**Московский Государственный автомобильно-дорожный институт**
**(технический университет)**

**Иркутский региональный дорожный учебный Центр**

**А.П.Васильев, Ю.М.Яковлев, М.С.Коганзон, В.К.Пашкин**

# Методические указания по расчету нежестких дорожных одежд

Учебное пособие

*Рекомендуется*
*Учебно-методическим объединением*
*высших учебных заведений*
*Российской Федерации по*
*автотракторному и дорожному образованию*
*для межвузовского использования*

**Москва – Иркутск 1998**

gost.e-ecolog.ru

**А.П Васильев, Ю.М. Яковлев, М.С. Коганзон, В.К. Пашкин. Методические указания по расчету нежестких дорожных одежд. Учебное пособие / МАДИ (ТУ) - ИРДУЦ, Москва-Иркутск: 1998. - 55с.**

*Учебное пособие посвящено вновь разработанной методике расчета нежестких дорожных одежд с учетом накопления остаточных деформаций, которая позволяет в большей степени, чем применяемая в настоящее время методика (Инструкция ВСН 46-83), согласовывать требования к прочности дорожных одежд с современными требованиями к их транспортно-эксплуатационному состоянию, особенно с их ровностью и обеспеченной скоростью движения автомобилей*

*При разработке методики расчета авторы использовали работы д т н, проф И А Золотаря д т н проф В Д Казарновского, д т н проф А В Смирнова д т н проф А Я Тулаева к т н, доц В К Апестина к т н проф В А Давыдова к т н З А Мевлидинова, инж С Ю Каныгиной, инж М Л Попова инж А А Фролова а также материалы инструкции ВСН 46-83*

*Учебное пособие предназначено для слушателей образовательных учреждений повышения квалификации и студентов автомобильно-дорожных институтов и факультетов, а также может быть использовано инженерно-техническими работниками проектных организаций*

**Рецензенты: Шабуров С.С. - начальник Иркутского областного управления автомобильных дорог, академик РАТ;**

**Каганович В.Е. - профессор Сибирского автомобильно-дорожного института (СибАДИ)**

# 1.ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1.К нежестким относят все дорожные одежды, не содержащие в конструктивных слоях цементобетон. Они могут включать слои из разного вида асфальтобетонов, материалов, укрепленных вяжущими (битумом, цементом, известью и др.), слабосвязанных зернистых материалов (щебня, шлака, гравия и др.).

В многослойных конструкциях различают следующие элементы дорожной одежды.

***Покрытие*** – верхняя часть дорожной одежды, воспринимающая усилия от колес автомобилей и подвергающаяся непосредственному воздействию атмосферных факторов.

***Основание*** – несущая прочная часть дорожной одежды, обеспечивающая совместно с покрытием перераспределение и снижение давления на расположенные ниже дополнительные слои или грунт земляного полотна.

***Дополнительные слои основания*** – слои между основанием и подстилающим грунтом на участках с неблагоприятными погодно-климатическими и грунтово-гидрологическими условиями.

***Активная зона земляного полотна*** соответствует глубине практического затухания нормальных и касательных напряжений от автомобильной нагрузки. В пределах этой зоны в основном происходит накопление остаточных деформаций, которое приводит к постепенному ухудшению ровности проезжей части.

Классификация по типам нежестких дорожных одежд приведена в табл.1.1.

1.2.Расчетным периодом считают часть года, в течение которой наблюдается наибольшее снижение прочности дорожной одежды в данном году.

**Таблица 1.1**

Классификация по типам нежестких дорожных одежд

| Типы дорожных одежд | Основные виды покрытий | Категория дорог |
|---|---|---|
| Капитальные | Асфальтобетонные I и II марок | I - IV |
| Облегченные | Асфальтобетонные III марки | III, IV и на первои стадии двух-стадийного строительства дорог II категории |
| | Из щебня, гравия, песка, обработанных вяжущими | IV и V |
| Переходные | Щебеночные и гравийные; из грунтов и местных малопрочных каменных материалов, обработанных вяжущими | IV, V и на первой стадии двух-стадийного строительства дорог III категории |
| Низшие | Из грунтов, укрепленных или улучшенных добавками | V и на первой стадии двух-стадийного строительства дорог IV категории |

Расчетным годом считают такой год в течение срока службы дорожной одежды, расчетный период которого соответствует наибольшему снижению прочности дорожной одежды по сравнению с другими годами.

Проектирование дорожной одежды ведут для совокупности годовых расчетных периодов за срок службы дорожной одежды.

1.3 Расчетное состояние дорожной одежды непосредственно связано с требуемыми транспортно-эксплуатационными условиями, обеспечиваемыми этой одеждой

Важнейшим показателем транспортно-эксплуатационных условий (состояния) является ровность дорожной одежды, которая существенно влияет на скорость движения, его безопасность и комфортность.

Ровность дорожной одежды в процессе ее эксплуатации постоянно меняется в сторону ее ухудшения в связи с накоплением остаточных деформаций. Основными факторами,влияющими на изменение ровности, являются прочность дорожнои одежды и суммарный за срок службы размер движения.

Под воздействием движения и погодно-климатических факторов общая прочность дорожной одежды снижается в процессе эксплуатации, а также ухудшается ее ровность. От каждого приложения транспортной нагрузки прогиб

дорожной одежды является практически упругим, но возникают очень малые по величине, часто не поддающиеся измерениям, остаточные деформации. В процессе многократного нагружения проездами автомобилей, особенно в расчетный период года, происходит накопление необратимых (остаточных) деформаций. Предельное состояние соответствует уровню ровности, ниже которого нормальная по скорости движения автомобилей эксплуатация дороги не обеспечивается.

Начальная прочность (начальное расчетное состояние) дорожной одежды должна быть такой, чтобы за нормативный срок службы дорожная одежда могла пропустить заданное движение и ее состояние в конце срока службы было не ниже предельного.

Таким образом, начальная прочность зависит от количества транспортных единиц, проходящих за срок службы, их нагрузочных характеристик и уровня предельного состояния.

Эксплуатационная прочность (эксплуатационное расчетное состояние) занимает промежуточное положение между начальной и предельной прочностью. Уровень эксплуатационного состояния можно поддерживать и регулировать за счет ремонтных мероприятий.

1.4. Расчетные состояния дорожной одежды (начальное, эксплуатационное, предельное), тесно связанные с требуемым транспортно-эксплуатационным их состоянием, исходя из технико-экономических соображений, зависят от категории дороги и условий ее эксплуатации (особенно состава движения).

1.5. Расчет дорожной одежды целесообразно осуществлять в следующем порядке:

1.5.1. Конструирование системы "дорожная одежда - земляное полотно" (см.раздел 2);

1.5.2. Определение общей толщины дорожной одежды, обеспечивающей ее морозоустойчивость;

1.5.3. Определение толщины дренирующего слоя;

1.5.4. Расчет толщины слоев дорожной одежды.

1.6. Для снижения вероятности появления "копирующих" трещин на покрытиях, построенных с применением вязкого битума (марка БНД), имеющих в основании слои из материалов, укрепленных цементом, в процессе конструирования и расчета толщину верхних слоев, содержащих органическое вяжущее, необходимо назначать не менее:

| Категория дороги | I | II | III - IV |
|---|---|---|---|
| Наименьшая толщина слоев из материалов, содержащих органическое вяжущее, см | 16 | 12 | 10 |

1.7. Для обеспечения прочности на растяжение при изгибе толщина слоев из материалов, содержащих органическое вяжущее, должно быть не менее:

| Общий расчетный модуль упругости $E_{общ\,р}$, МПа (см.п.5.4.) | >300 | 250 | 220 | 180 | 125 | <125 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Толщина слоя с органическим вяжущим, см | 16 | 13 | 10 | 8 | 6 | 4 - 6 |

1.8. Расчет дорожной одежды производят на нагрузку с расчетным диаметром следа колеса $D$ =37 см и средним расчетным удельным давлением на покрытие $p$ =0,6 МПа.

## 2. КОНСТРУИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ "ДОРОЖНАЯ ОДЕЖДА - ЗЕМЛЯНОЕ ПОЛОТНО"

2.1. Дорожная одежда и активная зона земляного полотна непосредственно связаны между собой в единой системе. Проектирование дорожной одежды ведут на основе конкретных грунтово-гидрологических условий, осуществляя в комплексе конструирование и расчет на прочность и на воздействие климатических условий, включая обеспечение необходимой морозоустойчивости и мероприятий по осушению.

В процессе конструирования осуществляют:

а) назначение типа покрытия, исходя из требований СНиП 2.05.02-85 и технико-экономических соображений;

б) установление числа слоев, их ориентировочной толщины и материалов, включая возможные варианты грунта земляного полотна;

в) рассмотрение возможности и целесообразности мероприятий, обеспечивающих повышение надежности дорожной одежды и снижение ее толщины за счет применения теплоизолирующих прослоек и дополнительного уплотнения земляного полотна.

2.2. Важным условием обеспечения экономичности дорожной одежды является применение в ее слоях местных материалов, которые в большинстве случаев являются малопрочными. В связи с этим в процессе конструирования дорожной одежды целесообразно рассматривать варианты укрепления местных

материалов теми или иными вяжущими, а также варианты применения привозных более прочных материалов.

2.3. Прочность грунта земляного полотна имеет большое значение для общей прочности дорожной одежды. Одним из наиболее эффективных способов повышения прочности является дополнительное уплотнение грунта и снижение его влажности за счет повышения бровки земляного полотна и осушения или специальных мероприятий.

2.4. Конструирование дорожной одежды при проектировании реконструкции дорог включает:

а) анализ результатов диагностики существующей дорожной одежды;

б) выбор материалов для слоев усиления, которые по своим качественным показателям не должны быть ниже материала существующего покрытия;

в) выбор материала для уширения дорожной одежды с учетом обеспечения равнопрочности существующей дорожной одежды после ее усиления и полосы уширения, а также с учетом обеспечения водоотвода.

## 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЩЕЙ ТОЛЩИНЫ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЙ ЕЕ МОРОЗОУСТОЙЧИВОСТЬ

3.1. В районах сезонного промерзания грунтов на участках дорог, находящихся в неблагоприятных грунтово-гидрологических условиях, должна быть обеспечена достаточная морозоустойчивость дорожных одежд и земляного полотна.

3.2. Не требуется специальных мер по морозозащите конструкций:

а) в районах с глубиной промерзания менее 0,6 м;

б) при земляном полотне, сложенном на всю глубину промерзания из непучинистых или слабопучинистых грунтов (табл.3.1);

в) в случаях, когда общая толщина дорожной одежды превышает $^1/_3$ глубины промерзания.

3.3. Основные мероприятия, способствующие обеспечению требуемой морозоустойчивости дорожной одежды и земляного полотна:

**Таблица 3.1**

Характеристики грунтов по вспучиванию при промерзании

| Пучинистость грунта | **Характеристика грунта** | Тип местности по характеру увлажнения | Среднее относительное морозное пучение $K_{пуч}$ при глубине промерзания 1,5 м, % | Группа грунта по степени пучинистости |
|---|---|---|---|---|
| Непучинистый | Песок гравелистый, крупный и средней крупности, с содержанием частиц менее 0,05 мм меньше 2 % | 2 - 3 | Менее 1 * | I |
| | Песок гравелистый, крупный и средней крупности, с содержанием частиц менее 0,05 мм меньше 15 %, песок мелкий с содержанием частиц менее 0,05 мм меньше 2 % | 1 | Менее 1 * | I |
| Слабопучинистый | Песок гравелистый, крупный и средней крупности, с содержанием частиц менее 0,05 мм меньше 15 %, песок мелкий с содержанием частиц менее 0,05 мм меньше 2 % | 2 - 3 | 1 - 2 * | II |
| | Песок мелкий с содержанием частиц менее 0,05 мм меньше 15 %, супесь легкая и легкая крупная | 1 | 1 - 2 * | II |
| | Песок мелкий с содержанием частиц менее 0,05 мм меньше 15 %, супесь легкая крупная | 2 - 3 | 2 - 4 | III |
| | Песок пылеватый, супесь пылеватая, суглинок легкий, тяжелый, тяжелый пылеватый, глины | 1 | 2 - 4 | III |
| **Пучинистый** | Супесь легкая, суглинки легкие и тяжелые, глины | 2 - 3 | 4 - 7 | IV |
| | Супесь тяжелая пылеватая, суглинок легкий пылеватый | 1 | 4 - 7 | IV |
| Очень пучинистый | Песок пылеватый, супеси пылеватые, суглинок тяжелый пылеватый | 2 - 3 | 7 - 10 | V |
| Чрезмерно пучинистый | Супесь тяжелая пылеватая, суглинок легкий пылеватый | 2 - 3 | 10 - 15 | VI |

* *Относительное пучение щебенистых, гравелистых, дресвяных песков при содержании более 15 % частиц размером мельче 0,05 мм ориентировочно может быть принято как для пылеватого песка, но с проверкой данных в лаборатории*

3.3.1. Использование непучинистых или слабопучинистых грунтов (см.табл.3.1) для сооружения верхней части земляного полотна, находящегося в зоне промерзания.

3.3.2. Обеспечение достаточного возвышения покрытия над уровнем грунтовых или поверхностных вод.

3.3.3. Устройство морозозащитных слоев из стабильных, не изменяющих своего объема при промерзании в увлажненном состоянии материалов, или теплоизоляционных слоев, задерживающих ход и снижающих глубину промерзания земляного полотна.

3.3.4 Применение специальных устройств, предохраняющих земляное полотно от неблагоприятного воздействия отрицательных температур воздуха.

3.3.5. Понижение уровня грунтовых вод.

3.3.6. Устройство капилляропрерывающих и водоизоляционных прослоек.

Оптимальное решение нужно принимать на основании технико-экономического сравнения вариантов отдельных или сочетания нескольких мероприятий.

3.4. Общая толщина дорожной одежды и непучинистых грунтов $Z_1$, обеспечивающая морозоустойчивость конструкции (зимнее вспучивание в допустимых пределах), зависит от расчетной глубины промерзания грунта **Z**, климатического коэффициента $\alpha_0$, комплексной характеристики грунта **B** и расстояния **H** до предзимнего уровня грунтовых вод.

3.5. Расчетные значения **Z** и **H** следует определять в соответствии с ГОСТом и инструктивными указаниями с использованием многолетних данных наблюдения за изменением этих параметров в натурных условиях, сходных с условиями района строительства.

При отсутствии достоверных фактических данных о глубине промерзания **Z** за ее расчетную величину может быть принята глубина по карте на рис.3.1. с введением поправки, которая дана в подрисуночной надписи. Климатический коэффициент $\alpha_0$, характеризающий скорость промерзания грунта, определяют по карте на рис.3.2.

Комплексная характеристика грунта **B**, зависящая от влагопроводности грунта, полной его влагоемкости при требуемой плотности (за вычетом защемленного воздуха), а также от капиллярной влагоемкости может быть определена по табл. 3.2.

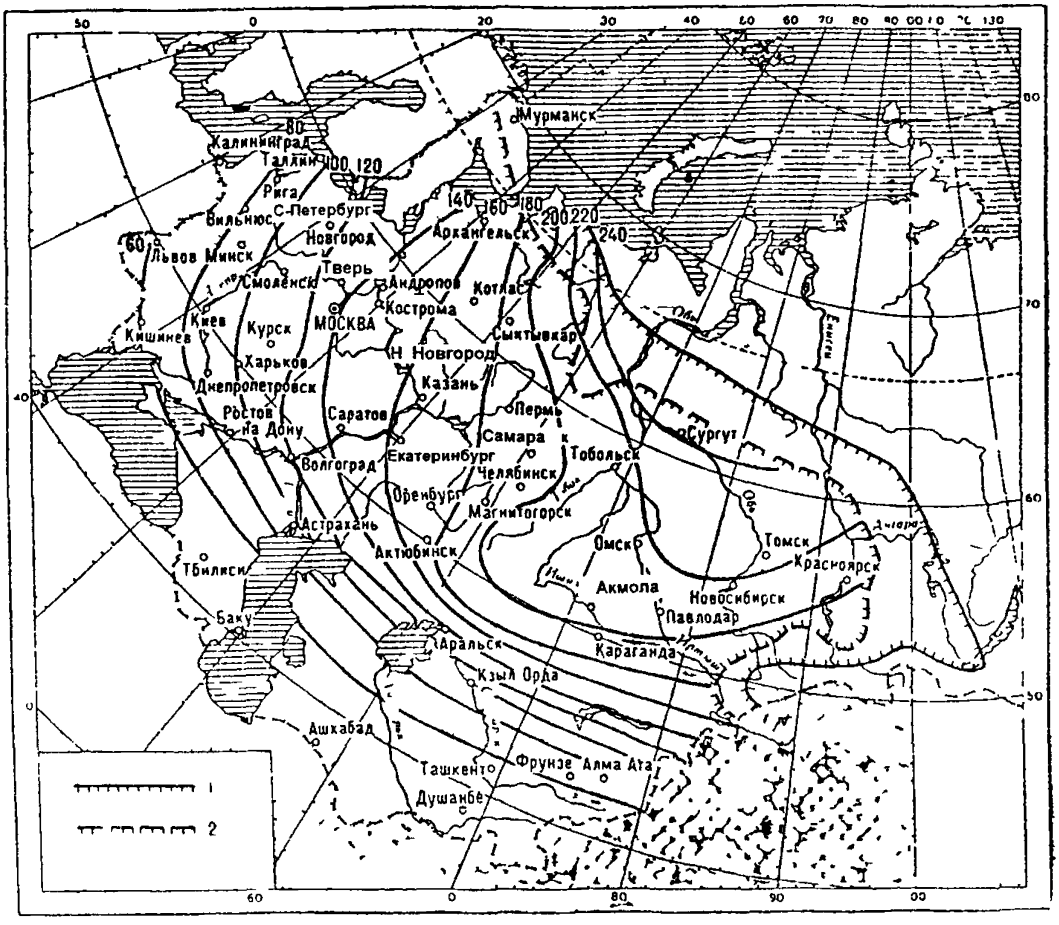


Рис 3 1 Карта изолиний глубины промерзания $Z_{ср}$ грунтов, см

1 граница сплошного распространения вечномерзлых грунтов,

2 - то же островного (глубиной до 25 м) По состоянию на 1992г

Поправка, добавляемая к $Z_{ср}$ при определении глубины промерзания дороги

| $Z_{ср}$, см | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Поправка, см | 30 | 40 | 50 | 57 | 63 | 68 | 72 | 75 | 77 |

3 6 Численные значения общей толщины дорожной одежды и непучинистых грунтов $Z_1$ для различных случаев даны в Приложении 1 Величину $Z_1$ определяют для характерных участков или групп участков дороги, сходных по грунтово-гидрологическим условиям имеющих одинаковое покрытие одну и ту же конструкцию земляного полотна, а также в равной мере обеспеченных местными строительными материалами

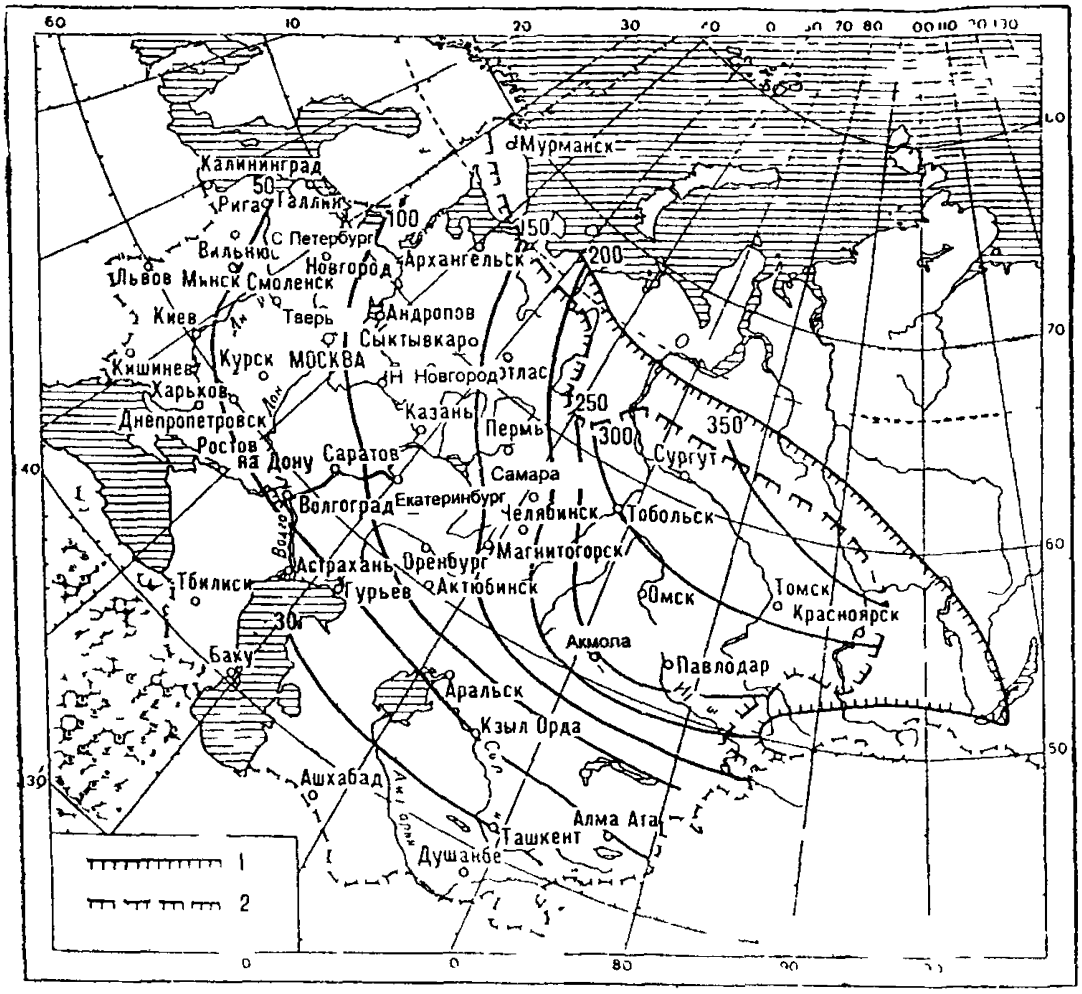


Рис 3 2 Карта изолиний климатического коэффициента $\alpha_0$, см²/сут

Поз 1 и 2 - см на рис 3 1 По состоянию на 1992г

Таблица 3 2

Характеристики грунтов для расчета толщины морозозащитного слоя

| Грунты | Показатель **B**, см²/сут | Степень пучинистости в условиях 3-го типа местности по характеру увлажнения |
|---|---|---|
| Песок (непылеватый) с содержанием частиц мельче 0,05 мм в пределах 2-15%, супесь легкая крупная | 1,5 - 2,0 | Слабопучинистые |
| Глины, суглинки легкие и тяжелые (непылеватые) супеси легкие | 3,0 - 3,5 | Пучинистые |
| Супеси пылеватые, суглинки тяжелые пылеватые пески пылеватые | 4,0 - 4,5 | Сильнопучинистые |
| Супеси тяжелые пылеватые, суглинки легкие пылеватые | 5 0 | Чрезмерно пучинистые |

3.7. Требования к морозозащитным (стабильным) и теплоизоляционным материалам.

3.7.1. Для устройства морозозащитных слоев нужно применять зернистые материалы, такие, как щебень, песчано-гравийные смеси, шлаки и непучинистые грунты I группы (см. табл.3.1), характеризующиеся $К_{пуч} < 1\%$.

Материалы и грунты II группы (см.табл.3.1) $К_{пуч}$=1-2 % и коэффициентом фильтрации не менее 1 м/с, также могут быть использованы для устройства морозозащитных слоев. При этом толщина слоев из непучинистых грунтов и материалов должна быть увеличена на 20%.

3.7.2. В районах, не обеспеченных кондиционными зернистыми материалами, следует шире применять для устройства морозозащитных слоев грунты, укрепленные вяжущими, и гидрофобизированные.

Грунты, укрепленные цементом, должны отвечать следующим требованиям: а) коэффициент морозного пучения не должен превышать 2 %; б) коэффициент морозостойкости не должен быть ниже 0,65 при температуре замораживания -5°С.

Пределы прочности при сжатии $R_{сж}$ и изгибе $R_{изг}$ стандартных лабораторных образцов из укрепленных цементом грунтов должны находиться в диапазоне, указанном в табл.3.3.

3.7.3. Теплоизоляционные слои нужно устраивать из материалов с более эффективными теплозащитными свойствами, чем у грунтов и обычных дорожно-строительных материалов.

Для теплоизоляции дорожной конструкции могут быть применены: а) полимерные материалы (пенопласты); б) легкие бетоны, в которых содержатся пористые заполнители (керамзит, аглопорит, гранулы полистирола, измельченный пенопласт); в) металлургические шлаки; г) золошлаковые смеси как обработанные цементом, битумом или битумной эмульсией, так и не обработанные; д) композиции из местных материалов или грунтов, легких заполнителей и вяжущих, приготовленные способом смешения в установке; е) битумоминеральные смеси - обычные и с легкими заполнителями. Перечисленные смеси и исходные материалы должны удовлетворять требованиям к дорожно-строительным материалам по соответствующим ГОСТам, СНиПам и инструкциям.

Таблица 3.3

Требования к грунтам, укрепленным цементом для морозозащитного слоя

| Группа исходного грунта по степени пучинистости (см. табл. 3.1) | Пределы прочности укрепленного цементом грунта, МПа | |
|---|---|---|
| | $R_{сж}$ | $R_{изг}$ |
| II | 0,7 - 1,0 | 0,1 - 0,2 |
| III | 1,0 - 1,5 | 0,2 - 0,3 |
| IV | 1,6- 2,0 | 0,4 - 0,5 |
| V, VI | > 2,0 | > 0,5 |

3.7.4. В числе указанных в п.3.7.3 материалов важное место занимают грунты, укрепленные вяжущим веществом, с добавкой легких (пористых) заполнителей. Коэффициент теплопроводности их не должен превышать 1,5 Вт/(мК); предел прочности при сжатии водонасыщенных образцов в возрасте 28 и 7 суток - соответственно 1,0 - 2,0 и 0,6 - 1,5 МПа; предел прочности на растяжение при изгибе водонасыщенных образцов-балочек в возрасте 28 суток - 0,1 - 0,2 МПа; коэффициент морозного пучения - не более 1 %.

3.8. С учетом теплотехнических свойств эквивалентную толщину (по отношению к щебню из гранитных пород) слоев из стабильных материалов определяют по формуле

$$Z_{1э} = h_1 \varepsilon_1 + h_2 \varepsilon_2 + h_3 \varepsilon_3 + \ldots \qquad (3.1)$$

где $h_1$, $h_2$, $h_3$ - толщина слоев дорожной одежды из стабильных материалов; $\varepsilon_1$, $\varepsilon_2$, $\varepsilon_3$ - эквиваленты теплотехнических свойств материалов по отношению к уплотненному щебню (см.табл.3.4.)

Расчет эквивалентной толщины $Z_{1э}$ производят только в случае $H_{до} < Z_1$ ($H_{до}$ - общая толщина всех слоев дорожной одежды).

3.9. Морозозащитный слой из фильтрующих материалов обычно также служит элементом дренажной конструкции. Этот слой должен соответствовать требованиям к дренирующим слоям (см.раздел 4).

3.10. При наличии более подробных исходных данных о грунтово-гидрологических и климатических условиях эксплуатации дорожной одежды и земляного полотна, водных свойствах грунта ( в том числе, о его коэффициенте влагопроводности для связных грунтов) и теплофизических характеристиках слоев дорожной одежды расчет дорожной конструкции на морозоустойчивость следует производить на основе вероятностного прогноза возможной величины морозного пучения.

Таблица 3.4

Теплотехнические характеристики материалов

| № п/п | Материал, грунт | Плотность, кг/м³ | Коэффициент теплопроводности λ, Вт / м К | Удельная теплоемкость $C_{уд}$ $10^{-3}$, Дж / кг К | Эквивалент по гранитному щебню $\varepsilon_i = \sqrt{\lambda_{щ}/\lambda_i}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| *1* | *2* | *3* | *4* | *5* | *6* |
| 1 | Асфальтобетон горячий плотный | 2400 | 1,40 | 1,65 | 1,15 |
| | То же, пористый | 2300 | 1,25 | 1,65 | 1,22 |
| | То же, высокопористый, в том числе битумопесчаная смесь (ТУ 218 РСФСР 395-79) | 2200 1900 | 1,10 - 1,00 | 1,50 - 1,25 | 1,30 - 1,36 |
| 2 | Аглопоритовый щебень, обработанный вязким битумом | 800 | 0,23 | 1,25 | 2,83 |
| 3 | Керамзитовый гравий, обработанный вязким битумом | 1100 | 0,64 | 1,15 | 1,71 |
| 4 | Гравий (щебень) с легкими заполнителями, обработанные вязким битумом | 2000 | 0,52 | 1,65 | 1,89 |
| 5 | Супесь, укрепленная 10 %-ной битумной эмульсией | 1700 - 1900 | 1,45 | 0,90 | 1,13 |
| 6 | Цементобетон | 2400 | 1,74 | 0,85 | 1,03 |
| 7 | Песок разномерный, укрепленный 6-10 % цемента | 2100 | 1,86 | 0,90 | 1,00 |
| 8 | Песок мелкий, одномерный, укрепленный 10 % цемента | 2100 | 1,62 | 0,95 | 1,07 |
| 9 | Цементогрунт с керамзитом: песок - 75 % (массы), керамзит - 25 %, цемент - 6 % | 1500 - 1600 | 0,58 - 0,70 | 0,90 - 0,95 | 1,79 - 1,63 |
| 10 | Цементогрунт с гранулами полистирола: песок 97 - 98 %, гранулы полистирола 3-2 % и цемент 7-6 % | 1300 - 1500 | 0,41 - 0.58 | 1,25 | 2,14 - 1,79 |
| 11 | Битумоцементогрунт с перлитом (перлитовый щебень - 25-20 %, песок 75-80 %, цемент - 6-4 %, битум - 12-10 % от массы песка, перлита и цемента) | 1400 | 0,52 - 058 | 1,35 | 1,89 |
| 12 | Цементогрунт с аглопоритом (супесь или песок70-80 %, аглопорит - 30-20 %, цемент - 6 %) | 1700 - 1800 | 0,64 - 0,75 | 1,00 - 1,10 | 1,71 - 1,57 |
| 13 | Шлакобетон | 1600 | 0,58 | 1,15 | 1,79 |
| 14 | Керамзитобетон | 1400 | 0,75 | 1,45 | 1,57 |
| 15 | Стиропорбетон | 1100 | 0,23 | 1,45 | 2,83 |
| 16 | Слабопрочные известняки, укрепленные известью | 2000 | 1,16 | 1,10 | 1,27 |
| 17 | Суглинок. укрепленный 6-12 % цемента | 1750 - 1900 | 1,45 | 0,85 | 1,13 |
| 18 | Суглинок, укрепленный 2-5 % цемента и 6-2 % извести | 1800 - 1900 | 1,33 | 0,85 | 1,18 |

Продолжение табл.3.4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| 19 | Супесь, укрепленная 8-10 % цемента | 1800 | 1,51 | 0,90 | 1,11 |
| 20 | Пенопласт марки ПС-4 | 40 - 60 | 0,052 | 0,45 | 5.95 |
| 21 | Каменноугольная золошлаковая смесь, укрепленная 6-8 % цемента | - | 0,70 | - | - |
| 22 | Шлак топочный | 800 | 0,46 | 1,10 | 2,00 |
| 23 | Щебень из гранита | 1800 | 1,86 | 0,85 | 1,00 |
| 24 | Щебень из известняка | 1600 | 1,39 | 0,90 | 1,15 |
| 25 | Гравий | 1800 | 1,86 | 0,90 | 1,00 |
| 26 | Песок крупный талый | 2000 | 1,74 | 1,10 | 1,03 |
| | То же, мерзлый | 2000 | 2,32 | 0,90 | 0,88 |
| 27 | Песок средней крупности талый | 1950 | 1,91 | 1,10 | 0,98 |
| | То же, мерзлый | 1950 | 2,44 | 0,90 | 0,87 |
| 28 | Песок мелкий талый | 1850 | 1,91 | 1,10 | 0,98 |
| | То же, мерзлый | 1850 | 2,32 | 0,90 | 0,89 |
| 29 | Песок пылеватый талый | 1750 | 1,80 | 1,10 | 1,02 |
| | То же, мерзлый | 1750 | 2,20 | 0,90 | 0,92 |
| 30 | Супесь талая | 2100 | 1,80 | 1,35 | 1,02 |
| | То же, мерзлая | 2100 | 2,03 | 1,00 | 0,96 |
| 31 | Суглинок и глина талые | 2000 | 1,62 | 1,45 | 1,07 |
| | То же, мерзлые | 2000 | 1,97 | 1,25 | 0,97 |
| 32 | Лессы талые | 1500 | 1,51 | 1,45 | 1,11 |
| | То же, мерзлые | 1500 | 2,09 | 1,05 | 0,94 |

# 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЛЩИНЫ ДРЕНИРУЮЩЕГО СЛОЯ

4.1. Дренирующие слои и водоотводящие устройства необходимы на участках дорог с земляным полотном из слабофильтрующих грунтов (пылеватых песков, пылеватых и тяжелых супесей, суглинков и глин) при традиционной дорожной одежде из зернистых материалов, в I и II дорожно-климатических зонах при всех типах местности по характеру и степени увлажнения, в III зоне - только при 2-м и 3-м типах местности, в IV и V зонах - только в 3-м типе местности.

4.2. Для строительства дренирующих слоев следует использовать зернистые материалы (щебень, гравий, песок, шлак и др.), отвечающие требованиям ГОСТа. При содержании частиц мельче 0,15 мм не более 5% (по массе), а пылевидных, глинистых и илистых частиц, определяемых отмучиванием, в количестве, указанном в ГОСТе "Песок для строительных работ", материал пригоден для строительства дренирующего слоя.

4.3. При коэффициенте фильтрации материала, равном 1-2 м/сут, его целесообразно применять на участках, где наряду с дренированием требуется

морозозащитный слой значительной толщины, устраиваемый на всю ширину земляного полотна, а также при 1-м типе местности.

Для строительства дренирующего слоя в насыпях только на ширину проезжей части и в выемках, особенно при 3-м типе местности, следует использовать материалы, имеющие коэффициент фильтрации более 2 м/сут.

4.4. Для продольных и поперечных дрен применяют керамические, асбоцементные (перфорированные или с пропилами) и пластмассовые трубы, а также трубофильтры диаметром 50-100 мм. Трубофильтры следует применять при неагрессивных к бетону грунтовых водах. Диаметр дренажных труб должен быть при глубине промерзания до 0,8 м не менее 50 мм, при более глубоком промерзании - не менее 80 мм. Полиэтиленовые трубы должны быть для жесткости гофрированными. В целях предотвращения заиливания вокруг труб необходима фильтрующая обсыпка или обмотка нетканным материалом (дорнит и др.).

4.5. Толщину дренирующего слоя следует назначать в соответствии с табл.4.1. и с учетом п.4.6.

Таблица 4.1

Толщина дренирующего слоя

| Вид грунта | Толщина дренирующего слоя в зависимости от дорожно-климатической зоны (ДКЗ) и типа местности по увлажнению, см | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | II ДКЗ | | | III ДКЗ | | IV и V ДКЗ |
| | 1 тип | 2 тип | 3 тип | 2 тип | 3 тип | 3 тип |
| Супесь легкая (непылеватая) и песок пылеватый | 20 | 25 | 35 | 20 | 20 | 20 |
| Суглинок легкий, тяжелый, непылеватый и глина | 20 | 30 | 40 | 20 | 25 | 20 |
| Суглинок пылеватый | 30 | 40 | 45 | 25 | 35 | 25 |
| Супесь пылеватая | 35 | 45 | 50 | 30 | 40 | 30 |

4.6. Толщина дренирующего слоя, указанная в табл.4.1, соответствует коэффициенту фильтрации 2 м/сут при укладке слоя на всю ширину проезжей части и длине пути фильтрации 7 м.

Длину пути фильтрации $L_ф$ определяют как расстояние по низу дренирующего слоя от оси проезжей части (при двухскатном поперечном профиле) или от противоположной кромки проезжей части (при однокатном профиле) до выхода дренирующего слоя на откосе либо до дренажной трубы.

При уменьшении $L_ф$ (по сравнению с $L_ф$ = 7 м) на каждый метр ее снижения толщину дренирующего слоя уменьшают на 5 см, но не ниже толщины 20 см. При увеличении $L_ф$ на каждый метр ее возрастания толщину увеличивают на 5 см.

При коэффициенте фильтрации $k_ф$ = 1 м/сут толщину дренирующего слоя увеличивают на 10 см; при $k_ф$ = 3 м/сут и более толщину уменьшают на 10 см, но не менее 20 см. Для промежуточных значений $k_ф$ нужно применять линейную интерполяцию.

При укладке дренирующего слоя в пределах проезжей части без трубчатых дрен толщина дренирующего слоя должна быть увеличина на 10 см.

В I дорожно-климатической зоне толщину дренирующего слоя следует увеличивать на 20 см.

## 5. РАСЧЕТ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ

5.1. Определение суммарного количества проходов автомобилей по типам за срок службы дорожной одежды $N_{сi}$:

$$N_{сi} = N_{1i} \cdot K_с \cdot T_{рдн} \cdot K_{пу}, \qquad (5.1)$$

где $N_{1i}$ - ожидаемая суточная интенсивность движения автомобилей i-го типа (по табл.5.1) в первый год службы дороги, авт/сут; $K_с$ - коэффициент суммирования, зависящий от срока службы дорожной одежды $T_{сл}$ (годы) и показателя изменения интенсивности движения данного типа автомобилей по годам $q_i$ (табл.5.2); $T_{рдн}$ - количество расчетных дней в году, учитывающее различные условия накопления остаточных деформаций в разные периоды года и зависящее от дорожно-климатических условий, сут (табл.5.3); $K_{пу}$ - коэффициент поперечной установки автомобиля, который учитывает неточное попадание последовательно движущихся автомобилей в один след, что несколько снижает активность воздействия автомобильной нагрузки (в среднем $K_{пу} \sim 0,7$).

5.2. Вычисление общего суммарного количества проходов автомобилей, приведенных к расчетной нагрузке, за срок службы дорожной одежды $N_{рс}$:

$$N_{рс} = f_{пол} \cdot \sum_{i=1}^{n} N_{сi} \cdot S_{ic} \cdot K_и, \qquad (5.2)$$

где $f_{пол}$ - коэффициент, учитывающий распределение автомобилей по полосам движения (см.табл.5.5); $S_{ic}$ - суммарный коэффициент приведения воздействия на дорожную одежду транспортного средства i-того типа к расчетной нагрузке с учетом воздействия всех осей соответствующих автомобилей (см.табл.5.1); n -

число типов автомобилей; $K_и$ - коэффициент, учитывающий вероятность отклонения суммарного движения от среднего ожидаемого (см.табл.5.6).

Таблица 5.1

Типы автомобилей и коэффициенты приведения к расчетной нагрузке $S_{тс}$

| Типы автомобилей | Коэффициенты приведения к расчетной нагрузке $S_{тс}$ |
|---|---|
| Легкие грузовые автомобили грузоподъемностью от 1 до 2т | 0,05 |
| Средние грузовые автомобили от 2 до 5 т | 0,20 |
| Тяжелые грузовые автомобили от 5 до 8 т | 0,70 |
| Очень тяжелые грузовые автомобили более 8 т | 1,25 |
| Автобусы | 0,80 |
| Тягачи с прицепами и полуприцепами | 1,50 |

Основные характеристики расчетной нагрузки даны в п. 1.8.

Таблица 5.2

Значения коэффициентов суммирования $K_c$

| Показатель изменения интенсивности движения по годам $q_t$ при $N_T = N_1 q^{T-1}$ | Значения $K_c$ при сроке службы дорожной одежды $T_{сл}$ в годах | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 8 | 10 | 15 | 20 |
| 0,90 | 5,7 | 6,5 | 7,9 | 8,8 |
| 0,92 | 6,1 | 7,1 | 8,9 | 10,1 |
| 0,94 | 6,5 | 7,7 | 10,0 | 11,8 |
| 0,96 | 7,0 | 8,4 | 11,4 | 13,9 |
| 0,98 | 7,5 | 9,1 | 13,1 | 16,6 |
| 1,00 | 8,0 | 10,0 | 15,0 | 20,0 |
| 1,02 | 8,6 | 10,9 | 17,2 | 14,4 |
| 1,04 | 9,2 | 12,0 | 20,0 | 19,8 |
| 1,06 | 9,9 | 13,2 | 23,2 | 36,0 |
| 1,08 | 10,6 | 14,5 | 27,2 | 45,8 |
| 1,10 | 11,4 | 15,9 | 31,7 | 67,3 |

*Примечания*:
1. Значения $q < 1$ соответствуют случаям ожидаемого уменьшения интенсивности движения.
2. Для промежуточных значений $q$ и $T_{сл}$ следует пользоваться линейной интерполяцией.
3. Для случаев $q < 0,9$; $q > 1,1$; $T_{сл} < 8$ лет и $T_{сл} > 20$ лет вычисление $K_c$ следует произвести по формуле $K_c = (q_t^{T_{сл}} - 1) / (q_t - 1)$.
4. Срок службы дорожной одежды $T_{сл}$ назначают в соответствии с табл.5.4.

Таблица 5.3

Количество расчетных дней в году

| Дорожно-климатические зоны | Тип местности | Количество расчетных дней $T_{рдн}$ |
|---|---|---|
| I | 1 | 60 - 80 |
| | 2 | 80 - 100 |
| | 3 | 100 - 120 |
| II | 1 | 80 - 100 |
| | 2 | 100 - 120 |
| | 3 | 120 - 140 |
| III - IV | 1 | 100 |
| | 2 - 3 | 120 |
| V | 1 | 80 |
| | 2 - 3 | 100 |
| *Примечание*: в I и II ДКЗ меньшие значения $T_{рдн}$ соответствуют северной части указанных зон. | | |

Таблица 5.4

Срок службы дорожной одежды

| Категория дороги | Тип дорожной одежды | Срок службы в дорожно-климатических зонах $T_{сл}$, лет | | |
|---|---|---|---|---|
| | | I , II | III | IV , V |
| I | Капитальный | 15 | 18 | 20 |
| II | Капитальный | 15 | 15 | 15 |
| III | Капитальный | 15 | 15 | 15 |
| | Облегченный | 12 | 13 | 14 |
| | Переходный | 8 | 8 | 8 |
| IV | Капитальный | 15 | 15 | 15 |
| | Облегченный | 10 | 10 | 11 |
| | Переходный | 8 | 8 | 8 |
| V | Облегченный | 10 | 10 | 11 |
| | Переходный | 8 | 8 | 8 |

Таблица 5.5

Значения коэффициента распределения автомобилей по полосам $f_{пол}$

| Число полос движения | Значения коэффициента $f_{пол}$ для полосы с номером от обочины | | |
|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 |
| 1 | 1,00 | - | - |
| 2 | 0,55 | - | - |
| 3 | 0,50 | 0,50 | - |
| 4 | 0,35 | 0,20 | - |
| 6 | 0,30 | 0,20 | 0,05 |
| *Примечание*: для расчета обочин следует принимать $f_{пол}$ = 0,01. | | | |

Таблица 5.6

Величины коэффициента $K_н$ вероятности отклонения суммарного движения от среднего ожидаемого

| Тип дорожной одежды | Значения коэффициента $K_н$ при различных категориях дорог | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | I | II | III | IV | V |
| Капитальный | 1,49 | 1,49 | 1,38 | 1,31 | - |
| Облегченный | - | 1,47 | 1,32 | 1,26 | 1,06 |
| Переходный | - | - | 1,19 | 1,16 | 1,04 |

*Примечание* величина $K_н$ подсчитана по формуле $K_н = 1 + t \cdot C_N$, где t – коэффициент нормированного отклонения, зависящий от заданного уровня проектной надежности дорожной одежды (при уровне надежности для дорог I и II категории $K_н$=0,95 величина t=1,64, для дорог III категории $K_н$=0,90–t =1,28, для дорог IV категории $K_н$=0,85–t=1,04, для дорог V категории $K_н$=0,6-t=0,25), $C_N$ – коэффициент вариации ожидаемого суммарного движения (для дорожных одежд капитального типа $C_N$=0,30; для дорожных одежд облегченного типа $C_N$=0,25; для переходных дорожных одежд $C_N$=0,15)

5.3. Значение требуемого модуля упругости $E_{тр}$ дорожной одежды, при котором накопленная остаточная деформация будет находиться в допустимых пределах, определяют по табл 5 7

Таблица 5.7

Значения требуемого модуля упругости $E_{тр}$ дорожной одежды

| Тип Дорожной одежды | Величина $E_{тр}$, при общем суммарном количестве проходов автомобилей, приведенных к расчетной нагрузке $N_{р.с.}$ | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $5\cdot10^3$ | $7\cdot10^4$ | $10^5$ | $2\cdot10^5$ | $3\cdot10^5$ | $5\cdot10^5$ | $7\cdot10^5$ | $10^6$ | $2\cdot10^6$ | $3\cdot10^6$ | $5\cdot10^6$ | $7\cdot10^6$ | $10^7$ |
| Капитальный | 105 | 120 | 139 | 184 | 217 | 266 | 305 | 313 | 328 | 351 | 427 | 486 | 557 |
| Облегченный | 94 | 108 | 125 | 166 | 195 | 239 | 274 | 282 | 295 | 317 | 384 | 437 | 501 |
| Переходный | 70 | 80 | 93 | 123 | 145 | 178 | 204 | 210 | 220 | 236 | 286 | 326 | 373 |

*Примечание:*

Величина $E_{тр}$ вычислена по зависимостям, полученным на основе обобщения результатов отечественных и зарубежных экспериментальных исследований

для дорог I категории $E_{тр}=0{,}643\cdot K_{дв}\cdot K_0\cdot\alpha^{1.225}\cdot(Np.c.)^{0.07109-0{,}3902(1/\alpha)^{0{,}48}}$, МПа

для дорог II категории $E_{тр}=0{,}654\cdot K_{дв}\cdot K_0\cdot\alpha^{1.225}\cdot(Np\,c)^{0.0765+0.4108(1/\alpha)^{0\,48}}$, МПа

для дорог III-V категории $E_{тр}=0{,}736\cdot K_{дв}\cdot K_0\cdot\alpha^{1.225}\cdot(Np.c.)^{0.0752+0.4128(1/\alpha)^{(\,48}}$, Мпа

где $\alpha$ - соотношение показателей конечной и начальной ровности дорожной одежды, соответствующее снижению максимальной скорости движения одиночного легкового автомобиля в конце срока службы дорожной одежды на 25% по сравнению с расчетной скоростью ($\alpha$=1,82); $K_{дв}$ – коэффициент, учитывающий характер движения автомобиля ($K_{дв}$=0.87 +0,052 (lg $N_{р\,с}$ – 1)); $K_0$ – поправочный коэффициент, учитывающий влияние типа дорожной одежды (при капитальном типе дорожной одежды $K_0$=1,0; при облегченном - $K_0$=0,9; при переходном - $K_0$=0,67)

5.4. В процессе расчета дорожной одежды, осуществляемого послойно с применением номограммы, приведенной на рис. 5.1, толщины слоев принимают не менее указанных в табл. 30 СНиП 2.05.02-85

5.5. Номограмма (см.рис.5.1) позволяет производить расчет общего модуля упругости на поверхности каждого слоя при известном модуле упругости этого слоя, его толщине и общем модуле упругости на поверхности слоя, лежащего ниже данного слоя.

При известных модулях упругости на поверхности данного слоя и на поверхности нижележащего слоя, а также модуле упругости материала этого слоя можно определить толщину указанного слоя.

Наконец, приизвестныхмодуле упругости на поверхности слоя, модуле упругости материала этого слоя и его толщине можно определить общий модуль упругости на поверхности нижележащего слоя.

5.6. При известных расчетном модуле упругости грунта (см. Приложение 2), толщине дополнительного (дренирующего) слоя основания (см. раздел 4) и модуле упругости его материала (см. Приложение 3) по номограмме на рис.5.1 определяют общий модуль упругости на поверхности дополнительного слоя.

Назначив толщину асфальтобетонных слоев в соответствии с п.п. 1.6, 1.7 и 5.4 при известных модулях упругости этих слоев (см. Приложение 3) и общем расчетном модуле упругости на поверхности дорожной одежды $E_{общ\,р} = E_{тр}$ (см.п.5.3),определяют по номограмме на рис. 5.1 общий модуль упругости на поверхности основания.

Исходя из модулей упругости слоев принятого, или намеченного по вариантам основания (см. Приложение 3), при известных общих модулях упругости на поверхности основания и на поверхности дополнительного слоя основания, определяют толщину основания. При этом толщина одежды должна быть не менее определенной в соответствии с разделом 3.

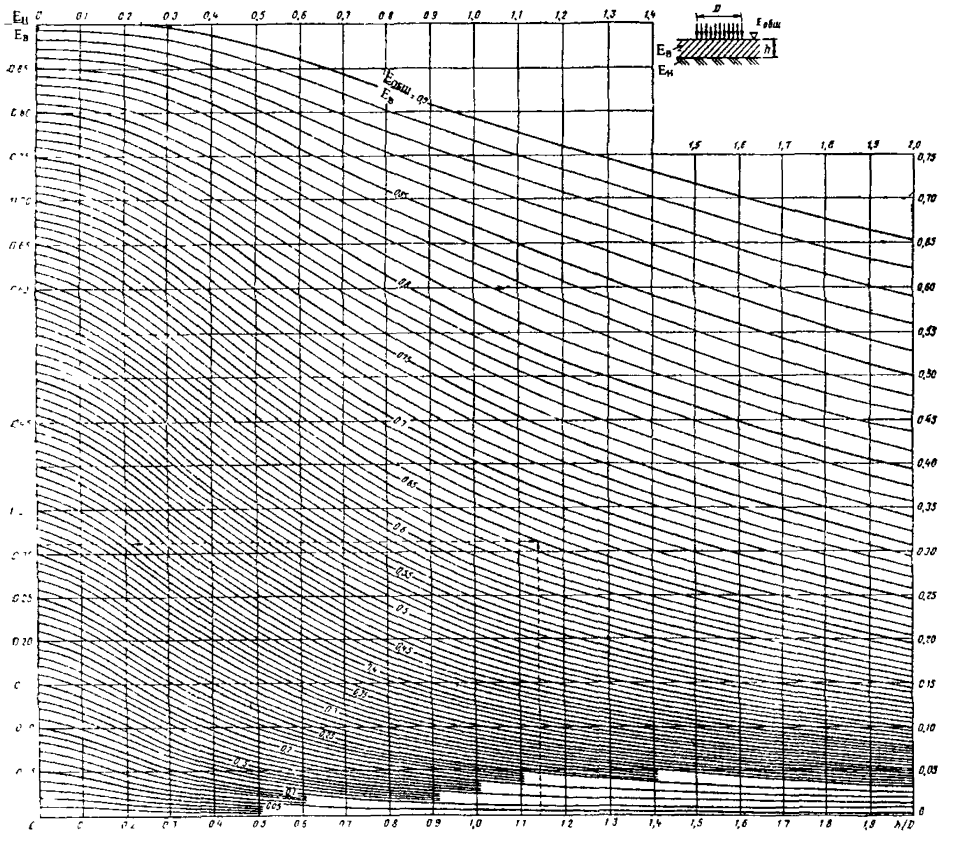

Рис. 5.1

**Номограмма для послойного расчета дорожной одежды**

**$E_в$** - модуль упругости верхнего слоя;

**$E_н$** - общий модуль упругости на поверхности нижележащих слоев;

**D** - диаметр круга, равновеликого отпечатку колеса расчетного автомобиля.

Цифры на кривых соответствуют отношению общего модуля упругости двухслойной системы к модулю упругости верхнего слоя **$E_{общ}/E_в$**.

*Приложение 1*

# ОБЩАЯ ТОЛЩИНА ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ И НЕПУЧИНИСТЫХ ГРУНТОВ $Z_1$, ОБЕСПЕЧИВАЮЩАЯ МОРОЗОУСТОЙЧИВОСТЬ КОНСТРУКЦИИ

П.1.1. Все обозначения, принятые в табл. П.1.1. - П.1.9., расшифрованы в разделе 3 основного текста. Пользуясь этими таблицами, величины $Z_{ср}$ и **Z** определяют с помощью рис 3.1. Для определения значения **B** используют табл.3.2. Значение $\alpha_0$ устанавливают по рис. 3.2.

П.1.2. Для величин **B** и $\alpha_0$, которые не включены в соответствующие таблицы, значение $Z_1 = 0$. Например, для случаев, предусмотренных табл.П.1.1, при характеристике грунта **B** = 3 см²/сут (см. табл.3.2) и климатическом коэффициенте $\alpha_0 = 100$ см²/сут при любой глубине промерзания $Z_{ср}(Z)$ величина $Z_1 = 0$.

П.1.3. Для промежуточных значений **B**, $\alpha_0$ и $Z_{ср}(Z)$ общую толщину дорожной одежды и непучинистых грунтов определяют путем линейной интерполяции, при этом допускается округление величин **B** - до 0,5 см²/сут; $\alpha_0$ - до 25 см²/сут; $Z_{ср}$ - до 10 см. Например, для случаев предусмотренных в табл. П.1.3. при $Z_{ср} = 150$ см (**Z** = 210 см), **B** = 3,5 см²/сут; $\alpha_0 = 125$ см²/сут определение $Z_1$ осуществляют следующим образом. Находим при $Z_{ср} = 140$ см (**Z** = 197 см), **B** = 3 см²/сут и $\alpha_0 = 125$ см²/сут величину $Z_1 = 20$ см. При $Z_{ср} = 160$ см (**Z** = 223 см), **B** = 3 см²/сут и $\alpha_0 = 125$ см²/сут величина $Z_1 = 25$ см. При $Z_{ср} = 150$ см (**Z** = 210 см), **B** = 3 см²/сут и $\alpha_0 = 125$ см²/сут величина $Z_1 = 23$ см. Аналогично при $Z_{ср} = 150$ см, **B** = 4 см²/сут и $\alpha_0 = 125$ см²/сут величина $Z_1 = 46$ см. Тогда при $Z_{ср} = 150$ см, **B** = 3,5 см²/сут и $\alpha_0 = 125$ см²/сут величина $Z_1 = 35$ см.

П.1.4. Для промежуточных значений **Z/H** применяют линейную интерполяцию для величин $Z_1$, полученных по двум таблицам, одна из которых соответствует **Z/H** меньшему данной величины, а другая большему значению **Z/H**. При этом допустимо округление **Z/H** до 0,1. Например, при покрытии из асфальтобетона I и II марки и **Z/H** = 0,7 интерполируем значения $Z_1$ по табл.П.1.3 и П.1.2.

Таблица П.1.1

Общая толщина дорожной одежды и непучинистых грунтов $Z_1$, обеспечивающая морозоустойчивость конструкции при покрытии из асфальтобетона I и II марки и Z/H = 0,5 (Z - расчетная глубина промерзания, см; H - расчетная глубина залегания уровня грунтовых вод).

| Средняя $Z_{ср}$ и расчетная (в скобках) Z глубина промерзания, см | Общая толщина непучинистых материалов и грунтов $Z_1$, см, при | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | B=5 | | B=4 | | B=3 |
| | $\alpha_0$=100 | $\alpha_0$=50 | $\alpha_0$=100 | $\alpha_0$=50 | $\alpha_0$=50 |
| 180 (248) | 5 | - | 0 | - | - |
| 160 (223) | 0 | 50 | 0 | 40 | 10 |
| 140 (197) | 0 | 35 | 0 | 25 | 0 |
| 120 (170) | 0 | 25 | 0 | 10 | 0 |
| 100 (140) | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 |
| 80 (110) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Таблица П.1.2

То же, что в таблице П.1.1, но при Z/H = 0,6

| Средняя $Z_{ср}$ и расчетная (в скобках) Z глубина промерзания, см | Общая толщина непучинистых материалов и грунтов $Z_1$, см, при | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | B=5 при $\alpha_0$ | | | B=4 при $\alpha_0$ | | B=3 при $\alpha_0$ | |
| | 150 | 100 | 50 | 100 | 50 | 100 | 50 |
| 200 (272) | 15 | - | - | - | - | - | - |
| 180 (248) | 0 | 50 | - | 20 | - | 0 | - |
| 160 (223) | 0 | 30 | 70 | 10 | 60 | 0 | 45 |
| 140 (197) | 0 | 15 | 60 | 0 | 50 | 0 | 30 |
| 120 (170) | 0 | 0 | 50 | 0 | 35 | 0 | 5 |
| 100 (140) | - | 0 | 30 | 0 | 20 | 0 | 0 |
| 80 (110) | - | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Таблица П.1.3

То же, что в таблице П.1.1, но при Z/H = 0,8

| $Z_{ср}$ (Z) | Общая толщина непучинистых материалов и грунтов $Z_1$, см, при | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | B=5 при $\alpha_0$ | | | | | B=4 при $\alpha_0$ | | | | B=3 при $\alpha_0$ | | | B=2 при $\alpha_0$ | |
| | 350 | 250 | 150 | 100 | 50 | 250 | 150 | 100 | 50 | 150 | 100 | 50 | 100 | 50 |
| 240 (317) | 15 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 220 (295) | 10 | 30 | - | - | - | 25 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 200 (272) | 0 | 20 | 80 | - | - | 10 | 60 | - | - | 25 | - | - | - | - |
| 180 (248) | - | 15 | 70 | 100 | - | 0 | 40 | 80 | - | 5 | 60 | - | 5 | - |
| 160 (223) | - | 10 | 60 | 90 | 110 | 0 | 30 | 70 | 100 | 0 | 50 | 90 | 0 | 70 |
| 140 (197) | - | - | 45 | 70 | 100 | - | 25 | 60 | 90 | 0 | 40 | 80 | 0 | 60 |
| 120 (170) | - | - | 25 | 60 | 90 | - | 0 | 40 | 80 | 0 | 5 | 70 | 0 | 45 |
| 100 (140) | - | - | - | 30 | 70 | - | - | 20 | 60 | - | 0 | 50 | 0 | 20 |
| 80 (110) | - | - | - | 20 | 55 | - | - | 5 | 40 | - | 0 | 30 | 0 | 0 |

Таблица П.1.4

То же, что в таблице П.1.1, но при $Z/H \geqslant 1$

| $Z_{ср}$ (Z) | Общая толщина непучинистых материалов и грунтов $Z_1$, см, при | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | B=5 при $\alpha_0$ | | | | | B=4 при $\alpha_0$ | | | | |
| | 350 | 250 | 150 | 100 | 50 | 350 | 250 | 150 | 100 | 50 |
| 240 (317) | 130 | - | - | - | - | 90 | - | - | - | - |
| 220 (295) | 110 | 160 | - | - | - | 70 | 130 | - | - | - |
| 200 (272) | 100 | 140 | 190 | - | - | 45 | 110 | 180 | - | - |
| 180 (248) | - | 120 | 170 | 190 | - | - | 90 | 150 | 180 | - |
| 160 (223) | - | 110 | 160 | 180 | 190 | - | 80 | 140 | 160 | 180 |
| 140 (197) | - | - | 130 | 150 | 170 | - | - | 100 | 140 | 160 |
| 120 (170) | - | - | 100 | 120 | 140 | - | - | 90 | 110 | 140 |
| 100 (140) | - | - | - | 90 | 110 | - | - | - | 80 | 110 |
| 80 (110) | - | - | - | 60 | 80 | - | - | - | 50 | 80 |

Продолжение табл. П.1.4

| $Z_{ср}$ (Z) | Общая толщина непучинистых материалов и грунтов $Z_1$, см, при | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | B=3 при $\alpha_0$ | | | | | B=2 при $\alpha_0$ | | | | |
| | 350 | 250 | 150 | 100 | 50 | 350 | 250 | 150 | 100 | 50 |
| 240 (317) | 30 | - | - | - | - | 0 | - | - | - | - |
| 220 (295) | 0 | 90 | - | - | - | 0 | 30 | - | - | - |
| 200 (272) | 0 | 60 | 140 | - | - | 0 | 10 | 80 | - | - |
| 180 (248) | - | 35 | 120 | 160 | - | - | 0 | 60 | 120 | - |
| 160 (223) | - | 30 | 110 | 140 | 170 | - | 0 | 50 | 100 | 150 |
| 140 (197) | - | - | 80 | 120 | 150 | - | - | 35 | 90 | 140 |
| 120 (170) | - | - | 40 | 90 | 130 | - | - | 10 | 60 | 115 |
| 100 (140) | - | - | - | 60 | 100 | - | - | - | 30 | 85 |
| 80 (110) | - | - | - | 40 | 70 | - | - | - | 5 | 55 |

Таблица П.1.5

Общая толщина дорожной одежды и непучинистых грунтов $Z_1$, обеспечивающая морозоустойчивость конструкции при покрытии из асфальтобетона III марки, щебеночных и гравийных материалов, обработанных органическим вяжущим и $Z/H = 0,6$ (**Z** - расчетная глубина промерзания, см; **H** - расчетная глубина залегания уровня грунтовых вод).

| Средняя $Z_{ср}$ и расчетная (в скобках) Z глубина промерзания, см | Общая толщина непучинистых материалов и грунтов $Z_1$, см, при | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | B=5 | | B=4 | | B=3 |
| | $\alpha_0$=100 | $\alpha_0$=50 | $\alpha_0$=100 | $\alpha_0$=50 | $\alpha_0$=50 |
| 180 (248) | 0 | - | 0 | - | - |
| 160 (223) | 0 | 50 | 0 | 35 | 15 |
| 140 (197) | 0 | 40 | 0 | 25 | 0 |
| 120 (170) | 0 | 25 | 0 | 10 | 0 |
| 100 (140) | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 |
| 80 (110) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Таблица П.1.6

То же, что в таблице П.1.5, но при **Z/H** = 0,8

| $Z_{ср}$ Z | Общая толщина непучинистых материалов и грунтов $Z_1$, см, при | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **B**=5 при $\alpha_0$ | | | | **B**=4 при $\alpha_0$ | | | **B**=3 при $\alpha_0$ | | **B**=2 при $\alpha_0$ | |
| | 250 | 150 | 100 | 50 | 150 | 100 | 50 | 100 | 50 | 100 | 50 |
| 200 (272) | 0 | 50 | - | - | 0 | - | - | - | - | - | - |
| 180 (248) | 0 | 40 | 60 | - | 0 | 50 | - | 0 | - | 0 | - |
| 160 (223) | 0 | 20 | 50 | 90 | 0 | 40 | 80 | 0 | 70 | 0 | 35 |
| 140 (197) | - | 0 | 40 | 80 | 0 | 30 | 70 | 0 | 60 | 0 | 25 |
| 120 (170) | - | 0 | 30 | 70 | 0 | 0 | 60 | 0 | 45 | 0 | 0 |
| 100 (140) | - | - | 10 | 55 | - | 0 | 45 | 0 | 25 | 0 | 0 |
| 80 (110) | - | - | 0 | 35 | - | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Таблица П.1.7

То же, что в таблице П.1.5, но при **Z/H** $\geqslant$ 1

| $Z_{ср}$ (Z) | Общая толщина непучинистых материалов и грунтов $Z_1$, см, при | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **B**=5 при $\alpha_0$ | | | | | **B**=4 при $\alpha_0$ | | | |
| | 350 | 250 | 150 | 100 | 50 | 250 | 150 | 100 | 50 |
| 240 (317) | 10 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 220 (295) | 0 | 70 | - | - | - | 0 | - | - | - |
| 200 (272) | 0 | 50 | 130 | - | - | 0 | 90 | - | - |
| 180 (248) | - | 25 | 110 | 160 | - | 0 | 70 | 130 | - |
| 160 (223) | - | 0 | 80 | 130 | 170 | 0 | 50 | 100 | 160 |
| 140 (197) | - | - | 70 | 110 | 150 | 0 | 25 | 80 | 140 |
| 120 (170) | - | - | 60 | 100 | 130 | - | 20 | 70 | 120 |
| 100 (140) | - | - | - | 70 | 100 | - | - | 60 | 90 |
| 80 (110) | - | - | - | 50 | 70 | - | - | 35 | 60 |

Продолжение табл. П.1.7

| $Z_{ср}$ (Z) | Общая толщина непучинистых материалов и грунтов $Z_1$, см, при | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **B**=3 при $\alpha_0$ | | | | **B**=2 при $\alpha_0$ | |
| | 250 | 150 | 100 | 50 | 100 | 50 |
| 240 (317) | - | - | - | - | - | - |
| 220 (295) | 0 | - | - | - | - | - |
| 200 (272) | 0 | 45 | - | - | - | - |
| 180 (248) | 0 | 25 | 90 | - | 20 | - |
| 160 (223) | 0 | 0 | 70 | 140 | 0 | 110 |
| 140 (197) | - | 0 | 60 | 120 | 0 | 80 |
| 120 (170) | - | 0 | 50 | 100 | 0 | 70 |
| 100 (140) | - | - | 30 | 80 | - | 60 |
| 80 (110) | - | - | 5 | 55 | - | 30 |

Таблица П.1.8

**Общая толщина дорожной одежды и непучинистых грунтов $Z_1$, обеспечивающая морозоустойчивость конструкции при переходном покрытии и Z/H = 0,8 (Z - расчетная глубина промерзания, см; H - расчетная глубина залегания уровня грунтовых вод).**

| Средняя $Z_{ср}$ и расчетная (в скобках) Z глубина промерзания, см | Общая толщина непучинистых материалов и грунтов $Z_1$, см, при | | |
|---|---|---|---|
| | B=5 при $\alpha_0$ | | B=4 при $\alpha_0$ |
| | 100 | 50 | 50 |
| 180 (248) | 0 | - | - |
| 160 (223) | 0 | 50 | 30 |
| 140 (197) | 0 | 30 | 15 |
| 120 (170) | 0 | 25 | 0 |
| 100 (140) | 0 | 20 | 0 |
| 80 (110) | 0 | 0 | 0 |

Таблица П.1.9

То же, что в таблице П.1.8, но при Z/H > 1

| $Z_{ср}$ (Z) | Общая толщина непучинистых материалов и грунтов $Z_1$, см, при | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | B=5 при $\alpha_0$ | | | | B=4 при $\alpha_0$ | | | B=3 при $\alpha_0$ | | B=2 |
| | 250 | 150 | 100 | 50 | 150 | 100 | 50 | 100 | 50 | $\alpha_0$=50 |
| 220 (295) | 0 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 200 (272) | 0 | 60 | - | - | 45 | - | - | - | - | - |
| 180 (248) | 0 | 50 | 90 | - | 40 | 60 | - | 40 | - | - |
| 160 (223) | 0 | 45 | 80 | 140 | 25 | 50 | 120 | 30 | 100 | 45 |
| 140 (197) | - | 35 | 70 | 120 | 15 | 45 | 100 | 20 | 80 | 40 |
| 120 (170) | - | 10 | 60 | 100 | 0 | 35 | 80 | 0 | 60 | 35 |
| 100 (140) | - | - | 30 | 80 | - | 10 | 60 | 0 | 50 | 10 |
| 80 (110) | - | - | 5 | 55 | - | 0 | 40 | 0 | 20 | 0 |

***Приложение 2***

## РАСЧЕТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУНТОВ

П.2.1. Основным параметром механических свойств грунта земляного полотна, которым пользуются в расчетах дорожных одежд, служит модуль упругости $E_{гр}$.

П.2.2. Расчетные значения характеристик грунта можно определять как по результатам непосредственных испытаний образцов в лаборатории, так и по данным пробного нагружения подстилающего грунта земляного полотна при расчетном состоянии; частные значения характеристик, по которым вычисляют нормативные и расчетные значения, должны быть получены единым методом.

Если невозможно выполнить испытания, расчетные характеристики могут быть установлены в зависимости от вида грунта и его расчетной влажности, обусловленной природными условиями и особенностями его работы, по таблицам и графикам, составленным на основании обобщения многочисленных испытаний грунтов.

П.2.3. Модуль упругости грунта зависит от влажности, плотности, структуры, а также от режима его нагружения. Поэтому $E_{тр}$ назначают в два этапа - вначале определяют расчетную влажность $W_р$, а затем устанавливают $E_{тр}$ при расчетной влажности.

П.2.4. Для определения расчетной влажности $W_р$ грунта необходимо располагать данными о его средней многолетней влажности $W_{ср}$. Средние значения влажности $W_{ср}$ грунта в активной зоне земляного полотна автомобильных дорог с усовершенствованными покрытиями и традиционными основаниями дорожных одежд (щебень, гравий и др.), наблюдавшиеся в наиболее неблагоприят-ный (весенний) период года, приведены в табл.П.2.1.

Значения влажности действительны для дорог с земляным полотном, проходящим в насыпи и удовлетворяющим требованиям СНиП "Автомобильные дороги. Нормы проектирования" в отношении плотности грунта и возвышения низа дорожной одежды над уровнем грунтовых или длительно стоящих поверхностных вод. Поэтому для дорог, проходящих в неблагоприятных грунтово-гидрологических условиях (в выемках и нулевых отметках), данные табл.П.2.1 следует увеличивать на 0,03 $W_т$.

При возвышении земляного полотна над грунтовыми и поверхностными водами или над поверхностью земли, превышающем значения, требуемые СНиПом более чем в 1,5 раза, влажность грунта следует принимать как для I-го типа местности.

П.2.5. Значения влажности грунта, приведенные в табл.П.2.1, дифференцированы в зависимости от дорожно-климатических зон.

Помимо деления по климатическим условиям с севера на юг, следует учитывать, что при переходе с запада на восток климат становится более континентальным, уменьшается количество осадков и возрастает скорость промерзания. В западных же районах значительное влияние на водно-тепловой режим оказывают продолжительные оттепели, наблюдаемые во все зимние месяцы, которые приводят к дополнительному притоку влаги в грунт.

Таблица П.2.1

**Средние значения влажности грунта**

| Дорожно - климамати-ческие зоны | Тип местности по увлажнению | Среднее значение влажности $W_{ср}$ грунта, доли от $W_т$ | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Супесь легкая | Песок пылеватый | Суглинок легкий и тяжелый, глины | Супесь пылеватая и тяжелая пылеватая, суглинок пылеватый |
| I | 1 | 0,60 | 0,62 | 0,65 | 0,70 |
| | 2 | 0,62 | 0,65 | 0,70 | 0,75 |
| | 3 | 0,65 | 0,70 | 0,75 | 0,80 |
| II | 1 | 0,60 | 0,62 | 0,65 | 0,70 |
| | 2 | 0,63 | 0,65 | 0,68 | 0,73 |
| | 3 | 0,65 | 0,67 | 0,70 | 0,75 |
| III | 1 | 0,55 | 0,57 | 0,60 | 0,63 |
| | 2 - 3 | 0,59 | 0,61 | 0,63 | 0,67 |
| IV | 1 | 0,53 | 0,55 | 0,57 | 0,60 |
| | 2 - 3 | 0,57 | 0,58 | 0,60 | 0,64 |
| V | 1 | 0,52 | 0,53 | 0,54 | 0,57 |
| | 2 - 3 | 0,55 | 0,56 | 0,57 | 0,60 |

*Примечание*: средние значения влажности $W_{ср}$ грунта в таблице приведены для толщины одежды 75 см. Если одежда имеет большую толщину, влагонакопление в верхней части земляного полотна за счет грунтовой и поверхностной воды уменьшится: в этом случае расчетную влажность грунта корректируют с помощью номограммы (см.рис.П.2.1).

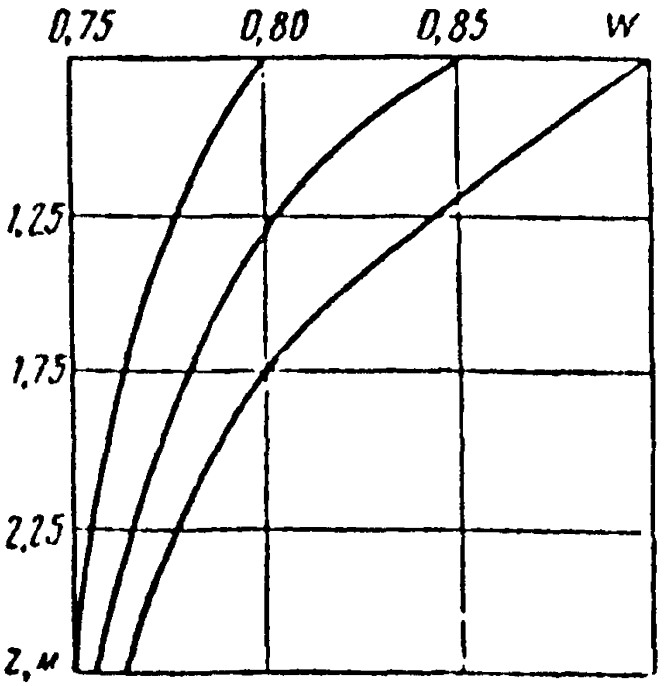


Рис.П.2.1 Номограмма для определения относительной влажности **W** от толщины $Z_1$ стабильного слоя.

Для районов II-III дорожно-климатических зон западнее линии Псков - Смоленск - Орел - Воронеж значения влажности грунтов, приведенные в табл.П.2.1 увеличивают на 0,02 $W_т$. Значение средней влажности $W_{ср}$ грунта земляного полотна дорог, проходящих вблизи границ дорожно-климатических зон (в преде-лах 50 км), принимают равной промежуточному значению между соответствую-щими влажностями грунта в смежных зонах.

П.2.6. Внутри каждой зоны отдельные участки дорог по характеру и степени увлажнения относятся к одному из трех типов местности. Тип увлажнения местности устанавливают при изысканиях.

П.2.7. Средние влажности $W_{ср}$ грунта, приведенные в табл.П.2.1, действительны для равнинного рельефа. В предгорных и горных районах среднюю влажность устанавливают по данным региональных схем дорожно-климатического районирования, разрабатываемых в дополнение к карте дорожно-климатических зон. При отсутствии региональных схем районирования по вертикальной зональности среднюю влажность в предгорных (до 1000 м) и горных (выше 1000 м) районах увеличивают по сравнению с рекомендуемой в табл.П.2.1. соответственно на 0,03-0,05 $W_т$.

П.2.8. При расчете конструкций, в которых предусмотрены такие мероприятия, как устройство монолитных оснований дорожных одежд, водонепроницаемых обочин, совершенный дренаж, теплоизоляционные слои, полностью предотвращающие промерзание земляного полотна, и др., среднюю влажность по табл.П.2.1 следует уменьшить на значения, указанные в табл.П.2.2.

П.2.9. Расчетную влажность грунта следует устанавливать вероятностным методом ввиду временной (по сезонам и годам) изменчивости влажности грунта земляного полотна и необходимости рассчитывать дорожную конструкцию на прочность с заданным уровнем проектной надежности.

Под расчетной влажностью $W_р$ грунта в этом случае подразумевают максимальное значение средней влажности грунта в пределах активной зоны земляного полотна, наблюдающееся в наиболее неблагоприятный период года (время, в течение которого грунт активной зоны наиболее увлажнен) хотя бы в одном году за срок между капитальными ремонтами дорожной одежды.

*Таблица П.2.2*

Поправка к средней влажности

| Конструктивное мероприятие | Снижение средней влажности в долях $W_т$, в дорожно-климатических зонах | | | |
|---|---|---|---|---|
| | II | III | IV | V |
| Основания одежды или морозозащитные слои на границе раздела с грунтом земляного полотна из укрепленных материалов и грунтов на основе: | | | | |
| крупнообломочного грунта и песка | 0,04 | 0,04 | 0,03 | 0,03 |
| супеси | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,04 |
| пылеватых песков и супесей, суглинка, зологрунтов | 0,08 | 0,08 | 0,06 | 0,05 |
| Укрепление обочин (не менее, чем на $^2/_3$ их ширины): | | | | |
| асфальтобетоном | 0,05 | 0,04 | 0,03 | 0,02 |
| щебнем (гравием) | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| Дренаж с продольными трубчатыми дренами | 0,05 | 0,03 | - | - |
| Обеспечение безопасного расстояния от уреза застаивающейся воды до бровки земляного полотна | 0,03 | 0,02 | - | - |
| Устройство в земляном полотне гидроизоляционных прослоек из полимерных рулонных материалов | 0,05 | 0,05 | 0,03 | 0,03 |
| Устройство теплоизолирующего слоя, предотвращающего промерзание грунта | Снизить на расчетное зимнее влагонакопление | | | |
| Грунт в активной зоне земляного полотна в "обойме" | Снизить расчетную влажность грунта до оптимального значения | | | |
| Грунт, уплотненный до $k_{упл}$=1,03-1,05 в слое 0,3-0,5 м от низа дорожной одежды | - | 0,03 - 0,05 | 0,03 - 0,05 | 0,03 - 0,05 |

Расчетная влажность грунта

$$W_р = W_{ср}(1 + t\,C_w)\,, \qquad (П.2.1)$$

где $W_{ср}$ - средняя влажность грунта в долях от $W_т$ (табл.П.2.1); $C_w$ - коэффициент вариации влажности, равный 0,1; t - коэффициент нормированного отклонения, принимаемый в зависимости от заданного уровня проектной надежности конструкции дорожной одежды:

| Категория дороги | V | IV | III | I - II |
|---|---|---|---|---|
| Коэффициент t нормированного отклонения | 0,25 | 1,04 | 1.28 | 1,64 |

П.2.10. Модули упругости глинистых грунтов и пылеватых песков существенно зависят от их влажности. Расчетные значения этих характеристик при кратковременном нагружении приведены в табл.П.2.3.

Значения модулей упругости суглинка и глины даны применительно к гидрослюдистому и каолинитовому минералогическому составу глинистых частиц. Характеристики суглинков и глин монтмориллонитового состава при влажности (0,60-0,75)$W_т$, а также некоторых засоленных грунтов следует определять экспериментальными методами. При влажности выше 0,75$W_т$ для этих грунтов должны быть приняты меры по защите их от чрезмерного увлажнения или замене таких грунтов.

Таблица П.2.3

Модули упругости грунта

| Грунт | Расчетные значения модулей упругости $E_{гр}$, Мпа, при влажности грунта, доли от $W_т$ | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0,50 | 0,55 | 0,60 | 0,65 | 0,70 | 0,75 | 0,80 | 0,85 | 0,90 | 0,95 |
| Супесь легкая | 70 | 60 | 56 | 53 | 49 | 45 | 43 | 42 | 41 | 40 |
| Песок пылеватый | 96 | 90 | 84 | 78 | 72 | 66 | 60 | 54 | 48 | 43 |
| Суглинок легкий и тяжелый, глина | 108 | 90 | 72 | 50 | 41 | 34 | 29 | 25 | 24 | 23 |
| Супесь пылеватая, суглинок легкий пылеватый | 108 | 90 | 72 | 54 | 46 | 38 | 32 | 27 | 26 | 25 |

П.2.11. Деформационные и прочностные характеристики песков за исключением пылеватых и супеси легкой крупной мало зависят от их влажности (во всяком случае, в интервале до полной влагоемкости) и, следовательно, они мало изменчивы от погодно-климатических условий. Деформационные и прочностные расчетные характеристики таких грунтов при плотности, соответствующей требованиям СНиПа, принимаются по табл.П.2.4.

Таблица П.2.4

Модули упругости песчаных грунтов

| Грунт | $E_{гр}$, Мпа |
|---|---|
| Песок крупный, гравелистый | 130 |
| Песок средней крупности | 120 |
| Песок мелкий | 100 |
| Песок одноразмерный (барханный, дюнный или подобный им) | 75 |
| Супесь легкая крупная | 65 |

*Приложение 3*

# РАСЧЕТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРИАЛОВ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ

П.3.1. Модули упругости асфальтобетона даны в табл.П.3.1.

**Таблица П.3.1**

Модули упругости асфальтобетона

| Материал | Марка битума | Расчетные значения модуля упругости Е, МПа |
|---|---|---|
| Плотный асфальтобетон | БНД 40/60 | 4400 |
| | БНД 60/90 | 3200 |
| | БНД 90/130 | 2400 |
| | БНД 130/200 | 1500 |
| | БНД 200/300 | 1200 |
| | БГ 70/130 | 1000 |
| | СГ 130/200 | 900 |
| | СГ 70/130 | 800 |
| | МГ 70/130 | 800 |
| Пористый и высокопористый асфальтобетон, в том числе битумо-песчаная смесь по ТУ 218 РСФСР 395-79 | БНД 40/60 | 2800 |
| | БНД 60/90 | 2000 |
| | БНД 90/130 | 1400 |
| | БНД 130/200 | 1100 |
| | БНД 200/300 | 950 |
| Плотный дегтебетон | | 3800 |
| Пористый дегтебетон | | 2000 |

*Примечание*: Значения модулей упругости, приведенные в таблице П.3.1, соответствуют асфальтобетону I марки. Для плотного асфальтобетона II и III марок модули упругости следует понижать соответственно на 10% и 30%. То же относится к пористому и высокопористому асфальтобетону, укладываемому под плотный асфальтобетон соответствующих марок.

П.3.2. Расчетные значения характеристик материалов и грунтов, укрепленных вяжущими веществами, следует принимать по табл.П.3.2.

В таблице П.3.3 приведены характеристики слоев из неукрепленных зернистых материалов и материалов, обработанных вяжущими на дороге.

Таблица П.3.2

Модули упругости материалов и грунтов, обработанных вяжущими в установках или передвижными смесителями (дорожными фрезами)

| № п/п | Материал | Модуль упругости Е, МПа |
|---|---|---|
| *1* | *2* | *3* |
| 1. | Щебень и гравий, обработанные цементом, марок: | |
| | 75 | 1000 |
| | 60 | 900 |
| | 40 | 700 |
| 2. | Крупнообломочные грунты и гравийно-песчаные смеси оптимального или близких к оптимальному составов, укрепленные комплексными вяжущими: | |
| | I класс прочности | 900 - 700 |
| | II класс прочности | 650 - 500 |
| | III класс прочности | 450 - 300 |
| 3. | То же, укрепленные цементом: | |
| | I класс прочности | 800 - 550 |
| | II класс прочности | 530 - 350 |
| | III класс прочности | 320 - 280 |
| 4. | То же, укрепленные активной золой-уносом или гранулированным шлаком, известью, фосфатными вяжущими и другими композиционными вяжущими из них с добавками или без добавок ПАВ, дегтем и т.п.: | |
| | I класс прочности | 700 - 530 |
| | II класс прочности | 500 - 330 |
| | III класс прочности | 300 - 250 |
| 5. | Крупнообломочные грунты и гравийно-песчаные смеси оптимального или близких к оптимальному составу, укрепленные вязким битумом или эмульсией на вязком битуме | 450 - 250 |
| 6. | Крупнообломочные грунты и гравийно-песчаные смеси неоптимального состава, пески (кроме мелких, пылеватых и одноразмерных), супесь легкая крупная, щебень малопрочных пород и отходы камнедробления, укрепленные комплексными вяжущими: | |
| | I класс прочности | 800 - 650 |
| | II класс прочности | 600 - 450 |
| | III класс прочности | 420 - 280 |
| 7. | То же, укрепленные цементом: | |
| | I класс прочности | 700 - 500 |
| | II класс прочности | 480 - 330 |
| | III класс прочности | 300 - 250 |
| 8. | То же, укрепленные вяжущими, указанными в порядковом номере 4: | |
| | II класс прочности | 450 - 300 |
| | III класс прочности | 280 - 200 |
| 9. | То же, укрепленные вязким битумом или эмульсией на вязком битуме | 300 - 200 |

Продолжение табл.П.3.2

| 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|
| 10. | Пески мелкие и пылеватые, супесь легкая и пылеватая, укрепленные комплексными вяжущими: | |
| | I класс прочности | 750 - 600 |
| | II класс прочности | 550 - 400 |
| | III класс прочности | 380 - 250 |
| 11. | То же, укрепленные цементом: | |
| | I класс прочности | 650 - 480 |
| | II класс прочности | 450 - 300 |
| | III класс прочности | 260 - 220 |
| 12. | То же, укрепленные вяжущими, указанными в порядковом номере 4: | |
| | II класс прочности | 430 - 280 |
| | III класс прочности | 230 - 180 |
| 13. | То же, укрепленные вязким битумом или эмульсией на вязком битуме | 300 - 220 |
| 14. | Побочные продукты промышленности (каменные материалы и крупнообломочные грунты, сопутствующие рудным ископаемым, золошлаковые смеси, формовочные смеси, фосфоритные "хвосты" и т.п.), укрепленные комплексными вяжущими: | |
| | I класс прочности | 700 - 550 |
| | II класс прочности | 530 - 350 |
| | III класс прочности | 320 - 200 |
| 15. | То же, укрепленные цементом: | |
| | I класс прочности | 600 - 420 |
| | II класс прочности | 400 - 250 |
| | III класс прочности | 220 - 180 |
| 16. | То же, укрепленные вяжущими, указанными в порядковом номере 4: | |
| | II класс прочности | 350 - 220 |
| | III класс прочности | 200 - 130 |
| 17. | То же, укрепленные вязким битумом или эмульсией на вязком битуме | 250 - 180 |
| 18. | Супеси тяжелые и пылеватые, суглинки легкие, укрепленные комплексными вяжущими: | |
| | I класс прочности | 600 - 500 |
| | II класс прочности | 450 - 300 |
| | III класс прочности | 280 - 150 |
| 19. | То же, укрепленные минеральными вяжущими - цементом, золой-уносом или гранулированным шлаком: | |
| | I класс прочности | 500 - 350 |
| | II класс прочности | 350 - 230 |
| | III класс прочности | 200 - 120 |
| 20. | То же, укрепленные вяжущими, указанными в порядковом номере 4: | |
| | II класс прочности | 300 - 200 |
| | III класс прочности | 180 - 100 |
| 21. | То же, укрепленные эмульсиями на вязких битумах | 250 - 180 |

Продолжение табл.П.3.2

| 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|
| 22. | Суглинки тяжелые и пылеватые, глины песчанистые и пылеватые, укрепленные минеральными и комплексными вяжущими: | |
| | II класс прочности | 330 - 200 |
| | III класс прочности | 180 - 100 |

*Примечания.*

1 Под комплексными вяжущими понимаются: цемент + вязкий битум или эмульсии на вязком битуме; цемент + полимерное вяжущее; цемент (известь) + активные золы-уносы или гранулированные шлаки и т.д.

2 Большие значения расчетных характеристик принимают при: а) использовании более качественных минеральных материалов и активных вяжущих; б) укреплении материалов и грунтов неорганическими вяжущими в III-V дорожно-климатических зонах; в) укреплении вязким битумом и битумной эмульсией на вязком битуме в I и II дорожно-климатических зонах.

3 Подбирать составы смесей и назначать их класс прочности следует по ГОСТ 23558-79 и по Инструкции СН 25-74.

Таблица П.3.3

## Модули упругости материалов, обработанных вяжущими на дороге и не обработанных вяжущими

| Материал (грунт) | Модуль упругости E, МПа | Примечание |
|---|---|---|
| Черный щебень, уложенный по способу заклинки | 600 - 900 | Большие значения - для покрытий, меньшие - для оснований |
| Слой из щебня I и II класса прочности, устроенный по способу пропитки вязким битумом | 400 - 600 | То же |
| Щебень фракционированный I-III класса прочности, уложенный по способу заклинки: | | |
| из прочных осадочных пород | 350 - 450 | То же |
| из изверженных пород | 250 - 350 | То же |
| Фракционированный щебень, укрепленный цементо-песчаной смесью по способу пропитки | 500 | |
| Шлак с подобранным гранулометрическим составом: | | Большие значения - при устойчивой структуре шлака |
| активный | 350 - 450 | |
| малоактивный | 200 - 300 | |
| Рядовой шлаковый щебень | 150 - 200 | |
| Каменная мостовая, пакеляж | 400 - 500 | |
| Грунт, укрепленный жидким битумом: | | Большие значения - при смешении в установке и применении битумной эмульсии |
| супесь непылеватая | 150 - 200 | |
| суглинок, супесь пылеватая | 80 - 150 | |
| Песчано - гравийные смеси № 1,2,4 по ГОСТ 25607-83 | 180 | |

П.3.3. Расчетные значения деформационных и прочностных характеристик теплоизоляционных материалов, используемые в расчетах на прочность дорожных одежд с теплоизолирующими слоями, следует принимать по табл.П.3.4.

Таблица П.3.4

Модули упругости теплоизоляционных материалов

| Теплоизоляционный материал | Модуль упругости Е, МПа |
|---|---|
| Пенопласт марки ПС-4 | 13,0 - 33,5 |
| Стиропорбетон | 500 - 800 |
| Аглопоритовый щебень, обработанный вязким битумом | 100 |
| Керамзитовый гравий, обработанный вязким битумом | 500 |
| Гравий (щебень) с легкими заполнителями, обработанные вязким битумом | 500 |
| Цементогрунт с перлитом | 130 |
| То же, с полистиролом, состава: гранулы полистирола 3-2%, песок 97-98% (% от массы), цемент 7-6% | 300 |
| То же, с керамзитом, состава: песок 75%, керамзит 25%, цемент 6% | 300 |
| Битумоцементогрунт с перлитом, состава: перлитовый щебень 25-30%, песок 75-80%, цемент 4-6%, битум 12-10% от (массы песка, перлита и цемента) | 200 - 300 |
| Цементогрунт с аглопоритом, состава: супесь или песок 70-80%, аглопорит 30-20%, цемент 6% | 250 - 350 |
| Золошлаковые смеси, укрепленные цементом | 150 |
| Грунт, укрепленный золой-уносом | 200 |

П.3.4. Расчетные характеристики неукрепленных малопрочных каменных материалов принимают по рис.П.3.1. Под малопрочными каменными материалами понимаются гравий, щебень, гравийные, щебеночные и гравийно-(щебеночно)-песчаные смеси, в которых содержится или же может образоваться в процессе строительства и эксплуатации основания избыточное по сравнению с действующими нормами количество мелких частиц с числом их пластичности до 7. Предусматривается применение: природных или искусственно составленных смесей с содержанием зерен гравия (щебня) крупнее 5 мм не менее 20%, щебня из осадочных пород марок 400, 300 и 200 по дробимости, щебня из изверженных и метаморфических пород марки 600 по дробимости, дресвы, опоки, грунтощебня и др.

Упруго-деформационные и прочностные свойства малопрочных материалов зависят в основном от процентного содержания и числа пластичности смеси

фракций размером мельче 0,63 мм. Для щебня число пластичности этих фракций определяется после его стандартного испытания на дробимость или износ.

Расчетные характеристики слоев из щебеночных смесей и щебня для дорог во II-III дорожно-климатических зонах устанавливают по графику (см. рис.П.3.1); для дорог в IV-V климатических зонах значения этих характеристик следует увеличивать на 25%. Расчетные характеристики слоев из гравийных и гравийно-песчаных смесей для дорог IV-V климатических зонах устанавливают по графику рис П 3 1, для дорог во II-III климатических зонах значения этих характеристик следует уменьшить на 30%

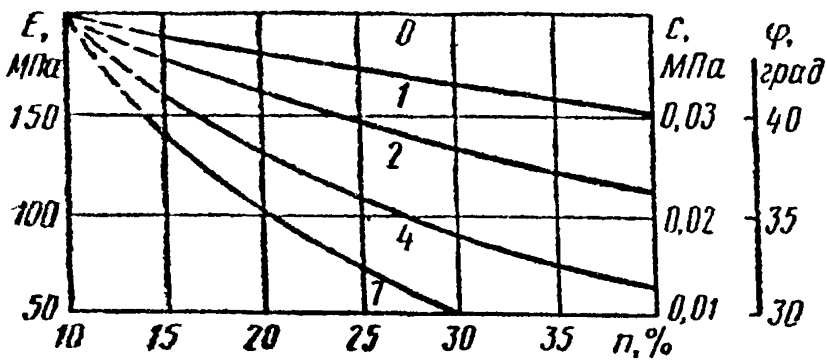


Рис П 3 1 Зависимость модуля упругости E от содержания частиц n размером менее 0,63 мм (или показателя дробимости малопрочного щебня) для щебеночных и гравийных материалов (смесей) На кривых показано число пластичности частиц в смеси размером мельче 0,63 мм.

***Приложение 4***

## ПРИМЕР РАСЧЕТА № 1

П 4 1. Рассчитать дорожную одежду с асфальтобетонным покрытием капитального типа для дороги II категории в юго-восточной части Московской области Грунт земляного полотна - суглинок легкий (непылеватый) Тип местности - 2-ой Расчетная глубина залегания грунтовых вод от поверхности дорожной одежды 250 см Состав движения на 1-ый год службы дороги и ожидаемый его рост приведены в табл П 4 1

Таблица П 4 1

Состав движения, ожидаемый в первый год эксплуатации дороги

| Типы автомобилей | Интенсивность движения, авт/сут | Средний показатель изменения интенсивности движения по годам |
|---|---|---|
| Легковые | $N_{1л}$=1900 | 1,03 |
| Легкие грузовые автомобили грузоподъемностью от1 до 2т | $N_{1лг}$=204 | 1,03 |
| Средние грузовые автомобили грузоподъемностью от 2 до 5 т | $N_{1ст}$=117 | 1,02 |
| Тяжелые грузовые автомобили грузоподъемностью от 5 до 8 т | $N_{1т}$=93 | 1,01 |
| Очень тяжелые грузовые автомобили грузоподъемностью более 8 т | $N_{1отт}$=58 | 1,01 |
| Автобусы | $N_{1а}$=70 | 1,02 |
| Тягачи с прицепами | $N_{1тп}$=70 | 1,03 |

П 4 2 В соответствии со СНиП 2 05 02-85 и табл 1 1 настоящей "Инструкции" намечаем дорожную одежду с асфальтобетонным покрытием I марки

П 4 3 Определяем общую толщину дорожной одежды, обеспечивающую ее морозоустойчивость (см раздел 3)

П 4 3 1 Устанавливаем по карте изолиний на рис 3 1 для юго-восточной части Московской области среднюю глубину промерзания $Z_{ср}$=140 см С учетом поправки, приведенной в подрисуночной подписи,расчетная глубина промерзания Z=140+57=197 см

По карте изолиний на рис 3 2 климатический показатель $\alpha_0$=100 см$^2$/сут

В соответствии с табл 3 2 комплексная характеристика грунта по степени пучинистости B=3 5 см$^2$/сут

П 4 3 2 Определяем величину Z/H=197/250=0,788 (H - расчетная глубина залегания грунтовых вод) В соответствии с П 1 4 производим округление, принимая Z/H=0,8

П 4 3 3 В случае асфальтобетонного покрытия I марки, для определения общей толщины дорожной одежды и непучинистых грунтов $Z_1$ пользуемся табл П 1 3 Производим интерполяцию для B=3,5 см$^2$/сут в соответствии с п П 1 3 В результате получаем для $Z_{ср}$=140 см и $\alpha_0$=100 см$^2$/сут. величину $Z_1$=50 см

П 4 4 Определяем общую толщину дренирующего слоя (см раздел 4)

П 4 4 1 В соответствии со СНиП 2 05 02-85 Московская область относится ко II дорожно-климатической зоне (II ДКЗ)

По табл 4 1 для песка с коэффициентом фильтрации 2 м/сут при укладке на всю ширину земляного полотна, длине пути фильтрации $L_ф$=7 м, во 2-м типе местности толщина дренирующего слоя при суглинке легком непылеватом составляет $h_п$=$h_{др}$=30 см

П 4 4 2 Коэффициент фильтрации песка, который предполагается использовать при строительстве дренирующего слоя на всю ширину проезжей части, составляет 2,5 м/сут

Длина пути фильтрации согласно п.4.6 при общей ожидаемой толщине дорожной одежды около 70 см на дороге II категории при крутизне откосов 1:4 составляет $L_ф$=10,3м.

В соответствии с поправками по п 4.6 $h_п$=$h_{др}$= 40 см

П 4 5 Определяем суммарное движение по каждому типу автомобилей за срок службы дорожной одежды Легковые автомобили при наличии грузовых в расчет дорожной одежды не вводятся.

Для расчета используем формулу (5.1), при этом $T_{рдн}$ =120 сут (см.табл.5.3); $K_{пу}$=0,7; $T_{сл}$ =15 лет (см.табл.5.4).

Легкие грузовые автомобили $N_{1лг}$=204 авт/сут (см.табл.П 4.1), $K_c$=18,6 (см.табл.5.2). $N_{слг}$=204·18,6·120·0,7=3,19·$10^5$ авт.

Средние грузовые автомобили $N_{1сг}$=117 авт/сут (см табл.П.4.1), $K_c$=17,2 (см табл.5.2) $N_{сср}$=117 · 17,2 ·120 · 0,7=1,69 · $10^5$ авт.

Тяжелые грузовые автомобили $N_{1тг}$=93 авт/сут (см табл.П 4 1), $K_c$= 16,1 (см.табл.5.2). $N_{стг}$= 93·16,1·120 · 0,7=1,26·$10^5$ авт.

Очень тяжелые грузовые автомобили $N_{1оп}$ =58 авт/сут (см.табл.П.4.1), $K_c$=16,1 (см табл 5 2) $N_{соп}$ =58 ·16,1 ·120 · 0,7=0,79 ·$10^5$ авт

Автобусы $N_{1а}$=70 авт/сут (см табл.П.4.1.), $K_c$=17,2 (см.табл.5.2).

$N_{са}$=70·17,2·120·0,7=1,01·$10^5$ авт.

Тягачи с прицепами $N_{1тп}$=70 авт/сут (см табл.П.4.1). $K_c$=18,6 (см табл.5.2).

$N_{стп}$ =70 18,6·120·0,7=1,09·$10^5$ авт

П 4 6 Вычисляем общее суммарное количество проходов автомобилей, приведенных к расчетной нагрузке за срок службы дорожной одежды по формуле (5.2). При этом, значения суммарных коэффициентов приведения к расчетной нагрузке воздействия на дорожную одежду различных транспортных средств берем из табл.5.1; значение коэффициента, учитывающего распределение автомобилей по полосам движения для дороги II категории (2 полосы движения) $f_{пол}$=0,55 (см.табл.5.5); коэффициент, учитывающий вероятность отклонения

суммарного движения от среднего ожидаемого для дороги II категории при капитальной одежде $K_н$=1,49 (см табл 5 6)

$N_{рс}$=0,55· (3,19·10$^5$·0,05 + 1,69 ·10$^5$·0,20 +1,26·10$^5$· 0,70 + 0,79 10$^5$·1,25 +1,01·10$^5$·0,80 + 1,09·10$^5$·1,50) · 1,49=0,55 · (0,160·10$^5$+0,337·10$^5$+0,883·10$^5$+0,985·10$^5$+0,808·10$^5$+1,637·10$^5$) × ×1,49=0,55·4,81·10$^5$·1,49=3,94 ·10$^5$ авт

П 4 7 Требуемый модуль упругости в соответствии с табл 5 7 при $N_{рс}$=3,94·10$^5$ автомобилей составляет $E_{тр}$=$E_{общ\,р}$=242 МПа

П 4 8 Расчет толщины слоев дорожной одежды производим, исходя из рекомендаций в п п 5 4, 5 5 и 5 6

П 4 8 1 Определяем по формуле (П 2 1) расчетную влажность грунта При этом в соответствии с табл П 2 1 и П 2 2 для суглинка легкого непылеватого, II дорожно-климатической зоны и 2 типа местности при наличии укрепленных щебнем обочин средняя влажность грунта в долях от предела текучести составляет $W_{ср}$=0,68-0,02=0,66

Следовательно, $W_р$ =0,66 · (1+1,64·0,1)=0,77

П 4 8 2 По табл П 2 3 при $W_р$ =0,77 устанавливаем величину расчетного модуля упругости грунта $E_{гр}$=32 МПа

П 4 8 3 Исходя из наличия местных и привозных материалов, намечаем вариант конструкции дорожной одежды. приведенный в табл П 4 2 При этом учитываем требования, изложенные в п п 1 6 и 1 7, а также в разделе 2

П 4 8 4 Определяем по номограмме на рис 5 1 величину общего модуля упругости на поверхности нижнего слоя асфальтобетона

$E_{общ}/E_в$=$E_{общ\,р}/E_{абв}$=242/3200=0,076, h/D=$h_{абв}$/D=5/37=0,135,

По номограмме на рис 5 1 $E_н/E_в$ =E'/$E_{абв}$=0,06,

E'=0,06·3200=192 Мпа

П 4 8 5 Определяем величину общего модуля упругости **на поверхности щебня, обработанного цементом**

$E_{общ}/E_в$=E'/$E_{абн}$=192/2000=0,096, h/D=$h_{абн}$/D=7/37=0,189

По номограмме на рис 5 1 $E_н/E_в$ =E"/$E_{абн}$=0,07,

E" =0,07·2000=140 МПа

Таблица П.4.2

Конструкция дорожной одежды и данные по ее расчету

| №№ слоев | Наименование слоев | Толщина слоев, см | Модули упругости материала слоя, МПа | Модули упругости на поверхности слоев, МПа |
|---|---|---|---|---|
| 1. | Асфальтобетон верхнего слоя, плотный мелкозернистый I марки на битуме БНД-60/90 | $h_{абв}$= 5,0 | $E_{абв}$= 3200 | $E_{общ\ р}$= 242 |
| 2. | Асфальтобетон нижнего слоя, крупнозернистый пористый на битуме БНД-60/90 | $h_{абв}$= 7,0 | $E_{абн}$= 2000 | E'= 192 |
| 3. | Щебень, обработанный цементом марки 40 | $h_{щ-ц}$= 17,0 | $E_{щ-ц}$= 700 | E''= 140 |
| 4. | Песок мелкий | $h_{п}$= 40,0 | $E_{п}$= 100 | E'''= 64 |
| 5. | Грунт суглинистый, легкий непылеватый | - | $E_{гр}$= 32 | $E_{гр}$= 32 |

П.4 8.6. Определяем величину общего модуля упругости на поверхности песчаного слоя.

$E_{н}/E_{в}=E_{гр}/E_{п}=32/100=0,32$; $h/D=h_{п}/D=40/37=1,08$;

По номограмме на рис.5 1 $E_{общ}/E_{в}=E'''/E_{п}=0,64$;

$E'''=0,64\ 100=64$ МПа.

П.4.8.7. Определяем толщину слоя из щебня, обработанного цементом.

$E_{общ}/E_{в}=E''/E_{щ-ц}=140/700=0,20$; $E_{н}/E_{в}=E'''/E_{щ-ц}=64/700=0,091$;

По номограмме на рис.5.1 $h/D=h_{щ-ц}/D=0,44$:

$h_{щ\ ц}=0,44\ 37=17$ см.

П 4.8.8. Проверяем обеспечение условий морозоустойчивости. Общая толщина дорожной одежды: $H_{д\ о}=h_{абв}+h_{абн}+h_{щ-ц}+h_{п}=5+7+17+40=69$ см.

По условиям морозоустойчивости общая толщина дорожной одежды должна быть не менее $Z_1=50$ см (см.п.П.4.3.2).

$H_{д\ о}>Z_1$, следовательно, морозоустойчивость обеспечена и определение $Z_{1э}$ согласно п.3.8 не требуется.

*Приложение 5*

## ПРИМЕР РАСЧЕТА № 2

П.5.1. Рассчитать дорожную одежду с асфальтобетонным покрытием облегченного типа для дороги III категории в Омской области. Грунт земляного

полотна - суглинок тяжелый пылеватый Тип местности - 2-ой Расчетная глубина залегания грунтовых вод от поверхности дорожной одежды - 300 см Состав движения на 1-ый год службы дороги и ожидаемый его рост приведены в табл П 5 1

Таблица П 5 1

Состав движения, ожидаемый в первый год эксплуатации дороги

| Типы автомобилей | Интенсивность движения, авт/сут | Средний показатель изменения интенсивности движения по годам |
|---|---|---|
| Легковые | $N_{1л}$=900 | 1,02 |
| Легкие грузовые автомобили грузоподъемностью от 1 до 2 т | $N_{1л}$=116 | 1,03 |
| Средние грузовые автомобили грузоподъемностью от 2 до 5 т | $N_{1ст}$=58 | 1,01 |
| Тяжелые грузовые автомобили грузоподъемностью от 5 до 8 т | $N_{1т}$=40 | 1,01 |
| Очень тяжелые грузовые автомобили грузоподъемностью более 8т | $N_{1оп}$=35 | 1,02 |
| Автобусы | $N_{1а}$=35 | 1,02 |
| Тягачи с прицепами | $N_{1тп}$=46 | 1,03 |

П 5 2 В соответствии со СНиП 2 05 02-85 и табл 1 1 настоящей "Инструкции" принимаем дорожную одежду с асфальтобетонным покрытием III марки

П 5 3 Определяем общую толщину дорожной одежды, обеспечивающую ее морозоустойчивость (см раздел 3)

П 5 3 1 Устанавливаем по карте изолиний на рис 3 1 для Омской области среднюю глубина промерзания $Z_{ф}$=220 см С учетом поправки, приведенной в подрисуночной подписи,расчетная глубина промерзания Z=220+75=295 см

По карте изолиний на рис 3 2 климатический показатель $\alpha_0$=300 см$^2$/сут

По табл 3 2 комплексная характеристика грунта по степени пучинистости B=4 5 см$^2$/сут

П 5 3 2 Определяем величину Z/H =295/300=0,98≈1

Для покрытия из асфальтобетона III марки при определении общей толщины дорожной одежды и непучинистых грунтов $Z_1$ пользуемся табл П 1 7 Производим интерполяцию для B=4,5 см$^2$/сут и $\alpha_0$=300 см$^2$/сут в соответствии с п П 1 3 В результате получаем для $Z_{ф}$=220 см величину $Z_1$=18 см

П 5 4 Определяем общую толщину дренирующего слоя (см раздел 4)

П 5 4 1 В соответствии со СНиП 2 05 02-85 Омская область относится к III дорожно-климатической зоне (III ДКЗ)

По табл.4.1. для песка с коэффициентом фильтрации 2 м/сут при укладке на всю ширину земляного полотна и длине пути фильтрации 7 м, в III ДКЗ, во 2-м типе местности, при суглинке пылеватом толщина дренирующего слоя составляет 25 см.

П 5 4 2 При строительстве предполагается использовать песок с коэффициентом фильтрации 2 м/сут, укладываемый на всю ширину проезжей части.

Длина пути фильтрации согласно п.4.6 при общей ожидаемой толщине дорожной одежды примерно 65 см на дороге III категории при крутизне откосов 1:4 составляет $L_ф$=9,7 м

Тогда с учетом поправок по п 4 6 $h_п=h_{др}$=40 см

П 5.5. Определяем суммарное движение по каждому типу автомобилей за срок службы дорожной одежды. Легковые автомобили при наличии грузовых в расчет дорожной одежды не вводятся

Для расчета используем формулу (5.1), при этом $T_{рдн}$=120 сут (см табл.5.3); $K_{ц}$=0,7; $T_{сл}$ -13 лет (см табл.5.4).

Легкие грузовые автомобили $N_{1лг}$=116 авт/сут (см табл.П.5.1), $K_c$=15,7 (см.табл.5.2). $N_{слг}$ =116·15,7·120·0,7=1,52·$10^5$ авт.

Средние грузовые автомобили $N_{1сг}$=58 авт/сут (см табл.П.5.1), $K_c$=11,4 (см табл.5.2). $N_{ссг}$ =58 11,4·120 0,7=0,55·$10^5$ авт.

Тяжелые грузовые автомобили $N_{1тг}$= 40 авт/сут (см табл.П.5.1), $K_c$=11,4 (см табл 5 2) $N_{стг}$ =40·11,4·120·0,7=0,39·$10^5$ авт.

Очень тяжелые грузовые автомобили $N_{1отг}$=35 авт/сут (см табл.П.5.1), $K_c$=14,7 (см табл.5.2) $N_{сотг}$ =35·14,7·120·0,7=0,43 ·$10^5$ авт.

Автобусы $N_{1а}$ =35 авт/сут (см.табл.П 5.1.), $K_c$=14,7 (см.табл.5.2). $N_{са}$ =35·14,7 ·120· 0,7=0,43$10^5$ авт.

Тягачи с прицепами $N_{1тп}$ =46 авт/сут (см.табл.П.5.1), $K_c$=15,7 (см.табл.5.2). $N_{стп}$ =46·15,7·120·0,7=0,58·$10^5$ авт.

П 5.6. Вычисляем общее суммарное количество проходов автомобилей, приведенных к расчетной нагрузке за срок службы дорожной одежды по формуле (5.2). При этом значения $S_{ic}$ берем из табл.5.1, $f_{пол}$=0,55 (см табл.5.5), $K_и$=1,32 (см.табл.5.6).

$N_{рс}$=0,55· (1,52·$10^5$· 0,05 + 0,55 · $10^5$ · 0,20 + 0,39 · $10^5$ · 0,70 + 0,43·$10^5$·1,25 + 0,43·$10^5$·0,80 + +0,58·$10^5$·1,50) 1,32=0,55 (0,076·$10^5$ + 0,110·$10^5$ + 0,271·$10^5$ + 0,535·$10^5$ +0,342·$10^5$+0,867·$10^5$) 1,32=0,55·2,20·$10^5$·1,32=1,596·$10^5$авт.

П 5 7 В соответствии с табл 5 7 среднее значение требуемого модуля упругости при $N_{РС} = 1{,}596\ 10^5$ автомобилей составляет $E_{тр}=E_{общ\ р}=151$ МПа.

П 5 8 Расчет толщины слоев дорожной одежды ведем в соответствии с рекомендациями в п п 5 4, 5 5 и 5 6

П 5 8 1 Определяем по формуле (П 2 1) расчетную влажность грунта $W_р$. В соответствии с табл П 2 1 и П 2 2 для суглинка тяжелого пылеватого в III ДКЗ при 2 типе местности при наличии укрепленных гравием обочин средняя влажность грунта $W_{ср} = 0{,}67 - 0{,}02 = 0{,}65$ Тогда $W_р = 0{,}65\ (1 + 1{,}20 \cdot 0{,}1) = 0{,}73$

П 5 8 2 По табл П 2 3 определяем $E_{гр} = 37$ МПа

П 5 8 3 Исходя из наличия местных и привозных материалов намечаем вариант конструкции дорожной одежды (см табл П 5 2) При этом должны быть учтены требования п п 1 6 и 1 7, а также раздела 2

Таблица П 5 2

Конструкция дорожной одежды и данные по ее расчету

| №№ слоев | Наименование слоев | Толщина слоев, см | Модули упругости материала слоя, МПа | Модули упругости на поверхности слоев, МПа |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Асфальтобетон верхнего слоя, плотный мелкозернистый III марки на битуме БНД-60/90 | $h_{абв}$= 4,0 | $E_{абв}$= 2250 | $E_{общ\ р}$= 151 |
| 2 | Асфальтобетон нижнего слоя, крупнозернистый пористый на битуме БНД-60/90 | $h_{абв}$= 6,0 | $E_{абн}$= 1400 | E'= 131 |
| 3. | Супесчаный грунт, укрепленный цементом, III класса прочности | $h_{ц\text{-}гр}$= 17,0 | $E_{ц\ гр}$= 200 | E''= 98 |
| 4 | Песок мелкий | $h_{п}$= 40,0 | $E_{п}$= 100 | E'''= 68 |
| 5 | Грунт суглинистый, тяжелый пылеватый | - | $E_{гр}$= 37 | $E_{гр}$= 37 |

П.5.8.4. Определяем по номограмме на рис.5.1 величину общего модуля упругости на поверхности нижнего слоя асфальтобетона.

$E_{общ}/E_{в}=E_{общ\ р}/E_{абв}=151/2250=0{,}067$; $h/D=h_{абв}/D=4/37=0{,}108$;

По номограмме на рис.5.1 $E_{н}/E_{в}=E'/E_{абв}=0{,}058$;

$E'=0{,}058\ 2250=131$ МПа.

П 5.8.5. Определяем величину общего модуля упругости на поверхности основания из грунта, укрепленного цементом.

$E_{общ}/E_в=E'/E_{абн}=131/1400=0,093$; $h/D=h_{абн}/D=6/37=0,162$;

По номограмме на рис.5.1 $E_н/E_в=E''/E_{абн}=0,070$;

$E''=0,070\ 1400=98$ МПа.

П.5 8.6. Определяем величину общего модуля **упругости на поверхности** песчаного слоя.

$E_н/E_в=E_{гр}/E_п=37/100=0,37$; $h/D=h_п/D=40/37=1,08$;

По номограмме на рис.5.1 $E_{общ}/E_в=E'''/E_п=0,68$;

$E'''=0,68\ 100=68$ МПа.

*П.5.8.7. Определяем толщину слоя из грунта, укрепленного* **цементом.**

$E_{общ}/E_в=E''/E_{ц\ гр}=98/200=0,49$; $E_н/E_в=E'''/E_{ц-гр}=68/200=0,34$;

По номограмме на рис.5.1 $h/D=h_{щ-ц}/D=0,47$;

$h_{щ-ц}=0,47\ 37=17$ см.

П.5 8.8. Общая толщина дорожной одежды: $H_{д\ о}=h_{абв}+h_{абн}+h_{ц-гр}+h_п=$ $=4+6+17+40=67$ см.

Как видно $H_{д\ о}>Z_1$ (см.п.П5.3.2), следовательно, морозоустойчивость обеспечена и определение $Z_{1э}$ согласно п.3.8 не требуется.

***Приложение 6***

## ПРИМЕР РАСЧЕТА № 3

П.6.1. Рассчитать дорожную одежду покрытием переходного типа для дороги IV категории в Новгородской области. Грунт земляного полотна - супесь тяжелая пылеватая. *Тип местности* - 2-ой. Расчетная глубина залегания грунтовых вод от поверхности дорожной одежды - 160 см. Состав движения на 1-ый год службы дороги и ожидаемый его рост приведены в табл.П.6.1.

Таблица П.6.1

Состав движения, ожидаемый в первый год эксплуатации дороги

| Типы автомобилей | Интенсивность движения, авт/сут | Средний показатель изменения интенсивности движения по годам |
|---|---|---|
| Легковые | $N_{1л}=220$ | 1,01 |
| Легкие грузовые автомобили грузоподъемностью от 1 до 2 т | $N_{1лг}=79$ | 1,04 |
| Средние грузовые автомобили грузоподъемностью от 2 до 5 т | $N_{1сг}=135$ | 1,02 |
| Тяжелые грузовые автомобили грузоподъемностью от 5 до 8 т | $N_{1тг}=111$ | 1,02 |
| Автобусы | $N_{1а}=63$ | 1,03 |

П.6.2. В соответствии со СНиП 2.05.02-85 и табл.1.1 намечаем **дорожную** одежду со щебеночным покрытием, построенном по способу заклинки.

П.6.3. Определяем общую толщину дорожной одежды, обеспечивающую ее морозоустойчивость (см.раздел 3).

П.6.3.1. По карте изолиний на рис.3.1. устанавливаем для Новгородской области среднюю глубина промерзания $Z_{ср}$=120 см. Расчетная глубина промерзания Z=120+50=170 см.

По карте изолиний на рис.3.2 климатический показатель $\alpha_0$=75 см²/сут.

В соответствии с табл.3.2 комплексная характеристика грунта по степени пучинистости **B**=5 см²/сут.

П.6.3.2. Определяем величину **Z/H**=170/160=1,06>1.

П.6.3.3. Для определения общей толщины дорожной одежды и непучинистых грунтов $Z_1$ в данном случае следует пользоваться табл.П.1.9. В соответствии с этой таблицей при $Z_{ср}$=120 см, $\alpha_0$=75 см²/сут и **B**=5 см²/сут величина $Z_1$=80 см.

П.6.4. Определяем общую толщину дренирующего слоя (см.раздел 4).

П.6.4.1. В соответствии со СНиП 2.05.02-85 Новгородская область расположена во II ДКЗ. В соответствии с табл.4.1. для песка с коэффициентом фильтрации 2 м/сут при длине пути фильтрации $L_ф$=7 м во 2-м типе местности толщина дренирующего слоя при грунте земляного полотна - супеси тяжелой пылеватой составляет $h_п=h_{др}$=45 см.

П.6.4.2. Коэффициент фильтрации песка, который предполагается использовать при строительстве дорожной одежды составляет 1,5 м/сут. Длина пути фильтрации согласно п.4.6 при общей ожидаемой толщине дорожной одежды $Z_1$=80 см (см.п.П.6.3.3) для дороги IV категории при крутизне откосов 1:4 составляет $L_ф$=7,8 м. Тогда по п.4.6 $h_п=h_{др}$~55 см.

П.6.5. Вычисляем суммарное движение по каждому типу грузовых автомобилей за срок службы дорожной одежды.

Для расчета используем формулу (5.1), при этом $T_{рдн}$=120 сут (см.табл.5.3), $K_{пу}$=0,7; $T_{сл}$=8 лет (см.табл.5.4).

Легкие грузовые автомобили $N_{1лг}$= 79 авт/сут (см.табл.П.6.1), $K_c$=9,2 (см.табл.5.2). $N_{слг}$= 79 9,2 120 0,7=0,62 · $10^5$ авт.

Средние грузовые автомобили $N_{1сг}$=135 авт/сут (см.табл.П.6.1), $K_c$=8,6 (см.табл.5.2). $N_{ссг}$=135 8,6 120 0,7=0.97 $10^5$ авт.

Тяжелые грузовые автомобили $N_{1т}$=111 авт./сут (см.табл.П.6.1.), **$K_c$=8,6** (см.табл.5.2) . $N_{сп}$=111·8,6·120·0,7=0,80·$10^5$авт.

Автобусы $N_{1а}$=63 авт/сут (см.табл. П.6.1.), $K_c$=8,9 (см.табл.5.2).

$N_{сп}$ 63 8.9·120·0,7=0,48·$10^5$ авт.

П.6.6. Аналогично п.п. П.4.6. и П.5.6. вычисляем общее суммарное количество автомобилей, приведенных к расчетной нагрузке.

$N_{рс}$=0,55·(0,62·$10^5$·0,05 + 0,97·$10^5$ 0,20 + 0,80 $10^5$·0,70 + 0,48·$10^5$ 0,80)·1,16=

=0,55 (0,031·$10^5$ +0,179·$10^5$ +0,560·$10^5$+0,380 $10^5$)·1,16=0,55 1,150·$10^5$·1,16=0,733·$10^5$ авт.

П.6.7. Среднее значение требуемого модуля упругости согласно табл.5.7. при $N_{рс}$=0,733 $10^5$ автомобилей составляет $E_{тр}$=$E_{общ\,р}$=82Мпа.

П.6.8. Расчет толщины слоев дорожной одежды производим, исходя из рекомендаций в п.п.5.4., 5.5 и 5.6.

П.6.8.1. Вычисляем по формуле (П.2.1.) расчетную влажность грунта аналогично п.п. П.4.8.1. и П.5.8.1, полагая, что на дороге IV категории обочины будут иметь только засев травой, что не снижает расчетной влажности.

$W_р$=0,73 · (1+1,04 · 0,1)=0,81.

П.6.8.2. По табл.П.2.3. при $W_р$=0,81 определяем $E_{тр}$=28 МПа.

П.6.8.3. Аналогично п.п. П.4.8.3. и П.5.8.3. производим расчет толщины щебеночного покрытия (см.табл.П.6.2.).

Таблица П.6.2.

Конструкция дорожной одежды и данные по ее расчету

| №№ слоев | Наименование слоев | Толщина слоев, см | Модули упругости материала слоя, МПа | Модули упругости на поверхности слоев, МПа |
|---|---|---|---|---|
| 1. | Щебеночное покрытие, построенное по способу заклинки | $h_{щ}$= 25,0 | $E_{щ}$=350 | $E_{общ\,р}$>82 |
| 2. | Песок мелкий | $h_{п}$=55,0 | $E_{п}$=100 | E'=68 |
| 3. | Грунт супесчаный, тяжелый пылеватый | - | $E_{гр}$=28 | $E_{гр}$=28 |

П.6.8.4. Определяем величину общего модуля упругости на поверхности песчаного слоя.

$E_{н}/E_{в}$–$E_{гр}/E_{п}$=28/100=0,28; h/D=$h_{п}$/D=55/37=1,49;

По номограмме на рис.5.1. $E_{общ}/E_{в}$=E'''/$E_{п}$=0,68;

E'''=0,68 · 100–68 МПа.

П.6.8.5. Определяем толщину щебеночного покрытия.

$E_{общ}/E_в=E_{общ\ р}/E_щ=82/350=0,235$; $E_н/E_в=E'/E_щ=68/350=0,195$;

По номограмме на рис.5.1 $h/D=h_щ/D=0,2$;

$h_{щ-ц}=0,2 \cdot 37=8$ см.

Такая толщина слоя из щебня недопустима по требованиям СНиП 2.05.02-85 и не обеспечивает общей толщины дорожной одежды с позиций морозоустойчивости ($Z_1$=80 см). Применение покрытия из более слабого материала, например гравийного, нецелесообразно, так как в составе движения имеется значительное количество тяжелых грузовых автомобилей. В связи с указанными обстоятельствами принимаем щебеночное покрытие толщиной 25 см, построенное способом заклинки.

Пересчет по п.3.8 не требуется, поскольку эквиваленты теплотехнических свойств ε для песка и щебеночного материала практически равны 1 (см.табл.3.4).

***Приложение 7***

## ПРИМЕР РАСЧЕТА № 4

П.7.1. Рассчитать дорожную одежду с асфальтобетонным покрытием капитального типа для дороги I категории с 4-мя полосами движения в Ярославской области. Грунт земляного полотна - суглинок тяжелый (непылеватый). Тип местности - 1-ый. Расчетная глубина залегания грунтовых вод от поверхности дорожной одежды - 300 см. Состав движения на 1-ый год службы дороги и ожидаемый его рост приведены в табл.П.7.1.

Таблица П.7.1

Состав движения, ожидаемый в первый год эксплуатации дороги

| Типы автомобилей | Интенсивность движения, авт/сут | Средний показатель изменения интенсивности движения по годам |
|---|---|---|
| Легковые | $N_{1л}$ = 4500 | 1,04 |
| Легкие грузовые автомобили грузоподъемностью от 1 до 2 т | $N_{1лг}$ = 953 | 1,03 |
| Средние грузовые автомобили грузоподъемностью от 2 до 5 т | $N_{1сг}$ = 680 | 1,01 |
| Тяжелые грузовые автомобили грузоподъемностью от 5 до 8 т | $N_{1тг}$ = 816 | 1,02 |
| Очень тяжелые грузовые автомобили грузоподъемностью более 8т | $N_{1отг}$ = 544 | 1,02 |
| Автобусы | $N_{1а}$ = 816 | 1,04 |
| Тягачи с прицепами | $N_{1тп}$ = 1361 | 1,03 |

П 7.2. В соответствии с табл.1.1 принимаем покрытие из асфальтобетона I марки.

П.7.3. Определяем общую толщину дорожной одежды, обеспечивающую ее морозоустойчивость (см.раздел 3).

П.7.3.1. По карте изолиний на рис.3.1. для Ярославской области находим среднюю глубина промерзания $Z_{ср}$=140 см. С учетом поправки расчетная глубина промерзания Z=140+57=197 см.

По карте изолиний на рис.3.2 климатический показатель $\alpha_0$=100 см²/сут.

В соответствии с табл.3.2 комплексная характеристика грунта по степени пучинистости B=3.5 см²/сут.

П.7.3.2. Определяем величину Z/H=197/300=0,656~0,7.

П.7.3.3. Для определения величины $Z_1$ при асфальтобетонном покрытии I марки пользуемся табл. П.1.2. и П 1.3 (для интерполяции). В результате получаем $Z_1$=26 см.

П.7.4. Определяем общую толщину дренирующего слоя (см.раздел 4).

П.7.4.1. По СНиП 2.05.02-85 Ярославская область расположена во II ДКЗ. По табл.4.1. для песка с коэффициентом фильтрации 2 м/сут при укладке на всю ширину земляного полотна, при длине пути фильтрации $L_ф$=7 м и 1-м типе местности толщина дренирующего слоя при суглинке тяжелом (непылеватом) составляет $h_п$=$h_{др}$=20 см.

П.7.4.2. Песок, который намечено использовать при строительстве дорожной одежды имеет коэффициент фильтрации 2,5 м/сут.

В соответствии с п.4.6 длина пути фильтрации при ожидаемой толщине дорожной одежды 90-95 см и двухполосной проезжей части в каждом направлении составит $L_ф$~10 м.

Тогда $h_п$=$h_{др}$=30 см.

П.7.5. Определяем суммарное движение по каждому типу автомобилей по формуле (5.1) при $T_{рдн}$=120 сут (см.табл 5.3); $K_{пу}$=0,7; $T_{сл}$=15 лет (см.табл.5.4).

Легкие грузовые автомобили $N_{1лг}$=953 авт/сут (см.табл.П.7.1), $K_c$=18,6 (см.табл.5.2). $N_{слг}$= 953 18,6 120 0,7=14,90 $10^5$ авт.

Средние грузовые автомобили $N_{1сг}$=680 авт/сут (см.табл.П.7.1), $K_c$=16,1 (см.табл.5.2). $N_{сгг}$=680 16,1 120 0,7=9,20 $10^5$ авт.

Тяжелые грузовые автомобили $N_{1тг}$=816 авт/сут (см.табл.П.7.1), $K_c$=17,2 (см.табл.5.2). $N_{стг}$=816 17,2 · 120 0,7=11,80 $10^5$ авт.

Очень тяжелые грузовые автомобили $N_{1отг}$=544 **авт/сут (см.табл.П.7.1),** $K_c$=17,2 **(см** табл 5 2) $N_{сотг}$ =544 ·17,2·120·0,7=7,85·$10^5$ **авт.**

Автобусы $N_{1а}$ =816авт/сут (см табл П 7 1 ), $K_c$=20,0 (см табл 5 2)

$N_{са}$ =816 · 20,0 ·120· 0,7=13,72 ·$10^5$ авт

Тягачи с прицепами $N_{1тп}$ =1361 **авт/сут (см** табл П 7 1), $K_c$=18,6 **(см табл 5.2)**

$N_{стп}$=1361·18,6·120·0,7=21,27·$10^5$ авт

П 7 6 Аналогично п П4 6 вычисляем общее суммарное количество проходов автомобилей, приведенных к расчетной нагрузке

$N_{рс}$=0,35·(14,90·$10^5$·0,05+9,20·$10^5$·0,20+11,80·$10^5$·0,70+7,85·$10^5$·1,25+13,72·$10^5$·0,80+ +21,27·$10^5$·1,50)·1,49=0,35·(0,746·$10^5$+1,840·$10^5$+8,252·$10^5$+9,811·$10^5$+10,968·$10^5$+31,88·$10^5$)× ×1,49=0,35·63,487·$10^5$·1,49=33,00·$10^5$ авт

П 7 7 Среднее значение требуемого модуля упругости по табл 5 7 составляет $E_{тр}$=$E_{общ\,р}$=365 Мпа

П 7 8 Расчет толщины слоев дорожной одежды производим с учетом п п 5 4, 5 5 и 5 6

П 7 8 1 По формуле (П 2 1) определяем расчетную влажность грунта, используя при этом табл П 2 1 и П 2 2 с учетом укрепления обочин асфальтобетоном $W_{ср}$=0,65-0,05=0,60 $W_р$==0,60· (1+1,64 ·0,1)=0,70

П 7 8 2 По табл П 2 3 определяем модуль упругости грунта $E_{тр}$=41 МПа

П 7 8 3 Аналогично п П 4 8 3 намечаем вариант конструкции дорожной одежды (см табл П 7 2)

П 7 8 4 Определяем по номограмме на рис 5 1 величину общего модуля упругости на поверхности нижнего слоя асфальтобетона

$E_{общ}$ /$E_в$=$E_{общ\,р}$/$E_{абв}$=365/3200=0,111, h/D= $h_{абв}$/D =5/37=0,135,

По номограмме на рис 5 1 $E_п$ /$E_в$=$E^{'}$/$E_{абв}$ =0,09,

$E^{'}$=0,09 ·3200=288 МПа

П 7 8 5 Определяем величину общего модуля упругости на **поверхности черного щебня**

$E_{общ}$ /$E_в$=$E^{'}$/$E_{абн}$= 288/2000=0,144, h/D= $h_{абн}$/D =6/37=0,162,

По номограмме на рис 5 1 $E_н$/$E_в$ =E"/Eабн=0,112,

E"=0,112·2000=224 МПа

П 7 8 6 Определяем величину общего модуля упругости на **поверхности** гравийного материала, обработанного цементом

$E_{общ}$ /$E_в$=$E^{*}$/$E_{чщ}$ =224/800=0,280, h/D= $h_{чщ}$/D =6/37=0,162,

**Таблица П.7.2**

Конструкция дорожной одежды и данные по расчету

| №№ слоев | Наименование слоев | Толщина слоев, см | Модули упругости материала слоя, МПа | Модули упругости на поверхности слоев, МПа |
|---|---|---|---|---|
| 1. | Асфальтобетон верхнего слоя, плотный мелкозернистый I марки на битуме БНД-60/90 | $h_{абв}$= 5,0 | $E_{абв}$= 3200 | $E_{общ.р}$= 365 |
| 2. | Асфальтобетон нижнего слоя, крупнозернистый пористый на битуме БНД-60/90 | $h_{абн}$= 6,0 | $E_{абн}$= 2000 | $E^{I}$= 288 |
| 3. | Черный щебень, изготовленный в установке | $h_{чщ}$= 6,0 | $E_{чщ}$= 800 | $E^{II}$= 224 |
| 4. | Гравийный материал, обработанный цементом, марки 40 | $h_{г-ц}$= 16,0 | $E_{г-ц}$= 700 | $E^{III}$= 192 |
| 5. | Песчано-гравийная смесь | $h_{пгс}$= 31,0 | $E_{пгс}$= 180 | $E^{IV}$= 112 |
| 6. | Песок мелкий | $h_{п}$= 30,0 | $E_{п}$= 100 | $E^{V}$= 65 |
| 7. | Грунт суглинистый, тяжелый (непылеватый) | - | $E_{гр}$= 41 | $E_{гр}$= 41 |

По номограмме на рис.5.1 $E_{н}/E_{в}=E^{III}/E_{чщ}=0,24$;

$E^{III}=0,24\,800=192$ МПа.

П.7.8.7. Определяем величину общего модуля упругости на поверхности песчано-гравийной смеси.

$E_{общ}/E_{в}=E^{III}/E_{г-ц}=192/700=0,274$; $h/D=h_{г-ц}/D=16/37=0,433$;

По номограмме на рис.5.1 $E_{н}/E_{в}=E^{IV}/E_{г-ц}=0,16$;

$E^{IV}=0,16\,700=112$ МПа.

П.7.8.8. Определяем величину общего модуля упругости на поверхности песчаного слоя.

$E_{п}/E_{в}=E_{гр}/E_{п}=41/100=0,41$; $h/D=h_{п}/D=30/37=0,81$;

По номограмме на рис.5.1 $E_{общ}/E_{в}=E^{V}/E_{п}=0,655$;

$E^{V}=0,655\,100=65$ МПа.

П.7.8.9. Определяем толщину слоя из песчано-гравийной смеси.

$E_{общ}/E_{в}=E^{IV}/E_{пгс}=112/180=0,622$; $E_{н}/E_{в}=E^{V}/E_{пгс}=65/180=0,361$;

По номограмме на рис.5.1 $h/D=h_{пгс}/D=0,83$;

$h_{пгс}=0,83\,37=31$ см.

П.7.8.10. Общая толщина дорожной одежды: $H_{д.о}=h_{абв}+h_{абн}+h_{чщ}+h_{ч-щ}+h_{пгс}+h_{п}=$ $=5+6+6+16+31+30=94$ см. Как видно, $H_{д.о}>Z_1$, следовательно, морозоустойчивость обеспечена и определение $Z_1$, согласно п.3.8 не требуется.



gost.e-ecolog.ru