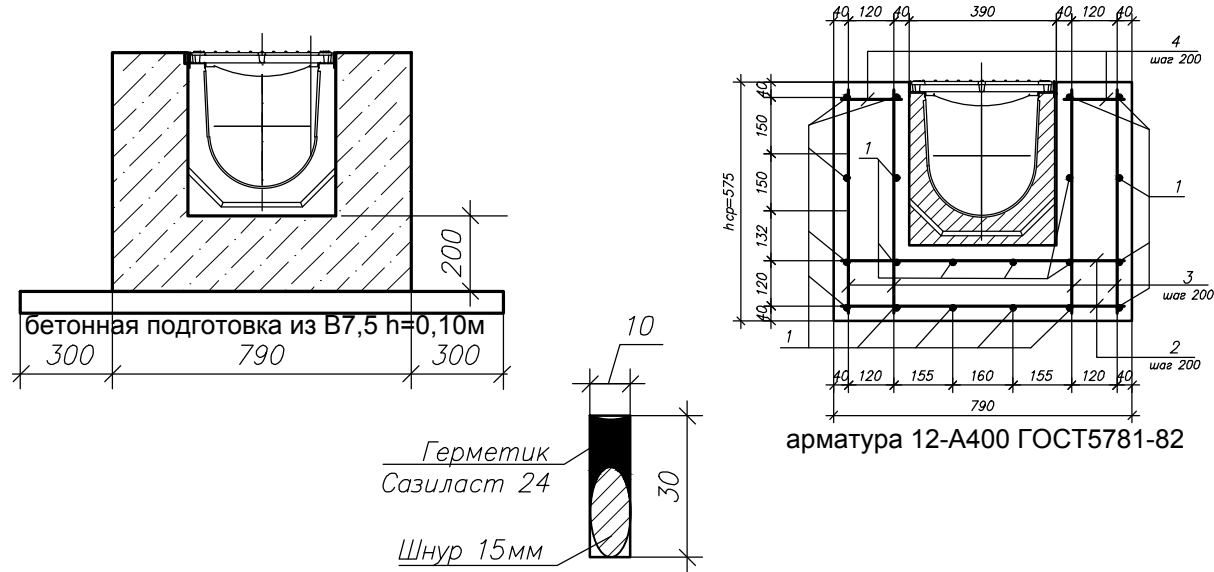
Примечание:
1. Конструкция гидротехнических сооружений показана условно;

						1692-2021-00-ГТ			
						Общество с ограниченной ответственностью "Еврохим Терминал Усть-Луга"			
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата				
						Причал №3	Стадия	Лист	Листов
Гл. спец.		Падерин					Р	4	
						Разрез 2-2			
Н.контр.		Падерин							

Разрез 3-3



Узел Б
(размеры в мм)
Схема армирования обоймы

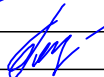


Примечание:
1. Конструкция гидротехнических сооружений показана условно;

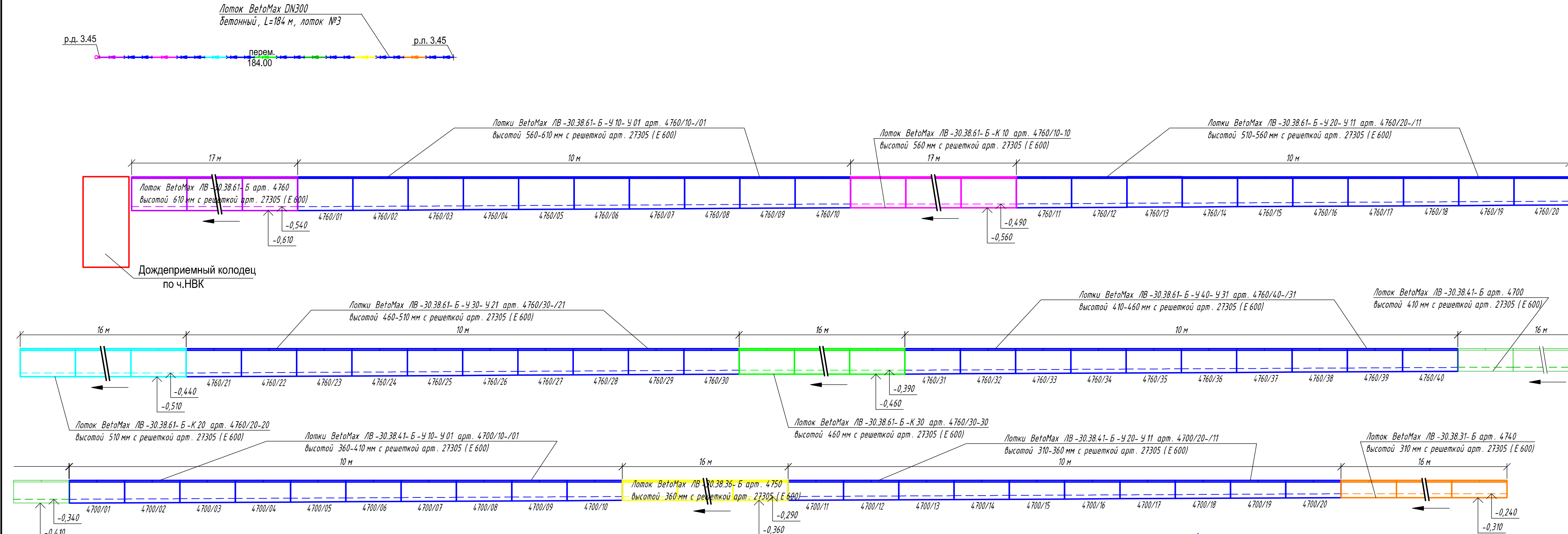
						1692-2021-00-ГТ			
						Общество с ограниченной ответственностью "Еврохим Терминал Усть-Луга"			
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата	Причал №3	Стадия	Лист	Листов
Гл. спец.		Падерин					Р	5	
Н.контр.		Падерин				Разрез 3-3			

Ведомость элементов системы поверхностного водоотвода Стандартпарк- Лоток 3

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Масса ед., кг	Примечание
Бетонные водоотводные лотки серии BetoMax Max CTO 72566411-1.03-2016					
1	STANDARTPARK арт. 4740	Лоток BetoMax Max ЛВ-30.38.31-Б бетонный	16	131,7	L=1000 H=310
2	STANDARTPARK арт. 4750	Лоток BetoMax Max ЛВ-30.38.36-Б бетонный	16	140,8	L=1000 H=360
3	STANDARTPARK арт. 4700	Лоток BetoMax Max ЛВ-30.38.41-Б бетонный	16	151,8	L=1000 H=410
4	STANDARTPARK арт. 4760/30-30	Лоток BetoMax Max ЛВ-30.38.61-Б-К30 бетонный	16	161,0	L=1000 H=460
5	STANDARTPARK арт. 4760/20-20	Лоток BetoMax Max ЛВ-30.38.61-Б-К20 бетонный	16	171,0	L=1000 H=510
6	STANDARTPARK арт. 4760/10-10	Лоток BetoMax Max ЛВ-30.38.61-Б-К10 бетонный	17	181,0	L=1000 H=560
7	STANDARTPARK арт. 4760	Лоток BetoMax Max ЛВ-30.38.61-Б бетонный	17	191,0	L=1000 H=610
8	STANDARTPARK арт. 4700/30- 4700/01	Лоток BetoMax Max ЛВ-30.38.41-Б-У30 - ЛВ-30.38.41-Б-У01 бетонный с уклоном	30	перемен.	L=1000 H=260-410
9	STANDARTPARK арт. 4760/40- 4760/01	Лоток BetoMax Max ЛВ-30.38.61-Б-У40 ЛВ-30.38.61-Б-У01 бетонный с уклоном	40	перемен.	L=1000 H=410-610
10	STANDARTPARK арт. 6171-Б/30	Заглушка ЛВ-30.38.26-Б-ОС стальная оцинкованная	1	1,24	H=225
Водоприемные решетки серии Max CTO 99077373-1.04-2011					
1	STANDARTPARK арт. 27305	Решетка водоприемная Max РВ-30.37.50-ВЧ щелевая чугунная Е600	368	19,29	L=500
2	STANDARTPARK арт. Б-12.40	Болт М12х40 ГОСТ 7805-70	1472	0,050	-
3	STANDARTPARK арт. Г-12/DIN 557	Гайка М12 DIN 557 квадрат	1472	0,019	-
Герметик для монтажа системы поверхностного водоотвода					
4	STANDARTPARK арт. 335145	Герметик Standartpark	17475	-	мл

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Взам. инв.№							1692-2021-00-ГТ.С				
									Общество с ограниченной ответственностью "Еврохим Терминал Усть-Луга"				
			Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата					
			Гл. спец.		Падерин				Причал №3		Стадия	Лист	Листов
			Нач.отд.		Ромашенко						Р	1	
			ГИП	Богун				Спецификация					
			Н.контр.	Падерин									

Инов. инв.№	Взам. инв.№
Подп. и дата	
Инов. инв.№	



Условные обозначения

- Лоток водоотводный BetoMax DN300 бетонный усиленный, h310, с решеткой E600
- Лоток водоотводный BetoMax DN300 бетонный усиленный, h360, с решеткой E600
- Лоток водоотводный BetoMax DN300 бетонный усиленный, h410, с решеткой E600
- Лоток водоотводный BetoMax DN300 бетонный усиленный, h460, с решеткой E600
- Лоток водоотводный BetoMax DN300 бетонный усиленный, h510, с решеткой E600
- Лоток водоотводный BetoMax DN300 бетонный усиленный, h560, с решеткой E600
- Лоток водоотводный BetoMax DN300 бетонный усиленный, h610, с решеткой E600
- Лоток водоотводный BetoMax DN300 бетонный усиленный с уклоном, с решеткой E600
- Дождеприемный колодец

Примечание:
1. Ассортимент и артикулы уточнить у поставщика на момент приобретения

Гл. спец.	Падерин					Привязан:	1692-2021-00-ГТ	МОРСКОЙ ТЕХНОЛОГИЯ
Н. контр.	Падерин					Терминал по перевалке минеральных удобрений в Морском торговом порту Усть-Луга. Все этапы развития	Листов	1
Инов. №								
Изм.	Нуч.	Лист	Н. док	Подпись	Дата			
						Водоотводный лоток №3	Стадия	Лист
							Р	1
						Продольный профиль лотка		f



Юрид. адрес: 125424, Москва г, Волоколамское шоссе, дом № 73,
этаж чердак пом. 1 ком. 44
Почтовый адрес: 150043, г. Ярославль, ул. Белинского, д.1
ИНН 7606086087 КПП 773301001
ОКПО 30978849
ОГРН 1127606001104 свидетельство серия 76 №002616453
от 16.02.2012 г.
Тел/факс +7(495)380-08-20, 8 (4852)26 -07-32.
www.stabarm.ru; info@stabarm.ru

ООО "НПО СТАБАРМ"

ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ

**Расчет конструкции дорожной одежды при строительстве Терминала по
перевалке минеральных удобрений в Морском торговом порту Усть-Луга.**

Ярославль 2021

Оглавление

Введение.....	3
Расчетные конструкции дорожных одежд.....	4
Выводы.....	5
Приложение 1 Расчеты конструкций дорожной одежды с применением армирующего слоя СТАБАРМ	

Введение

Расчет конструкции дорожной одежды при строительстве автомобильной дороги Терминала по перевалке минеральных удобрений в Морском торговом порту Усть-Луга, выполнен на основе исходных данных, предоставленных Заказчиком.

Принятие инженерного решения и проведение расчетов проводилось в соответствии с положениями:

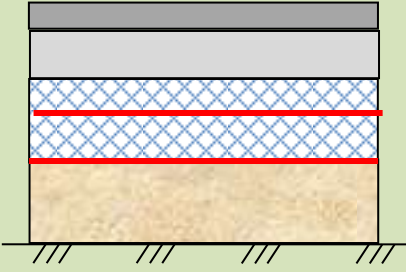
- СП 37.13330.2012 «Промышленный транспорт»;
- ОДН 218.046-01 «Проектирование нежестких дорожных одежд»;
- МОДН 2-2001 «Проектирование нежестких дорожных одежд»;
- «Методические рекомендации по проектированию жестких дорожных одежд (взамен ВСН 197-91)»;
- ВСН 46-83 «Инструкция по проектированию дорожных одежд нежесткого типа»
- ВСН 49-86 «Указания по повышению несущей способности земляного полотна и дорожных одежд с применением синтетических материалов»;
- ОДМ 218.5.002-2008 «Методические рекомендации по применению полимерных геосеток (георешеток) для усиления слоев дорожной одежды из зернистых материалов»;
- ОДМ 218.5.001-2009 «Методические рекомендации по применению геосеток и плоских георешеток для армирования асфальтобетонных слоев усовершенствованных видов покрытий при капитальном ремонте и ремонте автомобильных дорог»;
- ОДМ 218.3.032-2013 «Методические рекомендации по усилению конструктивных элементов автомобильных дорог пространственными георешетками (геосотами)»;
- РД 31.31.46-88 «Методика расчета и конструирования жестких покрытий территорий морских портов»;
- ВРДС 32-12-08 «Руководство по устройству аэродромных оснований и дорожной одежды с армирующими прослойками из геосинтетических материалов»;
- РМД 32-18-2012 «Рекомендации по применению мощения при устройстве покрытий территорий жилой и общественно-деловой застройки».

Расчет конструкции в целом выполняется в соответствии с требуемыми коэффициентами надежности по ОДН 218.046-01 для расчетов по упругому прогибу, сдвигоустойчивости. Коэффициенты прочности должны быть не менее значений, указанных в таблице 3.1 ОДН. Категория дороги, срок службы и нагрузки приняты в соответствии со СП 37.13330.2012 Промышленный транспорт

Был произведен расчет конструкции, полностью удовлетворяющей требуемой прочности по представленным параметрам, с использованием армирующего геосинтетического материала СТАБАРМ. Ниже приведены расчетные конструкции, исходные данные и расчеты представлены в Приложении 1.

Расчет конструкций дорожных одежд

Ниже приведена конструкция дорожной одежды, разработанная НПО СТАБАРМ.

Конструктивная схема дорожной одежды	Слои конструкции дорожной одежды
Вариант НПО СТАБАРМ с асфальтобетоном 	Асфальтобетон горячий I марки плотный на битуме 60/90 $h = 5\text{см}$ Асфальтобетон горячий II марки плотный на битуме 60/90 $h = 7\text{см}$ Щебень фр. 40-80 не ниже М800 уложенный по принципу заклинки $h = 15\text{см}$ СТАБАРМ 16 Щебень фр. 40-80 не ниже М800 уложенный по принципу заклинки $h = 20\text{см}$ СТАБАРМ 18 Песок мелкий с содержанием пылевато-глинистой фракции 5% * Грунт основания

*-уплотнение песчаных слоев производить при оптимальной влажности (при необходимости осуществлять пролив водой).

Выводы.

Введение в конструкцию дорожной одежды армирующего слоя СТАБАРМ позволяет усилить дорожную одежду и предупредить взаимопроникновение материалов контактирующих слоев. Усиление достигается благодаря совместной работе армирующего слоя СТАБАРМ с зернистым материалом основания, приводящей к блокировке (ограничению перемещений) отдельных зерен этого материала в ячейках армирующего слоя СТАБАРМ. Образованный композитный слой «зернистый материал + армирующий слой СТАБАРМ» обладает лучшими механическими свойствами, прежде всего, повышенной устойчивостью к воздействию динамических нагрузок. Получаемый в результате армирования оснований (покрытий переходного типа) эффект выражается в:

- продлении сроков службы,
- повышении эксплуатационной надежности дорожных конструкций,
- улучшении транспортно-эксплуатационных показателей автомобильных дорог;
- возможности уменьшения толщин слоев дорожной одежды,
- материалоемкости, транспортных расходов, сроков строительства.

Применение армирующего слоя СТАБАРМ за счет своей структурной жесткости препятствует росту касательных напряжений в слое щебня, тем самым повышая его сдвигоустойчивость относительно слоя основания и обеспечивает уменьшение конструктивных слоев дорожной одежды.

Расчёт конструкции дорожной одежды

Исходные данные

Название объекта: Терминал по перевалке минеральных удобрений в Морском торговом порту Усть-Луга

Выполняемые расчёты: На упругий прогиб, сдвиг, изгиб, стат. нагрузку, морозоустойчивость

Дорожно-климатическая зона: П - подзона 1

Схема увлажнения: Схема 1

Расчётная влажность грунта

Среднее многолетнее значение относительной влажности грунта $W_{\text{таб}} = 0,65$

Коэффициент нормированного отклонения $t = 1,71$ [1, табл. П.4.2]

Тип местности по рельефу: Равнинный

Поправка на особенности рельефа территории $\Delta_1 W = 0,00$ [1, табл. П.2.2]

Поправка на конструктивные особенности проезжей части и обочин $\Delta_2 W = 0,00$ [1, табл. П.2.3]

Поправка на влияние суммарной толщины стабильных слоёв дорожной одежды $\Delta_3 = 0,000$ [1, номогр. П.2.1]

Расчётная влажность грунта [1, формула П.2.1]

$$W_p = (W_{\text{таб}} + \Delta_1 W - \Delta_2 W) \times (1 + 0,1 \times t) - \Delta_3 = \\ (0,65 + 0,00 - 0,00) \times (1 + 0,1 \times 1,71) - 0,000 = 0,76$$

Коэффициент уплотнения грунта: 0,98

Глубина промерзания грунтов, м: 2,07

Средняя многолетняя глубина промерзания, м: 1,50

Проектные данные

Техническая категория дороги: Iв категория

Тип дорожной одежды: Капитальный

Требуемые коэффициенты прочности при заданной надёжности $K_n = 0,95$ [1, табл. 3.1]:

Требуемый $K_{\text{пр}}$ (упругий прогиб): 1,3

Требуемый $K_{\text{пр}}$ (сдвиг, изгиб): 1

Коэффициент нормированного отклонения $t = 1,71$

Расчётный срок службы $T_{\text{сл}}$, лет: 20

Ширина проезжей части, м: 7,5

Расчётная нагрузка

Группа расчётной нагрузки A11,5 [1, табл. П.1.1]:

Давление в шине p , МПа: 0,800

Диаметр отпечатка шины $D_{\text{дин.}}$, см: 34,00

Статическая нагрузка на ось $Q_{\text{ст}}$, кН: 115,00

Статическая нагрузка от колеса на поверхность Q_n , кН: 57,50

Суммарное число приложений нагрузки

$\sum N_p = 750000,0$ ед.

Требуемый модуль упругости

$$E_{\text{тр}} = \sqrt{\frac{p}{0,6}} \times 98,65 \times (\lg \sum N_p - c) = \sqrt{\frac{0,80}{0,6}} \times 98,65 \times (\lg 750000,0 - 3,20) \approx 304,72 \text{ МПа}$$

Требуемый модуль упругости $E_{\text{тр}} = 230,0$ МПа [1, табл. 3.4]

Вариант № 1

1) Конструктивный слой № 1: 5,0 см

Асфальтобетон горячей укладки плотный I марки, из щебёночной (гравийной) смеси типа Б, марка битума БНД/БН-60/90

2) Конструктивный слой № 2: 7,0 см

Асфальтобетон горячей укладки плотный II марки из щебёночной (гравийной) смеси типа Б, марка битума БНД/БН-60/90

3) Конструктивный слой № 3: 15,0 см

Щебень фракционированный 40..80 (80..120) мм легкоуплотняемый с заклиной фракционированным мелким щебнем

СТАБАМ 16

4) Конструктивный слой № 4: 20,0 см

Щебень фракционированный 40..80 (80..120) мм легкоуплотняемый с заклиной фракционированным мелким щебнем

СТАБАМ 18

Грунт земляного полотна

Песок мелкий с содержанием пылевато-глинистой фракции 5%

Расчёт на упругий прогиб

Расчёт по допускаемому упругому прогибу ведём послойно, начиная с грунта.

[1, номогр. 3.1]

$$\frac{E_H}{E_B} = \frac{E_\Gamma}{E_4} = \frac{100,00}{450,00} = 0,222; \quad \frac{h_B}{D} = \frac{h_4}{D} = \frac{20,00}{34,00} = 0,588; \quad \frac{E_{\text{пов}}}{E_B} = \frac{E^3_{\text{пов}}}{E_4} \approx 0,4136$$

$$E^3_{\text{пов}} = 0,4136 \times 450,00 = 186,12 \text{ МПа}$$

[1, номогр. 3.1]

$$\frac{E_H}{E_B} = \frac{E_4}{E_3} = \frac{186,12}{450,00} = 0,414; \quad \frac{h_B}{D} = \frac{h_3}{D} = \frac{15,00}{34,00} = 0,441; \quad \frac{E_{\text{пов}}}{E_B} = \frac{E^2_{\text{пов}}}{E_3} \approx 0,5625$$

$$E^2_{\text{пов}} = 0,5625 \times 450,00 = 253,13 \text{ МПа}$$

[1, номогр. 3.1]

$$\frac{E_H}{E_B} = \frac{E_3}{E_2} = \frac{253,13}{3200,00} = 0,079; \quad \frac{h_B}{D} = \frac{h_2}{D} = \frac{7,00}{34,00} = 0,206; \quad \frac{E_{\text{пов}}}{E_B} = \frac{E^1_{\text{пов}}}{E_2} \approx 0,1115$$

$$E^1_{\text{пов}} = 0,1115 \times 3200,00 = 356,80 \text{ МПа}$$

[1, номогр. 3.1]

$$\frac{E_H}{E_B} = \frac{E_2}{E_1} = \frac{356,80}{3200,00} = 0,112; \quad \frac{h_B}{D} = \frac{h_1}{D} = \frac{5,00}{34,00} = 0,147; \quad \frac{E_{\text{пов}}}{E_B} = \frac{E^0_{\text{пов}}}{E_1} \approx 0,1333$$

$$E^0_{\text{пов}} = 0,1333 \times 3200,00 = 426,56 \text{ МПа}$$

$$K_{\text{расч}} = \frac{E_{\text{пов}}}{E_{\text{тр}}} = \frac{426,56}{230,00} = 1,85; \quad \frac{K_{\text{расч}} - K_{\text{тр}}}{K_{\text{тр}}} \times 100\% = \frac{1,85 - 1,30}{1,30} \times 100\% = 42,31\%$$

Расчёт на сдвигоустойчивость

Грунт земляного полотна

Материал: Песок мелкий с содержанием пылевато-глинистой фракции 5%

 $E = 100,0$ МПа, $\phi = 28,00^\circ$, $\phi_{\text{стат.}} = 31,00^\circ$, $c = 0,00800$ МПа

Средневзвешенный модуль упругости верхних слоёв [1, формула 3.12]:

$$E_{\text{в}} = \frac{\sum_{i=1}^4 E_i \times h_i}{\sum_{i=1}^4 h_i} = \frac{1800 \times 5 + 1800 \times 7 + 450 \times 15 + 450 \times 20}{5 + 7 + 15 + 20} = 794,7 \text{ МПа}$$

Удельное активное напряжение сдвига от единичной нагрузки [1, номогр. 3.2, 3.3]:

$$\frac{E_{\text{в}}}{E_{\text{общ}}} = \frac{794,7}{100,0} = 7,95; \quad \frac{h_{\text{в}}}{D} = \frac{47,0}{34,0} = 1,38; \quad \tau_{\text{н}} \approx 0,01803 \text{ МПа}$$

Активное напряжение сдвига [1, формула 3.13]

$$T = \tau_{\text{н}} \times p = 0,01803 \times 0,80 = 0,01442 \text{ МПа}$$

Коэффициент $k_d = 3,00$ [2, формула 9.6]

Глубина расположения поверхности проверяемого слоя от верха конструкции

$$z_{\text{оп}} = 5 + 7 + 15 + 20 = 47 \text{ см}$$

Средневзвешенный удельный вес слоёв, расположенных выше проверяемого

$$\gamma_{\text{ср}} = \frac{2400 \times 5 + 2400 \times 7 + 1600 \times 15 + 1600 \times 20}{5 + 7 + 15 + 20} = 1804 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 0,001804 \frac{\text{кг}}{\text{см}^3}$$

Предельное активное напряжение сдвига [1, формула 3.14]

$$T_{\text{пр}} = k_d \times (c_{\text{н}} + 0,1 \times \gamma_{\text{ср}} \times z_{\text{оп}} \times \text{tg} \phi_{\text{стат.}}) = 3,0 \times (0,008 + 0,1 \times 0,001804 \times 47,0 \times \text{tg} 31,00^\circ) \approx 0,03929 \text{ МПа}$$

$$K_{\text{расч}} = \frac{T_{\text{пр}}}{T} = \frac{0,03929}{0,01442} = 2,7200; \quad \frac{K_{\text{расч}} - K_{\text{тр}}}{K_{\text{тр}}} \times 100\% = \frac{2,7200 - 1,00}{1,00} \times 100\% = 172,0\%$$

Расчёт на статическую нагрузку**Грунт земляного полотна**

Материал: Песок мелкий с содержанием пылевато-глинистой фракции 5%

 $E = 100,0$ МПа, $\phi = 28,00^\circ$, $\phi_{\text{стат.}} = 31,00^\circ$, $c = 0,00800$ МПа

Средневзвешенный модуль упругости верхних слоёв [1, формула 3.12]:

$$E_{\text{в}} = \frac{\sum_{i=1}^4 E_i \times h_i}{\sum_{i=1}^4 h_i} = \frac{400 \times 5 + 400 \times 7 + 450 \times 15 + 450 \times 20}{5 + 7 + 15 + 20} = 437,2 \text{ МПа}$$

Удельное активное напряжение сдвига от единичной нагрузки [1, номогр. 3.2, 3.3]:

$$\frac{E_{\text{в}}}{E_{\text{общ}}} = \frac{437,2}{100,0} = 4,37; \quad \frac{h_{\text{в}}}{D} = \frac{47,0}{30,0} = 1,57; \quad \tau_{\text{н}} \approx 0,02243 \text{ МПа}$$

Активное напряжение сдвига [1, формула 3.13]

$$T = \tau_{\text{н}} \times p = 0,02243 \times 0,80 = 0,01794 \text{ МПа}$$

Коэффициент $k_d = 3,00$ [2, формула 9.6]

Глубина расположения поверхности проверяемого слоя от верха конструкции

$$z_{\text{оп}} = 5 + 7 + 15 + 20 = 47 \text{ см}$$

Средневзвешенный удельный вес слоёв, расположенных выше проверяемого

$$\gamma_{\text{ср}} = \frac{2400 \times 5 + 2400 \times 7 + 1600 \times 15 + 1600 \times 20}{5 + 7 + 15 + 20} = 1804 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 0,001804 \frac{\text{кг}}{\text{см}^3}$$

Предельное активное напряжение сдвига [1, формула 3.14]

$$T_{\text{пр}} = k_d \times (c_n + 0,1 \times \gamma_{\text{ср}} \times z_{\text{оп}} \times tg\phi_{\text{стат.}}) = 3,0 \times (0,005 + 0,1 \times 0,001804 \times 47,0 \times tg31,00^\circ) \approx 0,03029 \text{ МПа}$$

$$K_{\text{расч}} = \frac{T_{\text{пр}}}{T} = \frac{0,03029}{0,01794} = 1,6900; \quad \frac{K_{\text{расч}} - K_{\text{тр}}}{K_{\text{тр}}} \times 100\% = \frac{1,6900 - 1,00}{1,00} \times 100\% = 69,0\%$$

Расчёт на изгиб

Материал нижнего слоя монолитного блока: Асфальтобетон горячей укладки плотный II марки из щебёночной (гравийной) смеси типа Б, марка битума БНД/БН-60/90

Нормативное сопротивление весной $R_0 = 9,80 \text{ МПа}$

Коэффициент, учитывающий реальный режим растяжения повторной нагрузкой $\alpha = 5,20$ [1, табл. П.3.1]

Коэффициент, зависящий от свойств материала рассчитываемого монолитного слоя $m = 5,50$ [1, табл. П.3.1]

Коэффициент, учитывающий влияние на прочность усталостных процессов [1, формула 3.18]

$$k_1 = \frac{\alpha}{\sqrt[m]{\sum N_p}} = \frac{5,20}{\sqrt[5,50]{(750000)}} = 0,444$$

Коэффициент снижения прочности $k_2 = 0,9$

Прочность материала монолитного слоя при многократном растяжении при изгибе [1, формула 3.17]

$$R_n = R_0 \times k_1 \times k_2 \times (1 - v_r \times t) = 9,80 \times 0,444 \times 0,90 \times (1 - 0,10 \times 1,71) = 3,250 \text{ МПа}$$

$$E_{\text{в}} = \frac{\sum_{i=1}^2 E_i \times h_i}{\sum_{i=1}^2 h_i} = \frac{4500 \times 5 + 4500 \times 7}{5 + 7} = 4500,0 \text{ МПа}$$

Общий модуль упругости основания $E_{\text{общ}} = 253,1 \text{ МПа}$

Растягивающее напряжение от единичной нагрузки при расчётных диаметрах площадки, передающей нагрузку [1, номогр. 3.4]

$$\frac{E_{\text{в}}}{E_{\text{общ}}} = \frac{4500,0}{253,1} = 17,8; \quad \frac{h}{D} = \frac{12,00}{34,00} = 0,35; \quad \overline{\sigma_r} = 2,17 \text{ МПа}$$

Расчётное напряжение [1, формула 3.16]

$$\sigma_r = \overline{\sigma_r} \times p \times k_{\text{в}} = 2,17 \times 0,80 \times 0,85 = 1,479 \text{ МПа}$$

$$K_{\text{расч}} = \frac{R_n}{\sigma_r} = \frac{3,250}{1,479} = 2,20; \quad \frac{K_{\text{расч}} - K_{\text{тр}}}{K_{\text{тр}}} \times 100\% = \frac{2,20 - 1,00}{1,00} \times 100\% = 119,73\%$$

Результаты расчёта на морозоустойчивость

Материал грунта: Песок мелкий с содержанием пылевато-глинистой фракции 5%

Группа грунта по степени пучинистости 2

Высота насыпи 0,00 м, уровень грунтовых вод 2,00 м, толщина конструкции 0,47 м

Глубина грунтовых вод (от низа дорожной одежды) $H_y = 0,00 \text{ м} + 2,00 \text{ м} - 0,47 \text{ м} = 1,53 \text{ м}$

Величина морозного пучения при усреднённых условиях и глубине промерзания 2,07 м [1, формула 4.4]

$$l_{\text{пуч.ср.}} = l_{\text{пуч.ср.2,0}} \times (a + b \times (z_{\text{пр}} - c)) = 4,37 \times (1,00 + 0,16 \times (2,07 - 2,00)) = 4,42 \text{ см}$$

Величина морозного пучения при усреднённых условиях и глубине промерзания 2,07 м [1, номогр. 4.3]

$$l_{\text{пуч.ср.2,0}} = 4,37 \text{ см}$$

Коэффициент, учитывающий влияние расчётной глубины залегания уровня грунтовых или длительно стоящих поверхностных вод [1, номогр. 4.1]

$$K_{\text{угв}} = 0,5716$$

Коэффициент, зависящий от степени уплотнения грунта рабочего слоя [1, табл. 4.4]

$$K_{\text{пл}} = 1,00$$

Коэффициент, учитывающий влияние гранулометрического состава грунта [1, табл. 4.5]

$$K_{\text{гр}} = 1,00$$

Коэффициент, учитывающий влияние нагрузки от собственного веса вышележащей конструкции на грунт в промерзающем слое [1, номогр. 4.2]

$$K_{\text{нагр}} = 0,82$$

Коэффициент, зависящий от расчётной влажности грунта [1, табл. 4.6]

$$K_{\text{вл}} = 1,16$$

Величина возможного морозного пучения [1, формула 4.2]

$$l_{\text{пуч}} = l_{\text{пуч.ср.}} \times K_{\text{угв}} \times K_{\text{пл}} \times K_{\text{гр}} \times K_{\text{нагр}} \times K_{\text{вл}} = 4,42 \times 0,5716 \times 1,00 \times 1,00 \times 0,82 \times 1,16 = 2,42 \text{ см}$$

$$l_{\text{доп.}} = 4,00 \text{ см [1, табл. 4.3]}$$

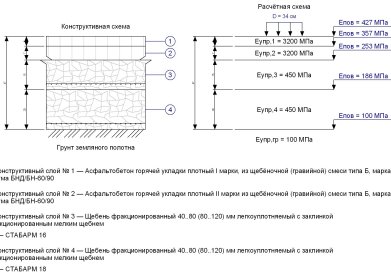
Ожидаемая пучинистость грунта 2,42 см < 80% от допустимой 4,00 см

Морозоустойчивость конструкции обеспечена.

Исходные данные			
Название объекта	Терминал по перевалке минеральных удобрений в Морском торговом порту Усть-Пути		
Район проектирования			
Выполненные расчеты	На упругий прогиб, изгиб, стат. нагрузку, морозостойкость		
Техническая категория дороги	II категория	Схема утолщения	Схема 1
Тип дорожной одежды	Капитальный	Коэффициент утолщения грунты	0.98
Расчетная величина груза Wp	0.76	Суммарное число приравненных нагрузок	750000
Нагрузка, кН / Давление, МПа / D шпалы, см	115 / 0.80 / 34	Расчетное количество дней в году Трад	205
Задаваемая надежность Nn	0.95	Расчетный срок службы Тсл, лет	20
Дорожно-климатическая зона	II - подзона 1	Глубина промерзания грунтов, м	2.07

Состав транспортного потока			
№	Транспортное средство	Утилитарность, десятичных, автобус	Коэффициент приведения
1	Легковые автомобили	0	0
2	Легкие грузовые автомобили грузоподъемностью от 1 до 2 т	0	0.083
3	Средние грузовые автомобили грузоподъемностью от 2 до 5 т	0	0.13
4	Тяжелые грузовые автомобили грузоподъемностью от 5 до 8 т	0	0.46
5	Самые тяжелые грузовые автомобили грузоподъемностью более 8 т	0	0.82
6	Автобусы	0	0.46
7	Тяжелые прицепы	0	0.99
Итого		0	0
Показатель изменения интенсивности		1.04	
Суммарное число приравненных нагрузок		750000	
Требуемая надежность упрочности		230	

№ варианта	Наименование слоев и материалов конструкции дорожной одежды	Схема конструкции дорожной одежды, Толщина, см	Общий модуль упругости на прочность слоев, МПа	Расчетные характеристики				Морозостойкость
				Упругий прогиб, МПа	Сдвиг, МПа	Изгиб, МПа	Статическая нагрузка, МПа	
Вариант № 1	1. Конструктивный слой № 1 — Асфальтобетон порней укладки плотный I марки из щебеночной (правильной) смеси типа Б, марка БПД БН-60-90		Есд = 427	Еупр = 3200 Нрр = 1,300 Красн = 1,050 Запас = 42%	Есд = 1800	Еизг = 4500	Естат = 400	
	2. Конструктивный слой № 2 — Асфальтобетон порней укладки плотный II марки из щебеночной (правильной) смеси типа Б, марка БПД БН-60-90		Есд = 357	Еупр = 3200	Есд = 1800	Еизг = 4500 Нрр = 1,000 Красн = 2,197 Запас = 120%	Естат = 400	
	3. Конструктивный слой № 3 — Щебень фракционированный 40, 80, 80, 120 мм легкотолстый с заливкой фракционированным настелом щебнем		Есд = 253	Еупр = 450	Есд = 450	Еизг = 450 α = 1,000	Естат = 400	
	4. Конструктивный слой № 4 — Щебень фракционированный 40, 80, 80, 120 мм легкотолстый с заливкой фракционированным настелом щебнем		Есд = 188	Еупр = 450	Есд = 450	Еизг = 450	Естат = 400	
	Грунт земляного полотна — Песок мытый с содержанием пылевого-глинистой фракции 5%		Есд = 100	Еупр = 100	Есд = 100 Нрр = 1,000 Красн = 2,720 Запас = 172%	Естат = 100 Нрр = 1,000 Красн = 1,690 Запас = 69%	Есд = 4 см Липн = 2 см Запас = 2 см	



Технико-экономические характеристики конструкции дорожной одежды

Наименование материала	Ед. изм.	Стоимость, руб. / км.	Расход материалов на 1000 кв. м.	
			I вариант	
			Количество	Стоимость,
Асфальтобетон порней укладки плотный I марки из щебеночной (правильной) смеси типа Б, марка БПД БН-60-90	м³	1	500	500
Асфальтобетон порней укладки плотный II марки из щебеночной (правильной) смеси типа Б, марка БПД БН-60-90	м³	1	700	700
Щебень фракционированный 40, 80, 80, 120 мм легкотолстый с заливкой фракционированным настелом щебнем	м³	1	2000	2000
СТАБАРАМ 16	м³	1	10000	10000
СТАБАРАМ 18	м³	1	10000	10000
Итоговая стоимость:	—	—	—	24700

Список нормативных документов

1. ОДН 218.046-01. Проектирование нежёстких дорожных одежд. — Взамен ВСН 46–83; введ. 2001–01–01. — М.: Информавтодор, 2001. — 148 с.
2. ОДМ 218.5.003-2010. Рекомендации по применению геосинтетических материалов при строительстве и ремонте автомобильных дорог. — М.: Информавтодор, 2010. — 141 с.