|  |
| --- |
| **Расчёт конструкции дорожной одежды**  **Исходные данные**  Название объекта: Автомобильная дорога А-108 МБК  Район проектирования: км 33+402 р. Вейна  Выполняемые расчёты: На упругий прогиб, сдвиг, изгиб, стат. нагрузку, морозоустойчивость, дренаж  Дорожно-климатическая зона: II - подзона 2  Схема увлажнения: Схема 1  Расчётная влажность грунта Wр: 0.79  Коэффициент уплотнения грунта: 1.02  Глубина промерзания грунтов, м: 1.38  **Проектные данные**  Техническая категория дороги: II категория  Тип дорожной одежды: Капитальный  Заданная надёжность Kн: 0.98  Расчётный срок службы Tсл, лет: 12  Ширина проезжей части, м: 7.5  **Расчётная нагрузка**  Давление в шине p, МПа: 0.60  Диаметр отпечатка шины D (дин.), см: 39.00  Диаметр штампа неподвижного колеса, см: 34.00  Статическая нагрузка на ось Q, кН: 115.00  Суммарное число приложений нагрузки: 400000  **Вариант принятый в проекте**  **Верхний слой покрытия: 6.0 см**  ЩМА-20, марка битума 90/130  **Нижний слой покрытия: 12.0 см**  Асфальтобетон горячей укладки высокопористый I марки из крупнозернистой щебёночной (гравийной) смеси марка битума БНД-60/90  **Верхний слой основания: 18.0 см**  "Тощие" цементобетоны М-7,5  **Нижний слой основания: 26.0 см**  Cмеси гравийные с непрерывной гранулометрией С4 - 80 мм (для оснований)  **Дополнительный слой основания: 30.0 см**  Песок средней крупности, с содержанием пылевато-глинистой фракции 5%  Геотекстильный нетканый иглопробивной Пинема ТС-400 (И, РР)  **Грунт земляного полотна**  Cуглинок тяжёлый пылеватый  **Результаты расчёта на упругий прогиб**  Поверхностный модуль упругости Eпов = 547.8 МПа  Требуемый модуль упругости Eтр = 237.0 МПа  Расчётный коэффициент прочности Kрасч = 2.310  Требуемый коэффициент прочности Kтр = 1.380  Запас прочности (Kрасч-Kтр)/Kтр\*100% = 67%  Результаты расчёта на сдвигоустойчивость  **Дополнительный слой основания**  **Параметры материала**  Песок средней крупности, с содержанием пылевато-глинистой фракции 5%  Угол внутреннего трения φ = 27.3 °  Сцепление cn = 0.003 МПа  Стат. угол внутреннего трения φст = 33.0 °  Коэффициент Kд = 2.0  **Параметры двухслойной модели**  Средневзвешенный модуль упругости верхних слоёв Ев = 851.29 MПа  Модуль упругости на поверхности расчётного слоя Ен = 65.83 MПа  Средневзвешенный удельный вес верхних слоёв γ = 0.0020 МПа  Глубина расположения расчётного слоя Zоп = 62.0 см |

|  |
| --- |
| Удельное активное напряжение сдвига τ = 0.01171 МПа  Расчётное активное напряжение сдвига T = 0.007 МПа  Предельное активное напряжение сдвига Tпр = 0.020 МПа  Расчётный коэффициент прочности Kрасч = 2.870  Требуемый коэффициент прочности Kтр = 1.100  Запас прочности (Kрасч-Kтр)/Kтр\*100% = 161%  **Грунт земляного полотна**  **Параметры материала**  Cуглинок тяжёлый пылеватый  Угол внутреннего трения φ = 3.1 °  Сцепление cn = 0.003 МПа  Стат. угол внутреннего трения φст = 13.3 °  Коэффициент Kд = 1.0  **Параметры двухслойной модели**  Средневзвешенный модуль упругости верхних слоёв Ев = 597.26 MПа  Модуль упругости на поверхности расчётного слоя Ен = 32.92 MПа  Средневзвешенный удельный вес верхних слоёв γ = 0.0020 МПа  Глубина расположения расчётного слоя Zоп = 95.0 см  Удельное активное напряжение сдвига τ = 0.01123 МПа  Расчётное активное напряжение сдвига T = 0.007 МПа  Предельное активное напряжение сдвига Tпр = 0.007 МПа  Расчётный коэффициент прочности Kрасч = 1.110  Требуемый коэффициент прочности Kтр = 1.100  Коэффициент работы конструкции на границе Kд = 1,5  Запас прочности (Kрасч-Kтр)/Kтр\*100% = 1%  Результаты расчёта на сопротивление при изгибе  **Параметры материала**  Асфальтобетон горячей укладки высокопористый I марки из крупнозернистой щебёночной (гравийной) смеси марка битума БНД-60/90  Нормативное сопротивление весной R0 = 5.65 МПа  Усталостный показатель степени m = 4.0  Коэффициент различия α = 6.3  Коэффициент снижения прочности k2 = 0.8  **Параметры двухслойной модели**  Средневзвешенный модуль упругости монолитных слоёв Ев = 3400.00 Мпа  Поверхностный модуль упругости нижнего слоя в пакете монолитных слоёв Еобщ = 261.00 Мпа  Глубина расположения расчётного слоя Zоп = 18.0 см  Коэффициент Kв (двубалонное колесо) = 0,85  Коэффициент усталостного разрушения k1 = 0.25  Наибольшее растягивающее напряжение σr = 0.748 МПа  Прочность материала при изгибе Rn = 0.884 МПа  Расчётный коэффициент прочности Kрасч = 1.182  Требуемый коэффициент прочности Kтр = 1.100  Запас прочности (Kрасч-Kтр)/Kтр\*100% = 7%  Результаты расчёта на сдвигоустойчивость при статической нагрузке  **Дополнительный слой основания**  **Параметры материала**  Песок средней крупности, с содержанием пылевато-глинистой фракции 5%  Стат. cцепление cn ст = 0.005 МПа  Стат. угол внутреннего трения φст = 33.0 °  Коэффициент Kд = 2.0  **Параметры двухслойной модели**  Средневзвешенный модуль упругости верхних слоёв Ев = 556.13 MПа  Модуль упругости на поверхности расчётного слоя Ен = 65.83 MПа  Средневзвешенный удельный вес верхних слоёв γ = 0.0020 МПа  Глубина расположения расчётного слоя Zоп = 62.0 см  Удельное активное напряжение сдвига τ = 0.00966 МПа  Расчётное активное напряжение сдвига T = 0.006 МПа  Предельное активное напряжение сдвига Tпр = 0.028 МПа  Расчётный коэффициент прочности Kрасч = 4.860  Требуемый коэффициент прочности Kтр = 1.100 |

|  |
| --- |
| Запас прочности (Kрасч-Kтр)/Kтр\*100% = 342%  **Грунт земляного полотна**  **Параметры материала**  Cуглинок тяжёлый пылеватый  Стат. cцепление cn ст = 0.012 МПа  Стат. угол внутреннего трения φст = 13.3 °  Коэффициент Kд = 1.0  **Параметры двухслойной модели**  Средневзвешенный модуль упругости верхних слоёв Ев = 404.63 MПа  Модуль упругости на поверхности расчётного слоя Ен = 32.92 MПа  Средневзвешенный удельный вес верхних слоёв γ = 0.0020 МПа  Глубина расположения расчётного слоя Zоп = 95.0 см  Удельное активное напряжение сдвига τ = 0.00794 МПа  Расчётное активное напряжение сдвига T = 0.005 МПа  Предельное активное напряжение сдвига Tпр = 0.016 МПа  Расчётный коэффициент прочности Kрасч = 3.460  Требуемый коэффициент прочности Kтр = 1.100  Коэффициент работы конструкции на границе Kд = 1,5  Запас прочности (Kрасч-Kтр)/Kтр\*100% = 215%  Результаты расчёта на морозоустойчивость  Глубина грунтовых вод (от низа дорожной одежды) Hy≈1.05 м  Коэффициент учёта уровня грунтовых вод Кугв = 0.77  Пучинистость грунта - Группа 4 (сильнопучинистый)  Коэффициент учёта нагрузки от вышележащих слоёв Кнагр = 1.04  Коэффициент учёта нагрузки от вышележащих слоёв Кнагр = 1.18  Коэффициент, зависящий от уплотнения слоя Кпл = 0.80  Коэффициент учёта гранулометрии основания Кгр = 1.30  Величина морозного пучения при усреднённых условиях Lпуч.ср. = 11.87 см  Ожидаемая пучинистость грунта 11.85 см > допустимой 4.00 см  Термическое сопротивление дорожной одежды Rод(о) = 0.33 м²\*К/Вт  Требуемое термическое сопротивление дорожной одежды Rод(тр) = 0.32 м²\*К/Вт  Коэффициент, учитывающий срок службы дорожной одежды Код = 0.92  Коэффициент, учитывающий схему увлажнения Кувл = 0.40  Коэффициент, зависящий от расчётной влажности грунта Квл = 1.19  Понижающий коэффициент, учитывающий дорожно-климатическую зону δ = 0.95  Приведённое термическое сопротивление Rпр = 0.91 м²\*К/Вт  Коэффициент Спуч = 1.50  Коэффициент Ср = 0.70  Теплоизолирующий слой имеет достаточную толщину 30.0 см (требуется ≥ 1.0 см)  Результаты расчёта дренирующего слоя  **Параметры дренирующего слоя**  Песок средней крупности, с содержанием пылевато-глинистой фракции 5%  Дополнительная толщина слоя hзап = 14 см  Коэффициент фильтрации Кф = 2.2 м/сут  Пористость n = 0.32  **Параметры грунта**  Cуглинок тяжёлый пылеватый  Приток воды в основание за расчётный период Q = 35.0 л/м²  Коэффициент заполнения пор влагой в материале дренирующего слоя φзим = 0.50  Полная толщина дренирующего слоя = 30.28 см  Дренирующий слой имеет достаточную толщину 30 см (требуется ≥ 30 см)  Результаты расчёта колейности  **Остаточная деформация**  слоя № 2 h = 0.0 cм  слоя № 3 h = 0.1 cм  слоя № 4 h = 0.3 cм  слоя № 5 h = 0.5 cм  грунта hг = 1.9 cм  Износ покрытия Dи = 0.5 cм  Общая глубина колеи hобщ = 1.5 cм |

|  |
| --- |
| **Вариант слой ЩМА 5см**  **Верхний слой покрытия: 5.0 см**  ЩМА-20, марка битума 90/130  **Нижний слой покрытия: 12.0 см**  Асфальтобетон горячей укладки высокопористый I марки из крупнозернистой щебёночной (гравийной) смеси марка битума БНД-60/90  **Верхний слой основания: 18.0 см**  "Тощие" цементобетоны М-7,5  **Нижний слой основания: 26.0 см**  Cмеси гравийные с непрерывной гранулометрией С4 - 80 мм (для оснований)  **Дополнительный слой основания: 30.0 см**  Песок средней крупности, с содержанием пылевато-глинистой фракции 5%  Геотекстильный нетканый иглопробивной Пинема ТС-400 (И, РР)  **Грунт земляного полотна**  Cуглинок тяжёлый пылеватый  **Результаты расчёта на упругий прогиб**  Поверхностный модуль упругости Eпов = 519.7 МПа  Требуемый модуль упругости Eтр = 237.0 МПа  Расчётный коэффициент прочности Kрасч = 2.190  Требуемый коэффициент прочности Kтр = 1.380  Запас прочности (Kрасч-Kтр)/Kтр\*100% = 59%  Результаты расчёта на сдвигоустойчивость  **Дополнительный слой основания**  **Параметры материала**  Песок средней крупности, с содержанием пылевато-глинистой фракции 5%  Угол внутреннего трения φ = 27.3 °  Сцепление cn = 0.003 МПа  Стат. угол внутреннего трения φст = 33.0 °  Коэффициент Kд = 2.0  **Параметры двухслойной модели**  Средневзвешенный модуль упругости верхних слоёв Ев = 835.74 MПа  Модуль упругости на поверхности расчётного слоя Ен = 63.40 MПа  Средневзвешенный удельный вес верхних слоёв γ = 0.0020 МПа  Глубина расположения расчётного слоя Zоп = 61.0 см  Удельное активное напряжение сдвига τ = 0.01190 МПа  Расчётное активное напряжение сдвига T = 0.007 МПа  Предельное активное напряжение сдвига Tпр = 0.020 МПа  Расчётный коэффициент прочности Kрасч = 2.810  Требуемый коэффициент прочности Kтр = 1.100  Запас прочности (Kрасч-Kтр)/Kтр\*100% = 155%  **Грунт земляного полотна**  **Параметры материала**  Cуглинок тяжёлый пылеватый  Угол внутреннего трения φ = 3.1 °  Сцепление cn = 0.003 МПа  Стат. угол внутреннего трения φст = 13.3 °  Коэффициент Kд = 1.0  **Параметры двухслойной модели**  Средневзвешенный модуль упругости верхних слоёв Ев = 599.78 MПа  Модуль упругости на поверхности расчётного слоя Ен = 32.92 MПа  Средневзвешенный удельный вес верхних слоёв γ = 0.0020 МПа  Глубина расположения расчётного слоя Zоп = 91.0 см  Удельное активное напряжение сдвига τ = 0.01196 МПа  Расчётное активное напряжение сдвига T = 0.007 МПа  Предельное активное напряжение сдвига Tпр = 0.007 МПа  Расчётный коэффициент прочности Kрасч = 1.020  Требуемый коэффициент прочности Kтр = 1.100  Коэффициент работы конструкции на границе Kд = 1,5 |
| Запас прочности (Kрасч-Kтр)/Kтр\*100% = -7%  Результаты расчёта на сопротивление при изгибе  **Параметры материала**  Асфальтобетон горячей укладки высокопористый I марки из крупнозернистой щебёночной (гравийной) смеси марка битума БНД-60/90  Нормативное сопротивление весной R0 = 5.65 МПа  Усталостный показатель степени m = 4.0  Коэффициент различия α = 6.3  Коэффициент снижения прочности k2 = 0.8  **Параметры двухслойной модели**  Средневзвешенный модуль упругости монолитных слоёв Ев = 3247.06 Мпа  Поверхностный модуль упругости нижнего слоя в пакете монолитных слоёв Еобщ = 257.40 Мпа  Глубина расположения расчётного слоя Zоп = 17.0 см  Коэффициент Kв (двубалонное колесо) = 0,85  Коэффициент усталостного разрушения k1 = 0.25  Наибольшее растягивающее напряжение σr = 0.773 МПа  Прочность материала при изгибе Rn = 0.884 МПа  Расчётный коэффициент прочности Kрасч = 1.144  Требуемый коэффициент прочности Kтр = 1.100  Запас прочности (Kрасч-Kтр)/Kтр\*100% = 4%  Результаты расчёта на сдвигоустойчивость при статической нагрузке  **Дополнительный слой основания**  **Параметры материала**  Песок средней крупности, с содержанием пылевато-глинистой фракции 5%  Стат. cцепление cn ст = 0.005 МПа  Стат. угол внутреннего трения φст = 33.0 °  Коэффициент Kд = 2.0  **Параметры двухслойной модели**  Средневзвешенный модуль упругости верхних слоёв Ев = 558.20 MПа  Модуль упругости на поверхности расчётного слоя Ен = 63.40 MПа  Средневзвешенный удельный вес верхних слоёв γ = 0.0020 МПа  Глубина расположения расчётного слоя Zоп = 61.0 см  Удельное активное напряжение сдвига τ = 0.00973 МПа  Расчётное активное напряжение сдвига T = 0.006 МПа  Предельное активное напряжение сдвига Tпр = 0.028 МПа  Расчётный коэффициент прочности Kрасч = 4.800  Требуемый коэффициент прочности Kтр = 1.100  Запас прочности (Kрасч-Kтр)/Kтр\*100% = 336%  **Грунт земляного полотна**  **Параметры материала**  Cуглинок тяжёлый пылеватый  Стат. cцепление cn ст = 0.012 МПа  Стат. угол внутреннего трения φст = 13.3 °  Коэффициент Kд = 1.0  **Параметры двухслойной модели**  Средневзвешенный модуль упругости верхних слоёв Ев = 413.74 MПа  Модуль упругости на поверхности расчётного слоя Ен = 32.92 MПа  Средневзвешенный удельный вес верхних слоёв γ = 0.0020 МПа  Глубина расположения расчётного слоя Zоп = 91.0 см  Удельное активное напряжение сдвига τ = 0.00831 МПа  Расчётное активное напряжение сдвига T = 0.005 МПа  Предельное активное напряжение сдвига Tпр = 0.016 МПа  Расчётный коэффициент прочности Kрасч = 3.270  Требуемый коэффициент прочности Kтр = 1.100  Коэффициент работы конструкции на границе Kд = 1,5  Запас прочности (Kрасч-Kтр)/Kтр\*100% = 197%  Результаты расчёта на морозоустойчивость  Глубина грунтовых вод (от низа дорожной одежды) Hy≈1.09 м  Коэффициент учёта уровня грунтовых вод Кугв = 0.76 |

|  |
| --- |
| Пучинистость грунта - Группа 4 (сильнопучинистый)  Коэффициент учёта нагрузки от вышележащих слоёв Кнагр = 1.04  Коэффициент учёта нагрузки от вышележащих слоёв Кнагр = 1.18  Коэффициент, зависящий от уплотнения слоя Кпл = 0.80  Коэффициент учёта гранулометрии основания Кгр = 1.30  Величина морозного пучения при усреднённых условиях Lпуч.ср. = 12.30 см  Ожидаемая пучинистость грунта 12.10 см > допустимой 4.00 см  Термическое сопротивление дорожной одежды Rод(о) = 0.32 м²\*К/Вт  Требуемое термическое сопротивление дорожной одежды Rод(тр) = 0.32 м²\*К/Вт  Коэффициент, учитывающий срок службы дорожной одежды Код = 0.92  Коэффициент, учитывающий схему увлажнения Кувл = 0.40  Коэффициент, зависящий от расчётной влажности грунта Квл = 1.19  Понижающий коэффициент, учитывающий дорожно-климатическую зону δ = 0.95  Приведённое термическое сопротивление Rпр = 0.91 м²\*К/Вт  Коэффициент Спуч = 1.50  Коэффициент Ср = 0.71  Теплоизолирующий слой имеет достаточную толщину 30.0 см (требуется ≥ 1.0 см)  Результаты расчёта дренирующего слоя  **Параметры дренирующего слоя**  Песок средней крупности, с содержанием пылевато-глинистой фракции 5%  Дополнительная толщина слоя hзап = 14 см  Коэффициент фильтрации Кф = 2.2 м/сут  Пористость n = 0.32  **Параметры грунта**  Cуглинок тяжёлый пылеватый  Приток воды в основание за расчётный период Q = 35.0 л/м²  Коэффициент заполнения пор влагой в материале дренирующего слоя φзим = 0.50  Полная толщина дренирующего слоя = 30.28 см  Дренирующий слой имеет достаточную толщину 30 см (требуется ≥ 30 см)  Результаты расчёта колейности  **Остаточная деформация**  слоя № 2 h = 0.0 cм  слоя № 3 h = 0.1 cм  слоя № 4 h = 0.3 cм  слоя № 5 h = 0.4 cм  грунта hг = 1.9 cм  Износ покрытия Dи = 0.5 cм  Общая глубина колеи hобщ = 1.5 cм |