Приложение 9. Ведомость источников получения и способов транспортировки основных материалов и изделий

УТВЕРДИЛ ЗАКАЗЧИК: ГУ «Аппарат акима города Абай Карагандинской области» «___»_____2025г.

СОСТАВИЛ: Главный инженер проекта Жанбосын Ш.А. «___»_____2025г.

ВЕДОМОСТЬ ИСТОЧНИКОВ ПОЛУЧЕНИЯ И СПОСОБОВ ТРАНСПОРТИРОВКИ ОСНОВНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ИЗДЕЛИЙ И ПОЛУФАБРИКАТОВ ПО РАБОЧЕМУ ПРОЕКТУ

разработка проектно-сметной документации по объекту «Реконструкция автомобильной дороги (ул.10 лет Независимости РК, ул.Молдагуловой, ул.Шерубай батыра) г.Абай Абайского района Карагандинской области протяженностью 2,2 км»

№ п/п	Источник получения материалов		Вид франко для данного материала	Железнодорожные перевозки материалов		Автомобильные перевозки материалов		Примечание
	Наименование и целевое назначение материала	От общей потребности, %		Станция, куда прибывает	Расстояние перевозки по железной	От источника получения	Расстояние, км	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Асфальтобетонная смесь	100	ФТС	-	-	От завода на объект	35	г. Караганда заводы АБЗ
2	Битум жидкий	100	ФТС	-	-	От завода на объект	35	г. Караганда заводы АБЗ
3	Щебень фракционный	100	ФТС	-	-	От карьера на объект	10	п. Карабас, Карабасский каменный карьер
4	ГПС	100	ФТС	-	-	От карьера на объект	10	п. Карабас, Карабасский каменный карьер
5	Железобетонные изделия	100	ФТС	-	-	От завода на объект	35	г. Караганда заводы ЖБИ
6	Бетон, растворы	100	ФТС	-	-	От завода на объект	35	г. Караганда заводы ЖБИ
7	Дорожные знаки	100	ФТС	-	-	От завода на объект	35	г. Караганда заводы ЖБИ
8	Вода техническая	100	ФТС	-	-	От источника на объект	5	г. Абай
9	Свалка мусора	100	ФТС	-	-	От объекта на свалку	5	г. Абай

Приложение 10. Схема доставки дорожно-строительных материалов

СОГЛАСОВАНО: ГУ «Аппарат акима города Абай Карагандинской области» "___" _____ 2025г.

ВЕДОМОСТЬ ИСТОЧНИКОВ ПОЛУЧЕНИЯ И СПОСОБОВ ТРАНСПОРТИРОВКИ ОСНОВНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ИЗДЕЛИЙ И ПОЛУФАБРИКАТОВ ПО РАБОЧЕМУ ПРОЕКТУ

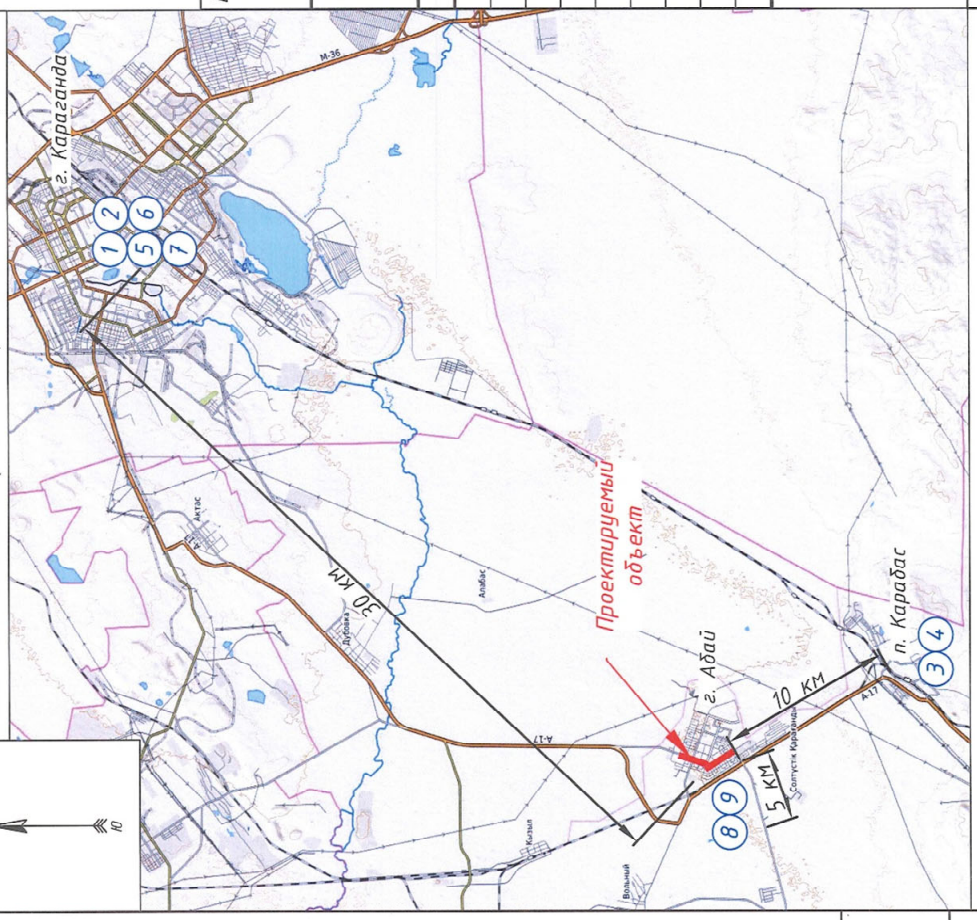
№ п/п	Источник получения материалов		Расстояние, км
	Наименование и целевое назначение материала	От общей потребности, %	
1	2	3	4
1	Асфальтобетонная смесь	100	35
2	Битум жидкий	100	35
3	Щебень фракционный	100	10
4	ГПС	100	10
5	Железобетонные изделия	100	35
6	Бетон, растворы	100	35
7	Дорожные знаки	100	35
8	Вода техническая	100	5
9	Свалка мусора	100	5

Условные обозначения:

— Проектируемая объект

(1) — Источники материалов и изделий

Схема доставки дорожно-строительных материалов



Примечание:

1. Транспортировка дорожно-строительных материалов (щебень, песок, асфальт) осуществляется специализированной техникой с обязательным соблюдением нормативов по весу и габаритам.
2. Перевозка материалов проводится по маршруту указанные на схеме, с учетом дорожных условий и возможных ограничений.
3. Ответственность за сохранность груза и его правильную транспортировку лежит на перевозчике, который должен обеспечить надлежащую упаковку, крепление и безопасность груза на протяжении всего пути.
4. В процессе транспортировки запрещается перегрузка транспортных средств, которая может привести к повреждения как груза, так и дороги.

Изм	Кол.уч	Лист	N док	Подпись	Дата
ГИП		Жанбосын Ш.			2025
Авт. раздела		Рахимбердиев			2025
Проверил		Анаикосов Ж.			2025
Разработал		Виняшев Р.			2025
Н.контроль		Халилов Т.			2025

QJ/2024-РП-4-ПОС

Реконструкция автомобильной дороги (ул.10 лет Независимости РК, ул.Молдагуловой, ул.Шерубай батыра) г.Абай Абайского района Карагандинской области протяженностью 2,2 км

Автомобильная дорога

Стадия	Лист	Листов
РП	1	

Схема доставки дорожно-строительных материалов

ТОО «ЕрКо-инжиниринг»

ТОО «Gazlol Engineering»

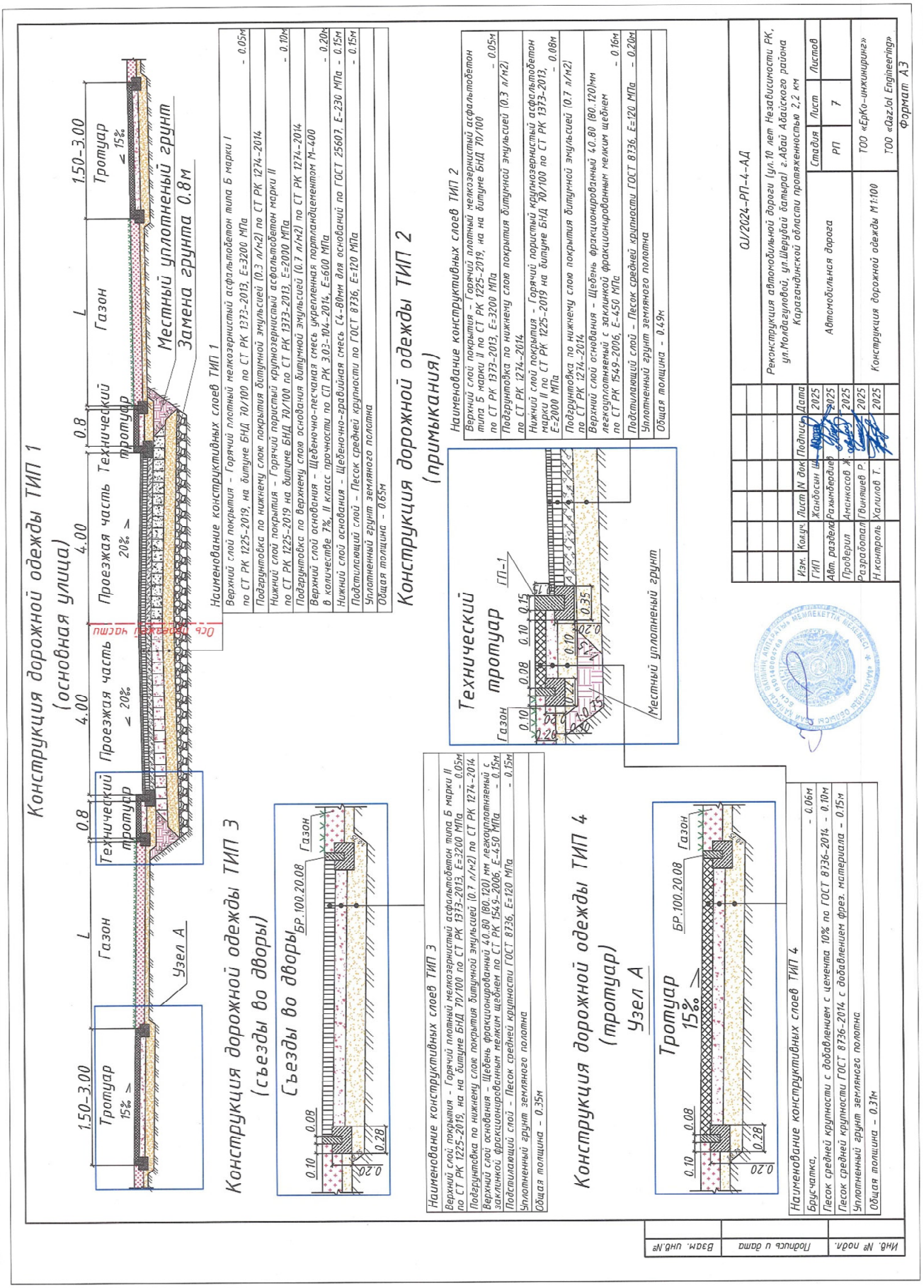
Формат А3

Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. Инв. №

Инв. № подл. | Подпись и дата | Взам. инв.№

копировал

Приложение 11. Конструкция дорожной одежды.



Взам. Инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

QJ/2024-РП-4-ОПЗ

Приложение 12. Расчет дорожной одежды

Расчёт конструкции дорожной одежды

Исходные данные

Название объекта: Автомобильная дорога
Выполняемые расчёты: На упругий прогиб, сдвиг, изгиб
Дорожно-климатическая зона: V
Схема увлажнения: Схема 3

Расчётная влажность грунта

Среднее многолетнее значение относительной влажности грунта $W_{\text{таб}} = 0,6$ [1, табл. В.1]
Коэффициент нормированного отклонения $t = 1,71$ [1, табл. В.2]
Поправка на конструктивные особенности проезжей части и обочин $\Delta_2 W = 0$ [1, табл. В.4]
Расчётная влажность грунта [1, формула В.1] $W_{\text{р}} = W_{\text{таб}} \times (1 + 0,1 \times t) = 0,6 \times (1 + 0,1 \times 1,71) = 0,7$

Коэффициент уплотнения грунта: 0,95
Высота насыпи: 0,00 м

Проектные данные

Техническая категория дороги: II категория
Тип дорожной одежды: Капитальный

Требуемые коэффициенты прочности при заданной надёжности $K_{\text{н}} = 0,95$:
Требуемый $K_{\text{пр}}$ (упругий прогиб): 1
Требуемый $K_{\text{пр}}$ (сдвиг, изгиб): 1
Коэффициент нормированного отклонения $t = 1,71$

Расчётный срок службы $T_{\text{сл}}$, лет: 14
Ширина проезжей части, м: 4,0
Число полос движения (в обе стороны): 2
Номер расчётной полосы от обочины: 1

Расчётная нагрузка

Группа расчётной нагрузки А13 [1, табл. А.1]:
Давление в шине p, МПа: 0,6
Диаметр отпечатка шины $D_{\text{дип.}}$, см: 42,00
Статическая нагрузка на ось $Q_{\text{ст}}$, кН: 130,00
Статическая нагрузка от колеса на поверхность $Q_{\text{н}}$, кН: 65,00

Суммарное число приложений нагрузки

Требуемый модуль упругости $E_{\text{тр}} = 282$ МПа

$$\sum N_{\text{р}} = 10^{(\text{E тр-120})/74 + \text{c}} = 10^{(282\text{-}120)/74 - 4} \approx 1545927,74 \text{ ед.}$$

282 МПа А2

1) Конструктивный слой № 1: 5,0 см

Асфальтобетон горячей укладки плотный, из щебёночной (гравийной) смеси типа Б, марка битума БНД/БН-70/100 (СП РК 3.03-104-2014)

2) Конструктивный слой № 2: 10,0 см

Асфальтобетон горячей укладки пористый из крупнозернистой щебёночной (гравийной) смеси марка битума БНД-70/100 (СП РК 3.03-104-2014)

3) Конструктивный слой № 3: 20,0 см

Готовые песчано-щебёночные смеси II класса прочности, укреплённые портландцементом М-400 в количестве 7%

4) Конструктивный слой № 4: 15,0 см

Смеси гравийные с непрерывной гранулометрией С4 - 80 мм (для оснований)

5) Конструктивный слой № 5: 15,0 см

Песок средней крупности, с содержанием пылевато-глинистой фракции 0-1% по ГОСТ 32730

Грунт земляного полотна

Суглинок лёгкий пылеватый

Расчёт на упругий прогиб

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

[1, номогр. 2]

$$\frac{E_н}{E_в} = \frac{E_г}{E_5} = \frac{45,58}{120} = 0,3799; \quad \frac{h_в}{D} = \frac{h_5}{D} = \frac{15}{42} = 0,3571; \quad \frac{E_{пов}}{E_в} = \frac{E^4{}_{пов}}{E_5} \approx 0,49447$$

$$E^4{}_{пов} = 0,49447 \times 120 = 59,34 \text{ МПа}$$

[1, номогр. 2]

$$\frac{E_н}{E_в} = \frac{E_5}{E_4} = \frac{59,34}{230} = 0,258; \quad \frac{h_в}{D} = \frac{h_4}{D} = \frac{15}{42} = 0,3571; \quad \frac{E_{пов}}{E_в} = \frac{E^3{}_{пов}}{E_4} \approx 0,37358$$

$$E^3{}_{пов} = 0,37358 \times 230 = 85,92 \text{ МПа}$$

[1, номогр. 2]

$$\frac{E_н}{E_в} = \frac{E_4}{E_3} = \frac{85,92}{600} = 0,1432; \quad \frac{h_в}{D} = \frac{h_3}{D} = \frac{20}{42} = 0,4762; \quad \frac{E_{пов}}{E_в} = \frac{E^2{}_{пов}}{E_3} \approx 0,27234$$

$$E^2{}_{пов} = 0,27234 \times 600 = 163,4 \text{ МПа}$$

[1, номогр. 2]

$$\frac{E_н}{E_в} = \frac{E_3}{E_2} = \frac{163,4}{2000} = 0,0817; \quad \frac{h_в}{D} = \frac{h_2}{D} = \frac{10}{42} = 0,2381; \quad \frac{E_{пов}}{E_в} = \frac{E^1{}_{пов}}{E_2} \approx 0,12261$$

$$E^1{}_{пов} = 0,12261 \times 2000 = 245,22 \text{ МПа}$$

[1, номогр. 2]

$$\frac{E_н}{E_в} = \frac{E_2}{E_1} = \frac{245,22}{3200} = 0,0766; \quad \frac{h_в}{D} = \frac{h_1}{D} = \frac{5}{42} = 0,119; \quad \frac{E_{пов}}{E_в} = \frac{E^0{}_{пов}}{E_1} \approx 0,09113$$

$$E^0{}_{пов} = 0,09113 \times 3200 = 291,62 \text{ МПа}$$

$$K_{расч} = \frac{E_{пов}}{E_{тр}} = \frac{291,62}{282} = 1,03; \quad \frac{K_{расч} - K_{тр}}{K_{тр}} \times 100\% = \frac{1,03 - 1}{1} \times 100\% = 3\%$$

Прочность по критерию допустимого упругого прогиба конструкции обеспечена.

Расчёт на сдвигоустойчивость

Конструктивный слой № 5
Материал: Песок средней крупности, с содержанием пылевато-глинистой фракции 0-1% по ГОСТ 32730
$E = 120,0$ МПа, $\phi = 40,00^{o}$, $c = 0,00600$ МПа
Средневзвешенный модуль упругости верхних слоёв [1, формула 13]:

$$E_{в} = \frac{\sum\limits_{i=1}^{4} E_i \times h_i}{\sum\limits_{i=1}^{4} h_i} = \frac{380 \times 5 + 360 \times 10 + 600 \times 20 + 230 \times 15}{5 + 10 + 20 + 15} = 419 \text{ МПа}$$

Удельное активное напряжение сдвига от единичной нагрузки [1, номогр. 3]:

$$\frac{E_{в}}{E} = \frac{419}{120} = 3,49; \quad \frac{h_{в}}{D} = \frac{50}{42} = 1,19; \quad \tau_{н} \approx 0,02991 \text{ МПа}$$

Удельное активное напряжение сдвига от собственного веса дорожной одежды [1, номогр. 1]:

$$\tau_{в} \approx -0,0035 \text{ МПа}$$

Активное напряжение сдвига [1, формула 10]

$$T = \tau_{н} \times p + \tau_{в} = 0,02991 \times 0,6 - 0,0035 = 0,01445 \text{ МПа}$$

Коэффициент, учитывающий снижение сопротивления грунта сдвигу под агрессивным действием подвижных нагрузок, $k_1 = 0,6$
Коэффициент запаса на неоднородность условии работы конструкции $k_2 = 0,934$
Коэффициент, учитывающий особенности работы конструкции на границе, $k_3 = 6$
Предельное активное напряжение сдвига [1, формула 11]

$$T_{пр} = c_{п} \times k1 \times k2 \times k3 = 0,006 \times 0,6 \times 0,93 \times 6 \approx 0,02018 \text{ МПа}$$

$$K_{расч} = \frac{T_{пр}}{T} = \frac{0,02018}{0,01445} = 1,4; \quad \frac{K_{расч} - K_{тр}}{K_{тр}} \times 100\% = \frac{1,4 - 1}{1} \times 100\% = 40\%$$

Прочность по критерию сдвигоустойчивости слоя обеспечена.

Грунт земляного полотна
Материал: Суглинок лёгкий пылеватый
$E = 45,6$ МПа, $\phi = 17,84^{o}$, $c = 0,01584$ МПа
Средневзвешенный модуль упругости верхних слоёв [1, формула 13]:

$$E_{в} = \frac{\sum\limits_{i=1}^{5} E_i \times h_i}{\sum\limits_{i=1}^{5} h_i} = \frac{380 \times 5 + 360 \times 10 + 600 \times 20 + 230 \times 15 + 120 \times 15}{5 + 10 + 20 + 15 + 15} = 350 \text{ МПа}$$

Удельное активное напряжение сдвига от единичной нагрузки [1, номогр. 4]:

$$\frac{E_{в}}{E} = \frac{350}{45,6} = 7,68; \quad \frac{h_{в}}{D} = \frac{65}{42} = 1,55; \quad \tau_{н} \approx 0,02075 \text{ МПа}$$

Удельное активное напряжение сдвига от собственного веса дорожной одежды [1, номогр. 1]:

$$\tau_{в} \approx -0,0002 \text{ МПа}$$

Активное напряжение сдвига [1, формула 10]

$$T = \tau_{н} \times p + \tau_{в} = 0,02075 \times 0,6 - 0,00025 = 0,0122 \text{ МПа}$$

Коэффициент, учитывающий снижение сопротивления грунта сдвигу под агрессивным действием подвижных нагрузок, $k_1 = 0,6$
Коэффициент запаса на неоднородность условии работы конструкции $k_2 = 0,934$
Коэффициент, учитывающий особенности работы конструкции на границе, $k_3 = 1,5$
Предельное активное напряжение сдвига [1, формула 11]

$$T_{пр} = c_{п} \times k1 \times k2 \times k3 = 0,016 \times 0,6 \times 0,93 \times 1,5 \approx 0,01345 \text{ МПа}$$

$$K_{\text{расч}} = \frac{T_{\text{пр}}}{T} = \frac{0,01345}{0,0122} = 1,1; \quad \frac{K_{\text{расч}} - K_{\text{тр}}}{K_{\text{тр}}} \times 100\% = \frac{1,1-1}{1} \times 100\% = 10\%$$

Прочность по критерию сдвигоустойчивости грунта земляного полотна обеспечена.

Расчёт на изгиб

Материал нижнего слоя монолитного блока: Асфальтобетон горячей укладки пористый из крупнозернистой щебёночной (гравийной) смеси марка битума БНД-70/100 (СП РК 3.03-104-2014)

Нормативное сопротивление весной $R_0 = 1,6$ МПа

Коэффициент снижения прочности $k_2 = 0,8$

Расчётная приведённая интенсивность движения на последний год службы [1, формула 12]

$$N_{\text{t}} = N_{\text{p}} \times q^{\text{T сл - 1}} = 232 \times 1,04^{14\text{ -1}} = 386,3$$

Коэффициент усталости [1, формула 16]

Параметр уравнения $\phi = 0,16$

$$K_{\text{у}} = (\frac{N_{\text{t}}}{1000})^{-\phi} = (\frac{386,3}{1000})^{-0,16} = 1,16$$

Прочность материала монолитного слоя при многократном растяжении при изгибе [1, формула 15]

$$R_{\text{п}} = R_0 \times (1 - v_{\text{г}} \times t) \times K_{\text{у}} \times k_2 = 1,6 \times (1 - 0,1 \times 1,71) \times 1,16 \times 0,8 = 1,236 \text{ МПа}$$

$$E_{\text{в}} = \frac{\sum\limits_{i=1}^{2} E_i \times h_i}{\sum\limits_{i=1}^{2} h_i} = \frac{4500 \times 5 + 2800 \times 10}{5 + 10} = 3366,7 \text{ МПа}$$

Общий модуль упругости основания $E_{\text{общ}} = 163,4$ МПа

Растягивающее напряжение от единичной нагрузки при расчётных диаметрах площадки, передающей нагрузку [1, помогр. 6]

$$\frac{E_{\text{в}}}{E_{\text{общ}}} = \frac{3366,7}{163,4} = 20,6; \ \frac{h}{D} = \frac{15}{42} = 0,36; \ \overline{\sigma_{\text{г}}} = 2,33 \text{ МПа}$$

Расчётное напряжение [1, формула 14]

$$\sigma_{\text{г}} = \overline{\sigma_{\text{г}}} \times p \times k_{\text{в}} = 2,33 \times 0,6 \times 0,85 = 1,186 \text{ МПа}$$

$$K_{\text{расч}} = \frac{R_{\text{п}}}{\sigma_{\text{г}}} = \frac{1,236}{1,186} = 1,04; \quad \frac{K_{\text{расч}} - K_{\text{тр}}}{K_{\text{тр}}} \times 100\% = \frac{1,04-1}{1} \times 100\% = 4,18\%$$

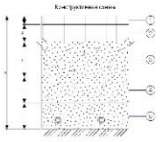
Прочность по критерию растяжения при изгибе монолитных слоёв конструкции обеспечена.

Исходные данные

Название объекта	Автомобильная дорога		
Тип и марка автомобиля			
Выполняемые расчеты	Частный постоянный, транзит, итого		
Технико-эксплуатационная дорога	I технической	Схема увлажнения	Схема 3
Тип дорожной одежды	Капитальный	Коэффициент устойчивости грунта	0,95
Расчетная влажность грунта W_p	0,70	Требуемый тяжелый модуль упругости, МПа	282
Нагрузка, кН / Давление, МПа / Диаметр, см	100 / 0,60 / 32	Суммарное эквивалентное нагружение	1 845 622
Надежность	0,98	Расстояние между колесами, см	34
Дорожно-климатическая зона	V		

Наименование слоев и материалов конструкции дорожной одежды	Схема конструкции дорожной одежды	Общий модуль упругости на поверхности слоя, МПа	Расчетные характеристики		
			Модуль упругости, МПа	Сдвиг, МПа	Изгиб, МПа
1. Конструктивный слой № 1 — Асфальтобетон горячий укладка плотный, из дробленого гранитного щебня Б, марки битума БНД 60/90 (СП РК 3.03-104-2014)		Eупр = 250	Eупр = 3230 Eсж = 1,030 Eизг = 1,230 Запас = 3%	Eсдв = 390	Eизг = 1500
2. Конструктивный слой № 2 — Асфальтобетон горячий укладка горячая из крупнозернистого асфальтобетонной смеси, марки битума БН-70-100 (СП РК 3.03-104-2014)		Eупр = 250	Eупр = 2030	Eсдв = 390	Eупр = 2600 Eгр = 1,030 Eрез = 1,040 Запас = 4%
3. Конструктивный слой № 3 — Готовые песчано-щебеночные смеси (смеси песчаного, гравийного или морского дробления М 400) в количестве 7%		Eупр = 100	Eупр = 600	Eсдв = 300	Eизг = 300
4. Конструктивный слой № 4 — Смесь грунтовая с повышенной прочностью С4 - 30 см для основания		Eупр = 90	Eупр = 230	Eсдв = 230	Eизг = 200
5. Конструктивный слой № 5 — Песок средней крупности, с содержанием пылеватых частиц фракции 0-15 по ГОСТ 32730		Eупр = 50	Eупр = 120	Eсдв = 1,100 Eгр = 1,000 Eрез = 40% Eсдв = 45 Eгр = 1,000 Eрез = 1,100 Запас = 10%	Eизг = 120
Грунт земного полотна — Суглинок легкий пылеватый		Eупр = 40	Eупр = 40		

Конструктивная схема



Грунт земного полотна

1. Конструктивный слой № 1 — Асфальтобетон горячий укладка плотная, из дробленого гранитного щебня Б, марки битума БНД 60/90 (СП РК 3.03-104-2014)
2. Конструктивный слой № 2 — Асфальтобетон горячий укладка горячая из крупнозернистого асфальтобетонной смеси марки битума БН-70-100 (СП РК 3.03-104-2014)
3. Конструктивный слой № 3 — Готовые песчано-щебеночные смеси (смеси песчаного, гравийного или морского дробления М 400) в количестве 7%
4. Конструктивный слой № 4 — Смесь грунтовая с повышенной прочностью С4 - 30 см для основания
5. Конструктивный слой № 5 — Песок средней крупности, с содержанием пылеватых частиц фракции 0-15 по ГОСТ 32730

Технико-экономическое обоснование конструкции дорожной одежды

Наименование материала	Ед. изм.	Стоимость, тыс. тенге	Расход материалов на 2 км.	
			1 вариант	
			Количество	Стоимость
Асфальтобетон горячий укладка плотная, из дробленого гранитного щебня марки битума БНД 60/90 (СП РК 3.03-104-2014)	м³	1	0,9	0,9
Асфальтобетон горячий укладка горячая из крупнозернистого асфальтобетонной смеси марки битума БН-70-100 (СП РК 3.03-104-2014)	м³	1	1,5	1,5
Готовые песчано-щебеночные смеси (смеси песчаного, гравийного или морского дробления М 400) в количестве 7%	м³	1	3,3	3,3
Смесь грунтовая с повышенной прочностью С4 - 30 см (для основания)	м³	1	2,4	2,4
Песок средней крупности, с содержанием пылеватых частиц фракции 0-15 по ГОСТ 32730	м³	1	2,1	2,1
Итоговая стоимость	—	—	—	10,4

Список нормативных документов

1. СП РК 3.03–104–2014. Проектирование дорожных одежд нежёсткого типа. — Введ. 2015–07–01. — Астана, 2015. — 81 с.

Расчёт конструкции дорожной одежды

Исходные данные

Название объекта: Автомобильная дорога
Выполняемые расчёты: На упругий прогиб, сдвиг, изгиб
Дорожно-климатическая зона: V
Схема увлажнения: Схема 3

Расчётная влажность грунта

Среднее многолетнее значение относительной влажности грунта $W_{\text{таб}} = 0,6$ [1, табл. В.1]
Коэффициент нормированного отклонения $t = 1,32$ [1, табл. В.2]
Поправка на конструктивные особенности проезжей части и обочин $\Delta_2 W = 0$ [1, табл. В.4]
Расчётная влажность грунта [1, формула В.1] $W_{\text{р}} - W_{\text{таб}} \times (1 + 0,1 \times t) - 0,6 \times (1 + 0,1 \times 1,32) - 0,68$

Коэффициент уплотнения грунта: 0,95
Высота насыпи: 0,00 м

Проектные данные

Техническая категория дороги: III категория
Тип дорожной одежды: Капитальный

Требуемые коэффициенты прочности при заданной надёжности $K_{\text{н}} = 0,9$:
Требуемый $K_{\text{пр}}$ (упругий прогиб): 0,94
Требуемый $K_{\text{пр}}$ (сдвиг, изгиб): 0,94
Коэффициент нормированного отклонения $t = 1,32$

Расчётный срок службы $T_{\text{сл}}$, лет: 15
Ширина проезжей части, м: 3,5
Число полос движения (в обе стороны): 2
Номер расчётной полосы от обочины: 1

Расчётная нагрузка

Группа расчётной нагрузки А10 [1, табл. А.1]:
Давление в шине p, МПа: 0,6
Диаметр отпечатка шины $D_{\text{дип.}}$, см: 37,00
Статическая нагрузка на ось $Q_{\text{ст}}$, кН: 100,00
Статическая нагрузка от колеса на поверхность $Q_{\text{н}}$, кН: 50,00

Суммарное число приложений нагрузки

Требуемый модуль упругости $E_{\text{тр}} = 180$ МПа

$$\sum N_{\text{р}} = 10^{(\text{E тр-120})/74 + \text{c}} = 10^{(180\text{-}120)/74 + 4,5} \approx 204555,34 \text{ ед.}$$

180 МПа

1) Конструктивный слой № 1: 5,0 см

Асфальтобетон горячей укладки плотный, из щебёночной (гравийной) смеси типа Б, марка битума БНД/БН-70/100 (СП РК 3.03-104-2014)

2) Конструктивный слой № 2: 8,0 см

Асфальтобетон горячей укладки пористый из крупнозернистой щебёночной (гравийной) смеси марка битума БНД-70/100 (СП РК 3.03-104-2014)

3) Конструктивный слой № 3: 16,0 см

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

4) Конструктивный слой № 4: 20,0 см

Песок средней крупности, с содержанием пылевато-глинистой фракции 0-1% по ГОСТ 32730

Грунт земляного полотна

Суглинок лёгкий пылеватый

Расчёт на упругий прогиб

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

[1, номогр. 2]

$$\frac{E_н}{E_в} = \frac{E_г}{E_4} = \frac{49,33}{120} = 0,4111; \quad \frac{h_в}{D} = \frac{h_4}{D} = \frac{20}{37} = 0,5405; \quad \frac{E_{пов}}{E_в} = \frac{E^3{}_{пов}}{E_4} \approx 0,59699$$

$$E^3{}_{пов} = 0,59699 \times 120 = 71,64 \text{ МПа}$$

[1, номогр. 2]

$$\frac{E_н}{E_в} = \frac{E_4}{E_3} = \frac{71,64}{450} = 0,1592; \quad \frac{h_в}{D} = \frac{h_3}{D} = \frac{16}{37} = 0,4324; \quad \frac{E_{пов}}{E_в} = \frac{E^2{}_{пов}}{E_3} \approx 0,27828$$

$$E^2{}_{пов} = 0,27828 \times 450 = 125,23 \text{ МПа}$$

[1, номогр. 2]

$$\frac{E_н}{E_в} = \frac{E_3}{E_2} = \frac{125,23}{2000} = 0,0626; \quad \frac{h_в}{D} = \frac{h_2}{D} = \frac{8}{37} = 0,2162; \quad \frac{E_{пов}}{E_в} = \frac{E^1{}_{пов}}{E_2} \approx 0,09316$$

$$E^1{}_{пов} = 0,09316 \times 2000 = 186,32 \text{ МПа}$$

[1, номогр. 2]

$$\frac{E_н}{E_в} = \frac{E_2}{E_1} = \frac{186,32}{3200} = 0,0582; \quad \frac{h_в}{D} = \frac{h_1}{D} = \frac{5}{37} = 0,1351; \quad \frac{E_{пов}}{E_в} = \frac{E^0{}_{пов}}{E_1} \approx 0,07296$$

$$E^0{}_{пов} = 0,07296 \times 3200 = 233,47 \text{ МПа}$$

$$K_{расч} = \frac{E_{пов}}{E_{тр}} = \frac{233,47}{180} = 1,3; \quad \frac{K_{расч} - K_{тр}}{K_{тр}} \times 100\% = \frac{1,3 - 0,94}{0,94} \times 100\% = 38,3\%$$

Прочность по критерию допустимого упругого прогиба конструкции обеспечена.

Расчёт на сдвигоустойчивость

Конструктивный слой № 4

Материал: Песок средней крупности, с содержанием пылевато-глинистой фракции 0-1% по ГОСТ 32730
$E = 120,0$ МПа, $\phi = 40,00^{o}$, $c = 0,00600$ МПа
Средневзвешенный модуль упругости верхних слоёв [1, формула 13]:

$$E_{в} = \frac{\sum\limits_{i=1}^{3} E_i \times h_i}{\sum\limits_{i=1}^{3} h_i} = \frac{380 \times 5 + 360 \times 8 + 450 \times 16}{5 + 8 + 16} = 413,1 \text{ МПа}$$

Удельное активное напряжение сдвига от единичной нагрузки [1, номогр. 3]:

$$\frac{E_{в}}{E} = \frac{413,1}{120} = 3,44; \quad \frac{h_{в}}{D} = \frac{29}{37} = 0,78; \quad \tau_{н} \approx 0,05023 \text{ МПа}$$

Удельное активное напряжение сдвига от собственного веса дорожной одежды
[1, номогр. 1]:

$$\tau_{в} \approx -0,002 \text{ МПа}$$

Активное напряжение сдвига [1, формула 10]

$$T = \tau_{н} \times p + \tau_{в} = 0,05023 \times 0,6 - 0,00203 = 0,02811 \text{ МПа}$$

Коэффициент, учитывающий снижение сопротивления грунта сдвигу под агрессивным действием подвижных нагрузок, $k_1 = 0,6$
Коэффициент запаса на неоднородность условии работы конструкции $k_2 = 1,22$
Коэффициент, учитывающий особенности работы конструкции на границе, $k_3 = 6$
Предельное активное напряжение сдвига [1, формула 11]

$$T_{пр} = c_{п} \times k1 \times k2 \times k3 = 0,006 \times 0,6 \times 1,22 \times 6 \approx 0,02635 \text{ МПа}$$

$$K_{расч} = \frac{T_{пр}}{T} = \frac{0,02635}{0,02811} = 0,94; \quad \frac{K_{расч} - K_{тр}}{K_{тр}} \times 100\% = \frac{0,94 - 0,94}{0,94} \times 100\% = 0\%$$

Прочность по критерию сдвигоустойчивости слоя обеспечена.

Грунт земляного полотна

Материал: Суглинок лёгкий пылеватый
$E = 49,3$ МПа, $\phi = 19,25^{o}$, $c = 0,01933$ МПа
Средневзвешенный модуль упругости верхних слоёв [1, формула 13]:

$$E_{в} = \frac{\sum\limits_{i=1}^{4} E_i \times h_i}{\sum\limits_{i=1}^{4} h_i} = \frac{380 \times 5 + 360 \times 8 + 450 \times 16 + 120 \times 20}{5 + 8 + 16 + 20} = 293,5 \text{ МПа}$$

Удельное активное напряжение сдвига от единичной нагрузки [1, номогр. 3]:

$$\frac{E_{в}}{E} = \frac{293,5}{49,3} = 5,95; \quad \frac{h_{в}}{D} = \frac{49}{37} = 1,32; \quad \tau_{н} \approx 0,03488 \text{ МПа}$$

Удельное активное напряжение сдвига от собственного веса дорожной одежды
[1, номогр. 1]:

$$\tau_{в} \approx -0,0004 \text{ МПа}$$

Активное напряжение сдвига [1, формула 10]

$$T = \tau_{н} \times p + \tau_{в} = 0,03488 \times 0,6 - 0,00038 = 0,02054 \text{ МПа}$$

Коэффициент, учитывающий снижение сопротивления грунта сдвигу под агрессивным действием подвижных нагрузок, $k_1 = 0,6$
Коэффициент запаса на неоднородность условии работы конструкции $k_2 = 1,22$
Коэффициент, учитывающий особенности работы конструкции на границе, $k_3 = 1,5$
Предельное активное напряжение сдвига [1, формула 11]

$$T_{пр} = c_{п} \times k1 \times k2 \times k3 = 0,019 \times 0,6 \times 1,22 \times 1,5 \approx 0,02086 \text{ МПа}$$

$$K_{\text{расч}} = \frac{T_{\text{пр}}}{T} = \frac{0,02086}{0,02054} = 1,02; \quad \frac{K_{\text{расч}} - K_{\text{тр}}}{K_{\text{тр}}} \times 100\% = \frac{1,02 - 0,94}{0,94} \times 100\% = 8,5\%$$

Прочность по критерию сдвигоустойчивости грунта земляного полотна обеспечена.

Расчёт на изгиб

Материал нижнего слоя монолитного блока: Асфальтобетон горячей укладки пористый из крупнозернистой щебёночной (гравийной) смеси марка битума БНД-70/100 (СП РК 3.03-104-2014)

Нормативное сопротивление весной $R_0 = 1,6$ МПа

Коэффициент снижения прочности $k_2 = 0,8$

Расчётная приведённая интенсивность движения на последний год службы [1, формула 12]

$$N_{\text{t}} = N_{\text{р}} \times q^{\text{T сл - 1}} = 32 \times 1,02^{15\text{ -1}} = 42,22$$

Коэффициент усталости [1, формула 16]

Параметр уравнения $\phi = 0,16$

$$K_{\text{у}} = (\frac{N_{\text{t}}}{1000})^{-\phi} = (\frac{42,2}{1000})^{-0,16} = 1,66$$

Прочность материала монолитного слоя при многократном растяжении при изгибе [1, формула 15]

$$R_{\text{п}} = R_0 \times (1 - v_{\text{г}} \times t) \times K_{\text{у}} \times k_2 = 1,6 \times (1 - 0,1 \times 1,32) \times 1,66 \times 0,8 = 1,843 \text{ МПа}$$

$$E_{\text{в}} = \frac{\sum\limits_{i=1}^{2} E_i \times h_i}{\sum\limits_{i=1}^{2} h_i} = \frac{4500 \times 5 + 2800 \times 8}{5 + 8} = 3453,8 \text{ МПа}$$

Общий модуль упругости основания $E_{\text{общ}} = 125,2$ МПа

Растягивающее напряжение от единичной нагрузки при расчётных диаметрах площадки, передающей нагрузку [1, помогр. 6]

$$\frac{E_{\text{в}}}{E_{\text{общ}}} = \frac{3453,8}{125,2} = 27,6; \ \frac{h}{D} = \frac{13}{37} = 0,35; \ \overline{\sigma_{\text{г}}} = 2,72 \text{ МПа}$$

Расчётное напряжение [1, формула 14]

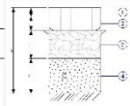
$$\sigma_{\text{г}} = \overline{\sigma_{\text{г}}} \times p \times k_{\text{в}} = 2,72 \times 0,6 \times 0,85 = 1,386 \text{ МПа}$$

$$K_{\text{расч}} = \frac{R_{\text{п}}}{\sigma_{\text{г}}} = \frac{1,843}{1,386} = 1,33; \quad \frac{K_{\text{расч}} - K_{\text{тр}}}{K_{\text{тр}}} \times 100\% = \frac{1,33 - 0,94}{0,94} \times 100\% = 41,46\%$$

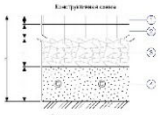
Прочность по критерию растяжения при изгибе монолитных слоёв конструкции обеспечена.

Исходные данные

Название объекта	Автомобильная дорога		
Место строительства			
Выполняемые расчеты	на упругий прогиб, сдвиг, изгиб		
Номер конструкции дорожной одежды	Однослойная	Схема увлажнения	Схема 2
Тип дорожной одежды	Капитальная	Коэффициент супесчаного грунта	0,95
Расчетная влажность грунта Wр	0,90	Требуемый коэффициент надежности, Кнеобх	1,03
Нагрузка, АК (давление, МПа / 10 шт/сутки, N)	100 / 0,60 / 32	Суммарное число приложений нагрузки	20 000
Водонасыщенность К1	0,90	Срок службы, между кап. ремонтами Тк, лет	15
Дорожно-климатическая зона	V		

Номер варианта	Наименование слоёв и материалов конструкции дорожной одежды	Схема конструкции дорожной одежды Условные обозначения	Общий модуль упругости на по верхности слоев, МПа	Расчетные характеристики		
				Упругие прогиб, МПа	Сдвиг, МПа	Изгиб, МПа
100 МПа	1. Конструктивный слой № 1 — Асфальтобетон горячий укладка способом, не допускающим расслоения, марки I, марки битума БНД 60/90 (ГОСТ 33133-2014)		Eупр = 200	Eупр = 2200 Кпр = 1,970 Кскор = 1,100 Запас = 39%	Eсдв = 900	Eизг = 1500
	2. Конструктивный слой № 2 — Асфальтобетон горячий укладка перекладка из крупнозернистого щебня марки битума БГ-70/100 (СТ РК 1106-06-2014)		Eупр = 300	Eупр = 2000	Eсдв = 900	Eизг = 2600 Кпр = 2,540 Кскор = 1,100 Запас = 41%
	3. Конструктивный слой № 3 — Щебень фракционированный 40-80 (50-120) из изверженных горных пород, марка по дробимости не менее 1000		Eупр = 120	Eупр = 450	Eсдв = 400	Eизг = 400
	4. Конструктивный слой № 4 — Песок средней крупности, с содержанием пылеватых глинистых фракций 0-1% по ГОСТ 32730		Eупр = 72	Eупр = 120	Eсдв = 40 Кпр = 0,90 Кскор = 0,900 Запас = 4%	Eизг = 120
	Грунт земляного полотна — Супесь пылеватая высокопылеватая		Eупр = 40	Eупр = 40	Eсдв = 40 Кпр = 0,90 Кскор = 1,000 Запас = 4%	

Конструктивная схема



Грунт земляного полотна

1. Конструктивный слой № 1 — Асфальтобетон горячий укладка способом, не допускающим расслоения, марки I, марки битума БНД 60/90 (СТ РК 3.03-104-2014);

2. Конструктивный слой № 2 — Асфальтобетон горячий укладка перекладка из крупнозернистого щебня марки битума БНД 70/100 (СП РК 3.03-104-2014);

3. Конструктивный слой № 3 — Щебень фракционированный 40-80 (50-120) из изверженных горных пород (ГОСТ 8267-93);

4. Конструктивный слой № 4 — Песок средней крупности, с содержанием пылеватых глинистых фракций 0-1% по ГОСТ 32730.

Технико-экономические характеристики конструкции дорожной одежды

Наименование материала	Ед. изм.	Стоимость, ед. изм.	Расход материалов на 100 пог. м.	
			1 вариант	
			Количество	Стоимость
Асфальтобетон горячий укладка способом, не допускающим расслоения, марки I, марки битума БНД 60/90 (СТ РК 3.03-104-2014)	м³	1	35	35
Асфальтобетон горячий укладка перекладка из крупнозернистого щебня марки I, марки битума БНД 70/100 (СП РК 3.03-104-2014)	м³	1	56	56
Щебень фракционированный 40-80 (50-120) из изверженных горных пород (ГОСТ 8267-93)	м³	1	112	112
Песок средней крупности, с содержанием пылеватых глинистых фракций 0-1% по ГОСТ 32730	м³	1	140	140
Итоговая стоимость:	—	—	—	343

Список нормативных документов

1. СП РК 3.03–104–2014. Проектирование дорожных одежд нежёсткого типа. — Введ. 2015–07–01. — Астана, 2015. — 81 с.