ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

пнет
542–
2021

Дороги автомобильные общего пользования

НЕЖЕСТКИЕ ДОРОЖНЫЕ ОДЕЖДЫ

Правила проектирования

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2021

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Автономной некоммерческой организацией «Научно-исследовательский институт транспортно-строительного комплекса» (АНО «НИИ ТСК») совместное ООО «НТЦ «ГЕОТЕХНОЛОГИИ»

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 418 «Дорожное хозяйство»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 18 мая 2021 г. No 34-пнст

Правила *применения настоящего стандарта и проведения его мониторинга установлены* в *ГОСТ Р 1.16—2011 (разделы* 5 *и 6).*

Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии собирает сведения о практическом применении настоящего стандарта. Данные сведения, а также замечания и предложения по содержанию стандарта можно направить не позднее чем за 4 мес до истечения срока его действия разработчику настоящего стандарта по адресу: tM18@bk.ru и/или в Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии по адресу: 123112 Москва. Пресненская набережная, д. 10. стр. 2.

В случае отмены настоящего стандарта соответствующая информация будет опубликована в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты» и также будет размещена на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (www.gost.ru)

Содержание

Введение

Настоящий стандарт разработан в развитие методики проектирования нежестких дорожных одежд, действующей в Российской Федерации, и основывается на принципах, заложенных в действовавших ранее нормативных документах, таких как 8СН 46-72. ВСН 46*83, ОДН 218.046 и ПНСТ 265—2018.

Настоящий стандарт разработан с учетом анализа результатов мониторинга применения ПНСТ 265—2018 в Российской Федерации и учитывает изменения в нормативно-технической базе, произошедшие с момента введения его в действие.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Дороги автомобильные общего пользования

НЕЖЕСТКИЕ ДОРОЖНЫЕ ОДЕЖДЫ

Правила проектирования

Automobile roads of general use. Flexible pavement. Design rules

Срок действия — с 2021—06—01
до 2024—06—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на нежесткие дорожные одежды (далее — дорожные одежды) автомобильных дорог общего пользования (далее — автомобильные дороги).

Настоящий стандарт устанавливает правила проектирования (конструирования и расчета) при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте и ремонте автомобильных дорог.

Допускается применение положений настоящего стандарта при проектировании дорожных одежд для улиц и дорог населенных пунктов.

Настоящий стандарт не распространяется на проектирование дорожных одежд в эоне распространения многолетнемерзлых грунтов, а также в зонах слабых и техногенных грунтов в случае их применения в качестве рабочего слоя земляного полотна.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 23558 Смеси щебеночно-гравийно-песчаные и грунты, обработанные неорганическими вяжущими материалами, для дорожного и аэродромного строительства. Технические условия

ГОСТ 23735 Смеси песчано-гравийные для строительных работ. Технические условия

ГОСТ 25607 Смеси щебеночно-гравийно-песчаные для покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия

ГОСТ 30491 Смеси органоминеральные и фунты, укрепленные органическими вяжущими, для дорожного и аэродромного строительства. Технические условия

ГОСТ 32703 Дороги автомобильные общего пользования. Щебень и гравий из горных пород. Технические требования

ГОСТ 32730 Дороги автомобильные общего пользования. Песок дробленый. Технические требования

ГОСТ 32824 Дороги автомобильные общего пользования. Песок природный. Технические требования

ГОСТ 32826 Дороги автомобильные общего пользования. Щебень и песок шлаковые. Технические требования

ГОСТ 32960 Дороги автомобильные общего пользования. Нормативные нафузки. расчетные схемы нагружения

ГОСТ 33063 Дороги автомобильные общего пользования. Классификация типов местности и грунтов

ГОСТ 33100 Дороги автомобильные общего пользования. Правила проектирования автомобильных дорог

Издание официальное

ГОСТ 33133 Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические требования

ГОСТ 33382 Дороги автомобильные общего пользования. Техническая классификация

ГОСТ *Р* 50597 Дороги автомобильные и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию. допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения. Методы контроля

ГОСТ Р 52056 Вяжущие лолимерно*битумные дорожные на основе блоксололимеров типа стирол-бутадиен-стирол. Технические условия

ГОСТ Р 55029 Дороги автомобильные общего пользования. Материалы геосинтетические для армирования асфальтобетонных слоев дорожной одежды. Технические требования

ГОСТ Р 56338 Дороги автомобильные общего пользования. Материалы геосинтетические для армирования нижних слоев основания дорожной одежды. Технические требования

ГОСТ Р 56419 Дороги автомобильные общего пользования. Материалы геосинтетические для разделения слоев дорожной одежды из минеральных материалов. Технические требования

ГОСТ Р 58349 Дороги автомобильные общего пользования. Дорожная одежда. Методы измерения толщины слоев дорожной одежды

ГОСТ Р 58400.1 Дороги автомобильные общего пользования. Материалы вяжущие нефтяные битумные. Технические условия с учетом температурного диапазона эксплуатации

ГОСТ Р 58400.2 Дороги автомобильные общего пользования. Материалы вяжущие нефтяные битумные. Технические условия с учетом уровней эксплуатационных транспортных нагрузок

ГОСТ Р 58400.3 Дороги автомобильные общего пользования. Материалы вяжущие нефтяные битумные. Порядок определения марки

ГОСТ Р 58401.1 Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон. Система объемно-функционального проектирования. Технические требования

ГОСТ Р 58401.2 Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон щебеночно-мастичные. Система объемно-функционального проектирования. Технические требования

ГОСТ Р 58406.1 Дороги автомобильные общего пользования. Смеси щебеночно-мастичные асфальтобетонные и асфальтобетон. Технические условия

ГОСТ Р 58406.2 Дороги автомобильные общего пользования. Смеси горячие асфальтобетонные и асфальтобетон. Технические условия

ГОСТ Р 58422.1 Дороги автомобильные общего пользования. Защитные слои и слои износа дорожных одежд. Технические требования

ГОСТ Р 58770 Дороги автомобильные общего пользования. Смеси щебеночно-песчаные шлаковые. Технические условия

ГОСТ Р 58818 Дороги автомобильные с низкой интенсивностью движения. Проектирование, конструирование и расчет

ГОСТ Р 58829 Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Правила выбора марок в зависимости от прогнозируемых транспортных нагрузок и климатических условий эксплуатации на основе дополнительных показателей

ГОСТ Р 58861—2020 Дороги автомобильные общего пользования. Капитальный ремонт и ремонт. Планирование межремонтных сроков

ГОСТ Р 59120—2021 Дороги автомобильные общего пользования. Дорожная одежда. Общие требования

ПНСТ 321—2019 Дороги автомобильные общего пользования. Грунты, укрепленные органическими вяжущими. Технические условия

ПНСТ 322—2019 Дороги автомобильные общего пользования. Грунты стабилизированные и укрепленные неорганическими вяжущими. Технические условия

ПНСТ 325—2019 Дороги автомобильные общего пользования. Смеси щебеночно-гравийно-песчаные. обработанные органическими вяжущими. Технические условия

ПНСТ 326—2019 Дороги автомобильные общего пользования. Смеси щебеночно-гравийно-песчаные, обработанные неорганическими вяжущими. Технические условия

ПНСТ 327—2019 Дороги автомобильные общего пользования. Смеси щебеночно-гравийно-песчаные. Технические условия

ПНСТ 371—2019 Дороги автомобильные общего пользования с низкой интенсивностью движения. Дорожная одежда. Конструирование и расчет

ПНСТ 397—2020 Дороги автомобильные общего пользования. Метод определения температурных условий эксплуатации конструктивных слоев дорожных одежд

ПНСТ 403—2020 Дороги автомобильные общего пользования. Смеси песчано-гравийные. Технические условия

ПНСТ 541—2021 Дороги автомобильные общего пользования. Проектирование дорожных одежд. Методика расчета коэффициентов приведения транспортных средств к расчетной осевой нагрузке

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение. в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

8 настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 23558. ГОСТ 32960. ГОСТ 33100. ГОСТ 33063. ГОСТ 33382. ГОСТ Р 58400.2. ГОСТ Р 58422.1, ГОСТ Р 58818. ГОСТ Р 58861. ГОСТ Р 59120, а также следующие термины с соответствующими определениями.

3.1 выравнивающий слой: Слой переменной толщины, устраиваемый между новым покрытием и слоем существующего покрытия или основания для обеспечения технологических и эксплуатационных параметров дорожного покрытия, не являющийся конструктивным слоем и не учитываемый в расчетах на прочность.

3.2 коэффициент динамичности: Коэффициент увеличения нагрузки при динамическом воздействии по сравнению со статическим.

3.3 надежность дорожной одежды: Комплексный показатель способности дорожной конструкции в целом сохранять заданные эксплуатационные характеристики (ровность, прочность, шероховатость) в течение расчетного срока службы.

3.4 нормативная осевая нагрузка: Полная нагрузка от наиболее нагруженной оси условного двухосного автомобиля, к которой привадятся все автомобили с осевыми нагрузками, устанавливаемая нормативными документами для дорожных одежд при заданной капитальности и используемая для определения расчетной нагрузки при расчете дорожной одежды на прочность.

3.5 осевая расчетная нагрузка: Максимальная нагрузка на наиболее нагруженную ось для двухосных автомобилей или на приведенную ось для многоосных автомобилей, доля которых в составе движения с учетом перспективы изменения к концу межремонтного срока составляет не менее 5 %.

Примечание — Дорожная одежда при заданной капитальности не может рассчитываться на расчетную осевую нагрузку менее нормативной.

3.6 относительная влажность грунта: Отношение естественной влажности к влажности на границе текучести.

3.7 расчетный период года: Наиболее неблагоприятный по условиям увлажнения грунта земляного полотна и температуре слоев из асфальтобетона период года, в течение которого возможно накопление остаточных деформаций.

3.8 малосвязные материалы: Материалы (лесок и песчано-гравийные смеси), конструктивные слои из которых рассчитывают на прочность по условию сдвигоустойчивости.

3.9 уровень надежности: вероятность безотказной работы дорожной конструкции в течение расчетного срока службы.

3.10 усовершенствованное покрытие нежестких дорожных одежд: Вид покрытия для капитальных и облегченных типов дорожных одежд, слои которого выполнены из материалов, содержащих органическое вяжущее.

4 Сокращения

В настоящем стандарте использованы следующие сокращения:

АПВГК — автоматический пункт весового и габаритного контроля;

БНД — битум нефтяной дорожный;

ВСО — верхний слой основания;

ВСП — верхний слой покрытия;

ГПС — гравийно-песчаная смесь:

ДКЗ — дорожно-климатическая зона;

НДС — напряженно-деформированное состояние;

НМР — номинально максимальный размер минерального заполнителя асфальтобетона;

НСП — нижний слой покрытия;

ПБВ — полимерно-битумное вяжущее;

ПГС — песчано-гравийная смесь:

УГВ — уровень грунтовых вод;

УПВ — уровень поверхностных вод:

ЩГПС — щебеночно-гравийно-песчаная смесь:

ЩМА — щебеночно-мастичный асфальтобетон;

ЩПС — щебеночно-песчаная смесь;

SMA — щебеночно-мастичный асфальтобетон, запроектированный по системе объемно-функционального проектирования в соответствии с ГОСТ Р 58401.2.

5 Общие положения

5.1 К нежестким дорожным одеждам относят дорожные одежды со слоями, устроенными из асфальтобетона разного вида, из материалов и грунтов, укрепленных органическими, неорганическими вяжущими и комплексными вяжущими, а также из зернистых материалов (ЩПС. ЩГПС. ГПС. ПГС. песка. щебня, шлака, гравия и др.).

Классификацию дорожных одежд принимают в соответствии с ГОСТ Р 59120.

5.2 Конструкции дорожных одежд, их общая толщина и толщина отдельных слоев, а также применяемые материалы должны обеспечивать стабильную во времени сплошность, ровность и шероховатость покрытия при воздействии расчетных транспортных нагрузок.

5.3 Запроектированные дорожные одежды должны быть не только прочными и надежными в эксплуатации. но экономичными и наименее материалоемкими, особенно по расходу дорогостоящих материалов и энергоресурсов, а также должны соответствовать экологическим требованиям. Тип покрытия и выбор конструкций дорожных одежд обосновывают технико-экономическими расчетами.

5.4 При проектировании дорожных одежд необходимо выбирать дорожно-строительные материалы и назначать их рациональное размещение в конструкции с учетом грунтово-гидрологических условий земляного полотна.

5.5 Проектирование дорожной одежды представляет собой единый процесс конструирования и расчета дорожной одежды и рабочего слоя земляного полотна на прочность, морозоустойчивость и осушение с технико-экономическим обоснованием вариантов.

Проектирование дорожной одежды состоит из следующих последовательно выполняемых этапов:

- конструирование — предварительное назначение конструкций дорожных одежд:

- расчет — проверка предварительно назначенных дорожных одежд на прочность (по допускаемому упругому прогибу, сдвигоустойчивости рабочего слоя земляного полотна и конструктивных слоев из малосвязных материалов, сопротивлению слоев из асфальтобетона и промежуточных монолитных слоев основания усталостному разрушению от растяжения при изгибе), морозоустойчивость и осушение;

- технико-экономическое сравнение вариантов дорожных одежд, заключающееся в выборе наиболее целесообразного варианта с учетом строительных и эксплуатационных затрат до следующего капитального ремонта, определенных в соответствии с ГОСТ 33100 и действующими нормативными документами и технической документацией в данной области.

Рекомендуется запроектированную дорожную одежду дополнительно проверять на устойчивость к колееобразованию в соответствии с действующими нормативными документами в данной области.

5.6 Расчеты дорожных одежд выполняют для однотипных участков дороги, имеющих:

- один тип земляного полотна (насыпь, нулевые отметки или выемка);
- схожие фунтово-гидрологические условия (один вид фунта и одна схема увлажнения грунта рабочего слоя земляного полотна;
- близкую приведенную интенсивность движения (отличающуюся не более чем на 10 %).

5.7 Дорожные одежды по ширине проезжей части проектируют, как правило, равнопрочными, при этом следует учитывать положения 7.2.1.

5.8 При проектировании дорожных одежд для конкретных объектов или при разработке типовых конструкций дорожных одежд наряду с положениями настоящего стандарта следует учитывать данные научно-практического опыта (в том числе в части применения местных материалов требуемого качества (при их наличии), уточнения их расчетных характеристик и т. п.), отраженного в документах, утвержденных в установленном порядке.

5.9 Дорожные одежды переходного и низшего типа на автомобильных дорогах с низкой интенсивностью движения конструируют и рассчитывают в соответствии с ГОСТ Р 58818 и ПНСТ 371—2019. При конструировании и расчете дорожных одежд капитального и облегченного типов на дорогах с низкой интенсивностью движения следует руководствоваться настоящим стандартом с учетом требований ГОСТ Р 58818.

6 Конструирование дорожных одежд

6.1 Задачи конструирования дорожных одежд

Задачами конструирования дорожных одежд являются:

- обоснование типов дорожных одежд и вида покрытия;
- назначение числа конструктивных слоев и выбор материалов для их устройства, размещение их в конструкции в такой последовательности, чтобы с учетом изменения НДС от колесной нагрузки, климатических и грунтово-гидрологических условий наилучшим образом проявлялись их прочностные, деформативные и теплоизолирующие свойства;
- назначение толщин слоев (минимальных, максимальных толщин и шага перебора);
- назначение мероприятий по обеспечению морозоустойчивости дорожной конструкции с учетом ДКЗ, типа грунта рабочего слоя земляного полотна и схемы его увлажнения на различных участках;
- назначение мероприятий по осушению дорожных одежд и снижению притока воды.

6.2 Конструирование дорожных одежд проводят, учитывая следующие факторы:

- категорию дороги;
- интенсивность и состав движения;
- ДКЗ и подзону;
- вид грунта рабочего слоя земляного полотна;
- схему увлажнения грунта рабочего слоя земляного полотна;
- наличие и качество дорожно-строительных материалов;
- возможность стадийного усиления дорожной одежды путем устройства сверху новых слоев покрытия по мере увеличения интенсивности движения:
- наличие производственных баз. дорожно-строительной техники и механизмов.

6.3 При конструировании дорожных одежд необходимо руководствоваться следующим:

- тип дорожной одежды и вид покрытия должны удовлетворять транспортно-эксплуатационным требованиям, предъявляемым к автомобильной дороге соответствующей категории, в зависимости от ожидаемого состава и интенсивности движения с учетом их изменения в течение принятых межремонтных сроков эксплуатации дорожной одежды:
- конструкции дорожных одежд могут быть повторного применения (типовыми) или разрабатываться индивидуально для каждого участка или ряда участков дороги, характеризующихся сходными природными условиями (грунт рабочего слоя земляного полотна, условия его увлажнения, климат, обеспеченность местными материалами, при наличии, и др.) и расчетными нагрузками. При выборе конструкции для данных условий предпочтение следует отдавать проверенной на практике типовой конструкции;
- в районах, не обеспеченных стандартными минеральными материалами, допускается применять местные минеральные материалы (при наличии), побочные продукты промышленности и фунты.

Местные минеральные материалы, побочные продукты промышленности и грунты при необходимости могут быть улучшены обработкой их вяжущими (цемент, битум, известь, активные золы уноса и др.);

* конструкции дорожных одежд должны быть технологичными и обеспечивать возможность максимальной механизации и индустриализации дорожно-строительных процессов. Для достижения этой цели число слоев и видов материалов в конструкции должно быть минимальным;

• необходимо учитывать реальные условия проведения строительных работ (летняя или зимняя технология и др.).

6.4 Конструктивные слои дорожных одежд по своему функциональному назначению и их минимальные толщины в уплотненном состоянии принимают в соответствии с ГОСТ *Р* 59120.

6.5 Слой износа непосредственно воспринимает воздействие колес автомобильного транспорта и погодно-климатических факторов и обеспечивает требуемые транспортно-эксплуатационные качества покрытия.

Функцию слоя износа могут выполнять защитные слои из различных материалов или (при отсутствии защитного слоя) ВСП.

Толщину защитного слоя назначают в зависимости от применяемых материалов, технологии устройства и не учитывают в расчете на прочность и морозоустойчивость. Рекомендуемые материалы (технологии) для устройства защитных слоев и слоев износа приведены в ГОСТ Р 56422.1.

В случае, когда функцию слоя износа выполняет ВСП. при расчете дорожных одежд на прочность и морозоустойчивость толщина верхнего слоя, принятая с учетом требований к минимальной толщине слоя по ГОСТ Р 59120. должна быть уменьшена на величину максимально допустимой глубины колеи в соответствии с ГОСТ Р 50597.

Периодичность проведения работ по восстановлению слоя износа из различных материалов устанавливают в соответствии с ГОСТ Р 58861.

6.6 При конструировании дорожных одежд необходимо учитывать, что процесс деформирования и прочностные качества материалов, содержащих органическое вяжущее, обусловливающие проявление упруго-вязко-пластических свойств композиции, существенно зависят от температуры и режима нагружения (скорости изменения и продолжительности действия нагрузки), тогда как свойства зернистых материалов (щебеночных, гравийных и подобных им), а также материалов и грунтов, укрепленных неорганическими вяжущими, сравнительно мало зависят от температуры и режима нагружения.

6.7 Материалы в дорожной одежде рекомендуется располагать таким образом, чтобы модули упругости материалов слоев основания уменьшались сверху вниз.

6.6 Расположение неукрепленных зернистых материалов между слоями из материалов или грунтов. укрепленных вяжущими, не рекомендуется.

6.9 В конструкциях дорожных одежд на контакте конструктивных слоев из минеральных материалов (фракционированный щебень. ЩПС. ЩГПС. ГПС. ПГС и т. д.) с конструктивными слоями из песка или с грунтом земляного полотна рекомендуется применение геосинтетических материалов по ГОСТ Р 56338 и ГОСТ Р 56419, эффективность применения которых подтверждена соответствующими расчетами.

Для повышения трещиностойкости слоев из асфальтобетона могут быть предусмотрены специальные трещинопрерывающие прослойки из различных материалов, в том числе геосинтетических материалов по ГОСТ Р 55029. эффективность которых подтверждена соответствующими расчетами.

6.10 Дорожные одежды автомобильных дорог должны быть запроектированы так. чтобы обеспечивать безотказную работу в течение расчетного межремонтного срока службы дорожной одежды со значениями предельного коэффициента разрушения в соответствии с ГОСТ Р 59120 на последний год межремонтного срока службы в зависимости от капитальности дорожной одежды и категории. Дорожные одежды проектируют с таким расчетом, чтобы за межремонтный срок не возникло недопустимых разрушений и остаточных деформаций, а воздействие природных факторов не приводило к недопустимым деформациям морозного пучения.

6.11 Конструирование покрытий и оснований дорожных одежд капитального и облегченного типов

6.11.1 Для устройства асфальтобетонных слоев дорожных одежд капитального и облегченного типа применяют следующие материалы;

- ЩМА по ГОСТ Р 58401.2 и ГОСТ Р 58406.1;
- асфальтобетоны по ГОСТ Р 58401.1 и ГОСТ Р 58406.2.

На автомобильных дорогах категорий (—III в ВСП рекомендуется применять ЩМА.

На автомобильных дорогах категорий I—III при количестве приложений приведенной нагрузки более 5.6 млн в слоях покрытия рекомендуется применение асфальтобетонов на модифицированном битумном вяжущем, а также ПБВ. 8 тех же условиях при технико-экономическом обосновании допускается применение в ВСО асфальтобетонов на модифицированном битумном вяжущем, *а* также ПБВ.

Методика и пример определения условий движения при назначении вида асфальтобетонной смеси представлены в приложении А.

Методика и примеры определения расчетных температур слоя и назначения допустимых к применению марок битумного вяжущего в соответствии с требованиями ГОСТ Р 58400.1. ГОСТ Р 58400.2. ГОСТ Р 58400.3. ПНСТ 397—2020. ГОСТ 33133 и ГОСТ Р 58829 представлены в приложении Б.

Толщину слоев из асфальтобетона рекомендуется назначать близкой к минимальной и уточнять расчетом.

6.11.2 При выборе материалов для слоев основания необходимо учитывать капитальность (тип) дорожной одежды, вид покрытия, а также механические и теплофизические свойства материалов и грунтов.

На дорогах с капитальным типом дорожных одежд под слоями из асфальтобетона целесообразно устраивать слой основания преимущественно из материалов, укрепленных неорганическими, органическими и комплексными вяжущими.

При применении материалов, обработанных неорганическими вяжущими, толщина вышележащих слоев асфальтобетона и материалов, содержащих органическое вяжущее, для ограничения появления «отраженных» трещин в слоях из асфальтобетона, должна быть не менее толщины слоя основания, укрепленного неорганическими вяжущими. Минимальная толщина слоев, слоев асфальтобетона и материалов. содержащих органическое вяжущее, с учетом слоя износа, должна быть *22* см для дорожных одежд капитального типа и 16 см — для дорожных одежд облегченного типа.

В случаях применения материалов, обработанных комплексными вяжущими, а также медленно твердеющими минеральными вяжущими, толщина вышележащих слоев, обработанных органическими вяжущими, может быть уменьшена на 20 %. а в условиях жаркого и сухого климата (в ДКЗ IV и V) — на 30 % при соответствии конструкции всем требованиям расчета на прочность и морозоустойчивость.

Под слоем основания из укрепленных материалов рекомендуется устраивать основание из ЩПС или ЩГПС. а также из фракционированного щебня, устраиваемого по способу заклинки.

В конструкциях дорожных одежд облегченного типа, под покрытием из асфальтобетона, основание рекомендуется устраивать из ЩПС. ЩГПС или из фракционированного щебня, устраиваемого по способу заклинки.

6.11.3 Для дополнительного слоя основания применяют зернистые материалы: ГПС. ПГС. ЩПС. ЩГПС и пески классов I и II по ГОСТ 32824 с модулем крупности не менее 1.8.

Значение коэффициента фильтрации дренирующего слоя устанавливают расчетом. При этом минимальное значение коэффициента фильтрации в насыпях должно быть не менее 1 м/сут. в нулевых отметках и выемках — не менее 2 м/сут.

Допускается устраивать дополнительный слой основания, выполняющий функцию морозозащитного слоя, из песка. ГПС. ПГС. ЩПС и ЩГПС. обработанных вяжущими.

6.11.4 Конструкции дорожных одежд в местах остановок общественного транспорта, на регулируемых пересечениях и в других местах изменения скорости или движения на пониженных скоростях должны обеспечивать повышенную сдвигоустойчивость при высоких летних температурах. Для обеспечения этого требования в основании рекомендуется применение асфальтобетонных смесей с номинально максимальным размером зерен минерального заполнителя 22.4 мм и более, под асфальтобетоном — минеральных материалов, укрепленных вяжущими. Необходимость изменения конструкции на каждом таком участке должна быть обоснована с точки зрения технологичности производства работ и их экономической целесообразности.

6.12 Конструирование покрытий и оснований дорожных одежд переходного типа

6.12.1 В соответствии с ГОСТ Р 59120 дорожные одежды переходного типа устраивают на дорогах категории IV.

При проектировании дорожных одежд с покрытием переходного типа необходимо стремиться к тому, чтобы конструкции состояли из двух слоев: покрытия и основания.

Покрытие устраивают из следующих материалов:

- щебня прочных пород по способу заклинки без применения вяжущих материалов;
- ЩПС и ЩГПС;

■ грунтов и малопрочных каменных материалов (с маркой по дробимости менее 600). укрепленных различными вяжущими.

• булыжного и колотого камня (мостовые) и др.

Основание устраивают из следующих материалов:

- ЩПС и ЩГПС;

• щебня по способу заклинки;

-ГПС;

• ПГС. лесков классов I и II по ГОСТ 32824 с модулем крупности не менее 1.8.

Значение коэффициента фильтрации дренирующего слоя устанавливают расчетом. При этом минимальное значение коэффициента фильтрации в насыпях должно быть не менее 1 м/сут, в нулевых отметках и выемках — не менее 2 м/сут.

6.12.2 Если конструктивные слои из минеральных материалов (фракционированный щебень. ЩПС. ЩГПС. ГПС и т. д.) укладывают непосредственно на грунт земляного полотна, то следует предусматривать прослойку, препятствующую взаимопроникновению материалов смежных слоев. В качестве материалов прослойки допускается применять геосинтетические материалы по ГОСТ Р 56419. мелкий щебень с размером зерен не более 16 мм, высевки. ГПС. крупные и средние пески, непылеватые шлаки. нелучинистые золошлаки. а также слой из грунта, укрепленного вяжущими.

6.13 Требования к рабочему слою земляного полотна

6.13.1 Величина общего модуля упругости на поверхности рабочего слоя земляного полотна (при расчетной влажности грунта земляного полотна) в зависимости от ДКЗ должна быть не ниже следующих значений:

- 60 МПа - в ДКЗ I и II;

-53 МПа —в ДКЗ III;

-45 МПа —в ДКЗ IV, V.

Примечание — В ДКЗ I е эоне распространения многолетмемерзлых грунтов дополнительно должны быть учтены характер многолетмемерзлых грунтов, их температурный и эодньм режим, а также влияние толщины деятельного слоя и многолетнемерзлого грунта на прочность дорожной одежды.

6.13.2 Для достижения требований 6.13.1 могут быть выполнены следующие мероприятия:

- устройство рабочего слоя из непучинистых или слаболучинистых грунтов (в ДКЗ II и III в соответствии с ГОСТ Р 59120);

- укрепление фунта верхней части рабочего слоя вяжущими или местными материалами;

- стабилизация фунта рабочего слоя.

Для дорог категорий I—III толщина рабочего слоя земляного полотна должна быть не менее 0.5 м считая от низа конструкции дорожной одежды.

При отсутствии в рабочем слое укрепленных или стабилизированных фунтов, рабочий слой в ДКЗ II и III должен состоять из непучинистых или слаболучинистых грунтов.

В условиях ДКЗ IV и V рабочий слой должен состоять из ненабухающих и непросадочных грунтов на глубину не менее 0.8 м от поверхности покрытия.

6.13.3 При невозможности применения непучинистых и слаболучинистых фунтов в рабочем слое земляного полотна допускается применять пучинистые грунты, при этом верхнюю часть рабочего слоя земляного полотка необходимо укреплять на глубину не менее 0.30 м. При укреплении верхней части рабочего слоя земляного полотна общий модуль упругости на поверхности рабочего слоя определяют расчетом, и ок должен быть не менее значений, приведенных в 6.13.1. Проверку дорожной одежды на морозоустойчивость выполняют с учетом толщины укрепленного грунта рабочего слоя. Расчет конструкции дорожкой одежды по условию одвигоустойчивости грунта рабочего слоя, укрепленного вяжущим. не проводят.

6.13.4 Стабилизацию фунта рабочего слоя выполняют на всю его толщину для фунтов, имеющих модуль упругости менее требуемого значения согласно 6.13.1 и расчетную относительную влажность VV_p 2 0.70W, (где IV, — влажность на границе текучести, %). Расчетные механические характеристики стабилизированного фунта (модуль упругости, удельное сцепление и угол внутреннего трения <р) принимают в зависимости от примененного стабилизатора в соответствии с действующими нормативными документами в данной области и уточняют по данным лабораторных испытаний. Проверку дорожной одежды на морозоустойчивость выполняют без учета изменения пучинистых свойств грунта рабочего слоя при его стабилизации. Расчет конструкции дорожной одежды по условию сдвигоустойчивости стабилизированного фунта рабочего слоя выполняют с расчетными параметрами стабилизированного грунта.

7 Расчетные нагрузки

7.1 Нормативные и расчетные нагрузки

7.1.1 Расчет дорожных одежд следует выполнять на нормативную нагрузку от одного колеса нагрузки АК согласно ГОСТ 32960. Равномерно распределенную нагрузку *q* вдоль направления движения не учитывают.

Значения осевой нормативной нагрузки следует принимать на автомобильных дорогах:

*** с капитальным типом дорожной одежды — 115 кН;**

*** с облегченным и переходным типами дорожных одежд — 100 кН.**

Давление колеса на покрытие от нормативной нагрузки АК при расчете дорожных одежд следует считать равномерно распределенным по площади отпечатка колеса, принимаемого в форме круга.

Нормативное давление *р* следует принимать равным:

- 0.8 МПа — для автомобильных дорог с капитальными дорожными одеждами;

*** 0.6 МПа — для автомобильных дорог с облегченными и переходного типа дорожными одеждами.**

При расчете на кратковременную нагрузку вводят коэффициент динамичности /$c_{аин}$ = 1.3.

Расчетные параметры нормативных нагрузок принимают по таблице 1.

Таблица 1—Расчетные параметры нагрузок

Группа расчетной нагрузки	Нормативная статическая нагрузка $P_{ет}$ кН		Расчетные параметры нагрузки	
	на ось	на колесо	Давление на покрытие р. МПа	Диаметр DJD_{er} см
А-10	100	50.0	0.6	37.1Z32.6
А-11.5	115	57.5	0.8	34,5/30.3
Примечание — В числителе приведен диаметр D_a для движущегося колеса, в знаменателе $O_{ст}$ — для неподвижного колеса.				

7.1.2 В случае, когда в составе движения проектируемой дороги предусматривается регулярное обращение автомобилей с осевой нагрузкой, превышающей нормативную нагрузку АК более чем на 5 %. в количестве более 5 %, за расчетную осевую нагрузку следует принимать максимальную нагрузку на наиболее нагруженную ось автомобиля.

В этом случае $D_„$ и $O_а$. *см. с* округлением до первого знака после запятой, вычисляют по формулам:

$$D_{ст} = \sqrt{\frac{40O_{с1}}{\pi p}};$$

“ ^динЦтт ■ (2)

где $O_{С1}$ — нагрузка на колесо наиболее загруженной оси. кН;

***р* — давление на покрытие. МПа;**

$к_{дин}$ — коэффициент динамичности, равный 1.3.

7.2 Учет интенсивности движения

7.2.1 При проектировании дорожной одежды целесообразно основываться на среднесуточной *интенсивности движения в обоих направлениях, определяемой как сумма интенсивностей в каждом направлении. В случаях, когда разница между интенсивностями по направлениям движения составляет более 10 % и между ними имеется разделительная полоса, расчет и конструирование дорожной одежды допускается выполнять для каждого направления движения отдельно с учетом фактической интенсивности движения для каждого направления. В случаях, когда разница между интенсивностями по направлениям движения составляет более 10 % и между ними отсутствует разделительная полоса, конструкцию дорожной одежды на обоих направлениях движения принимают одинаковой, а сумму интенсивности движения в обоих направлениях принимают равной удвоенной наибольшей интенсивности движения по направлениям.

7.2.2 При расчете дорожных одежд используют следующие характеристики, отражающие интенсивность воздействия на нее подвижной нагрузки:

- приведенное к расчетной нагрузке среднесуточное (на конец межремонтного срока проведения работ по капитальному ремонту) число проездов всех колес, расположенных по одному борту

расчетного автомобиля, в пределах одной полосы проезжей части (приведенная интенсивность движения к воздействию расчетной нагрузки W_p);

* суммарное число приложений приведенной расчетной нагрузки к точке на поверхности покрытия за межремонтный срок проведения работ по капитальному ремонту £Л/.

7.2.3 Приведенную интенсивность движения к воздействию расчетной нагрузки N_p на полосу движения на конец межремонтного срока проведения работ по капитальному ремонту $T_{сл}$ вычисляют по формуле

О)

>»1

где — коэффициент распределения интенсивности движения для самой нагруженной полосы движения. зависящий от числа полос движения, принимаемый при отсутствии данных натурных наблюдений по таблице 2. На перекрестках и подходах к ним (в местах перестроения потока автомобилей для выполнения левых поворотов и др.) при расчете одежды в пределах всех полос движения следует принимать = 0,50. если общее число полос проезжей части проектируемой дороги три и более в обоих направлениях, в остальных случаях — по таблице 2;

N. — число автомобилей *-й марки в одном или в обоих направлениях на конец срока службы дорожных одежд. ед./сут;

S- — коэффициент приведения воздействия на дорожную одежду транспортного средства /-й марки с нагрузкой на колесо Р, к расчетной нагрузке в соответствии с ПНСТ 541—2021;

п — общее число различных марок транспортных средств в составе транспортного потока.

Таблица 2 — Значения коэффициента распределения интенсивности движения е зависимости от количества полос

Число полос движения о обоих направлениях	Коэффициент распределения интенсивности движения для самой натруженной полосы движения
1	1.00
2	0.55
3	0.50
4	0,45
5	0.40
6 и более	0.35

Коэффициенты приведения S, к расчетной нагрузке определяют:

• при отсутствии фактических данных о составе движения и осевых нагрузках с пунктов АПВГК допускается использовать коэффициенты приведения для транспортного потока в соответствии с разделом *7* ПНСТ 541—2021 и приложением Б ПНСТ 541—2021;

- при наличии фактических данных о составе движения и осевых нагрузках с пунктов АПВГК. рекомендуется использовать полученные данные для расчета коэффициентов приведения, используя методику раздела 8 ПНСТ 541—2021.

7.3 Определение суммарного числа приложений приведенной расчетной нагрузки

Суммарное число приложений приведенной расчетной нагрузки ^{за} нормативный срок службы дорожных одежд определяют по исходным данным интенсивности.

Суммарное число приложений приведенной расчетной нагрузки $2,N_p$ за нормативный срок службы дорожных одежд, ед., при известных фактических интенсивностях движения по видам транспорта на 1-й год эксплуатации дороги, определяют по формуле

$$Z4 - \underset{лт-1}{} \quad £n_{,,,}S_{,,\,суи}. \qquad (4)$$

где $l_{пол}$ — коэффициент распределения интенсивности движения для самой нагруженной полосы движения. зависящий от числа полос движения, принимаемый при отсутствии данных натурных наблюдений по таблице 2;

K_c — коэффициент суммирования, вычисляемый по формуле

здесь q — показатель изменения интенсивности движения (знаменатель геометрической прогрессии), в случае, если q = 1 коэффициент принимают равным *T^;*

$T_{сл}$ — нормативный межремонтный срок службы дорожных одежд между капитальными ремонтами (в соответствии с ГОСТ Р 58861). годы;

$T_{рдг}$ — расчетное число дней в году, зависящее от района проектирования, соответствующее определенному состоянию деформируемости дорожной конструкции, определяемое по таблице 3 и рисунку 1. дни;

$к_{„}$ — коэффициент, учитывающий вероятность отклонения суммарного движения от среднего ожидаемого (см. таблицу 4);

$N_{хт}$ — интенсивность движения m-й марки в 1-й год эксплуатации, ед./сут;

S_m — суммарный коэффициент приведения к расчетной нагрузке автомобиля m-й марки по ПНСТ 541—2021.

Суммарное число приложений приведенной расчетной нагрузки $£N_p$ за нормативный срок службы дорожных одежд, ед., при известной приведенной интенсивности движения к расчетной нагрузке на конец межремонтного срока проведения работ по капитальному ремонту, определяют по формуле

1Z

{6}

где N_p — приведенная интенсивность движения к воздействию расчетной нагрузки N_p на полосу движения на конец межремонтного срока проведения работ по капитальному ремонту *T^, eaJcyr.*

Показатель изменения интенсивности движения q вычисляют по формуле

<j=1+rf100. (7)

где г — ежегодный прирост интенсивности движения, %.

Если интенсивность движения в отдельные годы или в течение срока службы уменьшается, значение $г$ принимают со знаком минус и интенсивность рассчитывают на каждый год отдельно, а затем суммируют.

Таблица 3 — Рекомендуемые значения T^. в зависимости от номера района по карте

Номер районе на карте	Географические границы районов	Рекомендуемое значение T^y
1	Зона распространения вечномерзлых грунтов севернее семидесятой параллели	70
2	Севернее линии, соединяющей Онегу. Архангельск. Мезень. Нарьян-Мар. шестидесятый меридиан, до побережья Европейской части	145
3	Севернее линии, соединяющей Смоленск, Калугу. Рязань, Саранск. сорок восьмой меридиан, до линии, соединяющей Онегу. Архангельск. Мезень. Нарьян-Мар	125
4	Севернее линии, соединяющей Белгород. Воронеж. Саратов. Самару. Оренбург, шестидесятый меридиан, до линии районов 2 и 3	135
5	Севернее линии, соединяющей Ростое-на-Дону. Элисту. Астрахань. Белгород. Воронеж. Саратов. Самару	145
6	Южнее линии Ростоа-нэ-Дону, Элиста. Астрахань для Европейской части, южнее сорок шестой параллели — для остальных территорий. полуостров Крым	205

Окончание таблицы 3

Номер района на карте	Географические границы районов	Рекомендуемое значение Г^
7	Восточная и Западная Сибирь. Дальний Восток (кроме Хабаровского и Приморского краев. Камчатской области), ограниченные с севера семидесятой параллелью, с юса — государственной границей	130—150 (меньшие значения для центральной части)
в	Хабаровский и Приморский края. Камчатская область	140
Примечание — Значения Т на границах районов следует принимать по наибольшему из значений.		

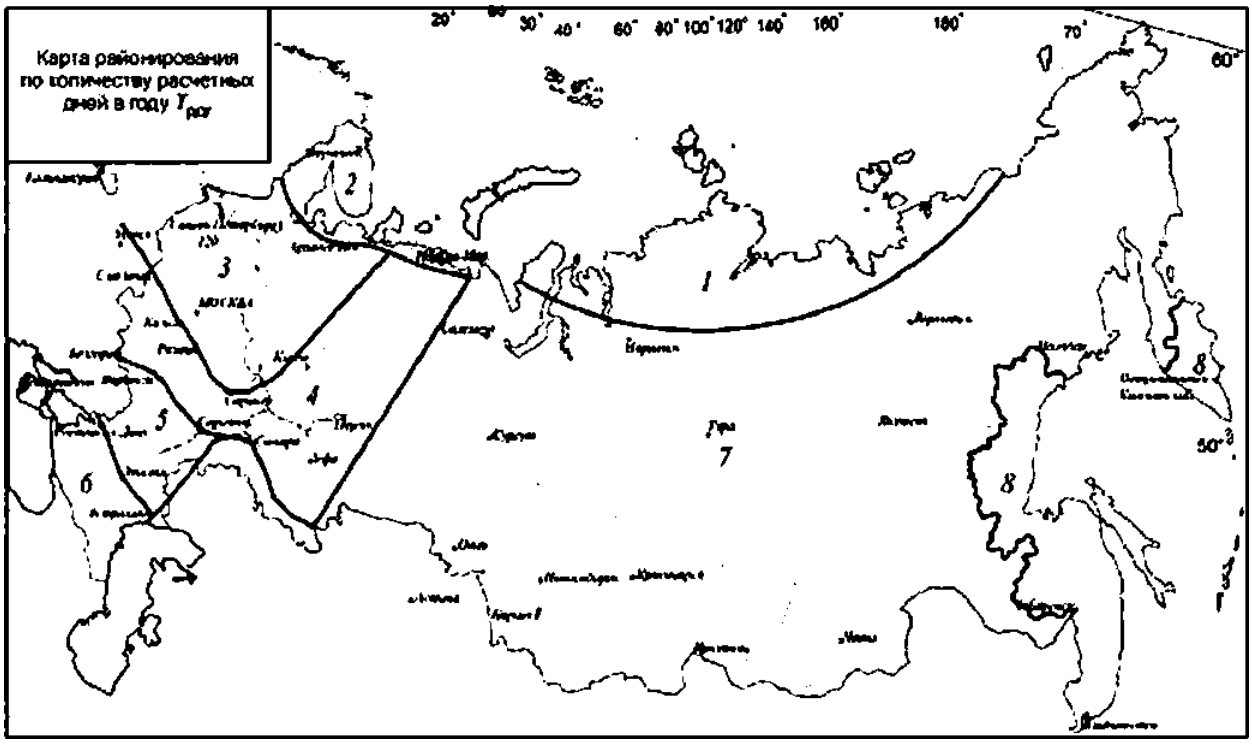


Рисунок 1 — Карта районирования по количеству расчетных дней в году T_w

Таблица 4 — Значения коэффициента $к_л$

Тип дорожных одежд	Значение коэффициента $к_п$для категории дорог			
	1	II	III	W
Капитальный	1.62	1.49	1.42	1.38
Облегченный	—	—	1.32	1.26
Переходный	—	—	—	1.14

8 Расчетные характеристики грунта рабочего слоя и конструктивных слоев дорожной одежды

8.1 Механические (деформационные и прочностные) характеристики грунтов и малосвязных материалов для дополнительного слоя основания

8.1.1 Расчетные характеристики грунтов рабочего слоя земляного полотна и малосвязных материалов для дополнительного слоев основания приведены в приложении В.

Расчетные механические характеристики грунтов:

• деформативные: модуль упругости — в зависимости от расчетной влажности по таблице В.5 приложения В:

- прочностные: угол внутреннего трения <р и удельное сцепление c_N — в зависимости от расчетной влажности и числа приложений приведенной нагрузки за срок службы дорожной одежды по таблице В.5 приложения В.

Расчетные механические характеристики малосвязных материалов:

• модуль упругости *Е.* независимо от расчетной влажности, принимают одинаковым во всех ДКЗ по таблице 8.7 приложения 8;

• угол внутреннего трения <р и удельное сцепление c_N — в зависимости от числа приложений приведенной нагрузки за срок службы дорожной одежды по таблице В.8 приложения В.

Расчетные механические характеристики грунтов и малосвязных материалов (модуль упругости $E_{гр}$. *Е.* угол внутреннего трения <р и удельное сцепление c_N) назначают в следующей последовательности:

• определяют суммарное число приложений приведенной расчетной нагрузки *%,*N_p.

• для грунтов вычисляют расчетную влажность IV_p по методике, изложенной в В.1 приложения В;

• устанавливают E_{tp}. *Е.* <р и c_N грунта и малосвязных материалов дополнительного слоя основания.

8.2 Расчетные механические характеристики материалов для слоев оснований дорожной одежды

Расчетные характеристики материалов для оснований дорожной одежды, обработанных и не обработанных вяжущими, не зависят от погодно-климатических условий и принимаются при расчетах постоянными во всех климатических эонах при кратковременном и длительном (статическом) нагружении, в соответствии с таблицами Г.1—Г.3 приложения Г.

8.3 Расчетные характеристики асфальтобетона

8.3.1 Асфальтобетонное покрытие обладает улруго-вяэко-пластичесхими свойствами, поэтому модули упругости асфальтобетона в значительной мере зависят от температуры, цикличности приложения нагрузки и режима нагружения, а также скорости приложения нагрузки и продолжительности ее действия. При многократном приложении нагрузки в асфальтобетоне развиваются усталостные деформации. приводящие к потере прочности на растяжение при изгибе.

8.3.2 Расчет асфальтобетонного покрытия на прочность необходимо проводить исходя из температурных условий, при которых дорожные одежды в конкретных условиях работают наиболее напряженно.

Расчет по допускаемому упругому прогибу целесообразно выполнять на умеренную весеннюю температуру воздуха, равную для всех регионов 10 °С.

К концу весны при полном оттаивании грунта рабочего слоя модуль упругости асфальтобетона уменьшается, вследствие чего возрастают сдвигающие напряжения в грунте земляного полотна и промежуточных слабосвязных слоях одежды. Поэтому в различных ДКЗ температуру асфальтобетона при расчете грунта и слоев из песка по критериям сдвигоустойчивости следует принимать: в эонах I и II — 20 °С. зоне III — 30 °С. зоне IV — 40 °С. зоне V — 50 °С.

8 районах сезонного промерзания дорожных конструкций, независимо от того, в какой ДКЗ они находятся, наиболее неблагоприятные условия для работы покрытия на растяжение при изгибе наступают в начале весны при температуре покрытия, близкой к О °С. В связи с этим, расчет на растяжение при изгибе выполняют при температуре асфальтобетона 0 °С.

8.3.3 Расчетные значения модулей упругости асфальтобетона зависят от характера приложения нагрузки. При статическом приложении нагрузки (более 10 мин) они значительно меньше, чем при кратковременном приложении нагрузки.

Расчетные характеристики асфальтобетона разных типов и видов, при расчете на кратковременную нагрузку приведены в таблицах Г.4 и Г.5 приложения Г. на статическую нагрузку — в таблице Г.6 приложения Г.

9 Расчет дорожных одежд на прочность

9.1 Основные критерии расчета дорожных одежд на прочность

9.1.1 Прочность дорожных одежд оценивается их способностью сопротивляться процессу развития остаточных деформаций и разрушений под воздействием нормальных и касательных напряжений, возникающих в конструктивных слоях и подстилающем грунте рабочего слоя земляного полотна от расчетной нагрузки, приложенной к поверхности покрытия.

9.1.2 Методика оценки прочности дорожных одежд включает в себя оценку прочности как конструкции в целом, так и напряжений, возникающих в отдельных конструктивных слоях и грунте рабочего слоя земляного полотна. При расчете дорожных одежд используют решения теории упругости для слоистого пространства, лежащего на упругом основании с учетом условий работы в зоне контакта на границе слоев (спаянный контакт при соместной работе слоев в зоне контакта или гладкий контакт при свободном смещении слоев в зоне контакта).

9.1.3 Расчет дорожных одежд капитального и облегченного типов на прочность выполняют по следующим критериям:

* допускаемому упругому прогибу;

• условию сдвигоустойчивости грунта рабочего слоя и конструктивных слоев из малосвязных материалов;

- сопротивлению монолитных слоев покрытия и промежуточных монолитных слоев основания усталостному разрушению от растяжения при изгибе.

Превышение значения одного из критериев (имеющего минимальное значение) должно быть не более 5 % при условии выполнения остальных критериев прочности, за исключением необходимости устройства равнопрочных конструкций на участках уширения, необходимости сохранения отметок проезжей части или принятия конструкции дорожной одежды из условий морозоустойчивости.

9.1.4 Переходные дорожные одежды рассчитывают на прочность только по двум критериям;

- допускаемому упругому прогибу;

- условию сдвигоустойчивости грунта рабочего слоя и конструктивных слоев из малосвязных материалов.

9.1.5 Расчет на прочность по всем критериям допускается выполнять в любой последовательности.

9.1.6 Дорожные одежды на перегонах рассчитывают на кратковременное многократное действие подвижных нагрузок, используя прочностные и деформационные характеристики материалов и грунтов при многократном приложении нагрузки длительностью 0.1 с.

Дорожные одежды на остановках, остановочных или укрепленных полосах, расположенных на обочинах, на перекрестках, подходах к пересечениям с железнодорожными путями должны быть дополнительно проверены на однократное нагружение длительностью не менее 10 мин. используя статические значения расчетных параметров.

Для дорожных одежд парковок, тротуаров, пешеходных улиц и площадей расчет выполняют только на однократное нагружение длительностью не менее 10 мин по условию сдвигоустойчивости в грунте и в конструктивных слоях из малосвязных материалов.

При расчете на однократное нагружение (статическую нагрузку в соответствии с 7.1.1) коэффициент динамичности принимают равным 1.

9.1.7 При расчете НДС многослойных конструкций на воздействие колесных нагрузок многослойные дорожные одежды приводят к двухслойным и трехслойным расчетным схемам.

Для сравнения параметров НДС, набора статистики и уточнения требуемых коэффициентов прочности допускается выполнение расчета НДС многослойной конструкции в соответствии с [1].

Изложенные в [1] алгоритмы определения параметров НДС многослойных конструкций дорожных одежд (содержащих до семи слоев) позволяют проводить расчет без приведения их к упрощенным схемам.

Рекомендации по расчету параметров НДС многослойных конструкций при воздействии колесных нагрузок без приведения к упрощенной схеме представлены в приложении Д.

9.2 Уровни надежности и коэффициенты прочности

Дорожные одежды следует проектировать с уровнем надежности, характеризующем вероятность безотказной работы дорожной конструкции в течение расчетного срока службы.

Отказ нежестких дорожных одежд из-за недостаточной прочности может возникнуть в результате:

- образования необратимых деформаций на поверхности покрытия (просадок, трещин, выбоин и др.) под воздействием многократно прилагаемой нагрузки по полосам наката в связи с общей недостаточной несущей способностью дорожных одежд;

- накопления недопустимых остаточных деформаций под воздействием касательных напряжений, возникающих в конструктивных слоях и подстилающем грунте от транспортной нагрузки, с потерей ровности поверхности покрытия и соответствующего снижения скорости движения до истечения заданного срока службы конструкции;

- усталостных разрушений материала монолитных слоев конструкции под воздействием растягивающих напряжений от многократного приложения транспортной нагрузки с интенсивной лотерей транспортно-эксплуатационных свойств.

Уровни надежности $K_н$ принимают в зависимости от категории дороги и типа дорожной одежды.

Требуемые значения коэффициентов прочности назначают в зависимости от категории дороги. типа дорожных одежд и критерия расчета на прочность.

Уровни надежности и требуемые коэффициенты прочности дорожных одежд представлены в таблице 5.

Таблица 5 — Уровни надежности и требуемые коэффициенты прочности дорожных одежд

Тил дорожных одежд	Категория вороги	Требуемый коэффициент прочности по критерию		Уровень надежности $K_м$
		упругого прогиба	сдеигоустойчиеости и растяжения при изгибе	
Капитальный	1	1.50	1.10	0.98
	II	1.20	1,00	0.95
	III	1.17	1.00	0.92
	IV	1.15	1,00	0.90
Облегченный	III	1.15	1,00	0.90
	IV	1.06	0.94	0.85
Переходный	IV	1.02	0.87	0.82

Для городских улиц и дорог уровень надежности и коэффициенты прочности принимают по аналогии с автомобильными дорогами в соответствии с таблицей 6.

Таблица 6 — Соответствие городских улиц и *дорог* категориям автомобильных дорог общего пользования

Категория улиц и дорог	Аналог категории дороги общего пользования
Магистральные дороги скоростного движения, магистральные улицы общегородского значения непрерывного движения	I
Магистральные дороги регулируемого движения, магистральные улицы общегородского значения регулируемого движения, магистральные улицы районного значения	II
Улицы и дороги местного значения: в общественно-деловых и торговых эонах, в производственных зонах, улицы в зонах жилой застройки в крупных и крупнейших городах, основные улицы сельских поселений	III
Улицы в зонах жилой застройки (за исключением улиц крупных и крупнейших городов). проезды, улицы и дороги сельских поселений (за исключением основных улиц), велосипедные дорожки, тротуары, пешеходные улицы и площади	IV

9.3 Расчет конструкции дорожных одежд по допускаемому упругому прогибу

9.3.1 Расчетом на прочность по допускаемому упругому прогибу проверяют конструкцию дорожных одежд в целом.

Конструкция дорожных одежд удовлетворяет требованиям надежности и прочности по величине упругого прогиба при условии:

^общ . (8)

где $E_{q\,бu}i$— общий модуль упругости на поверхности дорожной конструкции;

E_{min}— минимальный требуемый модуль упругости;

К'р — требуемый коэффициент прочности, определяемый по таблице 5.

Минимальный требуемый модуль упругости E_{min}. МПа. вычисляют по формуле

E™-$98'6S№N'-C). <»

где *p* — расчетное давление на покрытие в соответствии с ГОСТ 32960;

$£M_p$ — суммарное расчетное число приложений приведенной расчетной нагрузки на полосу движения за нормативный межремонтный срок службы проведения работ по капитальному ремонту (см. формулы (4) и (6)]:

С — эмпирический параметр, равный для расчетной нагрузки; А-10 — 3,55; А-11.5 — 3,20.

При нагрузке, отличной от А-10 и А-11.5. коэффициент с находят по интерполяции.

Расчет по допускаемому упругому прогибу не проводят при нагрузке на ось более 115 кН.

9.3.2 Требуемый минимальный модуль упругости E_{min} должен быть не менее указанного в таблице 7 независимо от результата расчета, полученного по формуле (9).

Таблица 7 — Требуемый минимальный модуль упругости нежесткой дорожной одежды

Категория дороги	Минимальный требуемый модуль упругости дорожной одежды МПа. а зависимости от типа дорожных одежд		
	капитальный	облегченный	переходный
1	330	—	—
II	325	—	—
III	310	235	—
IV	250	180	110

Для определения общего модуля упругости многослойную дорожную одежду представляют в виде расчетной схемы, указанной на рисунке 2.

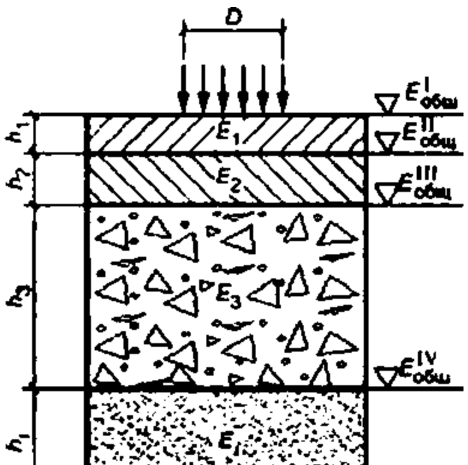


Рисунок 2 — Расчетная схема дорожной одежды

9.3.3 Общий модуль упругости на поверхности Аго слоя определяют на основе решения теории упругости для двухслойной модели (см. рисунок 3); слой конечной толщины *h* с модулем упругости $E_в$ лежит на упругом полупространстве (неограниченном снизу) с модулем $E_н$

9.3.4 Исходными данными при расчете дорожной одежды по допускаемому упругому прогибу являются:

- нормативный межремонтный срок проведения работ по капитальному ремонту (в соответствии с ГОСТ Р 58861);

ГИП
• • » . • »

Ш • к л • •

-

h — верхний слой изнечиой толщины; €$_{\#}$ — модуль упругости верхнего слои; *Е„* — модуль упругости упругого полупространстве, неограниченного снизу (нижнего слоя}; Сдлуц — модуль упругости на поверхности верхнего слоя

Рисунок 3 — Расчетная схема двухслойной системы для расчета общего модуля упругости

• суммарное число приложений приведенной расчетной нагрузки [формулы (4) или (6)];

. уровень надежности и коэффициент прочности (см. таблицу 5);

• материалы и предварительные толщины слоев дорожной одежды:

■ модуль упругости грунта рабочего слоя земляного полотна (см. приложение А);

• модули упругости конструктивных слоев основания по таблицам Г.1 — ГЗ. приложение Г;

- модули упругости слоев асфальтобетона, принимаемые во всех ДКЗ. при температуре 10 ’С (таблица Г.4, приложение Г);

• минимальный требуемый модуль упругости, определяемый по формуле (9).

9.3.5 Общий модуль упругости на поверхности дорожной одежды определяют по номограммам (рисунки Е.1. Е.2 приложения Е). Расчет конструкции ведут сверху вниз или снизу вверх.

При расчете конструкции сверху вниз выполняют следующие действия:

• вычисляют общий минимальный требуемый модуль упругости $E_{общ}$ на поверхности дорожной одежды по формуле

(Ю)

• назначают материалы и толщины всех конструктивных слоев дорожной одежды:

• устанавливают с использованием номограмм (см. рисунки Е.1 и Е.2 приложения Е) по отношениям $E_{общ}/E_{п}$ (значение на кривой) и *hJD* (значение на оси абсцисс) общие модули упругости на поверхности каждого конструктивного слоя, вплоть до грунта рабочего слоя. При известных значениях общего модуля упругости на поверхности конструктивного слоя дорожной одежды, модуля упругости материала данного слоя и модуля упругости грунта рабочего слоя по номограммам (рисунки Е.1. Е.2 приложения Е) определяют толщину данного конструктивного слоя дорожной одежды.

При расчете конструкции снизу вверх выполняют следующие действия:

• назначают материалы и толщины всех конструктивных слоев дорожной одежды:

• последовательно рассматривая два слоя: верхний слой конечной толщины и нижний — полупространство по номограммам (см. рисунки Е.1 и Е.2 приложения Е). определяют общий модуль упругости на поверхности дорожной одежды. В этом случае номограммы (рисунки Е.1. Е.2 приложения Е) используют следующим образом: для нижнего слоя дорожной одежды по отношению $E_{ti}!E_{п}$ (значение на оси ординат) и *h^D* (значение на оси абсцисс) определяют отношение (значение на кривой) и вычисляют :

• затем повторяют расчет для следующего слоя дорожной одежды.

8 конце расчета проверяют выполнение условия прочности [см. формулу (8)).

Если условие прочности не выполняется, изменяют толщину одного или нескольких конструктивных слоев дорожной одежды или используют материалы с более высокими модулями упругости для одного или нескольких конструктивных слоев дорожной одежды.

9.3.6 При расчете по упругому прогибу отношение модуля упругости неукрепленных материалов основания к общему модулю упругости нижнего полупространства не рекомендуется принимать более 5.

9.3.7 Алгоритм расчета многослойной конструкции без приведения к упрощенной схеме по критерию упругого прогиба представлен в приложении Д.

9.4 Расчет конструкции дорожной одежды по условию сдвигоустойчивости грунта рабочего слоя земляного полотна и конструктивных слоев из малосвязных материалов

9.4.1 Дорожную одежду проектируют с таким расчетом, чтобы под действием кратковременных или длительных нагрузок в грунте рабочего слоя и конструктивных слоях из малосвязных материалов за весь срок службы не накапливались недопустимые остаточные деформации. Проверку выполняют для расчетного периода.

9.4.2 Недопустимые деформации сдвига в конструкции не будут накапливаться, если в грунте земляного полотна и в конструктивных слоях из малосвяэных материалов обеспечено условие:

$$T^{\wedge}. \qquad (11)$$
$$*_{п}{}^{T}{}_{р}{}^{P}$$

где T — активное напряжение сдвига от действующей кратковременной или длительной нагрузки, МПа:

$Г_{пр}$ — предельное напряжение сдвига, превышение которого вызывает нарушение прочности на сдвиг. МПа;

— требуемый коэффициент прочности, определяемый по таблице 5.

9.4.3 Предельное напряжение сдвига $T_{пр}$ в грунте рабочего слоя и в малосвязных материалах вычисляют по формуле

$$T_{пр} = Mc_{N}*0{,}001\ r_{ср}z\ tg\ <p_{„}), \qquad (12)$$

где $к_{а}$ — коэффициент, учитывающий особенности работы конструкции на границе слоев основания и Фунта рабочего слоя или слоя из песка;

c_{N} — удельное сцепление в грунте рабочего слоя земляного полотна (или в слое малосвяэных материалов). принимаемое с учетом расчетной влажности и повторности нагрузки. МПа (см. таблицы В.5 и В.7. приложение В);

$у$ — средневзвешенный удельный вес конструктивных слоев, расположенных выше проверяемого слоя. кН/м^3. рассчитываемый по формуле

$$\underline{fr.A}$$
$$\blacksquare \qquad ИЗ)$$
$$г\text{-}1$$

где у- — удельный вес ^го слоя, определяемый по таблице Г.7 приложения Г. кН/м^3;

hj — толщина Аго слоя, см;

$п$ — количество слоев, расположенных выше проверяемого слоя;

z — глубина расположения поверхности слоя, проверяемого на сдвигоустойчивость. от верха конструкции, м;

$<p_{ст}$ — угол внутреннего трения материала нижнего слоя при статическом действии нагрузки $2>_{р} = 1$.град.

При расчете на сдвиг грунта рабочего слоя, в случае если нижний слой основания из каменных материалов укладывают непосредственно на грунт рабочего слоя (без дополнительного слоя основания из песка), коэффициент $/c_{д}$ принимают равным.

- нижний слой основания из укрепленных материалов, глинистый грунт (связный) — 1.0;
- нижний слой основания из укрепленных материалов, песчаный грунт (несвязный): 4.5 — для крупного песка. 4.0 — для среднего песка. 3.0 — для мелкого песка и легкой крупной супеси,
- нижний слой основания из неукрепленных материалов, глинистый грунт (связный) — 1.0;

- нижний слой основания из неукрепленных материалов, песчаный грунт (несвязный), в т. ч. легкая крупная супесь — 2.0.

При расчете на сдвиг грунта рабочего слоя, в случае если конструкция дорожной одежды содержит дополнительный слой основания из песка, коэффициент $к_д$ принимают равным:

-1.0 — глинистый грунт (связный);

• 2.0 — песчаный грунт (несвязный), в т. ч. легкая крупная супесь.

При расчете на сдвиг дополнительного слоя из песка или ПГС коэффициент $к_я$ принимают равным:

• нижний слой основания из укрепленных материалов: 4.5 — для крупного песка и ПГС. 4.0 — для среднего песка. 3,0 — для мелкого леска:

• нижний слой основания из неукрепленных материалов — 2.0.

9.4.4 Активные напряжения сдвига определяют на основании решения теории упругости для двухслойного полупространства при наличии сцепления между слоями. Для практических расчетов используют номограммы, представленные на рисунках Е.3— Е.50 приложения Е. Номограммы составлены для разных значений угла внутреннего трения. При значениях угла внутреннего трения, отличного от указанных на рисунках Е.3—Е.5О приложения Е. активные напряжения сдвига от единичной нагрузки определяют путем интерполяции.

Действующие активные напряжения сдвига *Т.* МПа. вычисляют по формуле

$$T = т_н р. \quad (14)$$

где $т_н$ — удельное активное напряжение сдвига от единичной нагрузки (р = 1), определяемое по номограммам (см. рисунки Е.3—Е.50 приложения Е);

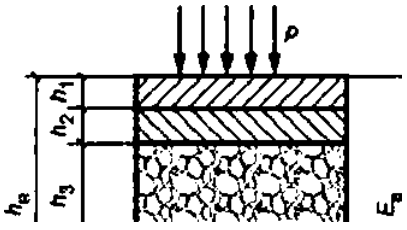
р — расчетное давление колеса на покрытие (см. таблицу 1). МПа.

9.4.5 В расчетный период года наихудшие условия работы грунта и конструктивных слоев из малосвязных материалов на сдвиг имеют место при наибольших положительных температурах слоев из материалов, содержащих органическое вяжущее. Поэтому при расчете дорожных одежд по условию сдвигоустойчивости значения модуля упругости материалов, содержащих органическое вяжущее, должны соответствовать температурам: в ДКЗ I и II — 20 Х. в ДКЗ III — 30 Х. в ДКЗ IV — 40 Х. в ДКЗ V — 50 Х (см. таблицу Г.4, приложение Г).

9.4.6 При практических расчетах по условию сдвигоустойчивости многослойную дорожную одежду приводят к двухслойной расчетной модели.

При расчете дорожной конструкции на прочность по условию сдвигоустойчивости грунта рабочего слоя земляного полотна в качестве нижнего пол у бесконечного слоя модели принимают грунт с его характеристиками, а в качестве верхнего слоя — всю дорожную одежду в соответствии с рисунком 4.

о



----- /Л» ЛМ 722 --------

V ^{c}м

— верхний слой конечной толщины. — модуль упругости верхнего слоя: £$_м$— модуль упругости упругого полупространства, неограниченного снизу {нижнего слоя): о — утоп внутреннего трения. — удельное сиелление

Рисунок 4 — Расчетная схема двухслойной системы для расчета активного напряжения сдвига в нижнем слое

Толщину верхнего слоя двухслойной модели h_e принимают равной сумме толщин слоев одежды по формуле

(15)

Модуль упругости верхнего слоя двухслойной модели вычисляют как средневзвешенный E_o по формуле

Л

$$E_o = \frac{i=1}{n}$$

j -1

где E_i — модуль упругости Аго слоя. МПа;

h_t — толщина ьго слоя. см.

9.4.7 При расчете по условию сдвигоустойчивости дополнительного слоя основания из малосвязных материалов, нижний слой двухслойной модели имеет параметры: удельное сцепление c_N и угол внутреннего трения ф. принятые для рассчитываемого слоя дорожной одежды из малосеязного материала. Толщину верхнего слоя h и модуль упругости верхнего слоя E двухслойной модели вычисляют по формулам (15) и (16) без учета слоя дорожной одежды, рассчитываемого на сдвиг.

Общий модуль упругости нижнего слоя $E_м$ двухслойной модели на уровне верха рассчитываемого слоя основания из малосвязного материала на сдвиг определяют по номограммам, представленным на рисунках Е.1. Е.2 приложения Е.

9.4.8 Расчет дорожной одежды на кратковременные нагрузки по сдвигоустойчивости грунта рабочего слоя земляного полотна, а также слоях дорожной одежды из малосвязных материалов проводят в следующей последовательности:

- назначают расчетные прочностные характеристики: угол внутреннего трения ф и удельное сцепление c_N грунта земляного полотна в соответствии с таблицей В.5 и малосвязных материалов в соответствии с таблицей В.7 приложения В;
- модули упругости грунта и материалов конструктивных слоев основания, за исключением асфальтобетона. принимают те же. что в расчете по допускаемому упругому прогибу;
- по таблице Г.4 приложения Г назначают расчетные модули упругости для слоев из асфальтобетона, соответствующие расчетным температурам в весенний период (согласно 9.4.5).
- определяют средневзвешенный модуль упругости слоев дорожной одежды (верхнего слоя двухслойной модели) $E_в$ по формуле (16);
- по рисункам Е.3— Е.5О приложения Е по отношениям hJD. $EJE_м$ и при известном угле внутреннего трения нижнего слоя <р находят активные напряжения сдвига $т_м$ от единичной временной нагрузки;
- по формуле (14) вычисляют активное напряжение сдвига T в грунте земляного полотна или в песчаном слое одежды:
- по формуле (12) рассчитывают предельное напряжение сдвига $Т_{пр}$.
- по формуле (11) проверяют выполнение условия прочности.

Если условие прочности не обеспечено, возможны следующие решения:

- увеличивают толщину одного или нескольких вышележащих слоев:
- заменяют материал одного или нескольких вышележащих слоев более жестким материалом, имеющим более высокий модуль упругости;
- заменяют или укрепляют верхнюю часть грунта рабочего слоя с целью повышения его сдвигоустойчивости;
- применяют геосинтетические материалы, эффективность применения которых должна быть подтверждена соответствующими расчетами.

9.4.9 Алгоритм расчета многослойной конструкции без приведения к упрощенной схеме по условию сдвигоустойчивости подстилающего грунта и конструктивных слоев из малосвязных материалов представлен в приложении Д.

9.5 Расчет на длительную (статическую) нагрузку по сдвигоустойчивости в рабочем слое грунта земляного полотна и малосвязных конструктивных слоях

Расчет на длительную (статическую) нагрузку по сдвигоустойчивости в грунте земляного полотна и конструктивных слоях из малосеязных материалов является:

а) основным:

1) для стоянок автомобилей на парковках, площадках отдыха и т. п.:

2) тротуаров, пешеходных улиц и площадей;

б) дополнительным:

1) для остановочных полос на обочинах автомобильных дорог категории I и укрепленных полос на дорогах категорий II—IV;

2) остановок общественного транспорта;

3) регулируемых перекрестков автомобильных дорог между собой;

4) регулируемых пересечений в одном уровне с железнодорожными путями:

5) пунктов взимания платы на платных автомобильных дорогах и т. л.

Расчет на длительную нагрузку выполняют в следующей последовательности:

• назначают расчетные прочностные характеристики: угол внутреннего трения <$p_{ст}$ и удельное сцепление грунта земляного полотна $c_{н}$„ и малосвязных материалов при £W_p = 1 по таблицам В.5 и В.7 (приложение В) соответственно;

• модули упругости грунта и материалов конструктивных слоев основания, за исключением асфальтобетона. принимают те же. что в расчете по упругому допускаемому прогибу;

• по таблице Г.6 (приложение Г) назначают расчетные модули упругости для слоев из асфальтобетона. соответствующие расчетным температурам в весенний период (согласно 9.4.5);

- определяют средневзвешенный модуль упругости слоев дорожной одежды (верхнего слоя двухслойной модели) $E_в$ по формуле (16);

- по рисункам Е.3—Е.50 определяют активные напряжения сдвига $7_н$ от единичной временной нагрузки при значении угла внутреннего трения <$p_{С1}$ грунта или малосвязных слоев, соответствующем длительной нагрузке (XW_p =1);

- по формуле (14) вычисляют активное напряжение сдвига *Т* в грунте земляного полотна или в малосвязных материалах:

- по формуле (12) рассчитывают предельное напряжение сдвига $Т_{пр}$ при значении удельного сцепления c_N, соответствующем длительной нагрузке;

- по формуле (11) проверяют выполнение условия прочности.

Если условие прочности не обеспечено, вносят коррективы в конструкцию дорожной одежды.

9.6 Расчет дорожной одежды на сопротивление слоев из асфальтобетона усталостному разрушению от растяжения при изгибе

9.6.1 В слоях покрытия и основания из асфальтобетона напряжения, возникающие при прогибе одежды под действием повторных кратковременных нагрузок, не должны в течение заданного срока службы приводить к образованию трещин от усталостного разрушения.

Образование трещин от усталостного разрушения не будет происходить при условии

где $о_г$ — наибольшее растягивающее напряжение в слое асфальтобетона, устанавливаемое расчетом;

K'g — требуемый коэффициент прочности, определяемый по таблице 5;

R_N — предельное напряжение на растяжение при изгибе с учетом усталостных явлений, вычисляемое по формуле

$$R_N = \text{ " М.} \quad (18)$$

где — нормативное значение предельного сопротивления растяжению при изгибе (см. таблицу Г5. приложение Г);

Л, — коэффициент, учитывающий снижение прочности вследствие усталостных явлений при многократном приложении нагрузки;

$к_г$ — коэффициент, учитывающий снижение прочности во времени от воздействия природно-климатических факторов (см. таблицу 8);

$У_й$ — коэффициент вариации прочности асфальтобетона на растяжение при изгибе, равный 0.1;

f — коэффициент нормированного отклонения (см. таблицу В.3. приложение В).

Таблица 8 — Значения коэффициента учитывающего снижение прочности во времени от воздействия природно-климатических факторов

Материал расчетною слоя	Значения коэффициента
ЩМА. SMA. асфальтобетон для BCD и НСЛ	0.85
Асфальтобетон для BCO	0.80

Коэффициент $к_у$, учитывающий снижение прочности вследствие усталостных явлений при многократном приложении нагрузки, вычисляют по формуле

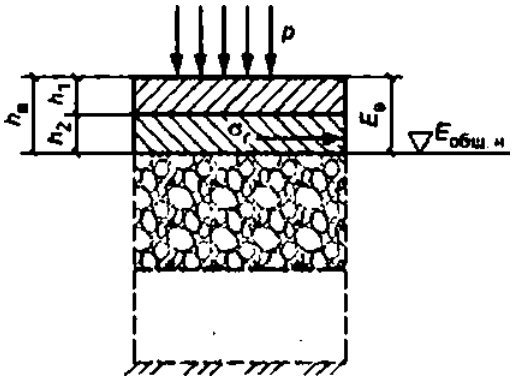
$$*1 = \qquad (19)$$

где *а* — коэффициент, учитывающий различие в реальном и лабораторном режимах растяжения (см. таблицу Г.5, приложение Г);

***m*— показатель степени, зависящий от свойств материала рассчитываемого слоя (см. таблицу Г.5, приложение Г);**

£$M_р$ — суммарное расчетное число приложений приведенной расчетной нагрузки на полосу движения за нормативный межремонтный срок службы проведения работ по капитальному ремонту дорожной одежды (в соответствии с ГОСТ Р 58861) рассчитывают согласно 7.3.

9.6.2 Наибольшее растягивающее напряжение в пакете слоев из асфальтобетона возникает в нижней зоне нижнего слоя. Дополнительно согласно 13.4 расчет выполняют для вновь устраиваемого слоя асфальтобетона. Для выполнения расчета реальную конструкцию приводят к двухслойной модели с модулем упругости упругого полупространства ниже пакета слоев из асфальтобетона, неограниченного снизу (нижнего слоя) (рисунок 5).



$h_{#}$ — верхний спой конечной толщины. $E_л$ — средневзвешенный модуль упругости верхнею слоя; — модуль упругости упругого полупространство, ниже пакета слоев из асфальтобетона, не отраниченною снизу (нижнего слоя}

Рисунок 5 — Схема двухслойной системы для расчета растягивающих напряжений в слоях асфальтобетона

К верхнему слою модели относят все слои асфальтобетона. Толщину верхнего слоя модели h_e принимают равной сумме толщин, входящих в пакет асфальтобетонных слоев по формуле (15). а зна-

чение модуля упругости $E_в$ устанавливают как средневзвешенное для всего пакета асфальтобетонных слоев по формуле (16).

Нижним (полубесконечным) слоем модели служит часть конструкции, расположенная ниже пакета слоев из асфальтобетона, включая грунт рабочего слоя земляного полотна.

Модули упругости асфальтобетона принимают по таблице Г.5 (приложение Г).

Общий модуль упругости нижнего слоя модели $E_{общ}$ „ определяют путем приведения слоистой системы к эквивалентной по жесткости с использованием номограмм, представленных на рисунках Е.1. Е.2 приложения Е.

9.6.3 Растягивающее напряжение при изгибе в монолитном слое от единичной нагрузки $Ъ_{(}$ при давлении на покрытие *р* = 1 МПа определяют с использованием номограмм, представленных на рисунках Е.51. Е.52 приложения Е.

Для расчета рекомендуется принимать гладкий контакт между нижним слоем из асфальтобетона и слоем основания дорожной одежды под ним (см. рисунок Е.52). Спаянные контакты рекомендуется принимать между слоями из асфальтобетона (см. рисунок Е.51).

Наибольшее растягивающее напряжение *а,* вычисляют по формуле

$$o,= o,p^{\wedge}. \qquad (20)$$

где $Ъ_{г}$ — растягивающее напряжение от единичной нагрузки, определяемое по номограмме (см. рисунки Е.51. Е.52 приложения Е):

р — расчетное давление на покрытие (см. таблицу 1), МПа;

к' — коэффициент, учитывающий особенности НДС рассчитываемого монолитного слоя, равный 0.85 — для двускатного колеса автомобиля и 1,00 — для односкатного колеса.

9.6.4 Расчет монолитных слоев усталостному разрушению от растяжения при изгибе выполняют в следующей последовательности:

- определяют общий модуль упругости основания $_{н}$ на уровне подошвы пакета слоев из асфальтобетона. выполняя расчет конструкции снизу вверх по номограммам, представленным на рисунках Е.1. Е.2 приложения Е;
- приводят конструкцию к двухслойной модели и по отношениям £/),/© и $E_в/E_{общ}$ $_{н}$ по номограммам. представленным на рисунках Е.51. Е.52 приложения Е. определяют растягивающее напряжение от единичной нагрузки о,;
- по формуле (20) вычисляют наибольшее растягивающее напряжение о,;
- рассчитывают предельное напряжение на растяжение при изгибе с учетом усталостных явлений $R_{п}$ по формуле (18) для материала рассчитываемого слоя асфальтобетона;
- проверяют выполнение условия прочности по формуле (17) и при необходимости вносят изменения в конструкцию дорожной одежды: увеличивают толщину слоев асфальтобетона или применяют в слоях основания материалы с более высокими расчетными модулями упругости с целью увеличения общего модуля упругости основания $E_{общ\,н}$.

9.6.5 Рекомендации по расчету многослойной конструкции без приведения к упрощенной схеме на сопротивление монолитных слоев покрытия усталостному разрушению от растяжения при изгибе представлены в приложении Д.

9.7 Расчет монолитных оснований на изгиб

9.7.1 8 монолитных промежуточных слоях основания, укрепленных неорганическими и комплексными вяжущими, растягивающие напряжения при изгибе могут превысить прочность материала на изгиб.

Конструкция дорожных одежд удовлетворяет требованиям прочности на изгиб при условии

$$o, \; <\wedge+_{К^{тр}}., \qquad (21)$$

где о, — наибольшее растягивающее напряжение в монолитном слое основания, вычисляемое по формуле (20);

$К'^{р}$ — требуемый коэффициент прочности, определяемый по таблице 5.

$Н_{пр}$ — предельное напряжение на растяжение при изгибе с учетом усталостных явлений материалов. укрепленных неорганическими или комплексными вяжущими, вычисляемое по формуле

$$«_{п}р^{г}\text{^}Лкр\cdot^{к}У \quad (22)$$

где $Я_{ухр}$ — предельное напряжение на растяжение при изгибе (см. таблицу Г.1, приложение Г);

К, — коэффициент, учитывающий воздействие попеременного замораживания — оттаивания, равный 0.95;

Ку — коэффициент усталости, учитывающий снижение прочности материалов, укрепленных неорганическими и комплексными вяжущими, за исключением асфальтобетона, при многократном приложении нагрузки, вычисляемый по формуле

$$K_{„} = —2\text{-} \quad (23)$$
$$_{у}(io\,o\,oJ$$

где N_g — приведенная интенсивность движения к расчетной нагрузке на одну полосу движения на конец межремонтного срока проведения работ по капитальному ремонту дорожной одежды, вычисляемая по формуле (3).

9.7.2 Растягивающее напряжение при изгибе от единичной нагрузк *о,* и при давлении на покрытие *р* = 1 МПа в промежуточном монолитном слое определяют по номограмме, представленной на рисунке Е.53 приложения Е.

9.7.3 Многослойную конструкцию предварительно приводят к трехслойной, где средним является рассчитываемый монолитный слой толщиной h_2 с модулем упругости Ej (см. рисунок Е.53 приложения Е).

Расчетные модули упругости слоев из асфальтобетона следует принимать в зависимости от ДКЗ при температуре, соответствующей расчету дорожных одежд по критерию сдвигоустойчивости (по 9.4.5).

9.7.4 Промежуточные монолитные слои на изгиб целесообразно рассчитывать в следующей последовательности:

- определяют средневзвешенный модуль упругости конструктивных слоев, лежащих выше рассчитываемого монолитного слоя Е, по формуле (16);
- слои, подстилающие монолитный слой, приводят к эквивалентному по жесткости однородному полупространству с модулем упругости $Е_3$. который рассчитывают путем последовательного вычисления общих модулей каждой пары смежных слоев по номограммам, представленным на рисунках Е.1. Е.2 приложения Е;
- по номограмме (см. рисунок Е.53 приложения Е) находят растягивающее напряжение *а,* в рассчитываемом слое от единичной нагрузки, действующей на поверхности покрытия. Номограммой (см. рисунок Е.53 приложения Е) пользуются следующим образом: при отношении *ND* і 0.6 из точки на верхней горизонтальной оси. соответствующей отношению *ND.* следует провести вертикаль до кривой с известным отношением Е/Е^, а из точки пересечения провести горизонтальную прямую до луча, соответствующего отношению $Е_г/Е_3$. откуда следует опустить вертикаль на нижнюю горизонтальную ось. где найти значение растягивающего напряжения о, при давлении *р* = 1 МПа (см. пунктирные линии на рисунке Е.53 приложения Е); при отношении *ND* < 0.6 из точки на верхней горизонтальной оси. соответствующей отношению *ND.* следует провести вертикаль до луча с известным отношением *Е^Е^.* а из точки пересечения провести горизонтальную прямую до кривой, соответствующей отношению $Е^Е_2$. откуда следует опустить вертикаль на нижнюю горизонтальную ось. где найти значение растягивающего напряжения $Ъ_г$ при давлении р = 1 МПа;
- расчетное значение наибольшего растягивающего напряжения в монолитном слое основания ст, находят по формуле (20) при коэффициенте $Л_а$. учитывающем особенности НДС рассчитываемого монолитного слоя, равном 1.0;
- определяют предельное напряжение на растяжение при изгибе материалов, укрепленных неорганическими или комплексными вяжущими $Я_{пр}$ по формуле (22);
- проверяют выполнение условия прочности по формуле (21) и при необходимости вносят изменения в конструкцию дорожной одежды.

10 Проверка дорожной конструкции на морозоустойчивость

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

10.2 Конструкция удовлетворяет требованиям по морозоустойчивости при соблюдении условия

'луч*'доп' (24)

где $l_{пуч}$ — расчетное (ожидаемое) морозное пучение грунта земляного полотна;

$l_{доп}$ ~ допустимая величина морозного пучения в соответствии с ГОСТ Р 59120.

8 соответствии с ГОСТ Р 59120 при сроке службы дорожной одежды между капитальными ремон* теми до 10 лет расчетное значение пучения от воздействия низких температур не должно превышать предельно допустимого значения морозного пучения, а при сроке службы дорожной одежды между капитальными ремонтами более 10 лет расчетное значение пучения на поверхности покрытия от воз* действия низких температур не должно превышать 80 % предельно допустимого значения морозного пучения.

10.3 Не требуется специальных мер по защите дорожных одежд от морозного пучения в следующих случаях:

- в районах с глубиной промерзания менее 0.6 м;
- при земляном полотне, сложенном на всю глубину промерзания из нелучинистых или слабопучинистых грунтов;
- если общая толщина дорожной одежды превышает 2/3 глубины промерзания дорожной конструкции (согласно 10.8).

Группы грунтов по степени пучинистости представлены в ГОСТ 33063.

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

- применение нелучинистых или слабопучинистых грунтов в соответствии с классификацией ГОСТ 33063 для сооружения рабочего слоя земляного полотна автомобильных дорог в районах сезонного промерзания;
- ограничение поступления влаги в промерзающие слои земляного полотна за счет, достаточного возвышения покрытия над уровнями грунтовых или поверхностных вод (см. таблицы 9.10); сооружения различных конструкций дренажей; устройства калилляролрерыеающих и гидроизолирующих прослоек в дорожных конструкциях;
- устройство теплоизолирующих слоев, исключающих промерзание грунта земляного полотна под дорожными одеждами или ограничивающих ее глубину до пределов, обеспечивающих допускаемое поднятие покрытия, с учетом типа дорожных одежд в соответствии с классификацией по ГОСТ Р 59120.

Оптимальное решение принимают на основании технико-экономического сравнения вариантов применяемых мероприятий по обеспечению требуемой морозоустойчивости дорожной одежды и земляного полотна.

Таблица 9 — Возвышение поверхности покрытия над уровнем грунтовых или поверхностных вод

Грунт рабочего слоя	Наименьшее возвышение поверхности покрытия в пределах ДКЗ. м			
	II	iII	IV	V
Мелкий лесок, легкая крупная супесь, легкая супесь	и 0.9	0.9 0.7	0.75 0.55	0,5 0.3
Пылеватый песок, пылеватая супесь	1,5 1.2	1.2 1.0	11 0.8	CL8 0.5
Легкий суглинок, тяжелый суглинок, глины	2.2 1.6	1.8 1.4	1.5 1.1	11 0.8
Тяжелая пылеватая супесь, легкий пылеватый сугтынок. тяжелый пылеватый суглинок	2.4 1.8	2,1 1.5	1.8 1.3	12 0.8

Примечание — В числителе — возвышение поверхности покрытия над УГВ. верховодки или длительно (более 30 сут) стоящих поверхностных вод. в знаменателе — то же. над поверхностью земгм на участках *с* необеспеченным поверхностным стоком или над уровнем кратковременно (менее 30 сут) стоящих поверхностных еод.

Схему увлажнения грунта рабочего слоя земляного полотна определяют по таблице 10.

Таблица 10 — Расчетные схемы увлажнения грунта рабочего слоя

Расчетная схема увлажнения грунта рабочего слоя	Источник увлажнения	Условия отнесения ■ данной расчетной схеме увлажнения
1	Атмосферные осадки	Для насыпей на участках 1-го типа местности по условиям увлажнения. Для насыпей на участках местности 2-го и 3-го типов по условиям увлажнения при возвышении поверхности покрытия над расчетным УГВ и уровнем поверхностных эод или над поверхностью земли, более чем в 1.5 раза превышающем требования таблицы 9. Для насыпей на участках 2-го типа при расстоянии от уреза поверхностной воды (отсутствующей не менее 2/3 летнего периода) более 5—10 м при супесях; 2—5 м при легких пылеватых суглинках и 2 м при тяжелых пылеватых суглинках и глинах (меньшие значения принимают для грунтов с большим числом пластичности: при залегании различных грунтов следует принимать наибольшее значение). В выемках в песчаных и глинистых грунтах при уклонах кюветов более 20 % (в ДКЗ I. II и iII) и при возвышении поверхности покрытия над расчетным УГВ. более чем в 1.5 раза превышающем требования таблицы 9. При применении специальных методов регулирования водно-теплового режима (калилляропрерывающие. тидроизолирующие. теплоизолирующие и армирующие прослойки, дренаж и т. п.). назначаемых по специальным расчетам
2	Кратковременно стоящие (до 30 сут) поверхностные воды, атгосферные осадки	Для насыпей на участках 2-го типа местности по условиям увлажнения при возвышении поверхности покрытия не менее требуемого по табгыце 16 и не более чем в 1.5 раза превышающего эти требования и при крутизне откосов не менее 1:1.5 и простом (без берм) поперечном профиле насыпи. Для насыпей на участках Э-го типа местности при применении специальных мероприятий по защите от грунтовых вод (капилляропрерывающие и гидроизолирующие спои, дренаж), назначаемых по специальным расчетам, при отсутствии длительно (более 30 сут) стоящих поверхностных вод и выполнении условий, указанных в предыдущем абзаце. В выемках в песчаных и гтынистых грунтах при уклонах кюветов менее 20 % (ДКЗ 1 и II) и возвышении поверхности покрытия над расчетным УГВ. более чем в 1.5 раза превышающем требования таблицы 9
3	Грунтовые или длительно (более 30 сут) стоящие поверхностные воды, атмосферные осадки	Для насыпей на участках 3-го типа местности по условиям увлажнения при возвышении поверхности покрытия, отвечающем требованиям таблицы 9. но не превышающем их более чем в 1.5 раза. То же для выемок, в основании которых имеется УГВ. расположение которого по глубине не превышает требования таблицы 9 более чем в 1.5 раза

10.5 Дорожные одежды рассчитывают на морозоустойчивость для характерных участков дороги, сходных по грунтово-гидрологическим условиям, подстилаемых одинаковыми грунтами, имеющими одну и ту же конструкцию земляного полотна (насыпь, нулевые отметки или выемка).

10.6 Требуемую по критерию морозоустойчивости толщину дорожных одежд определяют по номограммам (см. рисунок 6). предварительно определив ординату морозного пучения при осредненных условиях $l_{пуч\ ср}$ по формуле

$$'пум.ср = *пп \cdot K_{,р} ■ K_{„g,g} К.Д \quad (25)$$

где $l_{доп}$ — допустимая величина морозного пучения (в соответствии с ГОСТ Р 59120);

— коэффициент, учитывающий влияние расчетной глубины залегания уровня грунтовых или длительно стоящих поверхностных вод (см. рисунок 7);

$К_{пл}$ — коэффициент, зависящий от степени уплотнения грунта рабочего слоя (см. таблицу 11);

— коэффициент, учитывающий влияние гранулометрического состава грунта основания насыпи. принимаемый: для песков — 1.0; супесей — 1.1; суглинков — 1,3; глин — 1.5;

$К_{иа,р}$ — коэффициент, учитывающий влияние нагрузки от собственного веса вышележащей кон* струкции на грунт в промерзающем слое (см. рисунок 8);

— коэффициент, зависящий от относительной влажности грунта (см. таблицу 12).

Таблица 11 — Коэффициент зависящий от степени уплотнения грунта рабочего слоя

Коэффициент уплотнения	$К_т$ для грунта	
	пылеватого песка, легкой супеси, пылеватой супеси, тяжелой пылеватой супеси, легкого и тяжелого суглинка, легкого и тяжелого пылеватого суглинка, глины	легкой крупной супеси, песка
1,03—1.00	0.8	1.0
1,01—0.98	1.0	1.0
0,97—0,95	1.2	1.1
0,94—0.90	1.3	1.2
Св. 0.90	1.5	1.3

Таблица 12 — Коэффициент $К_{№}$. зависящий от относительной влажности грунта IWW,

Относительная влажность грунта WW,	0.6 и менее	0.7	0.8	0.9
	1.0	1.1	и	1.3

Примечание — Цифры на кривых — группа грунта по степени лучинистости.

Для грунта группы II по степени лучинистости кривую Па выбирают при 2*й и 3-й схемах увлажне* ния грунта рабочего слоя, кривую 116 — при 1«й схеме увлажнения грунта рабочего слоя

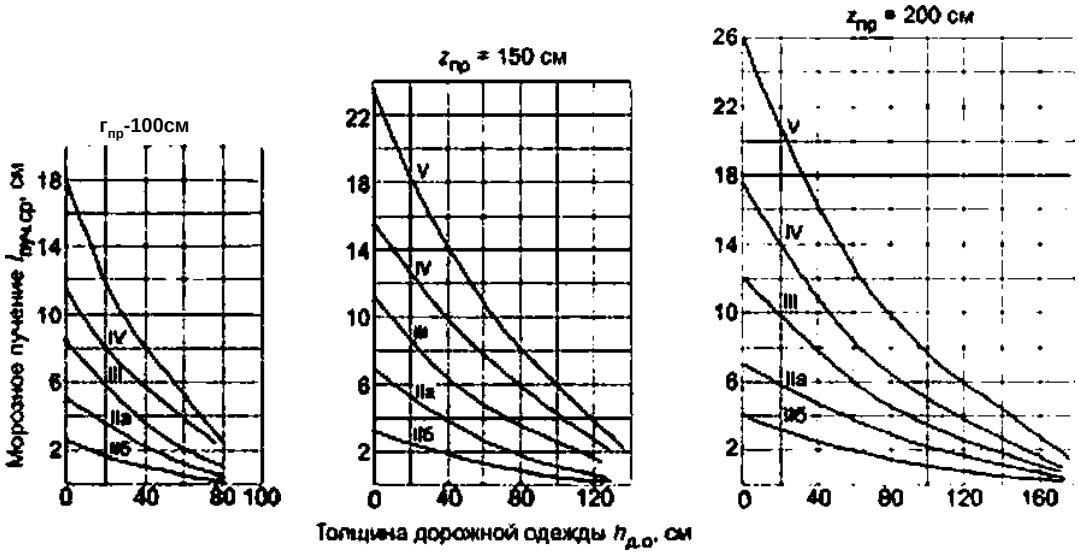
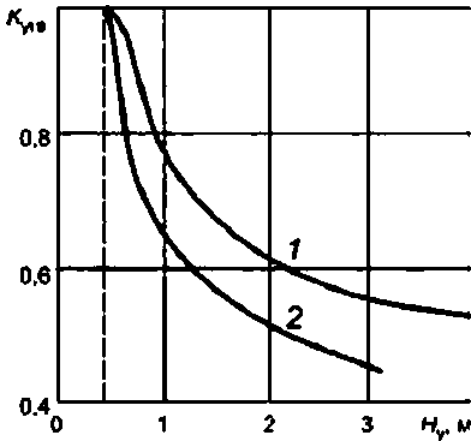


Рисунок 6 — Графики для определения требуемой толщины дорожной одежды $Ь_{ло}$ по критерию морозоустойчивости в зависимости от глубины промерзания $4_{,р}$

10.7 Для существующей дорожной конструкции расчетное (ожидаемое) морозное пучение грунта земляного полотна вычисляют по формуле

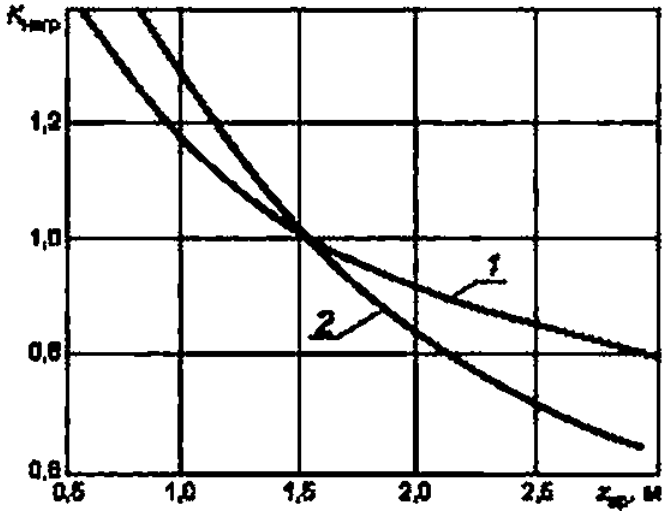
$$'луч = 'пуихр \тв «пл *тр «натр \quad <26>$$

Если $1_{луч} > l_{дрп}$, то морозоустойчивость дорожной конструкции не обеспечена и требуется разра* ботка мероприятия по уменьшению величины пучения (увеличение толщины дорожной одежды, замена грунта рабочего слоя земляного полотна на непучинистый грунт или другие мероприятия) при капиталь* ном ремонте или реконструкции автомобильной дороги.



1 — пылеватая супесь, тяжелая пылеватая супесь, легкий и тяжелый суглинок, легкий и тяжелый пылеватый суглинок, тина;
2 — песок, легкая крупная супесь, легкая супесь

Рисунок 7 — Зависимость коэффициента $K_{угв}$ от расстояния от низа дорожной одежды до расчетного уровня H_y (УГВ или УПВ)



J — пылеватая супесь, тяжелая пылеватая супесь, легкий и тяжелый суглинок, легкий и тяжелый пылеватый суглинок, глина;
2 — песок, легкая крупная супесь, легкая супесь

Рисунок 8 — Зависимость коэффициента от глубины промерзания z^ от поверхности покрытия

10.8 Глубину промерзания дорожной конструкции z^ допускается вычислять по формуле

$$z_{пр}=1.38z_{прхр}. \quad (27)$$

где $z_{пр\ ср}$ — средняя глубина промерзания для данного района, устанавливаемая с использованием карт изолиний (см. рисунок 9).

10.9 При глубине промерзания дорожной конструкции $z_{пр}$ до 2.0 м величину морозного пучения при осредненных условиях $l_{пуч\ ср}$ устанавливают по графикам, представленным на рисунке 6. а при глубине промерзания дорожной конструкции $z_{пр}$ от 2.0 до 3.0 м — по формуле

$$'пум.ср = {}^{/}пу_{ц}c_{р}2.0<^{a*}Ь(г_{пр}\text{-}С», \quad (28)$$

где *I* со 2 о “ величина морозного пучения при глубине промерзания дорожной конструкции *z* , равной 2.0 м;

а.Ь.с — коэффициенты, которые при глубине промерзания дорожной конструкции $z_{пр}$ от 2.0 до 2,5 м равны 1,00:0,16 и 2.00 соответственно, а при глубине промерзания дорожной конструкции $z_{пр}$ от 2.5 до 3.0 м равны 1.08; 0,08 и 2.50 соответственно.

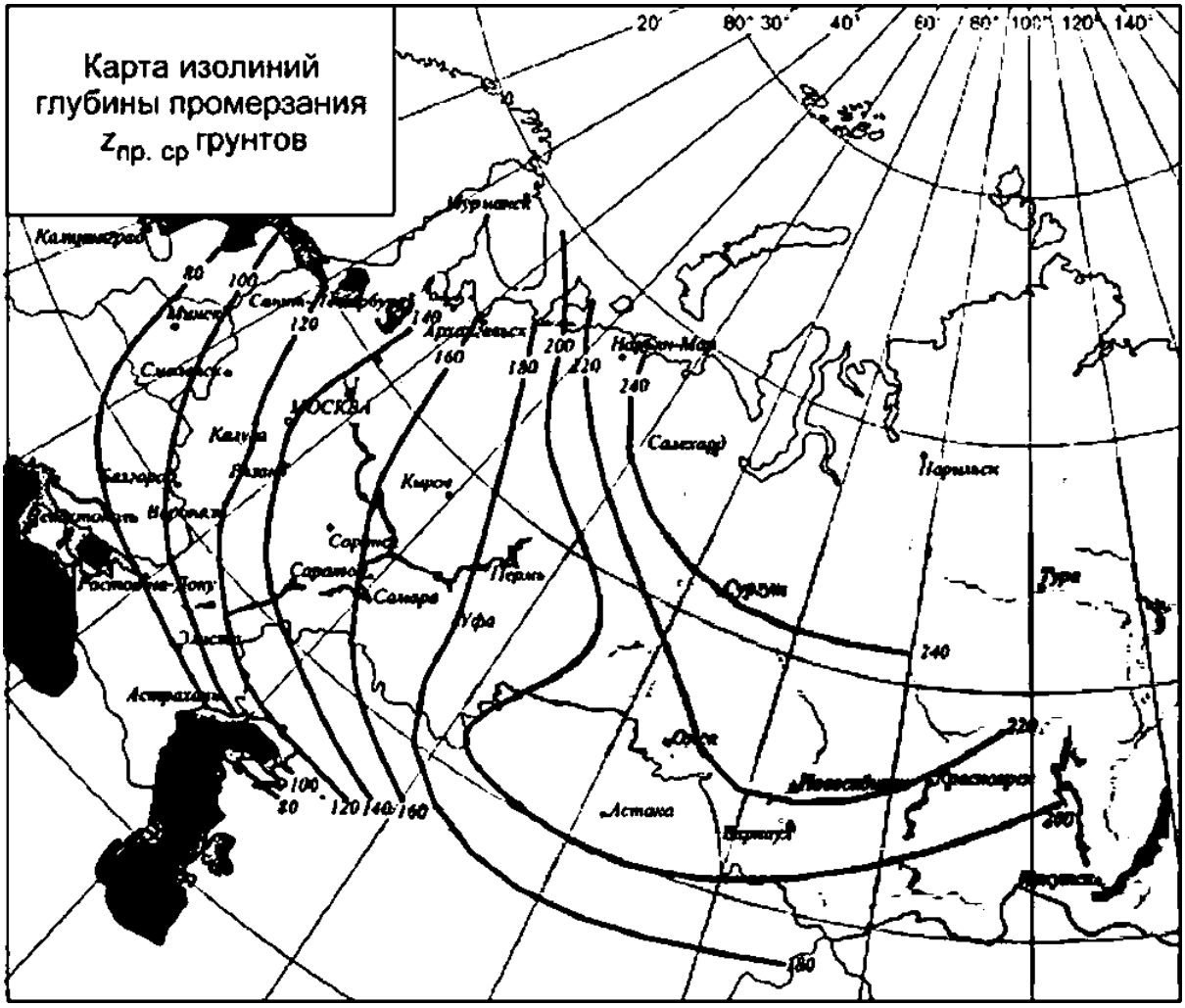


Рисунок 9 — Карта изолиний средней глубины промерзания $_{ср}$ грунтов

10.10 Допускается дополнительно выполнять расчет на морозоустойчивость в соответствии с иными нормативными документами и технической документацией в данной области.

Расчет дорожной одежды с применением теплоизолирующих материалов выполняют по методи* кам. приведенным в соответствующих нормативных документах и технической документации.

11 Осушение дорожных одежд и грунта рабочего слоя

11.1 Дренирующий слой в конструкциях дорожных одежд со слоями из зернистых материалов на земляном полотне из глинистых и песчаных пылеватых грунтов необходим:

- **в ДКЗ II и III — для всех схем увлажнения грунта рабочего слоя;**
- **в ДКЗ IV и V — для третьей схемы увлажнения грунта рабочего слоя.**

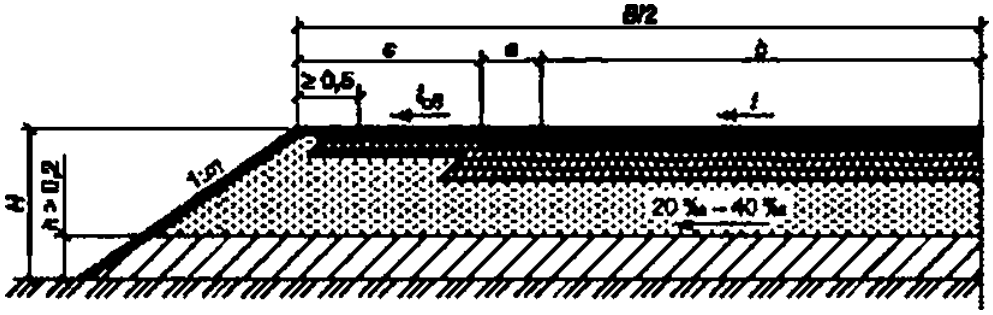
11.2 Возможны следующие конструктивные решения устройства дренирующего слоя на автомобильиых дорогах (см. рисунок 10):

- **дренирующий слой отсыпается на всю ширину земляного полотна с поперечными уклонами от 20 до 40 %«. обеспечивающими сток воды на откосы (см. рисунок 10 а);**

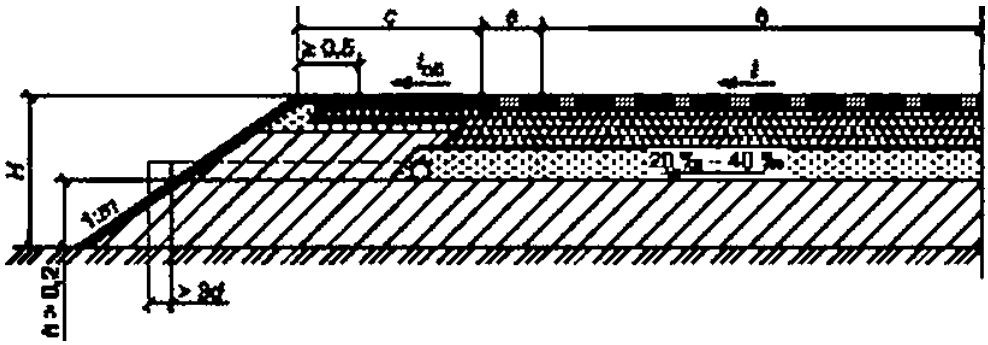
. отвод воды осуществляется с помощью продольных геодрен и поперечных выпусков на расстоянии от 50 до 80 м друг от друга в зависимости от продольных уклонов на дороге (см. рисунок 10 *б):*

- **дренирующий слой отсылается на ширину проезжей части и краевых полос без водоотводящих устройств (см. рисунок 10 е).**

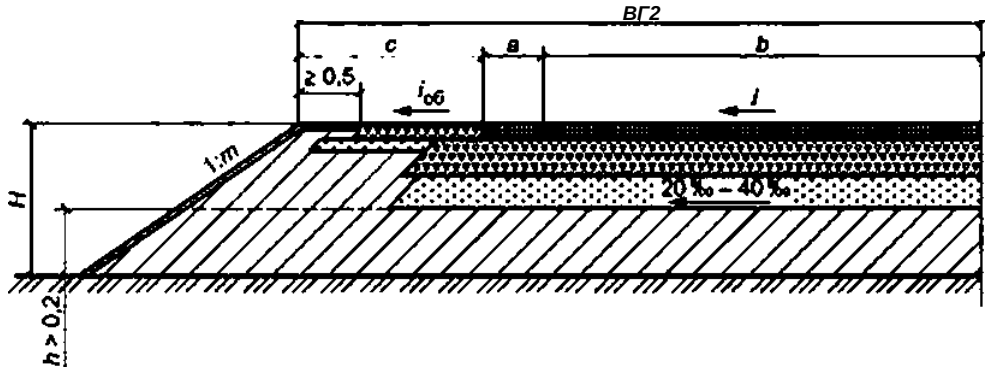
На рисунке 10 расстояние *h* от низа дренирующего слоя или от низа труб-дрен на откосе до поверхности земли при типе 1 местности по характеру и степени увлажнения, уровня кратковременно стоящих поверхностных вод (до 30 сут) при типе 2 местности и длительно стоящих поверхностных вод (более 30 сут) или грунтовых вод при типе 3 местности принимают равным более 0.20 м. Полученная общая высота земляного полотна *Н* должна быть увязана с руководящей отметкой — рекомендуемой величиной возвышения поверхности покрытия в разных ДКЗ в соответствии с таблицей 9.



9 — устройстве дренирующего слоя на всю ширину мыляного полотна



б — устройство дренирующего слоя на ширину лроехмеи части и краевых полос с отводом воды по дренажным трубам



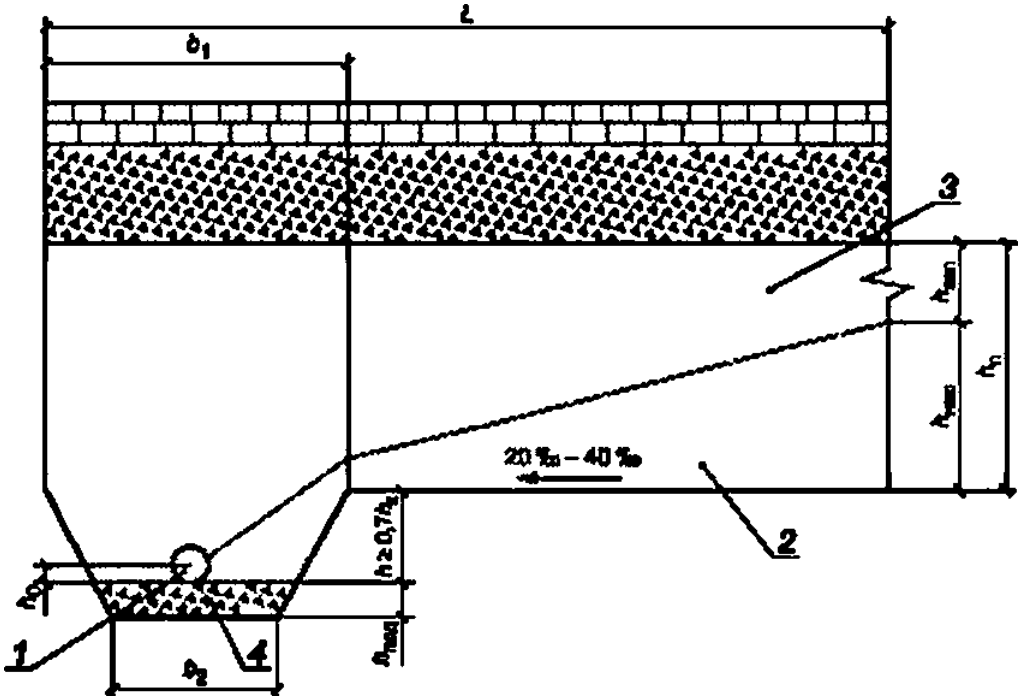
« — устройство дренирующего слоя на ширину проезжей части и краевых полос без устройства водоотводных устройств

в — ширина земляного полотна. *И* — высота насыпи, *h* — возвышение низа дренирующего слоя или труб-дрен над поверхностью земли или уровнем воды. *Ь*— ширина от оси до укрепленной обочины, а — ширина укрепленной обочины; с — расстояние от края упрепленкой обочины до бровки земляного полотна

Рисунсж 10 — Конструктивные решения дренирования дорожной одежды

В городских условиях, как правило, применяют конструкцию дренажа с трапецеидальным ровиком (см. рисунок 11).

В рассмотренных конструкциях возможно применение геосинтетических дренирующих материалов. в том числе композиционных.



f — дренажная труба, *2* — эона движения свободной воды. *3* — эона движения капиллярной воды. 4 — щебеночная (песчаная) подготовка под дренажную трубу

***L* — длина пути Фильтрации; Ь, — ширина ровика поверху. 6? — ширина ровика понизу. ft_0 — уровень воды а трубе-дрене; — толщина слоя щебеночной подготовки под дренажную трубу; ft — глубина ровика от низа трубы-дрены, ft, — высота капиллярного поднятия воды в песчаном слое**

Рисунок 11 — Конструкция дренажа с ровиком

Выбор каждого конкретного мероприятия по осушению дорожной конструкции проводят на основе технико-экономического сравнения вариантов.

11.3 Дренажную конструкцию следует проектировать с учетом объема притока воды, поступающей в основание дорожной одежды в расчетный период, фильтрационной способности материала дренирующего слоя и конструкции земляного полотна.

Значительному уменьшению притока поверхностной воды к земляному полотну могут также способствовать монолитные слои дорожной одежды из материалов (грунтов), укрепленных вяжущими.

Проектирование мероприятий по осушению дорожной одежды осуществляют в следующей последовательности:

- дорогу разделяют на однородные участки по грунтово-гидрологическим условиям с учетом особенностей конструкции земляного полотна и конструктивного решения по дренированию;

- для однородных участков определяют количество воды, поступающей в основание за сутки и за расчетный период, предусматривая меры по ограничению притока воды в дорожную конструкцию;

*** намечают варианты дренажных конструкций;**

- обосновывают расчетом толщину дренирующего слоя для данных условий или определяют минимально требуемый коэффициент фильтрации для дренирующего материала в соответствии с 6.11.4 и 6.12.1.

11.4 В зависимости от конкретных условий дренажную конструкцию автомобильной дороги рассчитывают на работу;

- по принципу осушения (см. рисунки 10 а. би рисунок 11);

*** по принципу поглощения (см. рисунок 10 е).**

Дренирующий слой, работающий по принципу осушения, необходимо устраивать из песков и др. пористых материалов с коэффициентом фильтрации не менее 2 м/сут. по принципу поглощения — не менее 1 м/сут.

11.5 Общий приток воды в весеннее время года на 1 м^{r} проезжей части *Q* и средний приток воды на 1 м^2 проезжей части в сутки *q* определяют по таблице 13.

Таблица 13 —Объем воды, поступающей в основание дорожной одежды

ДКЗ	Схема увлажнений рабочего слоя	Объем воды, поступающей в основание дорожной одежды из грунта *Q/q*			
		супеси легкой и песка пылеватого	суглинка легкого и тяжелого и глины	суглинка /такого лылем того и тяжелого пылом то го	сулесм пылеватой и супеси тяжелом пылеватой
II	1	15/2,5	20/2	35/3	80/3,5
	2	25/3	50/3	80/4	130/4,5
	3	60/3.5	90/4	130/4.5	180/5
III	1	10/1,5	10/1.5	15/2	30/3
	2	15/2	25/2	30/2.5	40/3
	3	25/2,5	40/2.5	50/3.5	60/4
IVmV	3	20/2	20/2	30/2.5	40/3

Примечания

1 В числителе приведен объем воды *Q* (*л*/м?) покрытия, поступающей в основание дорожной одежды за весь расчетный период, в знаменателе *q л*/(м² ■ сут).

2 Для насыпей, возведенных из негшлеватых грунтов, высотой более требуемой (см. таблицу 9) в ДКЗ II принимают средний приток воды на 1 м² проезжей части в сутки *q.* равный 1.6 *л*/(м² ■ сут).

3 При наличии разделительной полосы для участков, проходящих в нулевых отметках, насыпей высотой менее требуемой (см. таблицу 9) в ДКЗ II. расчетные значения среднего притока воды на 1 м? проезжей части в сутки *q* повышают на 20 %.

11.6 Для дренирующего слоя, работающего по принципу осушения, расчетный приток воды е дренирующий слой $q_р$, м°/сут на 1 м² проезжей части, вычисляют по формуле

$$q_р = qK_{нilIt}{}^{\wedge\wedge}{}_{о}.V^{1000'} \qquad (^{29}>$$

где *q* — средний приток воды, *л* на 1 м² проезжей части в сутки (см. таблицу 13);

$К_{пик}$ — коэффициент «пик», учитывающий неустановиешийся режим поступления воды из-за неравномерного оттаивания и выпадения атмосферных осадков (см. таблицу 14);

Kf — коэффициент гидрологического запаса, учитывающий снижение фильтрационной способности дренирующего слоя в процессе эксплуатации дороги (см. таблицу 14);

$К_{мг}$ — коэффициент, учитывающий накопление воды в местах изменения продольного уклона;

K_g — коэффициент, учитывающий снижение притока воды при принятии специальных мер по регулированию водно-теплового режима (см. таблицу 15).

Коэффициент $К^{\wedge}{}_{ог}$ определяют при одинаковых направлениях продольных уклонов на продольном профиле по номограмме (см. рисунок 12). а при встречных уклонах — по формуле

$$K_{жг} = 1 * \qquad * 1)(I, * I_т)У2л. \qquad (30)$$

где $K_ф$ — коэффициент фильтрации, м/сут;

$7"_{1ал}$ — средняя продолжительность запаздывания работы водоотводящих устройств, принимаемая в ДКЗ II равной от 4 до 6 суг. в ДКЗ III — от 3 до 4 сут (большие значения для мелких песков);

I, и — абсолютная величина уклонов, доли единицы;

л — пористость дренирующего слоя, доли единицы.

Таблица 14 — Значения коэффициента «пик» и коэффициента гидрологического запаса *K,*

ДКЗ	Схема увлажнения	$К_{пт}$ для грунтов		K_t для пылеватых грунтов
		иелылеватых	пылеватых	
II	1	1.5	1.5	1.0/1.0
	2	1.5	1.6	12/1,2
	3	1.6	1.7	1.3/12

Окончание таблицы 14

дкз	Схема увлажнения	К^для грунтов		*К,* для пылеватых грунтов
		мепылемтых	пылемтых	
III	1	1.4	1.5	1.0/1.0
	2	1.4	1.5	1.1/1.0
	3	1.5	1.6	1.2/1.1
IV и V	3	1.5	1.3	1.1/1.0

Примечания

1 Для непылеватых грунтов *К,* = 1.0.

2 В числителе указаны значения К,— для дорог категорий I и II. в знаменателе — категорий III и IV.

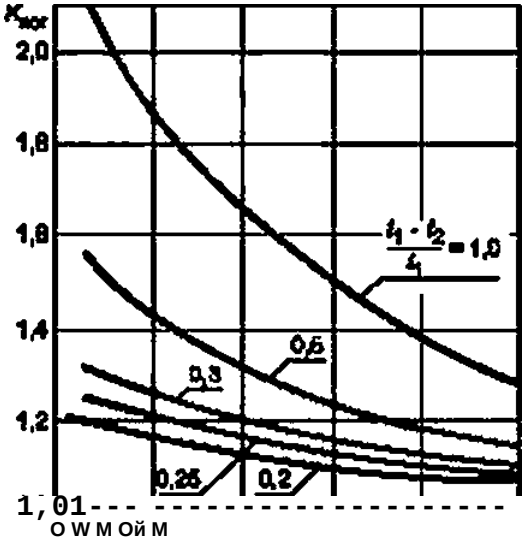
Таблица 15 — Значения коэффициента K_p. учитывающего снижение притока воды в дренирующий слой

Мероприятие	Схема увлажнения	Хр для грунта рабочего слоя		
		легкой супеси	легкого суглинка	тяжелого суглинка, глины
Укрепление обочин	1	0.70	0.75	0.80
	2и3	0.85	0.95	0.95
Монолитные слои основания с содержанием воздушных пустот материала до 5 %	1	0.80	0.80	0.80
	2и3	0.90	0.90	0.90
Монолитные слои основания с содержанием воэдушных пустот материала от 5% до 10%	1	0.90	0.90	0.90
	2и3	0.95	0.95	0.95

Примечания

1 При применении пылеватых грунтов коэффициент $К_р$ = 1,0.

2 Если предусмотрено несколько мероприятий, то каждое из них учитывают в отдельности по формуле (29).



'» и *2 " продольные уклоны выше и ниже перелома продольного профиля. $Х_ф$ — коэффициент фильтрации. мГсут. л — коэффициент пористости дренирующего слоя о долях единицы (значения уклонов принимают по абсолютной величине)

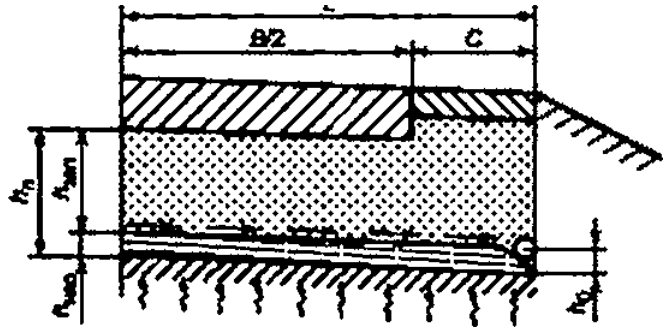
Рисунок 12 — Номограмма для определения коэффициента $К_{юг}$. учитывающего накопление воды в местах изменения вогнутого профиля

11.7 Полную толщину дренирующего слоя ло способу осушения $Л_п$ (см. рисунок 13) вычисляют по формуле

$$^{ft}n = ^{иас} + ^{зьп‘} \quad (31)$$

где $h_{нас}$ — толщина слоя полностью насыщенного водой, м;

— дополнительная толщина слоя, зависящая от капиллярных свойств материала, для крупных песков $Л_{зап}$ составляет 0.10 м; для средних лесков — 0.15 м; для мелких лесков — 0,20 м.



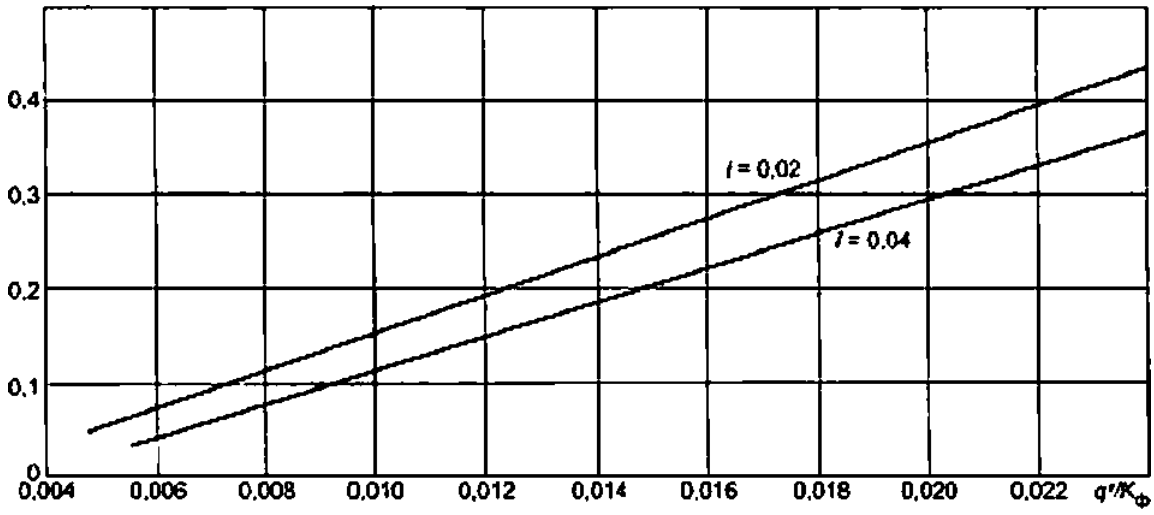
В — ширина проезжей части: С — ширина обочины; *L* — длина пути фильтрации. $Л_{п}$ — толщина дренирующего слои. — толщина слоя, насыщенного оодой. $Л_{мп}$ — толщина слоя с калиплярно-сеямнной водой, — уровень воды о трубе-дрене

Рисунок 13 — Схема работы дренирующего слоя

Во всех случаях полную толщину дренирующего слоя $h_{п}$ следует принимать не менее 0,20 м.

11.8 Для дренирующего слоя, работающего по принципу осушения, толщину слоя, полностью насыщенного водой. $Л_{нас}$ устанавливают в зависимости от длины пути фильтрации *L* и расчетной величины притока воды $q_{р}$.

Для мелких, средних и крупных песков с коэффициентом фильтрации менее 10 м/сут расчет выполняют по номограмме, представленной на рисунке 14.



поперечный утлой низа дренирующего слоя; *L* — длина пути фильтрации, р* — погонный приток поды; Кф — «озффициеит фильтрации песка, м/сут

Рисунок 14 — Номограмма для расчета толщины дренирующего слоя, полностью насыщенного водой. $/?_{|вс}$. из мелких, средних и крупных лесков с коэффициентом фильтрации менее 10 м/сут

При односкатном поперечном профиле погонный приток воды ф. $м^3$/сут на 1 м длины дороги, определяют по формуле

$$</=Q_pS. \quad (32)$$

При двускатном полеречном профиле погонный приток воды *q'*. м³/сут на 1 м длины дороги, определяют по формуле

$$<?'^{r}\ 0.5q_pS. \quad (33)$$

где *q* — расчетный объем притока воды;

в — ширина проезжей части, м.

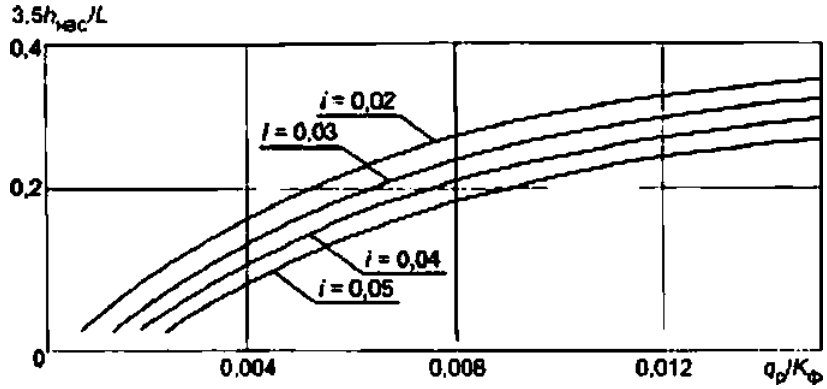
Необходимую толщину слоя, полностью насыщенного водой, определяют ло ординате *а* (см. рисунок 14) ло формуле

$$Л_{иве} = a\ L/3.5. \quad (34)$$

где а — ордината, снятая с графика (см. рисунок 14):

L — длина пути фильтрации, равная половине ширины дренирующего слоя при двускатном поперечном профиле и полной его ширине — при односкатном поперечном профиле.

Для крупных песков с коэффициентом фильтрации более 10 м/сут толщину дренирующего слоя, полностью насыщенного водой. $h_{Нас}$ определяют по рисунку 15.



I—■ поперечный уклон ни» дренирующего слоя; *L* — длиа пути фильтрации. — расчетный объем притока воды. м³/и^{r} а сутки. Хф — коэффициент фильтрации леска, м/сут

Рисунок 15 — Номограмма для расчета толщины дренирующего слоя, полностью насыщенного водой. $Л_{нас}$. из крупных песков с коэффициентом фильтрации более 10 м/сут

11.9 По принципу поглощения рассчитывают толщину дренирующего слоя для конструктивного решения, показанного на рисунке 10 в.

Кроме того, на участках дорог с многополосной проезжей частью, где невозможно обеспечить длину пути фильтрации *L* менее или равную 10 м. дренирующий слой рассчитают на поглощение всего количества воды, поступающей за весь расчетный период.

Полную толщину дренирующего слоя $/?_{п}$. работающего ло принципу поглощения, вычисляют по формуле, основанной на сравнении объема воды, подлежащего размещению, и объема свободных пор в материале дренирующего слоя

$$0/кюоп^{\wedge}.з^{\wedge} \quad (35)$$

$$^{1}\text{-Фэмм}$$

где *О* — расчетное количество воды, накапливающейся в дренирующем слое за весь расчетный период, л/м² (см. таблицу 13);

п — пористость материала в уплотненном состоянии, в долях единицы, определяемая в лаборатории по ГОСТ 33063. либо принимаемая от 0.28 до 0,40 (большее значение для песка мелкого, меньшее для леска крупного);

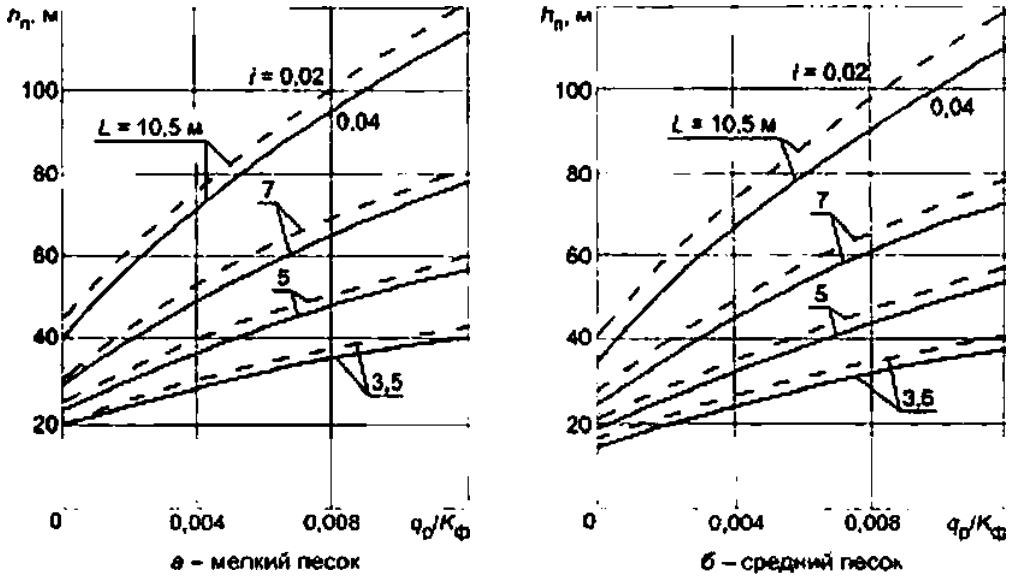
Фэим — коэффициент заполнения пор влагой в материале дренирующего слоя к началу оттаивания, определяемый по таблице 16.

Таблица 16 — Значение коэффициента ф

Толщина дренирующего слоя $Л_п$.м	Значение коэффициента $Р_{)км}$ для ДКЗ В при пористости *п*			
	0.40	0.36	0.32	0,26
До 0.1	0.49	0.59	0.68	0.78
0.2	0.43	0,52	0.62	0.71
0.3	0.37	0.46	0.55	0.65
0.4	0.30	0.40	0.49	0.58
0.5 и более	0.24	0.33	0.42	0.51
Примечания 1 Промежуточные значения $<p_{мм}$ определяют по интерполяции в зависимости от пористости песка и толщины дренирующего слоя. 2 В ДКЗ III величину следует уменьшить на 20 %.				

11.10 Дренирующий слой е дренажной конструкции с углубленными продольными ровиками (см. рисунок 11). усиливающими процесс движения воды в мелком песке и леске среднем, рассчитывают с использованием номограмм, представленных на рисунке 16.

По номограммам (см. рисунок 16) получают сразу полную толщину дренирующего слоя $h_п$ в зависимости от крупности песка, расчетного объема притока воды в дренирующий слой $q_р$. коэффициента фильтрации материала дренирующего слоя длины пути фильтрации *L* и поперечного уклона низа дренирующего слоя /.



L — длина пути фильтрации; $ч_0$ — расчетный объем притока аоды, ы³/м² в сут«и. Кф — коэффициент фильтрации материала, м/еут. • - • • —• уклон низа дренирующего слоя. > ■ 0,02; — уклон ним дренирующего слоя. /■ 0.04

Рисунок 16 — Номограмма для расчета дренирующего слоя в конструкции с углубленными предельными ровиками

Для более точных расчетов дренажной конструкции с углубленными продольными ровиками (см. рисунок 11) используют формулу для расчета коэффициента фильтрации, в которой учитывают конструктивные особенности конструкции

$$K = \frac{L^*}{{}^{Ф}\ дн^{+}{}^{р,)'}} \qquad f4R1$$

где *L* — длина пути фильтрации, м;

$4_р$ — расчетный объем притока воды. м³/м² е сутки;

ЛИ — разность напоров, м. вычисляемых по формуле

$$АН=h_{МС}*Li_{+}h-A_{fl}. \quad (37)$$

здесь / — поперечный уклон низа дренирующего слоя, доли единицы;

L — длина пути фильтрации, равная расстоянию от оси дороги при двухскатном профиле до внутренней бровки ровика, м;

h — глубина ровика до низа дрены, равная 0.7 $/?_к$ (высоты капиллярного поднятия воды в материале дренирующего слоя), м; *h** принимают 0.5 для мелкого песка и 0,4 для среднего песка;

$П_о$ — глубина фильтрационного потока в дренирующем слое непосредственно у продольной дрены; для песков средних h_0 - 0.03 м. для мелких песков = 0.05 м;

$/?_{нас}$ — толщина слоя, полностью насыщенного водой, м;

$Л_{мп}$ — дополнительная толщина дренирующего слоя, м;

Р, — коэффициент расхода воды в капиллярной зоне; для мелких песков Р, = 0.3. а для сред* них и крупных лесков р, = 0.4.

11.11 Пример расчета конструкции дорожных одежд на прочность, морозоустойчивость и осушение представлен в приложении Е.

12 Расчет дорожных одежд на обочинах и разделительных полосах

12.1 Обочины укрепляют для обеспечения защиты от размыва поверхностными водами, загрязнения и разрушения под воздействием нагрузки от транспортных средств.

12.2 В пределах ширины обочины дорожную одежду устраивают:

* на краевой полосе, служащей упором для дорожных одежд проезжей части дороги, шириной 0.5 м на дорогах категорий II—IV;

- на остановочной полосе шириной 2.5 м. предназначенной для вынужденной остановки автомобилей на дорогах категории I;

- на укрепленной части обочины на дорогах категорий II—IV.

На разделительной полосе на дорогах категорий I и II (при четырех полосах движения) дорожную одежду устраивают в пределах краевой полосы шириной 0,75 м.

12.3 Конструкция укрепления и используемые материалы должны обеспечивать заезд на обочину транспортных средств с расчетной нагрузкой без возникновения деформаций, превышающих по величине и характеру допустимые значения.

При новом строительстве, реконструкции, а также капитальном ремонте в случае уширения проезжей части краевые полосы на обочинах и на разделительной полосе устраивают совместно с уширяемой проезжей частью, и они должны иметь ту же конструкцию. При капитальном ремонте в случае невозможности обеспечения аналогичной конструкции покрытия на краевой полосе обочин, краевой полосе разделительной полосы и места разворотов на разделительной полосе следует устраивать по типу дорожной одежды на основной проезжей части.

Дорожные одежды остановочных полос на автомобильных дорогах категории I рекомендуется устраивать с конструкцией аналогичной дорожной одежде проезжей части. Остановочные полосы должны быть дополнительно проверены на воздействие длительной (статической) нагрузки.

12.4 Дорожные одежды на укрепленной части обочины на дорогах категорий II—IV рассчитывают на интенсивность, равную 1/3 интенсивности, приходящейся на крайнюю правую полосу проезжей части.

Такое решение целесообразно прежде всего для участков дорог, где вследствие высокой интенсивности движения может возникнуть необходимость пропуска потока по укрепленной части обочины в отдельные кратковременные «пиковые» периоды роста интенсивности движения, когда уширение дорожной одежды проезжей части нецелесообразно или невозможно по технико-экономическим условиям.

Дорожные одежды укрепленной части обочины рассчитывают по всем критериям прочности, аналогично дорожным одеждам проезжей части, включая расчет на статическую нагрузку. В качестве расчетной нагрузки принимают те же нагрузку и коэффициенты прочности, что и при расчете дорожных одежд проезжей части.

12.5 Толщину каждого слоя конструкции укрепления следует принимать не ниже значений. рекомендуемых ГОСТ Р 59120.

Материал покрытия проезжей части, краевых и остановочных полос, при их соеместном устройстве, для исключения разного сцепления, как правило, должен быть одинаковым.

12.6 На земляном полотне из пылеватых грунтов в ДКЗ I, II и III при 2-м и 3-м типах местности по условиям увлажнения должна быть выполнена проверка конструкции краевых полос и остановочной полосы на морозоустойчивость, аналогично выполняемой при расчете дорожных одежд проезжей части (см. раздел 10).

12.7 Покрытия конструкций укрепления обочин автомобильных дорог, проходящих через населенные пункты и сельскохозяйственные угодья, не должны содержать материалов, способствующих пылеобразованию, а в населенных пунктах — дополнительно обладающих канцерогенными свойствами.

13 Расчет слоев усиления дорожных одежд

13.1 Усиление дорожных одежд необходимо, если коэффициент прочности при расчете по критерию допускаемого упругого прогиба в расчетный период года менее 1.

Усиление дорожных одежд проводят:

- с целью улучшения транспортно-эксплуатационных характеристик и увеличения прочности конструкций дорожных одежд без изменения категории дороги;

• в случаях, когда по результатам оценки прочности одежды с учетом дальнейшего роста интенсивности движения можно ожидать прогрессирующего разрушения дорожной одежды в ближайшее время.

Как правило, в этих случаях существующие слои усиливают путем устройства одного или нескольких слоев покрытия из асфальтобетона с использованием существующей конструкции дорожной одежды в качестве основания после выравнивания поперечного и продольного профилей путем фрезерования слоев покрытия или устройства выравнивающего слоя из соответствующих материалов.

13.2 Тип нового покрытия не должен быть менее совершенным, чем покрытие усиливаемых дорожных одежд.

При переводе дорог низких категорий в более высокие существующие дорожные одежды частично разбирают и поверх них укладывают несколько слоев основания и покрытия. Как правило, при этом уширяют проезжую часть и земляное полотно. На уширенных участках проезжей части устраивают новую конструкцию дорожных одежд, равнопрочную с основной конструкцией дорожных одежд.

13.3 Мероприятия по усилению дорожных одежд назначают с использованием основных положений. изложенных применительно к конструированию новых дорожных одежд, но с учетом особенностей. связанных с наличием существующих.

13.4 Расчет слоев усиления выполняют следующим образом:

- если имеются данные о фактических общих модулях упругости существующих конструкций под колесом расчетного автомобиля, относящихся к периоду наибольшего ослабления конструкции, то толщины слоев усиления следует назначать на основе расчета по критерию допускаемого упругого прогиба всей конструкции с доведением значений коэффициентов прочности до значений, приведенных в таблице 5. Расчет на усталостное разрушение от растяжения при изгибе (по номограмме, представленной на рисунке Е.51 приложения Е) и по условию одвигоустойчивости следует выполнять только для вновь устраиваемых слоев;

- если отсутствуют достоверные данные о несущей способности существующих дорожных одежд, то допускается проектировать слои усиления на основе материалов обследований, содержащих результаты измерения толщин в соответствии с ГОСТ Р 58349 всех конструктивных слоев одежды, характеристику их состояния и качества, сведения о виде грунта земляного полотна и об условиях его увлажнения. В этом случае толщины слоев усиления одежды следует назначать на основе расчета по допускаемому упругому прогибу всей конструкции, сопротивлению усталостному разрушению от растяжения при изгибе слоев старой и новой частей одежды и сопротивлению сдвигу всех слабосвязных слоев и грунта земляного полотна.

Минимальный требуемый модуль упругости $H_{т10}$ дорожных одежд вычисляют по формуле (9) в зависимости от суммарной интенсивности движения в крайней правой полосе в новый расчетный период.

13.5 Сроки усиления дорожных одежд необходимо определять на основании технико-экономического сравнения вариантов. Если усиление одежды в данное время экономически нецелесообразно, то на участках дорог с недостаточной прочностью дорожной одежды следует ограничить движение транспортных средств в периоды года, неблагоприятные по условиям увлажнения земляного полотна.

13.6 При усилении дорожных одежд должны быть соблюдены условия:

• вместо усовершенствованных * облегченных или переходных дорожных покрытий могут быть на значены более совершенные * покрытия. Материал дорожного покрытия должен обеспечивать требуе мые сцепные свойства и обладать устойчивостью к возникновению сдвигов, наплывов, колейности и волн при высоких температурах:

* толщины слоев усиления не должны быть менее значений, указанных в ГОСТ Р 59120.8 против ном случае следует рассмотреть вариант применения другого материала для слоя усиления, из которо го допускается устраивать более тонкий слой. При необходимости предусмотреть два слоя усиления, нижний слом усиления устраивают из менее прочных и дорогостоящих материалов, чем верхний слой.

Приложение А
(справочное)

Методика и пример определения условий движения при назначении вида асфальтобетонной смеси

А.1 Общие положения

В зависимости от суммарного количества приложений расчетной нормативной нагрузки АК-11.5 (115 кН на ось) за расчетный срок службы конструктивного слоя дорожной одежды асфальтобетонные смеси могут быть запроектированы для различных условий движения.

Асфальтобетонные смеси АВ. АН и АО по ГОСТ Р 58406.2 могут быть запроектированы для следующих условий движений:

- Л — смеси для дорог с легкими условиями движения (до 0.5 млн приложений расчетной нормативной нагрузки АК-11.5);
- Н — смеси для дорог с нормальными условиями движения (от 0.5 до 1,8 млн приложений расчетной нормативной нагрузки АК-11.5);
- Т — смеси для дорог с тяжелыми условиями движения (более 1.6 млн приложений расчетной нормативной нагрузки АК-11.5).

Асфальтобетонные смеси SP по ГОСТ 58401.1 могут быть запроектированы для следующих условий движений:

- Л — смеси для дорог с легкими условиями движения (до 0.5 млн приложений расчетной нормативной нагрузки АК-11.5);
- Н — смеси для дорос с нормальными условиями движения (от 0.5 до 1.8 млн приложений расчетной нормативной нагрузки АК-11.5);
- Т — смеси для дорог с тяжелыми условиями движения (от 1.8 до 5.6 млн приложений расчетной нормативной нагрузки АК-11.5);
- Э — смеси для дорог с экстремально тяжелыми условиями движения (от 5.6 млн приложений расчетной нормативной нагрузки АК-11.5).

А.2 Определение суммарного числа приложений расчетной нормативной нагрузки

А.2.1 Есты расчет дорожной одежды выполняют на нагрузку АК-11.5. суммарное число приложений расчетной нормативной нагрузки АК-11.5 с учетом круглогодичного использования дороги (T_m принимают равным 365 дней) вычисляют по формуле (4) игы (6) настоящего стандарта. Расчетный срок службы асфальтобетона для слоев покрытия принимают до ремонта, для слоя основания — до капитального ремонта в соответствии с ГОСТ Р 58861—2020 (пункт 5.1. таблица 2).

А.2.2 Если расчет дорожной одежды выполняют на нагрузку АК-10 или на любую другую нагрузку, отличную от АК-11.5. то коэффициент перехода к расчетной нагрузке АК-11.5 вычисляют по формуле

. (А.1)

где — расчетная нагрузка, на которую рассчитывается дорожная одежда, отличная от 115 кН;

Орэсч — расчетная нормативная нагрузка 115 кН.

Приведенную интенсивность движения к расчетной нагрузке АК-11.5 вычисляют по формуле

$$W_p = W,K. \quad (А.2)$$

где *Nj* — интенсивность движения, приведенная к расчетной нагрузке, отличной от 115 кН;

К — коэффициент перехода к расчетной нагрузке АК-11.5.

Далее расчет выполняют расчет по формуле (6) настоящего стандарта аналогично с А.2.1.

А.3 Примеры расчета

А.3.1 Пример 1

Исходные данные.

Необходимо выбрать асфальтобетонные смеси (по условиям движения) для дорожных одежд капитального типа на автомобильной дороге категории I для следующих исходных данных:

- -□мем» 115кН (АК-11.5);
- - л£= 1500ад./сут;
- ■ *q*- 1.03;
- • Гел = 24 года:
- • $Г_р$ = 12 лет.

Решение.

Рассчитывают суммарное число приложений приведенной расчетной нагрузки для слоев покрытия с учетом круглогодичного пользования за 12 лет (до ремонта) по формуле (6) настоящего стандарта

$$'ХИ_{,} = 0.7Л^{-}-^{-}п = 0.7 \cdot 1500 \cdot \frac{Л''^{**} \sim 1}{103^{1,2'} > (t03-1)} \cdot 365\ 162 = 6.36 \text{ млн ед.}$$

Рассчитывают суммарное число приложений приведенной расчетной нагрузки с учетом круглогодичного пользования за 24 года (до капитального ремонта) по формуле (6) настоящего стандарта

$$£N_p = 0.7N_p\text{-}А\text{-}ГрдЛ = 0{,}7 \cdot 1500 \cdot \frac{Л''''^{1}}{ЮЗ^{24'1'}\ (1.03\text{-}1)} \cdot 365\ 162 = 10.83 \text{ млн ед.}$$

Вывод. В соответствии с А.1 для данного участка автомобильной дороги с = 5.85 млн ед. для слоев покрытия = Ю.83 млн ед. для слоя основания следует применять смеси по ГОСТ Р 58406.2. предназначенные для дорог с тяжелыми условиями движения (Т) или смеси по ГОСТ Р 58401.1. предназначенные для дорог с экстремально тяжелыми условиями движения (Э).

А.3.2 Пример 2

Исходные данные.

Необходимо выбрать асфальтобетонные смеси (по условиям движения) для дорожных одежд облегченного типа на автомобильной дороге категории IV для следующих исходных данных:

- **Q, = 100 кН (АК-10);**
- **AL = 450 едУсут;**
- ***q*- 1.03:**
- **Т^ = 24 года;**
- **Т = 12 лет.**

Решение.

Рассчитывают коэффициент перехода от АК-10 к расчетной нагрузке АК-11,5 по формуле (А.1)

$$K = \left(\frac{100}{115}\right)^4 =$$

Рассчитывают приведенную интенсивность движения к расчетной нагрузке АК-11.5 по формуле (А.2)

$$Л1_р = 450 \cdot 0.572 = 258 \text{ едУсут.}$$

Рассчитывают суммарное число приложений приведенной расчетной нагрузки для слоев покрытия с учетом круглогодичного пользования за 12 лет (до ремонта) по формуле (6) настоящего стандарта

$$= \frac{K \quad 0J\ 258}{t03 < \cdot i \to \cdot |1 \cdot i > 3\text{-}1} \cdot \frac{103'2\ 1}{365\ X32'^{\circ}'69\ ''лнвд}$$

Рассчитывают суммарное число приложений приведенной расчетной нагрузки для слоя основания с учетом круглогодичного пользования за 24 года (до капитального ремонта) по формуле (6) настоящего стандарта

$$1Ч = {}^{\circ}\text{-}^{7}Ч\text{-}7_{г}Н > {}^{7}^{\wedge} \text{»} = {}^{0}\text{-}^{7\ 258} \cdot \frac{K \quad 1л\text{-»}24\ 1}{д < {}^{г}\text{--'»} \quad 103^{(24\ "}\ (103\text{-}1)} \cdot 365\text{-}132 = 1.51 \text{ «лнед.}$$

Вывод. В соответствии с А.1 для данного участка автомобильной дороги с = ^.89 млн ед. для слоев покрытия и JW.. = 1.51 млн ед. для слоя основания следует применять смеси по ГОСТ Р 58406.2 или смеси по ГОСТ Р 58401.1. предназначенные для дорог с нормальными условиями движения (Н).

Приложение Б
(рекомендуемое)

Методика и примеры определения расчетных температур слоя и назначения допустимых к применению марок битумного вяжущего

Б.1 Методика определения и пример расчета расчетных температур слоя и назначения в проектной документации допустимых к применению марок битумного вяжущего (по ГОСТ Р 58400.1 и 58400.2)

Б.1.1 Методика определения расчетных температур слоя и назначения в проектной документации допустимых к применению марок битумного вяжущего с надежностью 98 %

Б.1.1.1 Общие положения

Для определения допустимых к применению в конструктивном слое дорожной одежды (далее — слое) марок битумного вяжущего по ГОСТ Р 58400.1 применяют следующие показатели:

- скорректированная максимальная расчетная температура слоя с надежностью 98 %;
- минимальная расчетная температура слоя с надежностью 98 %;
- уровень транспортной нагрузки (условия движения и прогнозируемая средняя скорость транспортного потока в месте проведения работ).

Для определения допустимых к применению в слое марок битумного вяжущего по ГОСТ Р 58400.2 применяют следующие показатели:

- максимальная расчетная температура слоя с надежностью 98 %:
- минимальная расчетная температура слоя с надежностью 98 %:
- уровень транспортной нагрузки (прогнозируемая нагрузка от транспорта за срок службы конструктивного слоя с учетом условий и характера движения).

Примечание — Значения расчетных температур округляют до 0.1 °С.

Расчетные температуры (минимальную и максимальную) определяют для участка автомобильной дороги протяженностью не более 100 км. который определяется географической точкой, равноудаленной от начала и конца участка автомобильной дороги.

Если длина рассматриваемого участка автомобильной дороги превышает 100 км, то ее условно разделяют на отрезки длинной не более 100 км. и рассматривают каждый полученный отрезок как отдельные участки автомобильной дороги.

Данные для определения расчетных температур выбирают по метеостанции, находящейся на удалении не более 100 км от участка автомобильной дороги. Приоритетной является та метеостанция, которая наименее удалена от рассматриваемого участка автомобильной дороги.

Примечание — При отсутствии метеостанции на удаленют менее 100 км ог географической точки автомобильной дороги допускается использовать данные с метеостанции удаленной на расстояние не более 100 км от любой точки (например, начало или конец) рассматриваемого участка автомобильной дороги игм использовать данные для участка автомобильной дороги, предоставленные организацией, упогыомоченной Росгидрометом на предоставление таких данных.

Для определения максимальной и минимальной расчетных температур слоя необходимы следующие основные исходные данные:

- географические координаты участка расположения автодороги (широта и долгота в градусах):
- статистические данные по суточным максимальным температурам воздуха за 20-петний период, полученные с метеостанции;
- статистические данные по годовым минимальным температурам воздуха за 20-легний период, полученные с метеостанции.

Примечание — При частичном отсутствии климатических данных за 20-летний период допускается не учитывать года из этого периода с недостающими данными, при этом для определения температурных условий эксплуатации должны быть использованы климатические данные не менее чем за 15 лет.

При применении защитного слоя или отдельных слоев износа толщиной менее 3 см. их нали'-ые не учитывается. а за поверхность дороги принимают поверхность ВСП.

Максимальную расчетную температуру ВСП определяют в соответствии с Б.1.1.4 на основе статистических данных суточных максимальных температур воздуха или выбирают готовое значение по таблице А.1 ПНСТ 397—2020.

Максимальную расчетную температуру конструктивного слоя, расположенного на глубине от поверхности дороги (НСП и ВСО) определяют в соответствии с Б.1.1.4 на основе статистических данных суточных максимальных температур воздуха или с применением базовых максимальных расчетных температур *ТВ^* по таблице А.1 ПНСТ 397—2020.

Скорректированную максимальную расчетную температуру слоя определяют в соответствии с Б.1.1.5.

Минимальную расчетную температуру слоя определяют в соответствии с Б. 1.1.6 на основе статистических данных годовых минимальных температур воздуха или с применением базовых минимальных расчетных температур ТМ98 по таблице А.1 ПНСТ 397—2020.

Примечание — Допускается определять расчетные максимальные и минимальные температуры слоя с надежностью менее 98 % на основании опыта строительства в регионе проектирования, экономической целесообразности и срока службы слоя дорожной одежды.

Б.1.1.2 Определение уровня транспортной нагрузки для расчета скорректированной марки битумного вяжущего по ГОСТ Р 58400.1

Условия движения для планируемого участка определяют по суммарному когмчеству приложений расчетной нагрузки А-11.5 за срок службы конструктивного слоя дорожной одежды по формуле (4) и прогнозируемой средней скорости транспортного потока. Суммарное количество проходов расчетной нагрузки рассчитывают из условий работы асфальтобетона в конструкции 365 дней в году.

Среднюю скорость транспортного потока (при отсутствии фактических данных) рекомендуется принимать;

• более 70 км/ч — на перегонах автомобильных дорог;

• не более 70 км/ч — на регулируемых перекрестках автомобильных дорог, регулируемых пересечений в одном уровне с железнодорожными путями, съездов на пересечениях в одном и разных уровнях, пунктов взимания платы на платных автомобильных дорогах, в местах стоянок, парковок, остановок автотранспорта на перегонах и в других аналогичных участках.

Б.1.1.3 Определение уровня транспортной нагрузки для расчета типа марки битумного вяжущего по ГОСТ Р 58400.2

Для определения типа марки, битумного вяжущего необходимо применять требования таблицы Б.1.

Таблица Б.1 —Типы марок, соответствующие количеству приложений расчетной нормативной нагрузки АК-11.5 и прогнозируемой средней скорости транспортного потока

Количество приложений расчетной нормативной нагрузки АК-11.5. млн	Типы ыаро> битумного вяжущего		
	Прогнозируемая средняя скорость транспортного потока, *н/ч		
	се. 70	от 20 до 70	ниже 20
Менее 1.8	S	Н	НилиУ
От 1.8 др 5.6 включ.	Н	Н	V
Св. 5.6	НилиУ	V	V или Е

Примечания

1 При количестве приложений от 5.6 до 11,2 млн и скорости свыше 70 км/ч рекомендуется применять тип марки Н.

2 При количестве приложений более 11.2 млн и скорости свыше 70 км/ч рекомендуется применять тип марки V.

Условия движения для планируемого участка определяют по суммарному количеству приложений расчетной нагрузки А-11.5 за срок службы конструктивного слоя дорожной одежды 00 формуле (4) и прогнозируемой средней скорости транспортного потока. Суммарное количество проходов расчетной нагрузки рассчитывают из условий работы асфальтобетона в конструкции 365 дней в году.

Среднюю скорость транспортного потока (при отсутствии фактических данных) рекомендуется принимать:

• свыше 70 км/ч — на перегонах автомобильных дорог;

• от 20 до 70 км/ч — на регулируемых перекрестках автомобильных дорог, регулируемых пересечений в одном уровне с железнодорожными путями, съездов на пересечениях в одном и разных уровнях, пунктов взимания платы на платных автомобильных дорогах;

• ниже 20 км/ч — в местах стоянок, парковок, остановок автотранспорта и в других аналогичных участках.

Б.1.1.4 Определение максимальной расчетной температуры

Б.1.1.4.1 Определение максимальной расчетной температуры ВСП на основе статистических данных по суточным максимальным температурам воздуха (по ГОСТ Р 58400.3)

При расчете, на основании статистических данных по суточным максимальным температурам воздуха, определяют суточные градусы *Т* за все календарные дни в период с мая по сентябрь включительно по формуле

$$Т\text{-}Т\text{^-}Ю. \qquad (Б.1)$$

где — максимальная суточная температура воздуха. ‘С.

Суточные градусы для дней, в которые максимальные суточные температуры воздуха не превышают 10 "С. принимают равными нулю.

Для каждого календарного года вычисляют годовые градусы (Degree-Days) G_f тыс. 'С. как суммарное количество суточных градусов *Т* за все дни в гиду, в период с мая по сентябрь включительно. Далее вычисляют среднее значение годовых градусов *DD* за 20-летний период по формуле

го G

DDs/_ <Ł2>

>•1

Исходную максимальную расчетную температуру ВСП Т^. 'С. вычисляют по формуле

$$T_{иет} = 4B,2 + 14DD\text{-}0.96D\text{^-}2RD. \quad (Б.3)$$

где *DD* — годовые градусы, тыс. 'С;

ЯО — прогнозируемая максимальная колея за срок службы слоя, принимается равной 13 мм.

Годовой коэффициент вариации максимальной расчетной температуры ВСП *CVPG.* %. вычисляют по формуле

$$CVFG = 0.000034 \cdot (Laf\text{-}20)^2 \cdot ЯС^2. \quad (Б.4)$$

где *Lat* — географическая широта участка расположения дороги, град:

RD — прогнозируемая максимальная колея за срок службы слоя, мм (принимают равной 13 мм).

Максимальную расчетную температуру ВСП с надежностью 98 % *T$*$_{6}$*. 'С. вычисляют по формуле

CVPG

(Б.5)

где — исходная максимальная расчетная температура слоя. 'С;

CVPG — годовой коэффициент вариации максимальной расчетной температуры, %;

Z — табличное значение аргумента функции стандартного нормального распределения, соответствующее надежности 98 % и равное 2,055.

Б. 1.1.4.2 Определение максимальной расчетной температуры слоя, расположенного на глубине от поверхности дороги на основе статистических данных посуточным максимальным температурам воздуха (по ГОСТ Р 58400.3)

Максимальную расчетную температуру слоя, расположенного на глубине от поверхности дороги, определяют с учетом максимальных суточных температур воздуха за 20-летний период, полученных с метеостанции. Для этого необходимо для каждого дня в календарном году вычислить среднее значение максимальных суточных температур воздуха семи последовательных дней, включающие в себя этот день, три предыдущих и три последующих дня. Для этого используют массив суточных максимальных температур воздуха за календарный год. Максимальной годовой семидневной температурой 7,^ является наибольшая температура из полученных средних значений максимальных суточных температур воздуха семи последовательных дней *Ту.* вычисляемая по формуле

$$^{г}т=Ху\text{-} \quad (Б.6)$$

где *Т,* — максимальная суточная температура воздуха в нй день из семи последовательных дней.

Получают значения максимальных годовых семидневных температур *Ту* для каждого календарного года.

Вычисляют среднее значение полученных максимальных годовых семидневных температур $Г_{ср}$.

Стандартное отклонение максимальных годовых семидневных температур s вычисляют по формуле

$$s = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \frac{(T_i - T_{ср})^2}{n-1}}$$

где *п* — когмчеегэо лет периода наблюдений:

Тф — среднее значение максимальных годовых семидневных температур;

Т; — максимальная годовая семидневная температура а нй год наблюдения.

Максимальную расчетную температуру слоя на глубине от поверхности дороги с надежностью 98 % 7*^. 'С. вычисляют по формуле

$$= 54.32 + 0.78 \cdot \quad - 0.0025\ (Latf\text{-}\ 15{,}14\log_{10}(H + 45) + Z\ (9 * 0.61 \cdot S^2)^{0\,5}. \quad (Б.8)$$

где *Тф* — среднее значение максимальных годовых семидневных температур. 'С:

Laf — географическая широта участка расположения дороги, град;

Н — глубина от поверхности дороги до поверхности слоя, мм;

Z — табличное значение аргумента функции стандартного нормального распределения, соответствующее надежности 98 % и равное 2.055;

s — стандартное отклонение максимальных годовых семидневных температур по формуле (7).

Исходную максимальную расчетную температуру слоя на глубже от поверхности дороги ислогъзуют для выбора значений коррекции и не связывают с надежностью.

Исходную максимальную расчетную температуру слоя на глубине от поверхности дороги $Т_{исх}$. *С. по значению равную максимальной расчетной температуре слоя с надежностью 50 % 7эд. вычисляют по формуле

$$= 54.32 + 0.78- 0.0025\ (Latf - 15{,}14\log_{l0}(H + 45). \quad (Б.9)$$

где T_v — среднее значение максимальных годовых семидневных температур. 'С:

Lat — географическая широта участка расположения дороги, град;

Н — глубина от поверхности дороги до поверхности слоя. мм.

Б.1.1.4.3 Определение максимальной расчетной температуры слоя, расположенного на глубине от поверхности дороги по базовым максимальным расчетным температурам ТВэд по таблице АЛ ПНСТ 397—2020

Максимальную расчетную температуру слоя, расположенного на глубже от поверхности с надежностью 98 % 7эд. 'С. рассчитывают по формуле (Б. 10) или (Б.11)

$$Пв\text{-}7Ч_{м}\text{-}15.14.1о_{я1О}(2£_{+}1). \quad (Б.10)$$

(Б.11)

где — базовая максимальная расчетная температура ВСП с надежностью 98 %. *С;

$$1\ ^{/\ н}_{15.14\ IOQio|\text{-}7='+1\ II\text{-}\ 'С:}_{\backslash\ 45}$$

Н — глубже поверхности слоя от поверхности автодороги, мм.

Значения коррекции соответствующие выборочным возможным глубинам поверхности слоя от поверхности автодороги, представлены в таблице Б.2.

Таблица Б.2 — Значения коррекции $К_н$ соответствующие выборочным возможным глубинам поверхности слоя от поверхности автодороги

$к_и$-с	3.4	4.2	4.9	5.6	6.2	6.7	7.2	7.7	8.1	8.5	8.9	9.3	9.6
Н. мм	30	40	50	60	70	80	90	too	110	120	130	140	150

Исходную максимальную расчетную температуру слоя на глубже от поверхности дороги 7^ ислогъзуют для выбора значений коррекции, и она не связана надежностью.

Исходная максимальная расчетная температура на глубине от поверхности дороги по значению равна максимагъной расчетной температуре слоя с надежностью 50 % Тэд. которая рассчитывается по формуле Б. 12.

$$Гии\text{-}''ео\text{-}^\text{-}^ \quad (Б\text{-}12)$$

где Тэд — максимальная расчетная температура с надежностью 50 %. *С;

ТВэд — базовая максимальная расчетная температура с надежностью 50 %. 'С принимают по таблице Б.2 приложения Б ПНСТ 397—2020;

$К_н$ — значение коррекцж. равное $15.14\text{-}109{,}0\left[\left(\frac{H}{45}+1\right)\right]$. *С.

Значения коррекции $К_н$ соответствующие выборочным возможным глубинам поверхности слоя от поверхности автодороги, представлены в таблице Б.2.

Б.1.1.5 Определение скорректированной максимальной расчетной температуры слоя

Скорректированную максимагъную температуру слоя с надежностью 98 % *С, вычисляют по формуле

$$7*»Тэд + *. \quad (Б.13)$$

где Тэд — максимальная расчетная температура слоя с надежностью 98 %. *С;

к — значение коррекции в соответствии с таблицей Б.3.

Среднюю скорость транспортного потока (при отсутствии фактических данных) рекомендуется принимать:

- более 70 км/ч — на перегонах автомобильных дорог.
- не более 70 км/ч — на регулируемых перекрестках автомобильных дорог между собой, регулируемых пересечений в одном уровне с железнодорожными путями, съездов на пересечениях в одном и разных уровнях, пунктов взимания платы на платных автомобильных дорогах, в местах стоянок, парковок, остановок автотранспорта на перегонах и в других аналогичных участках.

Таблица Б.3 — Значение коррекции *к* е зависимости от условий движения и прогнозируемой средней скорости транспортного потока

П рос и оз и руеы ая средняя скорость транспортного потока. кмГч	Исходная максимальная расчетная температура слоя 7_{pf^2}.'С	Значение коррекции *к.* 'С при условиях дскжения			
		Легкие {Л}	Нормальные <Н)	Тяжелые <Т)	Экстремально тяжелые(Э)
Не менее 70	Не более 52.0	0	7.8	132	15.5
	От 52.1 до 58.0	0	7.1	12.3	14.5
	От 58.1 до 64.0	0	6.5	11.3	13,4
	От 64.1 до 70.0	0	5.8	10.4	12.4
Менее 70	Не более 52,0	2.8	10.3	15.5	17.7
	От 52.1 до 58.0	2.7	9.5	14.5	16.6
	От 58.1 до 64.0	2.6	8.8	13,5	15,5
	От 64,1 до 70.0	2.4	8.0	12.4	14,4

Б.1.1.6 Определение минимальной расчетной температуры для ВСП и на глубине

Б.1.1.6.1 Определение минимальной расчетной температуры слоя на основе статистических данных погодовым минимальным температурам воздуха по ГОСТ Р 58400.3.

Для определения минимальной расчетной температуры слоя используют статистические данные по годовым минимальным температурам воздуха за 20-летний период, полученные с метеостанции.

Вычисляют среднее значение минимальных годовых температур T_{rtn}.

Значение стандартного отклонения минимальных годовых температур а вычисляют по формуле

$$\frac{\text{ШТ.-Ттн,)}^2}{\text{л-1}} \qquad \text{(Б.14)}$$

где л — количество лет наблюдений:

Tf — минимальная годовая температура в i-й год наблюдения:

Tjnb — среднее значение минимальных годовых температур.

Минимальную расчетную температуру слоя с надежностью 98 % r^g. ‘С. вычисляют по формуле

$$T_{/n9в} = -1.56 + 0.72 \cdot T_{mjn} - O.OO^{\wedge}LaO^2 + 6.26tog_{1£>}(H + 25) - Z\,(4.4 + 0.52 \cdot s^*)^{0\text{-}5}. \qquad \text{(Б.15)}$$

где *T,^* — среднее значение минимальных годовых температур. *С;

Lat — географическая широта участка расположения дороги, град;

H — глубина от поверхности дороги до поверхности слоя. мм. для ВСП. равная 0;

Z — табличное значение аргумента функции стандартного нормального распределения, соответствующее надежности 98 % и равное 2.055;

s — стандартное отклонение минимальных годовых температур.

Б.1.1.6.2 Определение минимальной расчетной температуры слоя с надежностью 98 % с применением базовых минимальных расчетных температур *ТМ^* по таблице АЛ ПНСТ 397—2020

Минимальную расчетную температуру слоя с надежностью 98% Т^. *С. вычисляют по следующим формулам:

$$m_{m9a} = TM_{м} + 6.26\text{-}109{,}0(^{\wedge}1); \qquad \text{(Б.16)}$$

(Б.17)

где *ТМ^* — базовая минимальная расчетная температура с надежностью 98 %. ’С;

F — значение коррекции, равное $\left[6{,}26 \cdot \log_{10}\left(\frac{H}{25} + 1\right)\right]$. ’С;

H — глубина поверхности слоя от поверхности автодороги, мм. для ВСП. равная 0 мм.

Значения коррекции *F.* соответствующие выборочным возможным глубинам поверхности слоя от поверхности автодороги, представлены в таблице Б.4.

Таблица Б.4 — Значения коррекцш *F.* соответствующие выборочным возможным глубинам поверхности слоя от поверхности автодороги

Р.'С	0	2.1	2.6	3.0	3.3	3.6	3.9	4.1	4.4	4.6	4.8	5.0	5.1	5.3
Н. мм	0	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150

Б.1.1.7 Назначение допустимых к применению в слое битумных вяжущих

Б.1.1.7.1 При проектировании дорожных одежд в проектной документации указывают как марки по ГОСТ Р 58400.2. так и марки по ГОСТ Р 58400.1.

Примечание — При назначении допустимых к применению в слое битумных вяжущих допускается использовать расчетные максимальные и минимальные температуры слоя с надежностью менее 98 % на основании опыта строительства в регионе проектирования, экономической целесообразности и срока службы слоя дорожной одежды.

Б.1.1.7.2 Допустимыми к применению е конструктивном слое дорожной одежды являются марки битумного вяжущего PG Х(2) -У*по ГОСТ Р 58400.2. одновременно удовлетворяющие следующим условиям:

- верхнее значения марки *Х* более, чем значение расчетной максимальной температуры слоя с надежностью 98 %.
- нижнее значение марки *Y* менее, чем значение расчетной минимальной температуры слоя с надежностью 98% W
- тил марки 2не ниже, чем соответствующий уровень транспортной нагрузки на участке автодороги.

Примечание — Значения марок *Х* выбирают из значений от 34 др 82 с шагом в 6 единиц. Значения марок *Y* выбирают из значений от минус 4 до минус 52 с шагом в 6 единиц.

Из допустимых к применению марок PG Х(2) -У ГОСТ Р 58400.2 с минимальным диапазоном эксплуатации и минимальным типом марки является марка PG Х(2) -Ус минимальной шириной диапазона Я (значение Я» *Х- Y)* и *с* типом марки *Z.* соответствующим уровню транспортной нагрузки на участке автодороги.

В проектную документацию вносят запись в краткой форме, используя значение марки минимагъным диапазоном эксплуатации и минимальным типом марки PG Х(2) - У.

Запись в краткой форме: «допустимы к применению марки от PG Х(2) -У».

Б.1.1.7.3 Допустимыми к применению в конструктивном слое дорожной одежды (с учетом фактической марки) являются марки битумного вяжущего по ГОСТ Р 58400.1 с фактической маркой PG Х-У(ФАКТ) по ГОСТ Р 58400.3. одновременно удовлетворяющие следующим условиям:

- верхнее фактическое значение марки Х(ФАКТ) более, чем значение скорректированной расчетной максимальной температуры слоя с надежностью 98 % $7_к$:
- нижнее значение фактической марки У (ФАКТ) менее, чем значение расчетной минимальной температуры слоя с надежностью 98 %. $Т_{(7йв}$.

Примечание —Для марок PG Х-У(ФАКТ) значения Х(ФАКТ) и У(ФАКТ) округляют до 0.1.

Из допустимой к применению, с минимальным диапазоном эксплуатации, является фактическая марка PG Х->1ФАКТ). где Х» $7_й$+0.1. У» Т^-0.1.

Также допустимыми к применению в конструктивном слое дорожной одежды являются марки битумного вяжущего PGX- Упо ГОСТ Р 58400.1 (без учета фактической марки), одновременно удовлетворяющие следующим условиям:

- верхнее значение марки Хболее, чем значение скорректированной расчетной максимальной температуры слоя с надежностью 98 %
- нижнее значение марки У менее, чем значение расчетной минимальной температуры слоя с надежностью 98%. 7^.

Примечание — Для марок PG Х-У. значения Х выбирают из значений от 34 до 82 с шагом в 6 единиц. Значения У выбирают из значений от минус 4 до минус 52 с шагом в 6 единиц.

Из допустимых к применению марок по ГОСТ Р 58400.1 (без учета фактической марки) с минимальным диапазоном эксплуатации является марка PG Х-У с минимальной шириной диапазона Я (значение *R«* Х+ |У|).

В проектную документацию вносят запись в краткой форме, используя значения марок с минимальным диапазоном эксплуатации PGX-У и PG Х-У(ФАКТ).

Запись в краткой форме: «допустимы к применению марки от PG Х-У (ФАКТ) или от PG Х-У.

Б.1.2 Пример расчета

Б.1.2.1 Исходные данные

Расположение участка автомобильной дороги:

- начало участка: ПК 2238; 55.63983. 42.02267;
- середина участка; ПК 2555: 55.56082.42.48375:

- конец участка: ПК 2871; 55.5346.42.95768.

Заданная надежность — 98 %.

Характеристики конструктивных слоев дорожной одежды:

• толщина ВСП — 50 мм:

• глубина залегания НСП — 50 мм от поверхности автодороги, толщина НСП — 80 мм:

• глубина залегания ВСО — 130 мм от поверхности автодороги.

Эксплуатационные характеристики:

• прогнозируемая средняя скорость транспортного потока на участке автодороги — более 70 км/ч;

• прогнозируемые условия движения на участке автодороги: экстремально тяжелые условия движения (приведенная интенсивность за 12 лет = 7 806 245 ед.. за 24 года £$M_р$ = 13 281 389 ед.).

Ближайшая метеостанция (на расстоянии менее 100 км от участка автодороги), из представленных в ПНСТ 397—2020: метеостанция Порецкое. индекс МВО 27675 (55*11'; 46*20*).

ДКЗ-Ш,.

Б.1.2.2 Определение исходных параметров по ПНСТ 397—2020

В таблице А.1 ПНСТ 397—2020 (метеостанция Порецкое) выбирают следующие параметры:

• максимальная расчетная температура ВСП. при надежности 98 %. равная 53.7 * С;

• базовая минимальная расчетная температура, при надежности 98 %. равная - 33.3 ’С;

• базовая максимальная расчетная температура для слоев на глубине, при надежности 98 %. равная 53,3 ’С.

В таблице Б.1 ПНСТ 397—2020 (метеостанция Порецкое) выбирают следующие параметры:

• максимальная расчетная температура верхнего слоя покрытия, при надежности 50 %. равная 46.8 * С;

- базовая максимальная расчетная температура для слоев на глубине при надежности 50 %. разная 46.0 * С.

Б.1.2.3 Определение расчетных параметров для ВСП

Определяют исходную максимальную температуру ВСП 7^. которая необходима при выборе значения коррекции.

$Г_{йсх}$ х Tj q = 46.8 *С. так как максимальная расчетная температура ВСП с надежностью 50 % равна исходной максимальной расчетной температуре ВСП $T_{исх}$ (вне зависимости от принятой надежности).

Определяют значение коррекции в соответствии с таблицей Б.З. Для экстремально тяжелых условий движения. при прогнозируемой средней скорости транспортного потока не менее 70 км/ч. при исходной максимальной расчетной температуре не более 52 *С значение коррекции *к* = 15,5 ’С.

Определяют скорректированную максимальную расчетную температуру ВСП с надежностью 98 % Г*:

$$T_к = Тад + к = 53.7 + 15.5 = 69.2 ”С.$$

где — максимальная расчетная температура ВСП с надежностью 98 %, равная 53.7 "С;

к — значение коррекции, равное 15.5 *С.

Определяют минимальную расчетную температуру ВСП с надежностью 98 %.

ГЛУ© Vб 7 « ТЫ*. = -33,3 ’С.

где *ТМд$* — базовая минимальная расчетная температура с надежностью 98 %. равная -33,3 *С в соответствии с таблицей А.1 ПНСТ 397—2020.

Б.1.2.3.1 Результат назначения допустимых к применению в ВСП битумных вяжущих

Допустимыми к применению в конструктивном слое дорожной одежды являются марки битумного вяжущего по ГОСТ Р 58400.1 с фактической маркой PG X- У(ФАКТ). где *X* 4 69.3 и *Y*S -33.4.

Фактическая марка с минимальным диапазоном эксплуатации — PG 69.3 - 33.4 (ФАКТ).

Примечание —Для марок PG X- У(ФАКТ) значения Х(ФАКГ) и У{ФАКТ) округляют до 0.1.

Также допустимыми к применению в конструктивном слое дорожной одежды (без учета фактической марки) являются марки битумного вяжущего PG X- У по ГОСТ Р 58400.1, где Хг 69.3 и У $ -33.4.

Примечание — Для марок PG X — У значения X выбирают из значений от 34 до 82 с шагом а 6 единиц. Значения У выбирают из значений от минус 4 до минус 52 с шагом в 6 единиц.

Допустимая марка с минимальным диапазоном эксплуатации (без учета фактической марки) — PG 70 - 34.

Назначают к применению в ВСП битумные вяжущие с марками or PG 69.3 - 33.4 (ФАКТ), а также с марками от PG 70 - 34.

Допустимы к применению марки PG X(Z) - У по ГОСТ Р 58400.2. где X 4 58; У S -34: тип марки *Z* не ниже V.

Допустимая марка с минимальным диапазоном эксплуатации и минимальным уровнем транспортной нагрузки—PG 58(V)-34.

Назначают к применению ВСП битумные вяжущие с марками or PG 58(V) -34.

Б.1.2.4 Определение расчетных параметров для НСП

При выборе значения коррекции определяют исходную максимальную температуру НСП в соответствии с 7.2 ПНСТ 397—2020.

Максимальная расчетная температура НСП с надежностью 50 %. является исходной максимальной расчетной температуре ВСП вне зависимости от принятой надежности.

Определяют исходную максимальную расчетную температуру НСП на глубине от поверхности дороги, равной 50 мм, с надежностью 50 %:

$$^{7}50 = Г\%_{о} - К_{н} = 46.О - 4.9 = 41.1\ °С.$$

где Т50 — максимальная расчетная температура НСП с надежностью 50 %. °С:

$ТВ_{50}$ — базовая максимальная расчетная температура с надежностью 98 %. 'С. равная 46.0 'С;

$К_{н}$ — коэффициент по таблице *2* ПНСТ 397—2020 ($К_{н}$ = 4.9 'С).

Максимальную расчетную температуру НСП на глубине поверхности слоя от поверхности автодороги, равной 50 мм с надежностью 98 %. *Т&* определяют в соответствии с 7.2 ПНСТ 397—2020 (А.1.4.2 настоящего стандарта):

$$7_{зд} * ^{гв}98 - {}^{К}К = 53.3 - {}^{49} = {}^{48ч4}\ {}^{'с}-$$

где — максимальная расчетная температура НСП с надежностью 98 %, °С:

$7Вд_{6}$ — базовая максимальная расчетная температура НСП с надежностью 98 %. равная 53,3 'С:

$К_{н}$ — коэффициент по таблице 2 ПНСТ 397—2020. равный 4.9 °С.

Определяют значение коррекции в соответствии с таблицей Б.3. Для экстремально тяжелых условий движения при прогнозируемой средней скорости транспортного потока не менее 70 км/ч. при исходной максимальной расчетной температуре не более 52 °С (7^ = 41.1 °С) значение коррекции *k* = 15.5 °С.

Определяют скорректированную максимальную расчетную температуру НСП с надежностью 98 %. $Г_{к}$:

$$Г_{ЛТО} = 7^{\wedge}{}^{ч} - к = 48.4 + 15.5 = 63.9\ 'С.$$

где 7^ — максимальная расчетная температура НСП с надежностью 98 %. °С. равная 48.4 °С;

к — значение коррекции, равное 15.5 °С.

Определяют минимальную расчетную температуру НСП с надежностью 98 %:

$$^{Г}ггд8\ ^{ж + f\ “\ }{}^{”33\_3 * 3^{ч о}} = -{}^{30\_3\ С}-$$

где 7^^ — минимальная расчетная температура НСП с надежностью 98 %. °С;

$7Mg_{S}$ — базовая минимальная расчетная температура с надежностью 98 %. °С. равная -33,3 °С;

F — коэффициент по таблице Б.4 (при Н = 50 мм. F» 3.0 °С).

Б.1.2.4.1 Результат назначения допустимых к применению в НСП битумных вяжущих

Допустимыми к применению в НСП являются марки битумного вяжущего по ГОСТ Р 58400.1 с фактической маркой PG *X* - У(ФАКТ). где *X* г 64.0 и У S -30,4.

Фактическая марка с минимальным диапазоном эксплуатации — PG 64,0 -30.4 (ФАКТ).

Примечание —Для марок PG *X* - У(ФАКТ) значения Х(ФАКТ) и У(ФАКТ) округляют до0.1.

Также допустимыми к применению в конструктивном слое дорожной одежды (без учета фактической марки) являются марки битумного вяжущего PG *X*- У по ГОСТ Р 58400.1, где *X*164.0 и У $-30.4.

Примечание —Для марок PG Х-У. значения Х выбирают из значений от 34 до 82 с шагом в 6 единиц. Значения У выбирают из значений от минус 4 до минус 52 с шагом в 6 единиц.

Допустимая марка с минимальным диапазоном эксплуатации (без учета фактической марки) — PG 64 -34.

Назначают к применению в НСП битумные вяжущие с марками от PG 64,0 -30.4 (ФАКТ), а также с марками от PG 64 - 34.

Допустимы к применению марки PG Х(2) - У по ГОСТ Р 58400.2. где Х 2 52; У $ -34; тип марки *Z* не ниже V.

Допустимая марка с минимальным диапазоном эксплуатации и минимальным уровнем транспортной нагрузки — PG 52(V) - 34.

Назначают к применению НСП битумные вяжущие с марками от PG 52(V) -34.

Б.1.2.5 Определение расчетных параметров для ВСО

При выборе значения коррекции определяют исходную максимальную температуру ВСО $Г_{исх}$ в соответствии с *12* ПНСТ 397—2020.

Максимальная расчетная температура ВСО *с* надежностью 50 % является исходной максимальной расчетной температуры ВСО (вне зависимости от принятой надежности).

Определяют исходную максимальную расчетную температуру ВСО (глубина поверхности слоя от поверхности дороги, равная 130 мм) *с* надежностью 50 %:

$$^{7}ЯД\ 3U\ ЭМ\ Ъгп = Гвэд - К_{н} = 46.0 - 8.9 = 37,1\ °С.$$

где $Т_{j\ q}$ — максимальная расчетная температура ВСО с надежностью 50 %. °С;

ТВщ — базовая максимальная расчетная температура с надежностью 98 %. равная 46.0 'С:

$K_н$ — коэффициент по таблице 2 ПНСТ 397—2020, равный 8.9 *С.

Максимальную расчетную температуру ВСО {глубина поверхности слоя от поверхности автодороги, равная 130 мм) с надежностью 98% определяют в соответствии с 7.2 ПНСТ 397—2020:

$$Т_м = ТВ^ - К_и = 53.3 - 8.9 = 44.4 'С.$$

где Tgg — максимальная расчетная температура ВСО с надежностью 98 %. 'С:

*ТВ^* — базовая максимальная расчетная температура НСП с надежностью 98 %. равная 53.3 'С;

$K_н$ — коэффициент по таблице 2 ПНСТ 397—2020, равный 8.9 'С.

Определяют значение коррекции в соответствии с таблицей Б.3. Для экстремально тяжелых условий движения. при прогнозируемой средней скорости транспортного потока не менее 70 км/ч, при исходной максимальной расчетной температуре не более 52 *С значение коррекции *к* = 15.5 'С.

Определяем скорректированную максимальную расчетную температуру ВСО с надежностью 98 %.

$$Т_к = Г_{зд} + к = 44.4 + 15.5 = 59.9 *С,$$

где *Т&* — максимальная расчетная температура ВСО с надежностью 98 %. равная 44.4 *С;

к — значение коррекции, разное 15.5 *С.

Определяют минимальную расчетную температуру ВСО с надежностью 98 %:

$$^{Г}тВ8\ ^{а}\ ™9в\ *\ ^{F} = -33.3 \blacklozenge 5.0 = -28.3\ 'С.$$

где — минимальная расчетная температура ВСО (глубина поверхности слоя от поверхности автодороги, равная 130 мм) с надежностью 98 %, *С:

ТМ& — базовая минимальная расчетная температура с надежностью 98 %. равная -33.3 *С;

F — коэффициент по таблице Б.4 (при *Н* = 130 мм. F = 5.0 *С).

Б.1.2.5.1 Результат назначения допустимых к применению в ВСО битумных вяжущих

Допустимыми к применению в ВСО являются марки битумного вяжущего по ГОСТ Р 58400.1 с фактической маркой PG *Х*- У{ФАКТ), где Х 2 60,0 и У $-28.4.

Фактическая марка с минимальным диапазоном эксплуатации — PG 60.0 - 28.4 (ФАКТ).

Примечание —Для марок PG Х- У{ФАКТ) значения Х(ФАКТ) и У(ФАКТ) округляют до 0.1.

Также допустимыми к применению в конструктивном слое дорожной одежды (без учета фактической марки) являются марки битумного вяжущего PG Х- У по ГОСТ Р 58400.1. где Х2 60.0 и У $-28.4.

Примечание —Для марок PG Х- У. значения Х выбирают из значений от 34 до 82 с шагом в 6 единиц. Значения У выбирают из значений от минус 4 до кынус 52 с шагом в 6 единиц.

Допустимая марка с минимальным диапазоном эксплуатации (без учета фактической марки) — PG 64 -34.

Назначают к применению в ВСО битумные вяжущие с марками от PG 60.0 -28.4 {ФАКТ), а также с марками от PG 64 -34.

Допустимы к применению марки PG Х(Z)- У по ГОСТ Р 58400.2. где Х 2 46; У $-34; тип марки *Z* не ниже V.

Допустимая марка с минимальным диапазоном эксплуатации и минимальным уроднем транспортной нагрузки PG 46(V)-34.

Назначают к применению ВСО битумные вяжущие с марками от PG 46(V) - 34.

Б.2 Методика определения и пример расчета расчетных температур слоя и назначения в проектной документации допустимых к применению марок битумного вяжущего (по ГОСТ 33133)

Б.2.1 Методика определения и пример расчета расчетных температур слоя и назначения в проектной документации допустимых к применению марок битумного вяжущего по ГОСТ 33133 представлены в ГОСТ Р 58829.

Примечание —Допускается назначать марки битумного вяжущего по ГОСТ 33133 с учетом имеющегося опыта проектирования конструкций для конкретных условий эксплуатации.

Приложение В
(справочное)

Расчетные характеристики грунтов рабочего слоя земляного полотна, песка и песчано-гравийных смесей для слоев основания

В.1 Расчетная (относительная) влажность грунта зависит от погодно-климатических условий местности, а также от вида грунта, конструкции земляного полотна, применяемых мероприятий по регулированию водно-теплового режима дорожной одежды и земляного полотна и др.

Разновидности грунтов принимают в соответствии с ГОСТ 33063.

Расчетную (относительную) влажность связного грунта IV_p дорожной одежды вычисляют по формуле

+ + 160-Дэ. (ВЛ)

где (V_{ia6n} — среднее многолетнее значение относительной (в долях от влажности на границе текучести) влажности грунта в наиболее неблагоприятный (весенний) период года в рабочем слое земляного полотна, определяемое по таблице ВЛ в зависимости от ДКЗ и подзоны [см. рисунок ВЛ (вкладка)], схемы увлажнения грунта рабочего слоя и типа грунта:

А — поправка, равная 0.00 — для участков насыпей и 0,03 — для участков дороги, проходящих в выемке или в низкой насыпи с рабочей отметкой менее руководящей отметки для данного типа грунта и типа местности по характеру увлажнения:

&1 *W* — поправка на особенности рельефа территории, принимаемая для равнинных условий 0,00. предгорных — 0.03. горных — 0.05;

— поправка на конструктивные особенности проезжей части и обочин, определяемая по таблице В.2:

V, — коэффициент вариации, равный 0.10:

/ — коэффициент нормированного отклонения, принимаемый в зависимости от уровня надежности *К** (см. таблицу В.3):

Aj — поправка, учитывающая толщину слоев, превышающую 0.75 м. определяемая по рисунку В.2 (в случае. если толщина слоев менее 0.75 м. поправка не принимается).

Таблица В.1 — Среднее многолетнее значение относительной влажности грунта рабочего слоя й<$_{таСл}$

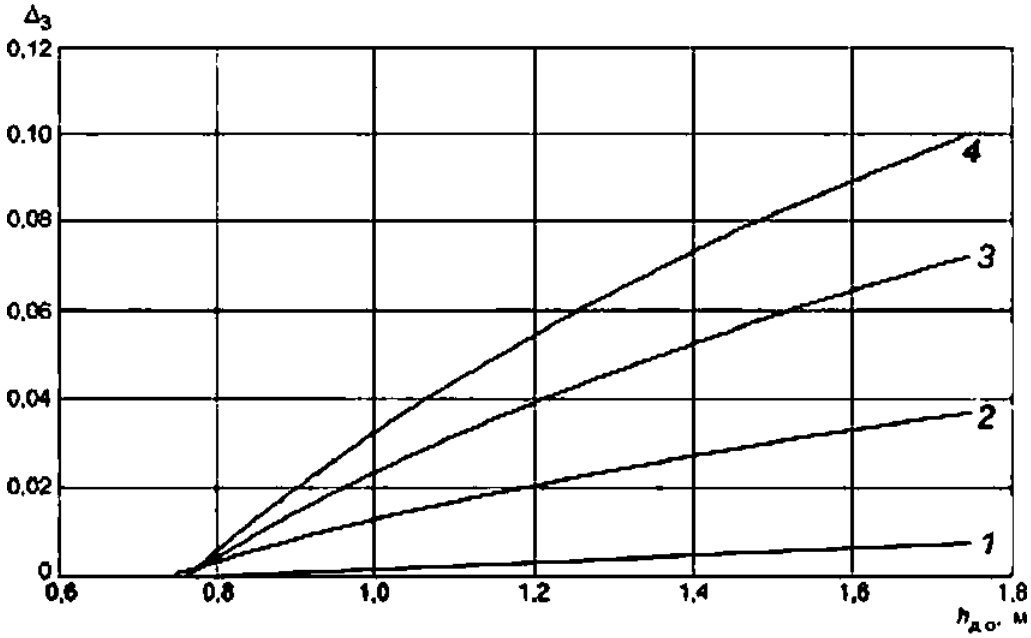
ДКЗ — подзона	Схема увлажнения рабочего слоя	Среднее многолетнее значение относительной влажности грунта {доли от IV_t'|			
		легкая супесь	пылеватый песок	легкий суглинок, тяжелый суглинок, пылеватый тяжелый суглинок, глина	пылеватая супесь, пылеватая тяжелая супесь, пылеватый легкий суглинок
•Л	1	0.53	0,57	0.62	0,65
	2	0.55	0.59	0.65	0,67
	3	0,57	0.62	0.67	0,70
$м_г$	1	0.57	0,57	0.62	0.65
	2	0.59	0.62	0.67	0.70
	3	0.62	0.65	0,70	0.75
$м_3$	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
н-п,	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
ii-h_2	1	0.57	0.59	0.62	0,67
	2	0.60	0.62	0.65	0,70
	3	0.62	0,64	0.67	0.72

Окончание таблицы В. 1

ДКЗ — подзона	Схема увлажнения рабочего слоя	Среднее многолетнее значение относительной влажности грунта (доли от W,*)			
		легкая супесь	пылееетый лесок	легкий суглинок, тяжелый суглинок, пылеватый тяжелый суглинок, глина	пылеватая супесь, пылеватая тяжелая супесь, пылеватый легкий суглинок
11-11$_3$	1	0.63	0.65	0.68	0.73
	2	0.66	0.68	0.71	0.76
	3	0.68	0.70	0.73	0.78
II-II4	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
Н-11$_5$	1	0.65	0.67	0.70	0.75
	2	0.68	0.70	0.73	0.78
	3	0,70	0.72	0.75	0.80
Н-Н$_в$	1	0.62	0.64	0.67	0.72
	2	0.65	0.67	0.70	0.75
	3	0.67	0.69	0.72	0.77
III-III,	1	0,55	0.57	0.60	0.63
	2.3	0,59	0.61	0.63	0.67
111-1И$_2$	1	0.58	0.60	0.63	0.66
	2.3	0.62	0.64	0.66	0.70
111-1И$_3$	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
' IV, — влажность на границе текучести.					

Средние значения влажности грунта в таблице ВЛ приведены для толщины дорожной одежды $Ь_{л0}$ до 0.75 м. Если одежда имеет ббльшую толщину, влагонаколление в грунте рабочего слоя за счет грунтовой и поверхностной вод снижается. В этом случае расчетная влажность грунта уменьшается на величину $д_3$. определяемую по номограмме (см. рисунок В.2).

Если расчетная (относительная) влажность IV,^. указанная в таблице В.1. более или равна 0.75IV,. значение поправки Aj определяют по рисунку В.2. Если $ЕУ_{|дСл}$ < 0.75 IV,. расчетную влажность грунта при толщше дорожной одежды более 0,75 м вычисляют по формуле (В.1) без учета Д3



1 — для $W_{табл} = 0,75W_т$; 2 — для $W_{табл} = 0,8W_т$; 3 — для $W_{табл} = 0,85W_т$; 4 — для $W_{табл} = 0,9W_т$

Рисунок S.2 — Номограмма для определения поправки к относительной расчетной влажности Aj в зависимости от суммарной толщины дорожной одежды $h_{a\,0}$

Таблица В.2 — Значение поправки на конструктивные особенности проезжей части и обочин Д^УУ

Конструктивная особенность	Поправка $Л_2$кУ в ДКЗ			
	II	III	IV	V
Основание дорожной одежды, включая слои на границе с грунтом рабочего слоя, из укрепленных материалов:				
крулнообпомочного грунта и леска	0.04	0.04	0.03	0.03
песчанистой супеси	0.05	0.05	0.05	0.04
пылеватых песков, тяжелого и легкого суглинка и др.	0.08	0.08	0.06	0.05
Укрепление обочин (не менее 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	-	-
Устройство гидроизолирующих прослоек из полимерных материалов	0.05	0.05	0.03	0.03
Устройство теплоизолирующего слоя, предотвращающего промерзание	Снижение расчетной влажности до потной влвгоемкости при требуемом коэффициенте уплотнения грунта $K^{\wedge}_{п}$			
Грунт рабочего слоя земляного полотна в «обойме»	Снижение расчетной влажности до оптимальной			
Грунт рабочего слоя, уплотненный до значения коэффициента уплотнения более 1.00 в слое толщиной до 0.5 м от низа дорожной одежды, если он расположен ниже границы промерзания		0.03	0.03	0.03

Таблица В.3 — Значения коэффициента нормированного отклонения *t*

Уровень надежности $К_и$	0.70	0,75	0.80	0.85	0.90	0.95	0.98
Нормированное отклонение *t*	0.52	0.68	0.84	1.06	1.32	1.71	2.19

В.2 Расчетные механические характеристики связных грунтов:

• модуль упругости — в зависимости от расчетной влажности по таблице В.4;

• угол внутреннего трения <р и удельное сцепление грунта c_N — в зависимости от расчетной влажности и количества приложений нагрузки за срок службы дорожной одежды по таблице В.5.

Таблица В.4 — Рекомендуемые расчетные значения модулей упругости связных грунтов

Грунт	Модуль упругости при относительной влажности. МПа									
	O.SO	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.60	0.85	OM	0.95
Пылеватый песок	96	90	84	78	72	66	60	54	48	43
Легкая супесь	70	60	56	53	49	45	43	42	41	40
Супесь пылеватая, супесь тяжелая пылеватая	108	90	72	54	46	38	32	27	26	25
Суглинок легкий, суглинок тяжельм	108	90	72	50	41	34	29	25	24	23
Суглинок легкий пылеватый, суглинок тяжелый пылеватый	108	90	72	54	46	38	32	27	26	25
Глины	108	90	72	50	41	34	29	25	24	23

Таблица В.5 — Рекомендуемые расчетные значения сдвиговых характеристик (удельное сцепление c_N и угол внутреннего трения ф) связных грунтов

Относительная влажность	Удельное сиелление c_w МПа. при суммарном числе приложений нагрузки Хл/$_р$					Утоп внутреннего трения <>. трэд, при суммарном числе приложений нагрузки X-N_p				
	1	10[3]	ТО[4]	Ю[5]	10*	1	10[3]	10*	»0[5]	10*
Суглинки и глины										
0.60	0.030	0.030	0.016	0.014	0.012	24	20	14,5	11	9
0.65	0.024	0.019	0.013	0.011	0.009	21	15	11	8	7
0,70	0.019	0.013	0.009	0,007	0.006	1В	11.5	8.5	6.5	5.5
0,75	0.015	0.009	0.006	0,005	0.004	15	10	7.5	5	4
0.80	0,011	0.007	0.005	0,003	0.002	13	8	5	3	2.5
0,90	0.008	0.004	0.004	0.002	0.001	11.5	6.5	3.5	2.2	2
Супеси и пылеватые пески										
0.6	0.014	0.012	0.008	0,006	0.005	36	24	18	14	12
0.65	0,013	0.010	0.008	0.006	0.004	36	23.5	17	14	12
0.70	0.012	0.009	0.006	0.005	0.004	35	23.5	17	14	12
0.75	0.011	0.008	0.005	0.004	0.003	35	23	17	14	12
0.80	0.010	0,007	0.005	0.004	0.003	34	23	17	14	12
0.85	0.009	0,007	0.004	0.003	0.003	34	22	15	12	10
0.90	0.008	0,004	0.003	0,003	0.003	33	21	12.5	10	8

Примечания

1 Значение сдвиговых характеристик и c_N при суммарном числе приложения нагрузки X^w□- равном 1, используют при расчете на статическое действие нагрузки и их обозначение принимают как $ф_{ст}$ и c_N „

***2* При суммарном числе приложения нагрузки X^W_P более 10^6значения сдвиговых характеристик <р и $с_м$следует принимать по графе настоящей таблицы, где суммарное число приложения нагрузки равно 10^e.**

Расчетные механические характеристики ПГС. песка (за исключением пылеватого песка) и легкой крупной супеси не зависят от расчетной влажности и их принимают следующим образом:

- модуль упругости — во всех ДКЗ одинаковым по таблице В.6;

- удельное сцепление c_N и угол внутреннего трения <р — в зависимости от количества приложений нагрузки за срок службы дорожной одежды по таблице В.7.

Таблица В.6 — Рекомендуемые расчетные значения модулей упругости ПГС. песка и легкой крупной супеси

Подвид грунта и ПГС	Модуль упругости. МПа
ПГС по ПНСТ 403—2020 и ГОСТ 23735	180
Гравелистый, повышенной крупности, крупный	130
Средний	120
Мелкий	100
Легкая крупная супесь	65

Таблица В.7 — Сдвиговые характеристики (сцеплеше c_N и угол внутреннего трения ф} ПГС. песка и легкой крупной супеси

Подвид грунта и ПГС		Удельное сцепление с^ МПа. при суммарном числе приложений нагрузки					Угол внутреннего трения ■□ градусы, при суммарном числе приложений нагруми				
		1	ТО[3]	ТО[4]	ТО[5]	то[6]	1	10[3]	10*	10[s]	ТО[4]
ПГС по ПНСТ 403—2020 и ГОСТ 23735		0.03					45				
Гравелистый, крупный песок с содержанием пылевато-глшистой фракции	0%	0.004	0.003	0.003	0,003	0.003	35	33	32	31	29
	5%	0.005	0.004	0.004	0.003	0.003	34	31	30	29	28
Средний песок с содержанием пылеваго-ггынистой фракции	0%	0.004	0.004	0.003	0,003	0,002	32	30	30	28	27
	5%	0.005	0.004	0.003	0.003	0.002	33	30	29	28	26
Мелкий песок с содержанием пылевато-глинистой фракции	0%	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	31	28	22	26	25
	5%	0.005	0.004	0.004	0.004	0.003	31	27	26	25	24
	8%	0.006	0.005	0,004	0,003	0,002	31	27	26	25	23
Легкая крупная супесь		0.006	0.005	0.004	0,003	0.002	31	27	26	25	23

Примечания

1 Значение сдвиговых характеристик ф и $с_м$при суммарном числе приложения нагрузки равном 1. используют при расчете на статическое действие нагрузки и их обозначение принимают как $ф_{ст}$ и c_{Ner}.

***2* При суммарном числе приложения нагрузки более 10® значения сдвиговых характеристик ф и c_N следует принимать по графе настоящей таблицы, где суммарное число приложения нагрузки равно 10®.**

В.3 При применении в качестве грунтов рабочего слоя материалов, не представленных в настоящем стандарте. их расчетные характеристики необходимо назначать по данным лабораторных и натурных испытаний.

Приложение Г
(справочное)

Расчетные характеристики материалов конструктивных слоев

Таблица Г.1 — Конструктивные слои из ЩГПС и грунтов, обработанных вяжущими

Материал	Расчетный модуль упругости *Е*. МПа	Прочность на растяжение при изгибе A_w. МПа
ЩПС. ГПС. крупнообломочный грунт, обработанные цементом (см. ГОСТ 23558): ЩПС. ГПС. обработанные цементом (см. ПНСТ 326—2019): крупнообломомые грунты, обработанные цементом (см. ПНСТ 322—2019). соответствующие марке		
10	300	0.22
20	500	0.37
40	600	0.42
60	800	0.47
75'	870	0.50
100’	1000	0.70
ЩПС. тС. крулнообломочкыи грунт, обработанные зольным, шлаковым вяжущими, бокситовыми и нефелиновыми шламами (см. ГОСТ 23558); ЩГПС. укрепленные, шлакопортландцементом. строительной известью (см. ПНСТ 326—2019): крупнообломочные грунты, укрепленные, шлакопортландцементом. строительной известью, зольным, шлаковым вяжущими (см. ПНСТ 322—2019), соответствующие марке		
10	250	0.20
20	450	0.35
40	550	0.40
60	750	0.46
75*	870	0.50
100'	950	0.68
Гравелистые, крупные, средние песчаные грунты, обработанные цементом (см. ГОСТ 23558); гравелистые, крупные, средние песчаные грунты, укрепленные цементом (см. ПНСТ 322—2019). соответствующие марке		
10	200	0.20
20	400	0.32
40	550	0.40
60	700	0,45
75*	870	0.50
100*	950	0.68
Гравелистые, крупные, средние песчаные грунты, обработанные зольным или шлаковым вяжущим (см. ГОСТ 23558); гравелистые, крупные, средние песчаные грунты, укрепленные шлаковыми, эолошлаковыми и другими минерагъными вяжущими, а также комплексным методом (см. ПНСТ 322—2019). соответствующие марке		
10	180	0.18
20	300	0.23
40	450	0,35
60	600	0,40
80*. 75*	730	0,43
100*	870	0.53

Продолжение таблицы Г. 1

Материал	Расчетный модуль упругости *Е*. МПа	Прочность на растяжение при итгмбе МПа
Мелкие и пылеватые песчаные грунты, все виды супесей, суглинки с числом пластичности до 12. обработанные цементом (см. ГОСТ 23558); мелкие и пылеватые песчаные грунты, все виды супесей, суглинки с числом пластичности до 12. укрепленные цементом (см. ПНСТ 322—2019). соответствующие марке		
10	160	0.18
20	250	0,29
40	400	0,37
60	550	0.42
80*. 75*	750	0.46
100*	870	0,57
Мелкие и пылеватые песчаные грунты, все виды супесей, суглинки с числом пластичности до 12. укрепленные шлаковыми, золошлаковыми и другими минеральными вяжущими (см. ГОСТ 23558): мелкие и пылеватые песчаные грунты, все виды супесей, суглинки с числом пластичности до 12. укрепленные шлаковыми, золошлаковыми и другими минеральными вяжущими, а также комплексным методом (см. ПНСТ 322—2019). соответствующие марке		
10	150	0.16
20	200	0,22
40	300	0.33
60	450	0.38
80*. 75*	600	0.42
100*	750	0,50
Органоминеральные смеси (см. ГОСТ 30491); ЩГПС (см. ПНСТ 325—2019). обработанные		
вязкими или жидкими органическими вяжущими, в г. ч. эмульгированными органическими вяжущими	450	
жидкими органическими вяжущими совместно с минеральными или эмульгированными органическими вяжущими совместно с минеральными	700	0.45
Крупнообломочные, гравелистые, крупные, средние, мелкие и пылеватые песчаные грунты, все виды супесей, суглинки с числом пластичности до 12 (см. ГОСТ 30491), обработанные		
вязкими или жидкими органическими вяжущими, в г. ч. эмулированными органическими вяжущими	350	
жидкими органическими вяжущими совместно с минеральными или эмульгированными органическими вяжущими совместно с минеральными	600	0.40
Крупнообломочные, гравелистые, крупные, средние, мелкие и пылеватые песчаные грунты, все виды супесей, суглинки с числом пластичности до 12 (см. ПНСТ 321 — 2019). обработанные		
жидкими органическими вяжущими или вязкими, в т. ч. эмульгированными органическими вяжущими	350	
Смеси органоминеральные холодные с использованием переработанного асфальтобетона (РАЛ), соответствующие маркам		
ХО32Э	450	—
ХО 32 ЭМ	1000	0.65

Окончание таблицы Г. 1

Материал	Расчетный модуль упругости f. МПа	Прочность на растяжение при изгибе Я^,. МПа
ХП 16Э	600	—
ХП 16 ЭМ	1200	0.70
* С целью предотвращения трещинообраэования допускается применение при согласовании с заказчиком и наличии положительного опыта применения в регионе строительства.		

Таблица Г.2 — Щебеночные основания из неукрепленных материалов и каменные мостовые

Материал	Расчетный модуль упругости £. МПа	
	легтоуппотияеыото щебня	грудноуппотняемого щебня
Фракционный щебень фракции 31,5—63 мм (см. ГОСТ 32703 и ГОСТ 32826). устроенный по способу заклинки, расклинцованный		
фракционным мелким щебнем	450	350
известнжоеой мелкой смесью. активным мелким шлаком	400	300
мелким высокоактивным шлаком	450	400
асфальтобетонной смесью, асфальтогранулягом	500	450
цементно-песчаной смесью марки М75	От 450 до 700	От 350 до 600
Каменная мостовая		
из колотого камня	—	500
из булыжного камня	—	400

Примечания

1 Значение модулей упругости для щебня, расклинцованного цементно-песчаной смесью, принимают в зависимости от глубины пропитки: от 0.25Л слоя до 0.75Л слоя. Промежуточные значения определяют по интерполяции.

2 Легкоуплотняемый щебень — щебень из изверженных и метаморфических пород марки по прочности менее 1000. щебень из гравия прочностью менее 800. шлаки пористой структуры, щебень из осадочных пород.

3 Трудноуплотняемый щебень — щебень из изверженных и метаморфических пород марки по прочности 1000 и более, щебень из гравия прочностью 800 и более, шлаки остеклованной структуры.

Таблица Г.З — Конструктивные слои из ЩГПС

Материал слоя, мм	Расчетный модуль упругости *Е.* МПа
Щебеночные смеси для покрытий непрерывной гранулометрии при максимальном размере зерен (см. ГОСТ 25607)	
С,—40	300
Cg—20	290
Щебеночные смеси для оснований непрерывной гранулометрии при максимальном размере зерен (см. ГОСТ 25607)	
Сз-120	280
$С_4$—80	275
С5—40	260
$С_{ft}$—20	250
Ст—10	240
Гравийные смеси для покрытий непрерывной гранулометрии при максимальном размере зерен (см. ГОСТ 25607)	
С,—40	280
$С_2$—20	265
Гравийные смеси для оснований непрерывной гранулометрии при максимальном размере зерен (см. ГОСТ 25607)	
Сз—120	240
$С_4$—80	230

Окончание таблицы Г.3

Материал слоя, мы	Расчетный модуль упругости *E*, МПа
С5—40	220
$С_в$-20	200
$с_7$—10	180
ЩПС и ЩПГС для покрытий при максимальном размере зерен (см. ПНСТ 327—2019)	
0—31,5	260
0—22,4	255
ЩПС и ЩПГС для оснований при максимальном размере зерен (см. ПНСТ 327—2019)	
0—90	280
0—63	275
0—45	265
0—31,5	260
0—22,4	255
0—116	250
0—11,2	240
0—6	235
ГПС для покрытий при максимальном размере зерен (см. ПНСТ 327—2019)	
0—31,5	220
0—22,4	210
ГПС для оснований при максимальном размере зерен (см. ПНСТ 327—2019)	
0—90	240
0—63	230
0—45	225
0—31,5	220
0—22.4	210
0—16	200
0—11,2	180
0—6	175
шлаковая ЩПС для оснований — при максимальном размере зерен (см. ГОСТ Р 58770)	
№90	280
0/63-1	275
№63	275
№31,5-1	250
№31,5-2	250
0/16-1	210
0/16-2	210
№8	175
Примечание — Для смесей ЩПС. ЩГПС и ГПС по ПНСТ 327—2019 категорию К устанавливают по таблице 1 ПНСТ 397—2020, марку М — по таблице 2 ПНСТ 327—2019. Марки смесей ЩПС. ЩГПС и ГПС: для слоя покрытия и слоя основания — М, и М3, для дренирующих слоев — $М_4$ и М5. для морозозащитных слоев — $М_2$ (см. таблицу А. 1 приложения А ПНСТ 327—2019).	

Таблица Г.4 — Значения кратковременного модуля упругости асфальтобетона при расчете дорожных одежд по допускаемому упругому прогибу и условию сдвигоустойчивосги

Виды битумных вяжущих	Кратковременный модуль упругости асфальтобетона. МПа. при температуре. °С				
	10	20	30	40	50
1 Асфальтобетоны для устройства слоев покрытий					
1.1 ЩМА (см. ГОСТ Р 58401.2 и ГОСТ Р 58406.1) на битумных вяжущих					
PG *X* (от 46.0 до 58.0) - *Y* (ФАКТ)	2600	1400	850	400	300
PG *X* (от 58.1 до 70,0) - *Y* (ФАКТ >	3700	2350	1250	550	400
РвХ(от70.1 до82,0)-У(ФАКТ)	4250	2950	1650	820	520
1.2 ЩМА (см. ГОСТ Р 58406.1) на битумах (см. ГОСТ 33133)					
БНД 100/130	2700	1450	900	450	320
БНД 70/100	3800	2450	1300	600	450
БНД 50/70	4400	3050	1700	850	550
1.3 ЩМА (см. ГОСТ Р 58406.1) на ПБВ (см. ГОСТ Р 52056)					
ПБВ 130	1750	900	550	300	250
ПБВ 90	2500	1350	820	350	300
ПБВ 60	3550	2300	1200	550	400
ПБВ 40	4100	2850	1600	800	500
1.4 Асфальтобетоны (см. ГОСТ Р 58401.1 и ГОСТ Р 58406.2) на битумных вяжущих					
PG *X* (от 34.0 до 46.0) -У (ФАКТ)	1950	1020	650	420	250
PGX(от 46.1 до 58.0)-У (ФАКТ)	2900	1550	950	550	350
PGX(от 58.1 до 70.0)-У (ФАКТ)	4100	2550	1400	600	450
PGX(от 70.1 до 82,0)-У (ФАКТ)	4700	3300	1800	850	550
1.5 Асфальтобетоны (см. ГОСТ Р 58406.1	на битумах (см. ГОСТ 33133)				
БНД 130/200	2150	1100	750	500	300
БНД 100/130	3000	1600	1000	550	350
БНД 70/100	4150	2700	1450	650	500
БНД 50/70	4800	3350	1850	900	600
1.6 Асфальтобетоны (см. ГОСТ Р 58406.1 на ПБВ (см. ГОСТ Р 52056)					
ПБВ 130	1800	950	600	350	300
ПБВ 90	2800	1500	900	400	350
ПБВ 60	4000	2450	1350	550	450
ПБВ 40	4600	3200	1750	800	550
2 Асфальтобетоны для устройства слоев оснований					
2.1 Асфальтобетоны (см. ГОСТ Р 58401.1 и ГОСТ Р 58406.2) на битумных вяжущих					
PG Х(от 34.0 до 46,0) -У(ФАКТ)	1500	750	500	320	220
PG Х(от 46.1 до 58.0) - У (ФАКТ)	2250	1200	800	400	300
PG Х(от 58.1 до 70.0) -У(ФАКТ)	3150	2000	1200	500	400
PG Х(от 70.1 до 82.0)-У(ФАКТ)	3600	2500	1500	700	500
2.2 Асфальтобетоны (см. ГОСТ Р 58406.2	на битумах (см. ГОСТ 33133)				
БНД 130/200	1600	800	550	350	250
БНД 100/130	2300	1250	850	450	350
БНД 70/100	3250	2100	1250	550	450
БНД 50/70	3700	2550	1550	750	520

Окончание таблицы Г.4

Виды битумных вяжущих	Кратшареыекный модуль упругости асфальтобетона, МПа. при температуре. ’С				
	10	20	30	40	50
2.3 Асфагътобетоны (см. ГОСТ Р 56406.2	на ПБВ по ГОСТ Р 52056				
ПБВ 130	1400	700	450	300	200
ПБВ 90	2150	1150	750	350	300
ПБВ 60	3050	1950	1150	450	350
ПБВ 40	3500	2450	1450	650	450

Примечание — Если значение температурного диапазона эксплуатации Я«(Х*Щ допустимой к применению фактической марки битумного вяжущего PG Х - У (ФАКТ) (см. приложение В) с минимальным диапазоном эксплуатации более 95. необходимо понизить расчетный кратковременный модуль упругости на 10%.

Таблица Г.5 — Характеристики асфальтобетона при расчете на растяжение при изгибе под кратковременными нагрузками

Виды битумных вяжущих	Кратковременный модуль упругости асфальтобетона. МПа. при температуре 0 *С	$Я_{Л(}$ МПа. при 0 Х	Усталостные коэффициенты	
			m	О
1 Асфальтобетоны для устройства слоев покрытий				
1.1 ЩМА (см. ГОСТ Р 58401.2 и ГОСТ Р 58406.1) на битумных вяжущих				
PG Х(от 46,0 до 58.0)-У(ФАКТ)	4500	9.3	5.0	5,4/6,3
PG Х(от 58,1 до 70.0)-У(ФАКТ)	5500	9.5	5.5	5.2Z5.9
PG Х(от 70.1 до 82.0)-У(ФАКТ)	6300	9.8	6,0	5.0/5,6
1.2 ЩМА (см. ГОСТ Р 58406.1) на битумах (см. ГОСТ 33133)				
БНД 100/130	4700	9.3	5.0	5.4/6.3
БНД 70/100	5700	9.5	5.5	5.2Z5.9
БНД 50/70	6450	9.8	6.0	5.0/5,6
1.3 ЩМА (см. ГОСТ Р 58406.1) на ПБВ (см. ГОСТ Р 52056)				
ПБВ 130	3300	9.3	4.5	5.6/6.6
ПБВ 90	4350	9.5	5.0	5.4/Б.З
ПБВ 60	5300	9.8	5.5	5.2/5.9
ПБВ 40	6100	10.0	6.0	5.0/5.6
1.4 Асфагътобетоны (см. ГОСТ Р 58401.1 и ГОСТ Р 58406.2) на битумных вяжущих				
PG Х(от 34.0 до 46.0) -У(ФАКТ)	3450	9.0	4.5	5.8/6.8
PG Х(от 46.1 до 58,0) -У(ФАКТ)	5000	9.3	5.0	5.4/6.3
PG Х(от 58.1 до 70.0) -У(ФАКТ)	6100	9.5	5.5	5_2/5,9
PGX(от 70.1 до 82.0)-У (ФАКТ)	7050	9.8	6.0	5.0/5.6
1.5 Асфальтобетоны (см. ГОСТ Р 58406.1) на битумах (см. ГОСТ 33133)				
БНД 130/200	3650	9.0	4.5	5.8/6.8
БНД 100/130	5200	9.3	5.0	5.4/6.3
БНД 70/100	6400	9.5	5.5	5J/5.9
БНД 50/70	7200	9.8	6.0	5.0/5.6
1.6 Асфальтобетоны (см. ГОСТ Р 58406.1) на ПБВ (см. ГОСТ Р 52056)				
ПБВ 130	3300	9.3	4.5	5.6/6,6
ПБВ 90	4850	9.5	5.0	5.4/6.3

Окончание таблицы Г.5

Виды битумных вяжущих	Кратковременный модуль упругости асфальтобетона. МПа. при температуре 0 ‘С	МПа. при ' 0‘С	Усталостные коэффициенты	
			m	а
ПБВ 60	5950	9.8	5.5	5,2/5.9
ПБВ 40	6850	10.0	6.0	5.0/5.6
2 Асфальтобетоны для устройства слоев оснований				
2.1 Асфальтобетоны (см. ГОСТ Р 58401.1 и ГОСТ Р 58406.2) на битумных вяжущих				
PG X (от 34.0 до 46.0)-V	2950	8.0	4.3	5.8Z6.8
PG X (от 46.1 до 58.0) -V (ФАКТ)	4300	8.2	4.5	5.4/6.3
PGX (от 58.1 до 70.0) -У (ФАКТ)	5200	8.5	4.7	5,2/5,9
PG X (от 70.1 до 82.0) - У (ФАКТ)	5950	8.7	5.0	5.0/5.6
2.2 Асфальтобетоны (см. ГОСТ Р 58406.2) на битумах (см. ГОСТ 33133)				
БНД 130/200	3150	8.5	4.3	5.8Z6.8
БНД 100/130	4450	8.8	4.5	5.4/6.3
БНД 70/100	5450	9.0	4.7	5.2Z5.9
БНД 50/70	6100	9.3	5.1	5.0/5.6
2.3 Асфальтобетоны (см. ГОСТ Р 58406.2) на ПБВ (см. ГОСТ Р 52056)				
ПБВ 130	2800	8.0	4.4	5.6Z6.6
ПБВ 90	4150	8.5	4.6	5.4/6.3
ПБВ 60	5050	9.0	4.8	5.2Z5.9
ПБВ 40	5800	9.5	5.0	5.0/5.6

Примечания

1 Если значение температурного диапазона эксплуатации Я= (X * | V)) допустимой к применению фактической марки битумного вяжущего PG *X-Y* (ФАКТ) (см. приложение В) с минимальным диапазоном эксплуатации более 95. необходимо понизить расчетный кратковременный модуль упругости на 10 %.

2 Коэффициент а в числителе приведен для ДКЗ II. в знаменателе — для ДКЗ III — V.

Таблица Г.6 — Расчетные значения модуля упругости асфальтобетона при расчете на статическую нагрузку

Вид асфальтобетона	Значение модуля упругости при статической натруме. МПа. при температуре. *С			
	20	30	40	50
1 Асфальтобетоны для устройства слоев покрытий				
1.1 ЩМА (см. ГОСТ Р 58401.2 и ГОСТ Р 58406.1) с НМР 16 мм и более	340	280	240	200
1.2 ЩМА (см. ГОСТ Р 58401.2 и ГОСТ Р 58406.1) с НМР менее 16 мм	330	270	230	190
1.3 Асфальтобетоны (см. ГОСТ Р 58401.1 и ГОСТ Р 58406.2) с НМР 16 мм и более	400	340	290	240
1.4 Асфальтобетоны (см. ГОСТ Р 58401.1 и ГОСТ Р 58406.2) с НМР менее 16 мм	380	320	270	220
2 Асфальтобетоны для устройства слоев оснований				
2.1 Асфальтобетоны (см. ГОСТ Р 58401.1 и ГОСТ Р 58406.2)	390	330	280	230

Таблица Г.7 — Ориентировочные плотности дорожно-строительных материалов

Материал	Удельный вес. кН/м^3	Объемная плотность, кг/м^3
Асфальтобетон	24.00	2400
Гранитный щебень	18.00	1800
Известняковый щебень	16.00	1600
Крупный лесок	20.00	2000
Средний песок	19.50	1950
Мелкий пеоок	18,50	1850
Пылеватый песок	17.50	1750
Супесь	21.00	2100
Суглинок и глина	20.00	2000
ЩПС.ГПС	20.00	2000
Укрепленные материалы	21.00	2100
Укрепленный песок	21.00	2100
Укрепленные грунты	19.00	1900
Примечание — Фактическая плотность материалов может отличаться от ориентировочных значений и зависит от ряда факторов, таких как гранулометрический состав, максимальная плотность материала, степень уплотнения и т. д.		

Таблица Г.8 — Требования к материалам конструктивных слоев дорожных одежд

Материал	Нормативный документ, регламентирующий требования
Асфальтобетон	ГОСТ Р 58401.1 ГОСТ Р 58401.2 ГОСТ Р 58406.1 ГОСТ Р 58406.2
Песок	ГОСТ 32730 ГОСТ 32824
Щебень и гравий из плотных горных пород	ГОСТ 32703
Шлаковые щебень и песок	ГОСТ 32826
Шлаковые ЩПС	ГОСТ Р 58770
щгпе. ЩПС. тс	ПНСТ 327—2019 ГОСТ 25607
ПГС	ГОСТ 23735 ПНСТ 403—2020
ЩПС. тс и грунты, обработанные неорганическими вяжущими материалами	ГОСТ 23558
ЩГПС. обработанные неорганическими вяжущими материалами	ПНСТ 326—2019
Органоминеральные смеси и грунты, укрепленные органическими вяжущими	ГОСТ 30491
ЩГПС. обработанные органическими вяжущими	ПНСТ 325—2019
Грунты, стабилизированные и укрепленные неорганическими вяжущими	ПНСТ 322—2019
Грунты, укрепленные органическими вяжущими	ПНСТ 321—2019
Геосинтетические материалы	ГОСТ Р 55029 ГОСТ Р 56338 ГОСТ Р 56419

Таблица Г.9 — Основные требования к щебню по ГОСТ 32703, ГОСТ 32826 и к щебню (гравию), входящему в состав смесей по ГОСТ 25607. ГОСТ Р 58770, ПНСТ 327—2019 для оснований дорожных одежд

Показатели свойств каменных материалов	Категория автомобипьиой дороги		
	1. II	III	IV
Марка по дробимости. не менее	1000	800	600
Марка по сопротивлению дроблению и износу, не менее	И4	И5	И6
Марка по морозостойкости, не менее, для районов со среднемесячной температурой воздуха наиболее холодного месяца. 'С. не менее:			
- от 0 до минус 5	F25	F15	—
• от минус 5 до минус 15	F50	F25	F15
- ниже минус 15	F50	F50	F25
Марка по содержанию зерен пластинчатой (нещадной) и игловатой формы. ПО	Л25	Л25	ЛЗО
Марка по водостойкости для щебня в ЩПС. не менее	В1	В1	В2
Устойчивость структуры зерен щебня против распадов, потеря массы при распаде. %. не более	5	5	7

Таблица Г.10 — Основные требования к щебню (гравию), входящему в состав смесей по ГОСТ 25607. ПНСТ 327—2019 для покрытий дорожных одежд

Показатели свойств каменных материалов	Категория автомобильной дороги
	IV
Марка по дробимости. не менее	800
Марка по сопротивлению дроблению и износу, не менее	И4
Марка по морозостойкости, не менее, для районов со среднемесячной температурой воздуха наиболее холодного месяца. 'С. не менее:	
- от 0 до минус 5	F25
• от минус 5 до минус 15	F50
■ ниже минус 15	F50
Марка по содержанию зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы, не менее	Л25
Марка по водостойкости для щебня в ЩПС. не менее	В1
Устойчивость структуры зерен щебня против распадов, потеря массы при распаде. %. не более	5

Приложение Д
(справочное)

Рекомендации по расчету параметров напряженно-деформированного состояния многослойных конструкций при воздействии колесных нагрузок без приведения к двухслойным и трехслойным моделям

Д.1 Общие положения

Для сравнения параметров НДС. набора статистики и уточнения требуемых коэффициентов прочности допускается выполнение расчета НДС многослойной конструкции в соответствии с (1].

Изложенные в (1] алгоритмы определения параметров НДС многослойных конструкций дорожных одежд (содержащих до семи слоев) позволяют проводить расчет без приведения их к упрощенным схемам (двухслойным и трехслойным)

Ц.2 **Расчет напряжений и смещений в многослойной упругой среде, нагруженной на поверхности осесимметричным круговым штампом с нормальной нагрузкой при спаянном контакте слоев и гладком контакте на двух границах слоев**

Д.2.1 Математическая постановка задачи

Расчетной схемой является упругое многослойное (до семи слоев) полупространство, нагруженное на внешней поверхности нормальной осесиммегрической нагрузкой. Вводят цилиндрическую систему координат *г.* 8. *z* (рисунок Д.1). в которой первый слой ограничен плоскостями z = 0: z« d, и имеет толщину d_t. Последующие слои с номерами *i- 2.* 3.... 6 располагают между плоскостями z* *н* z^*d_f и. следовательно, имеют толщину, равную разности d_i в ty- Последний седьмой слой ограничен сверху плоскостью *z* = Ни простирается вниз до бесконечности. Каждый из семи слоев характеризуется модулем упругости £, и коэффициентом Пуассона > = 1. 2. ...7. Нагрузка, действующая на верхний слой, равномерно распределена с интенсивностью *Р* по площади круга радиуса с центром в начале координат. Для симметрии следует, что все рассматриваемые ниже характеристики упругой среды зависят только от двух координат: *г* и *z.*

Необходимо отыскать в каждом слое решения фДг. *z}. I-* 1, 2.... 7 бигармоническсого уравнения согласно (1]:

$$V^2v\rangle,(r.\ z) = 0. \qquad (Д.1)$$

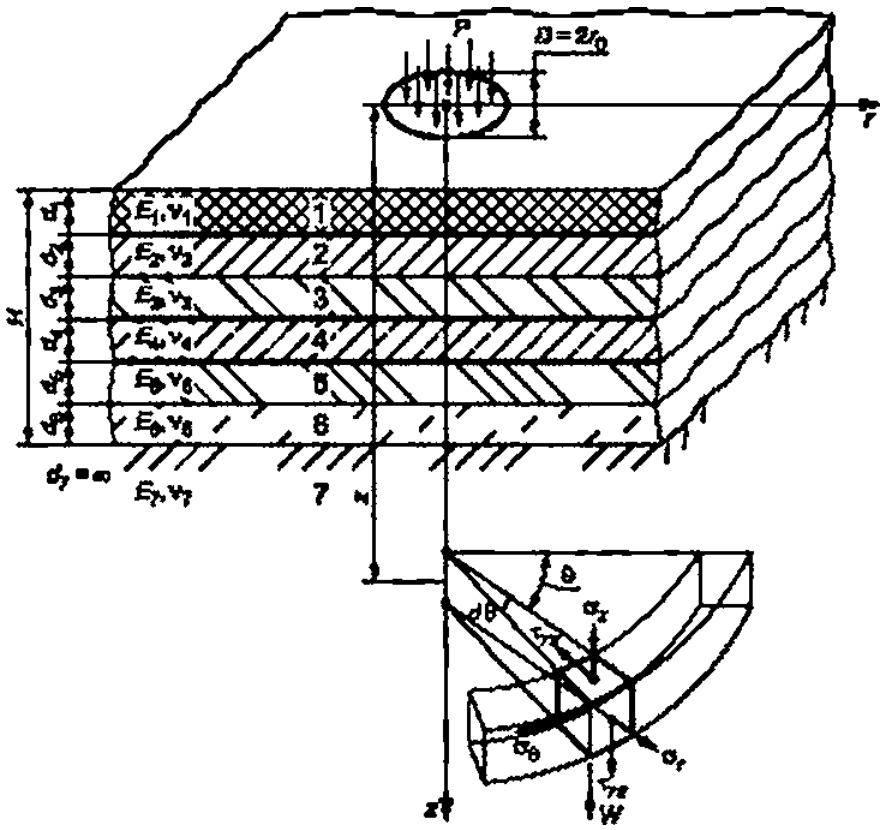


Рисунок Д1 — Расчетная схема семислойного полупространства, нагруженного осесимметричной нагрузкой

Д.2.2 Практические методы расчета напряжений и деформаций, возникающих в многослойной системе при воздействии осесимметричной нагрузки в виде кругового штампа с помощью решения теории упругости для многослойного полупространства

Д.2.2.1 Исходные данные

Для расчета необходимо задать следующие исходные данные:

- **количество слоев дорожной одежды — от 1 до 6. Дорожную одежду подстилают упругим полупространством — слоем 7;**
- **давление колеса на покрытие Р. МПа;**
- **расчетный диаметр отпечатка колеса *0$* при динамическом действии нагрузки, м;**
- **расчетный диаметр отпечатка колеса D_{it} при статическом действии нагрузки, м;**
- **модули упругости материалов слоев и грунта рабочего слоя;**
- **коэффициенты Пуассона материалов слоев**
- **сдвиговые характеристики материалов слоев и грунта рабочего слоя;**
- **координата *z* расчетной точки по вертикальной оси. считая от верха покрытия, м;**
- **координата г расчетной точки по горизонтальной оси. считая от оси симметрии отпечатка колеса в виде круга, м.**

Значения коэффициентов поперечного расширения (коэффициентов Пуассона) v материалов и грунтов определяют по данным испытаний или принимают в соответствии с действующими нормативными документами и технической документацией, регламентирующими данный показатель.

При отсутствии данных допускается принимать следующие значения коэффициентов Пуассона v:

- **для асфальтобетонов, равным 0.25 при температуре 0 * С;0.30 при 10 * С;0.35 при 20 * С.**
- **для материалов из щебеночных и гравийных смесей. обработанных вяжущими — 0.25;**
- **для неукрепленных материалов из щебня, щебеночных и гравийных смесей — 0,27;**
- **для лесков и супесей — 0,30:**
- **для суглинков — 0.35;**
- **для глин — 0.42.**

Д.2.2.2 Методика расчета компонентов НДС многослойного полупространства

По результатам расчета определяют следующие данные:

а) при расчете по упругому прогибу:

1) **упругий прогиб конструкции 5^= *W* (г. мм при *г* = 0. *z* = 0:**
2) **общий модуль упругости конструкции Дрвщ. МПа;**

б) при расчете слабосвязных слоев на сдвиг при динамическом действии нагрузки в точке с координатами г и *z.*

1) **нормальное вертжальное напряжение в расчетной точке $o_г$ (г. zj;**
2) **нормальное радиальное напряжение е расчетной точке о, [г. zj;**
3) **нормальное тангенциальное напряжение в расчетной точке o_0 [л zj;**
4) **касательное напряжение в расчетной точке [г. zj;**
5) **максимальное главное напряжение в расчетной точке о, [г. z];**
6) **минимальное главное напряжение в расчетной точке $o_э$ [г, z];**
7) **активное напряжение сдвига в расчетной точке (г. zj;**

в) при расчете монолитных слоев на растяжение при изгибе в точке с координатами *г* и *z.*

1) **нормальное радиальное напряжение в расчетной точке *<з,* [г. zj;**
2) **нормальное тангенциальное напряжение в расчетной точке o_0 [л zj;**

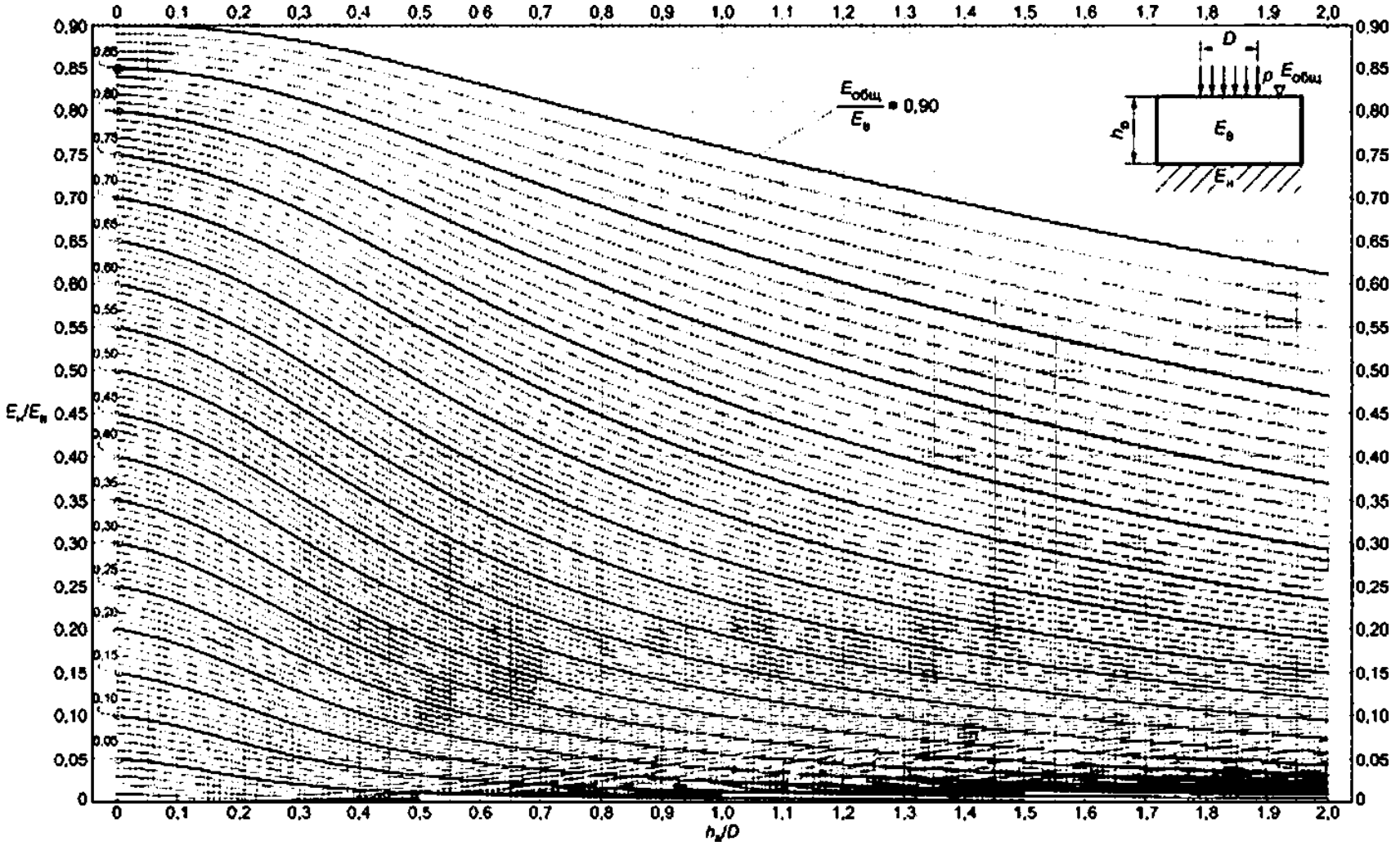
г) результаты расчета слабосвязных слоев на сдвиг при статическом действии нагрузки в выбранной точке с координатами *г* и *z.*

1) **нормальное вертикальное напряжение в расчетной точке a_t [г. zj:**
2) **нормальное радиальное напряжение в расчетной точке *a,* [г. zj:**
3) **нормальное тангенциальное напряжение в расчетной точке o_e[г. zj;**
4) **касательное напряжение в расчетной точке $т_a$ [г. zj;**
5) **максимальное главное напряжение в расчетной тоже о, [г, zj;**
6) **минимальное главное напряжение в расчетной точке $o_э$ [г, zj:**
7) **активное напряжение сдвига в расчетной точке $7_{акт}$ [г. zj.**

Вычисление параметров НДС многослойного полупространства, нагруженного осесимметричным штампом, представляет собой трудоемкий вычислительный процесс, в связи с чем целесообразно использование специализированных математических программных комплексов.

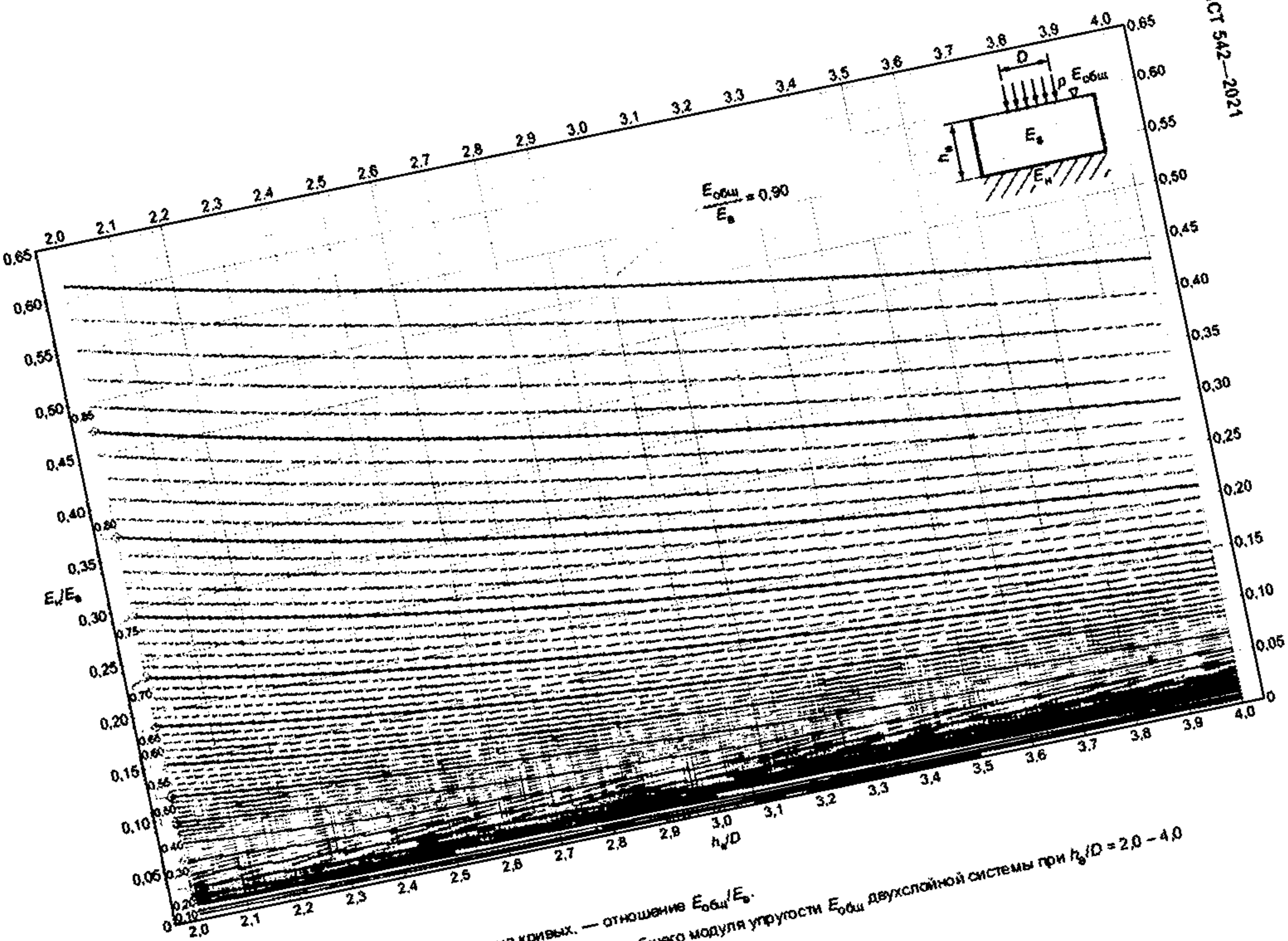
Приложение Е
(обязательное)

Номограммы для определения напряженно-деформированного состояния



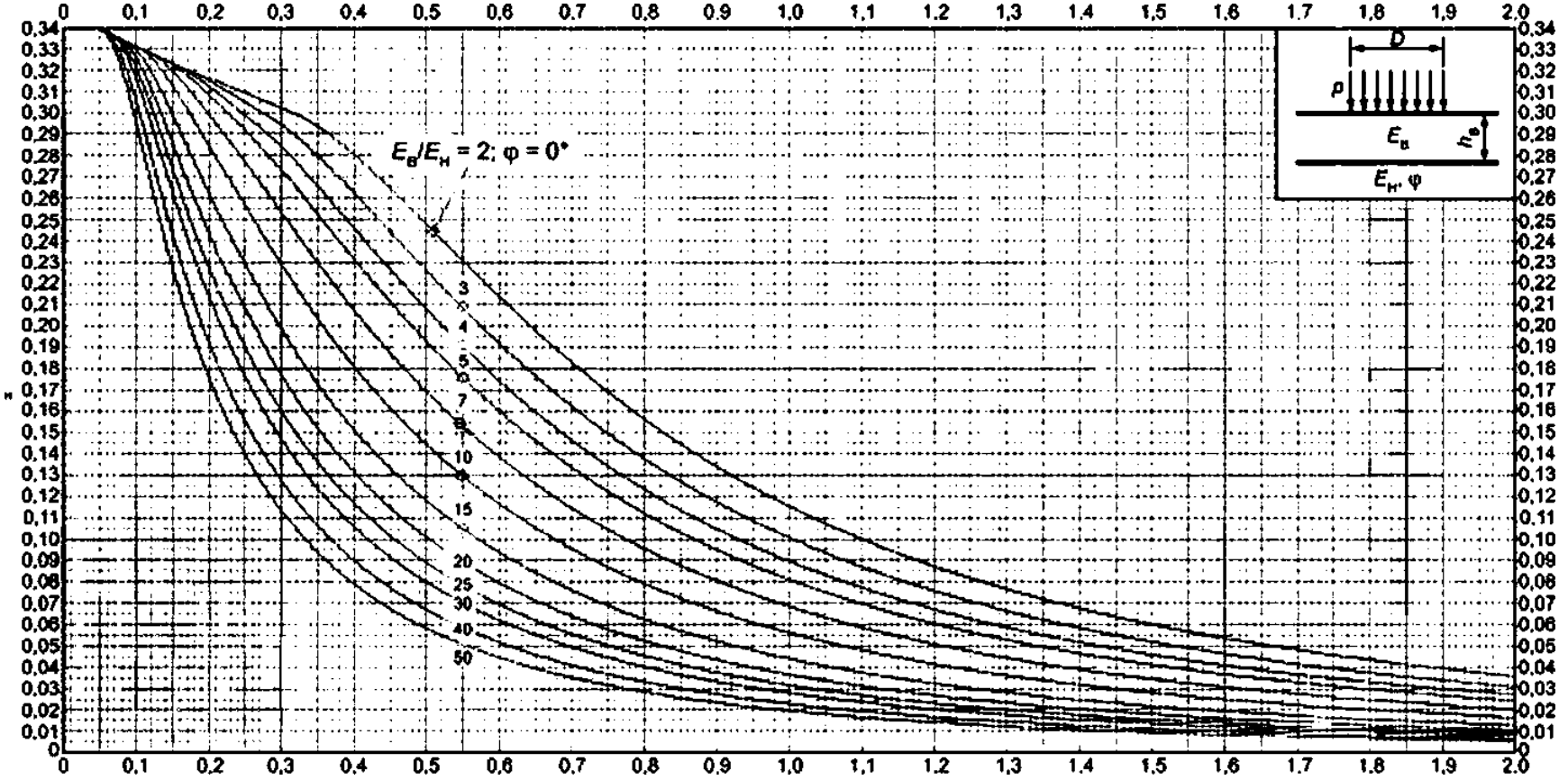
Примечание — Цифры, приведенные на кривых. — отношение

Рисунок Е.1 — Номограмма для определения общего модуля упругости двухслойной системы при *hJD* =0 -2.0



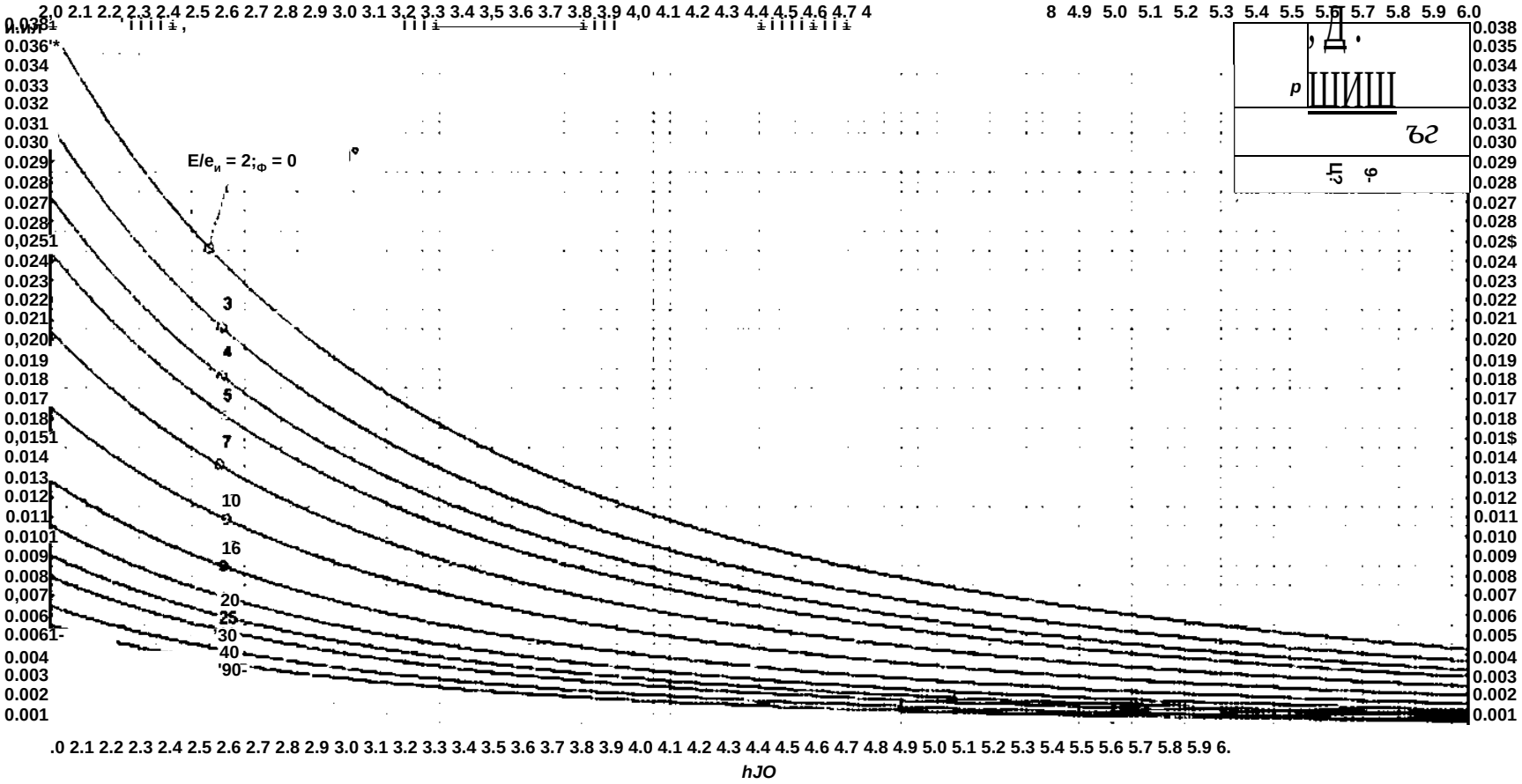
П р и м е ч а н и е — Цифры, приведенные на кривых, — отношение $E_{общ}/E_в$.

Рисунок Е.2 — Номограмма для определения общего модуля упругости $E_{общ}$ двухслойной системы при $h_в/D$ = 2,0 – 4,0



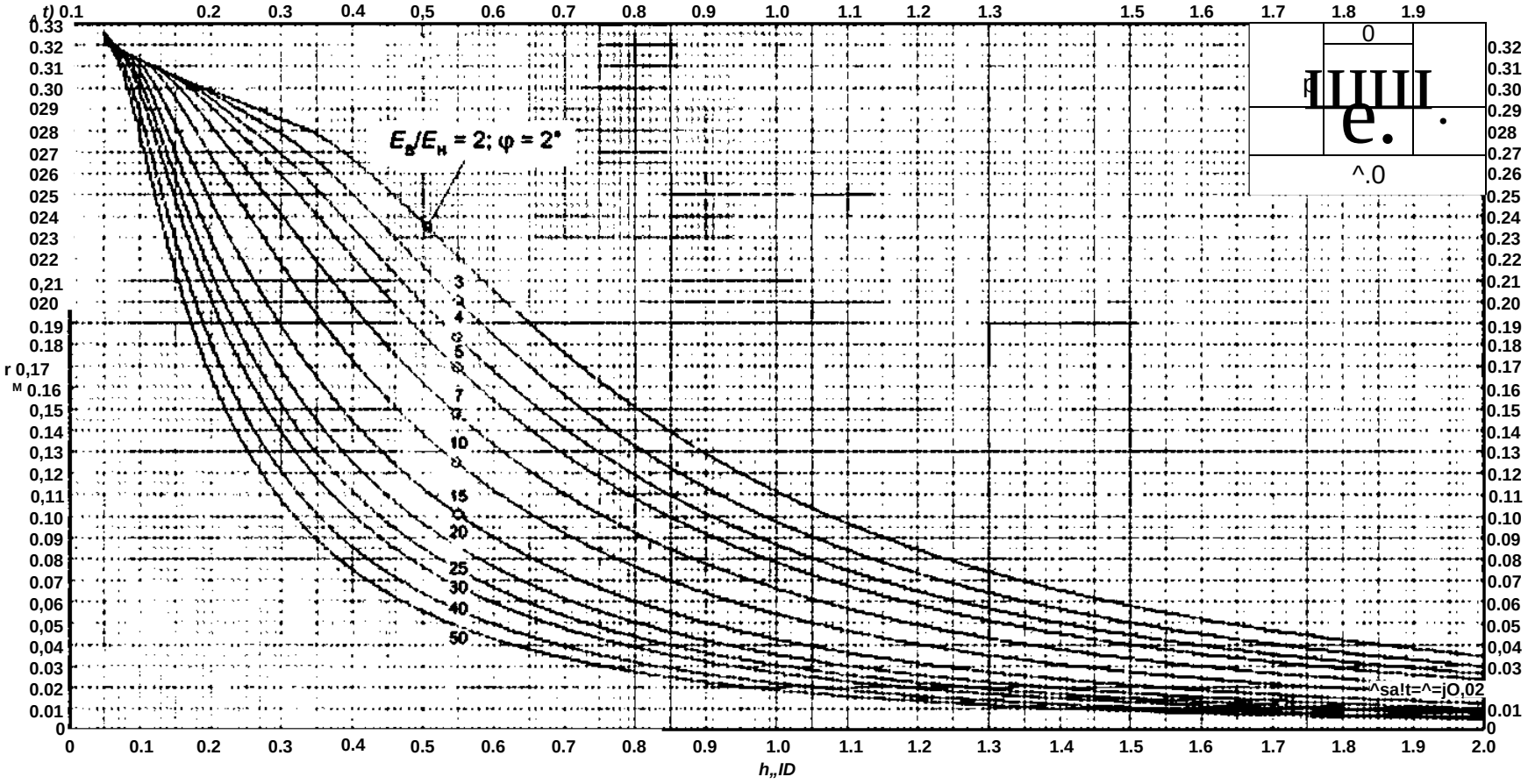
Примечание —* Цифры, приведенные на кривых. — отношение

Рисунок Е.3 — Номограмма для определения единичного активного напряжения сдвига $т_и$ от временной нагрузки в нижнем слое двухслойной системы при<р = 0*8 диапазоне *hJD* =0 -2.0



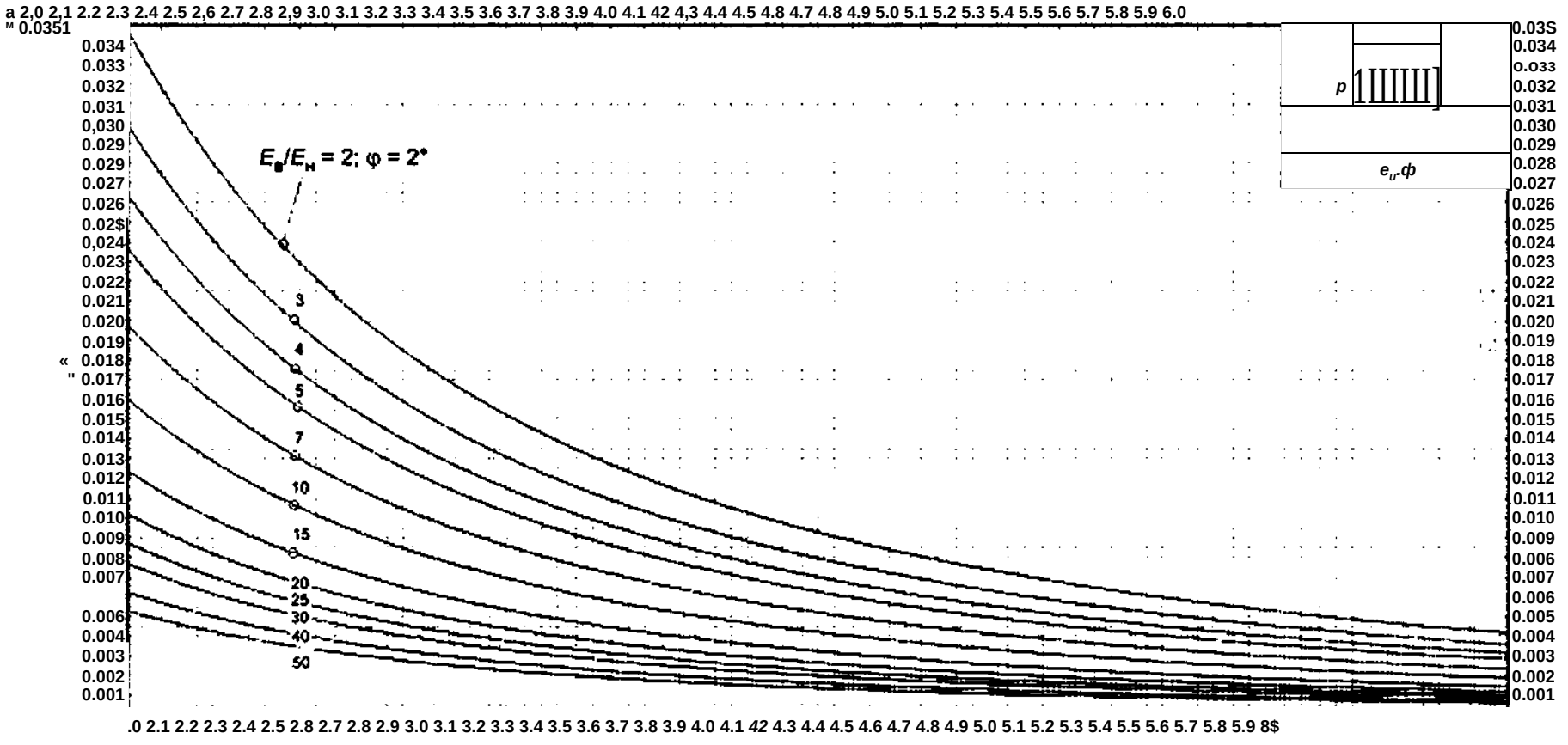
Примечание — Цифры, приведенные на кривых. — отношение

Рисунок Е.4 — Номограмма для определения единичного активного напряжения сдвига от временной нагрузки в нижнем слое двухслойной системы при <p =0* е диапазоне *hJD* = 2.0- 6.0



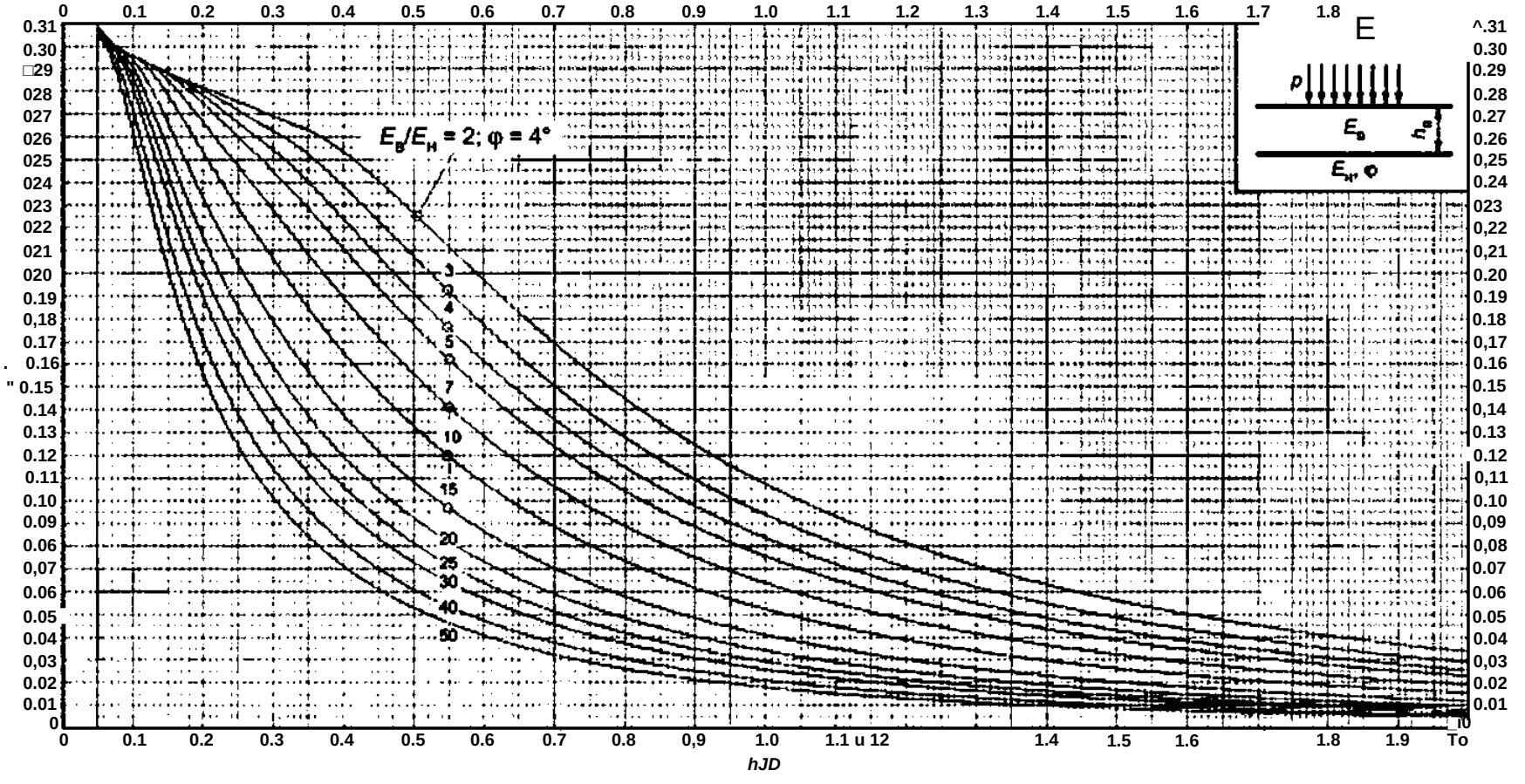
Примечание — Цифры, приведенные на кривых, — отношение $E^*/E_ц$.

Рисунок Е5 — Номограмма для определения единичного активного напряжения сдвига от временной нагрузки в нижнем слое двухслойной системы при <p « 2* в диапазоне *hJD* «0-2.0



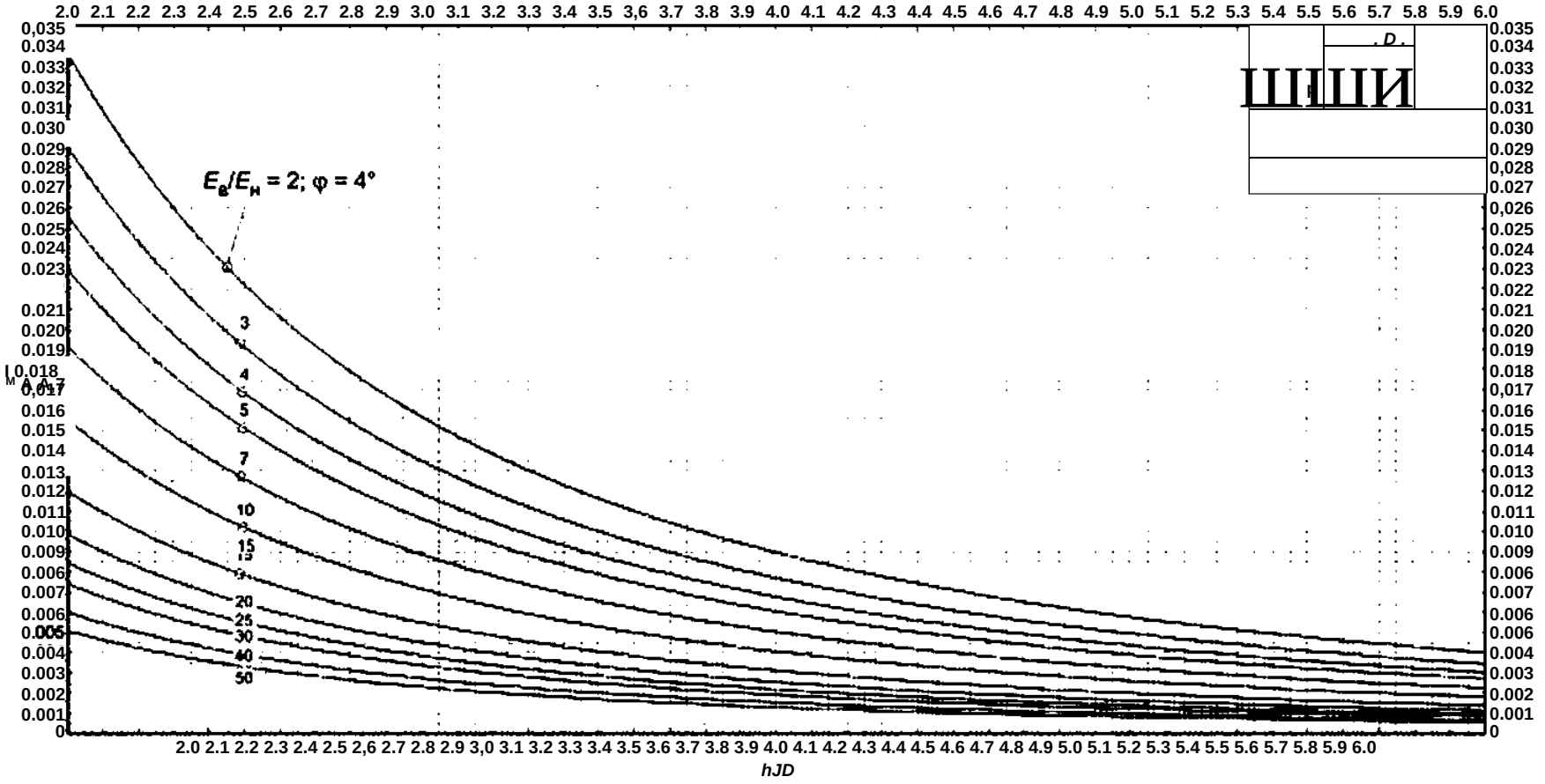
Примечание — Цифры, приведенные на кривых. — отношение ^/$H_н$.

Рисунок Е.6 — Номограмма для определения единичного активного напряжения сдвига от временной нагрузки а ниием слое двухслойной системы при Ф • 2* *в* диапазоне Л/О « 2.0 - 6.0



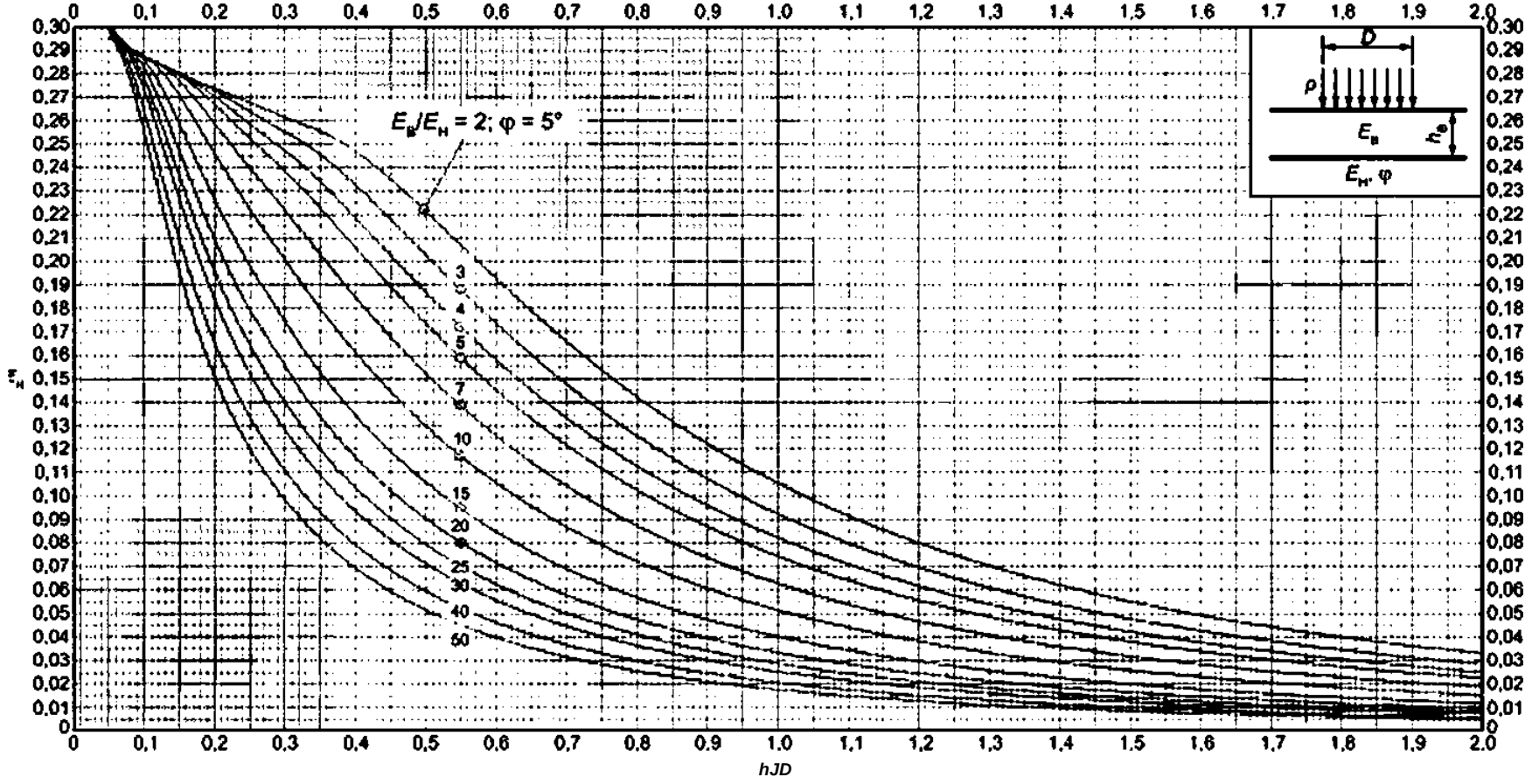
Примечание — Цифры, приведенные на кривых. — отношение *EJE„*.

Рисунок Е.7 — Номограмма для определения единичного активного напряжения сдвига от временной нагрузки в нихыем слое двухслойной системы при Ф =4* в диапазоне *hJD* = 0-2,0



Примечание — Цифры, приведенные на кривых. — отношение

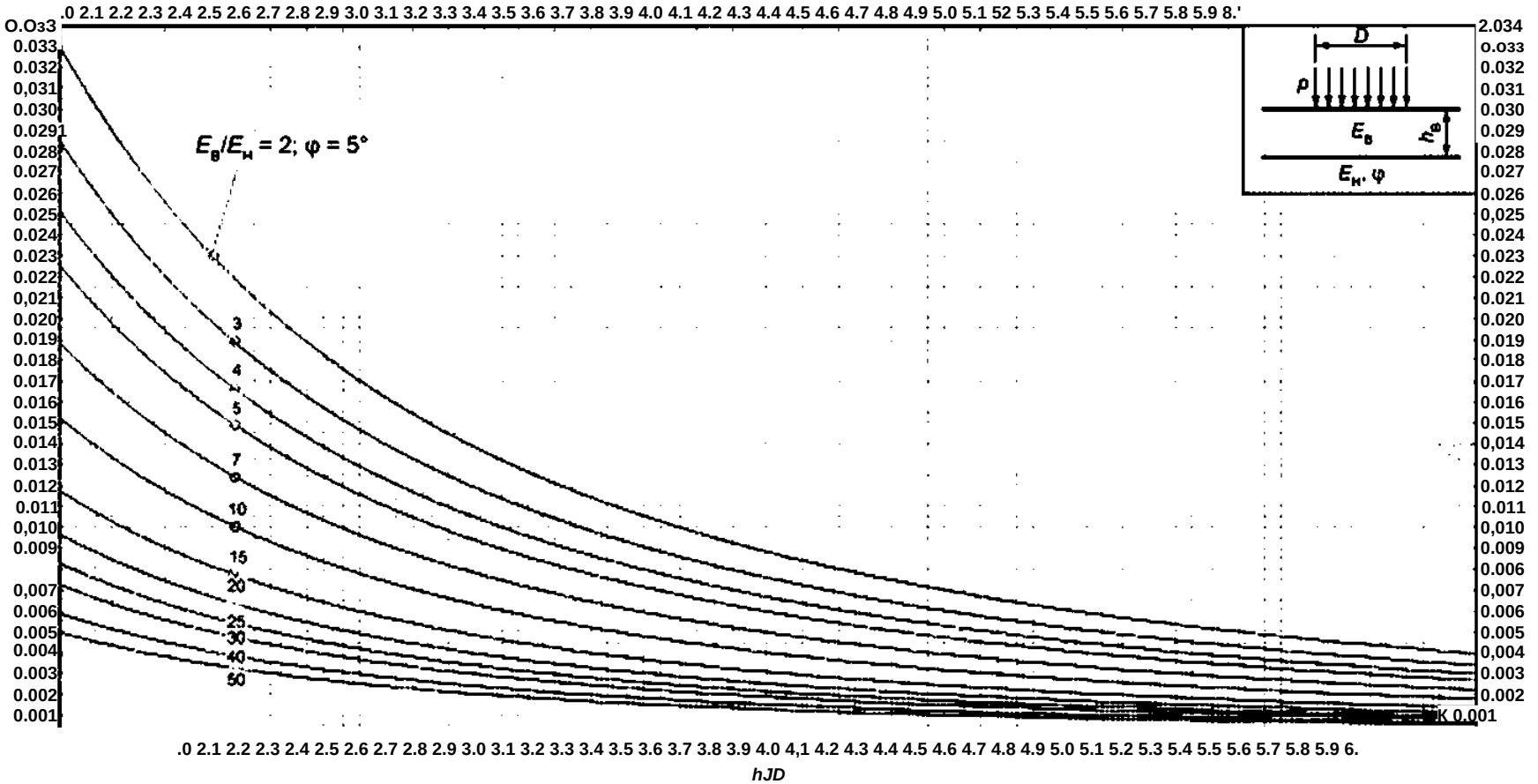
Рисунок ЕЛ — Номограмма для определения единичного активного напряжения сдвига т* от временной нагрузки в нихыем слое двухслойной системы при <p = 4 * в диапазоне *hJD* = 2.0 - 6.0



Примечание — Цифры, приведенные на кривых. —отношение *EJE-**

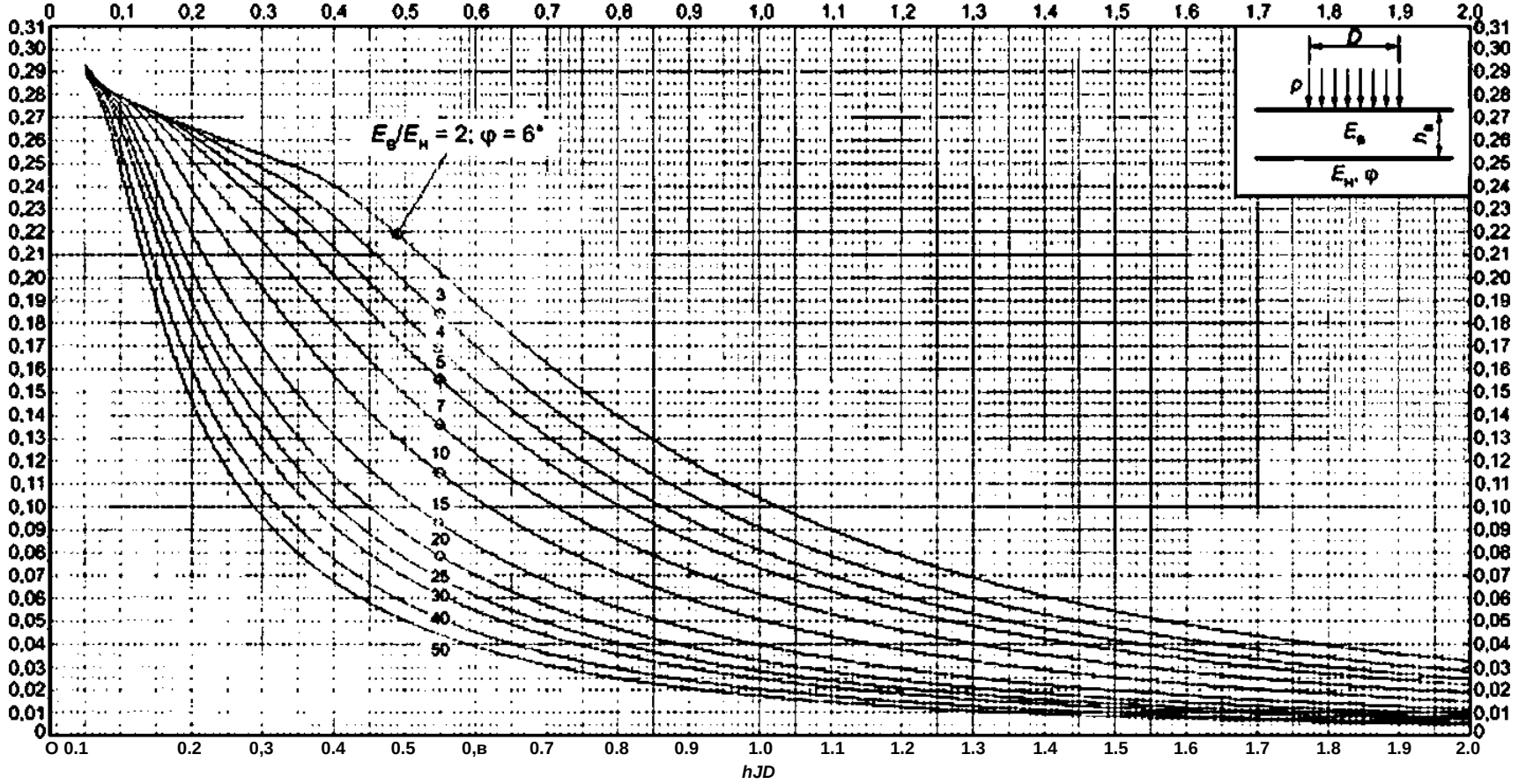
Рисунок Е.9 — Номограмма для определения единичного активного напряжения сдвига от временной нагрузки в нихмем слое двухслойной системы при <р ■ 5* в диапазоне *hJD* «0-2.0

®



Примечание — Цифры, приведенные на кривых. — отношение

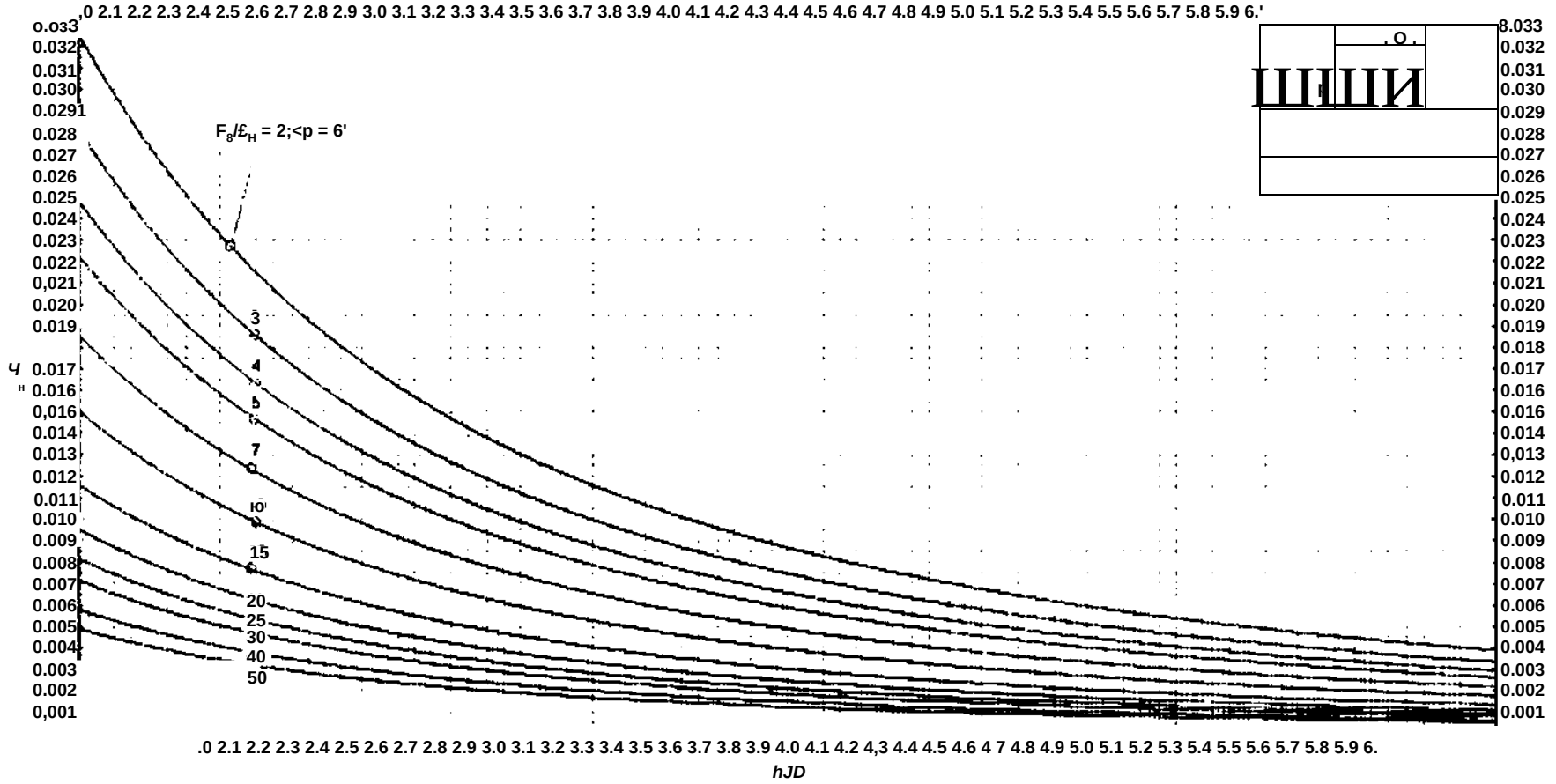
Рисунок Е. 10 — Номограмма для определения единичного активного напряжения сдвига от временной нагрузки в нижнем слое двухслойной системы при Ф « 5* в диапазоне *hJD* • 2.0 - 6.0



Примечание — Цифры, приведенные на кривых. — отношение

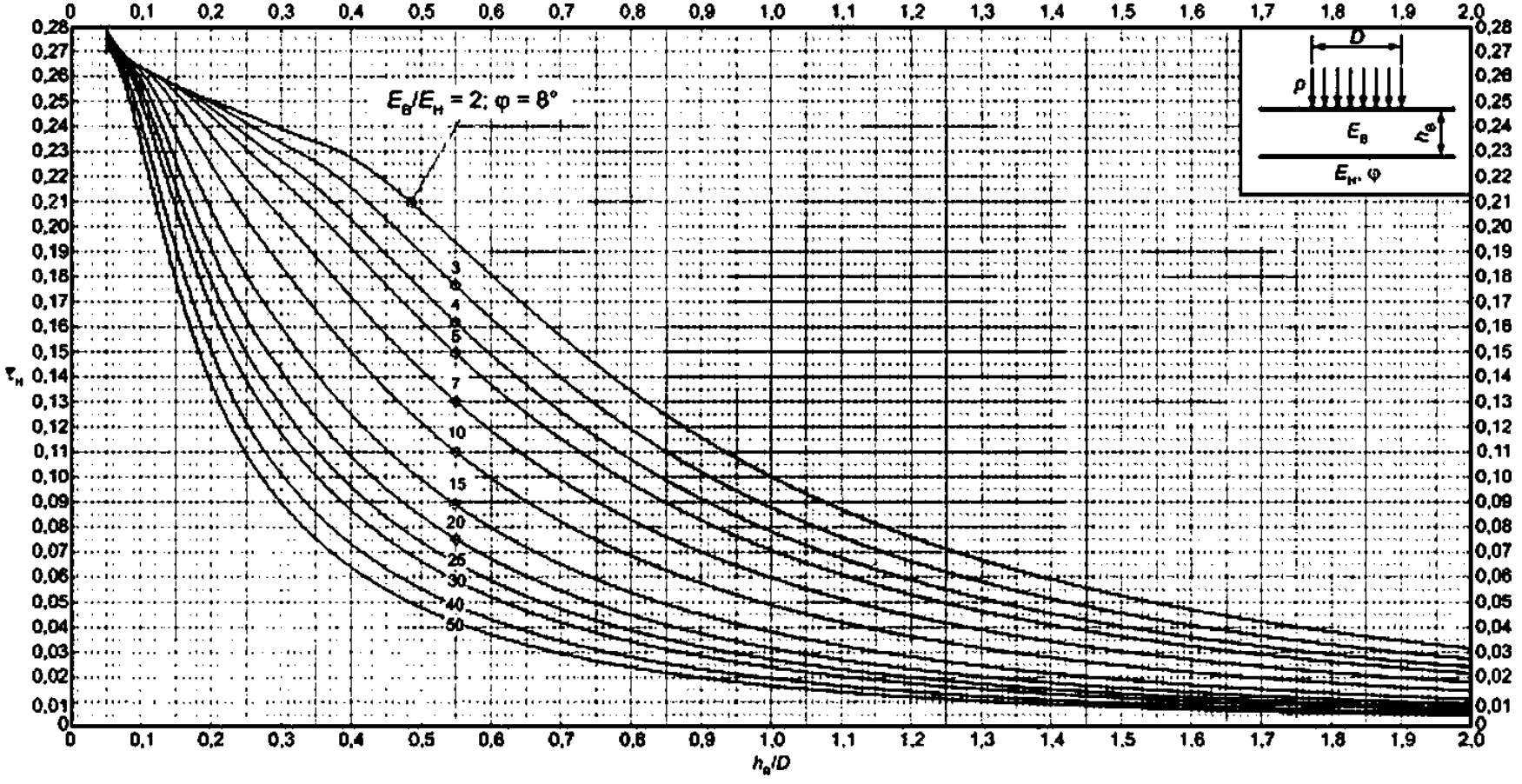
Рисунок Е.11 — Номограмма для определения единичного активного напряжения сдвига $\tau_н$ от временной нагрузки в нижнем слое двухслойной системы при Ф =6* в диапазоне *hJD* = 0-2,0

в



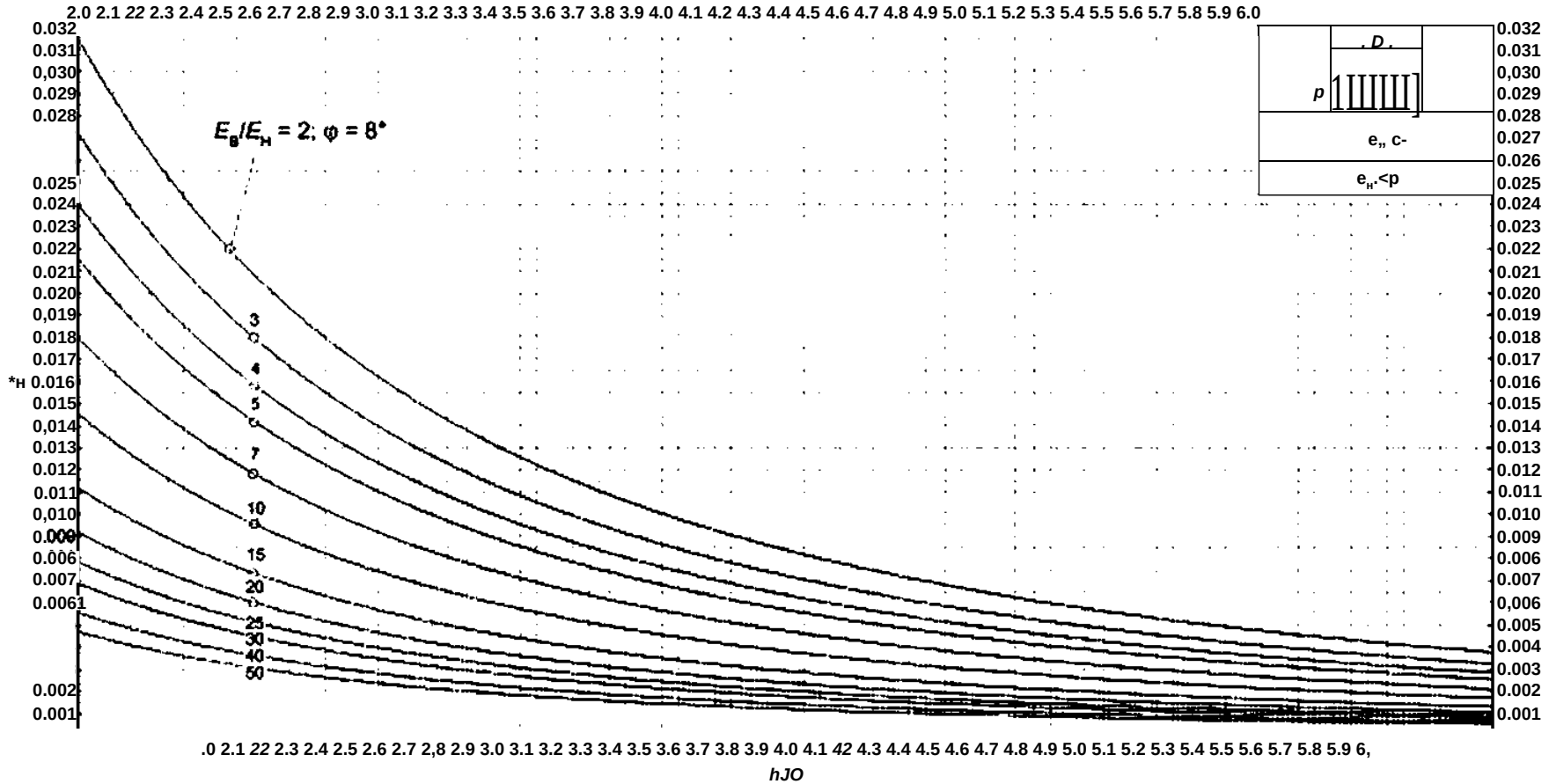
Примечание — Цифры, приведенные на кривых. — отношение ^/Ен-

Рисунок Е.12 — Номограмма для определения единичного активного напряжения сдвига от временной нагрузки в нижнем слое двухслойной системы при <p = 6* в диапазоне *hJD* = 2.0 - 6.0



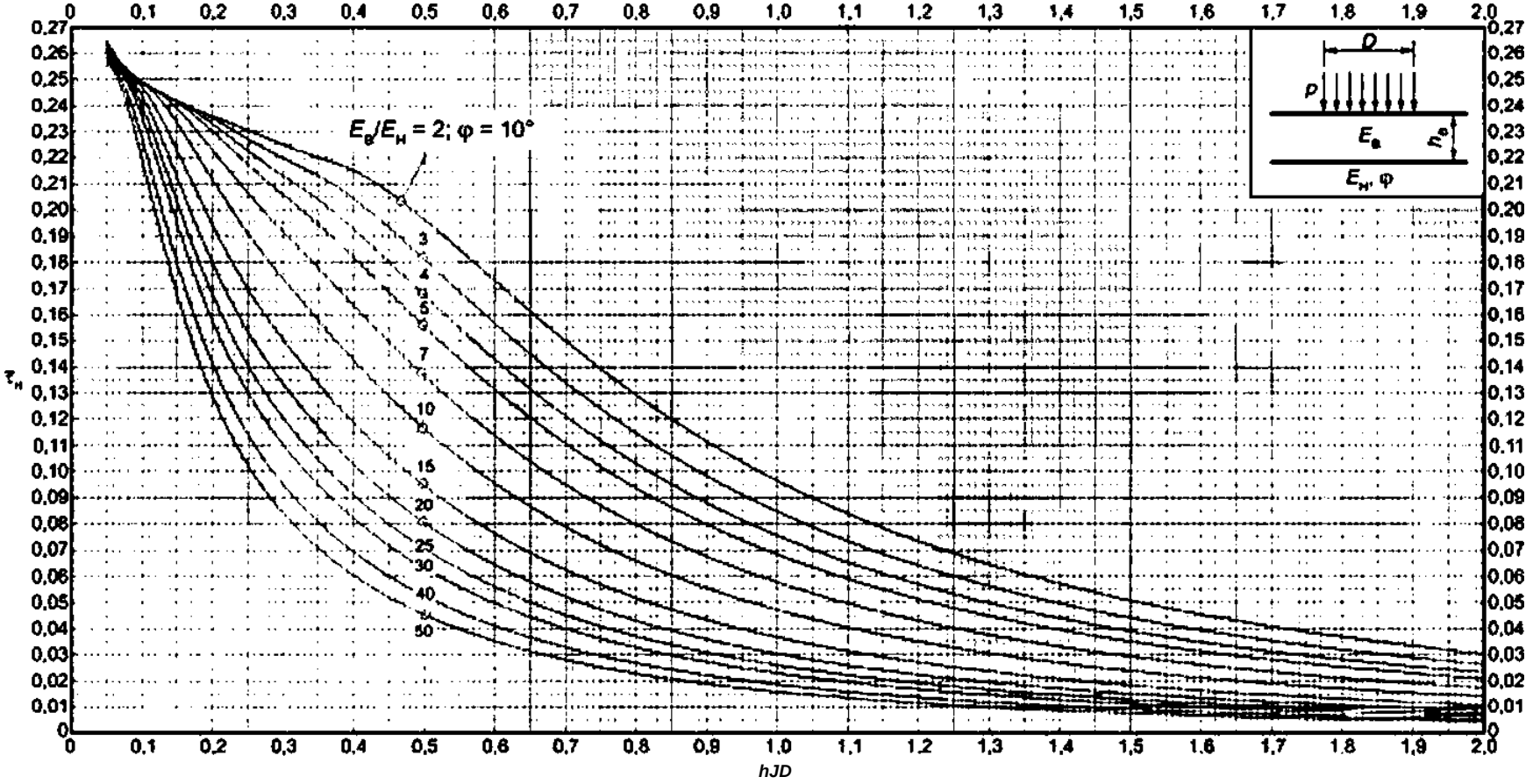
Примечание — Цифры, приведенные на кривых. — отношение

Рисунок Е.13 — Номограмма для определения единичного активного напряжения сдвига от времежой нагрузки в нижнем слое двухслойной системы еди Ф =8* в диапазоне *hJD* = 0-2,0



Примечание — Цифры, приведенные на кривых. —отношение ^/$E_н$.

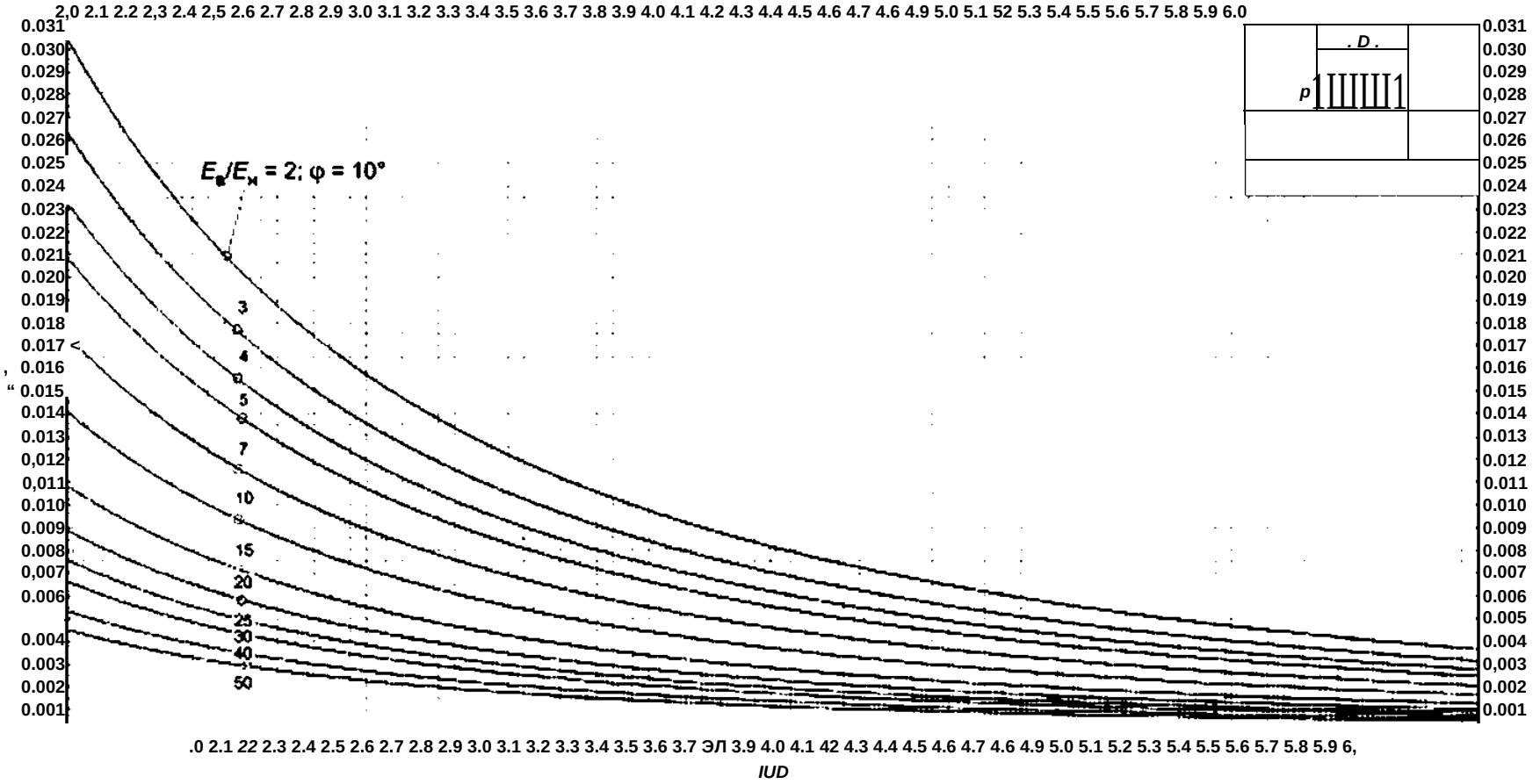
Рисунок Е.14 — Номограмма для определения единичного активного напряжения сдвига от временной нагрузки в нижнем слое двухслойной системы при Ф = 8* в диапазоне *hJD* = 2.0 - 6.0



Примечание — Цифры, приведенные на кривых. — отношение

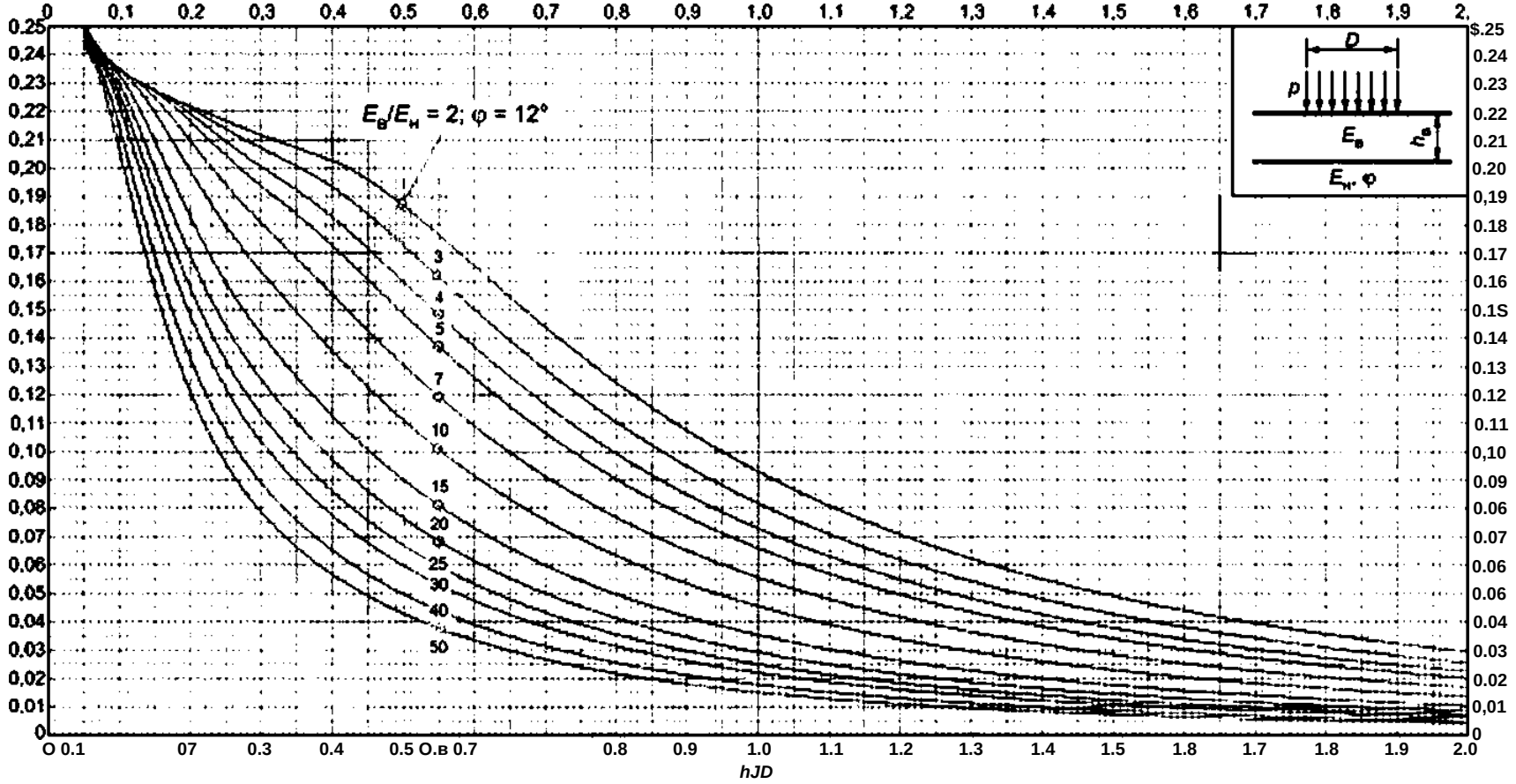
Рисунок Е.15 — Номограмма для определения единичного активного напряжения сдвига от времежой нагрузки в нижнем слое двухслойной системы еди <p = 10* в диапазоне *hJD* =0 -2,0

м



Примечание — Цифры, приведенные на кривых. — отношение *E^tE*.*

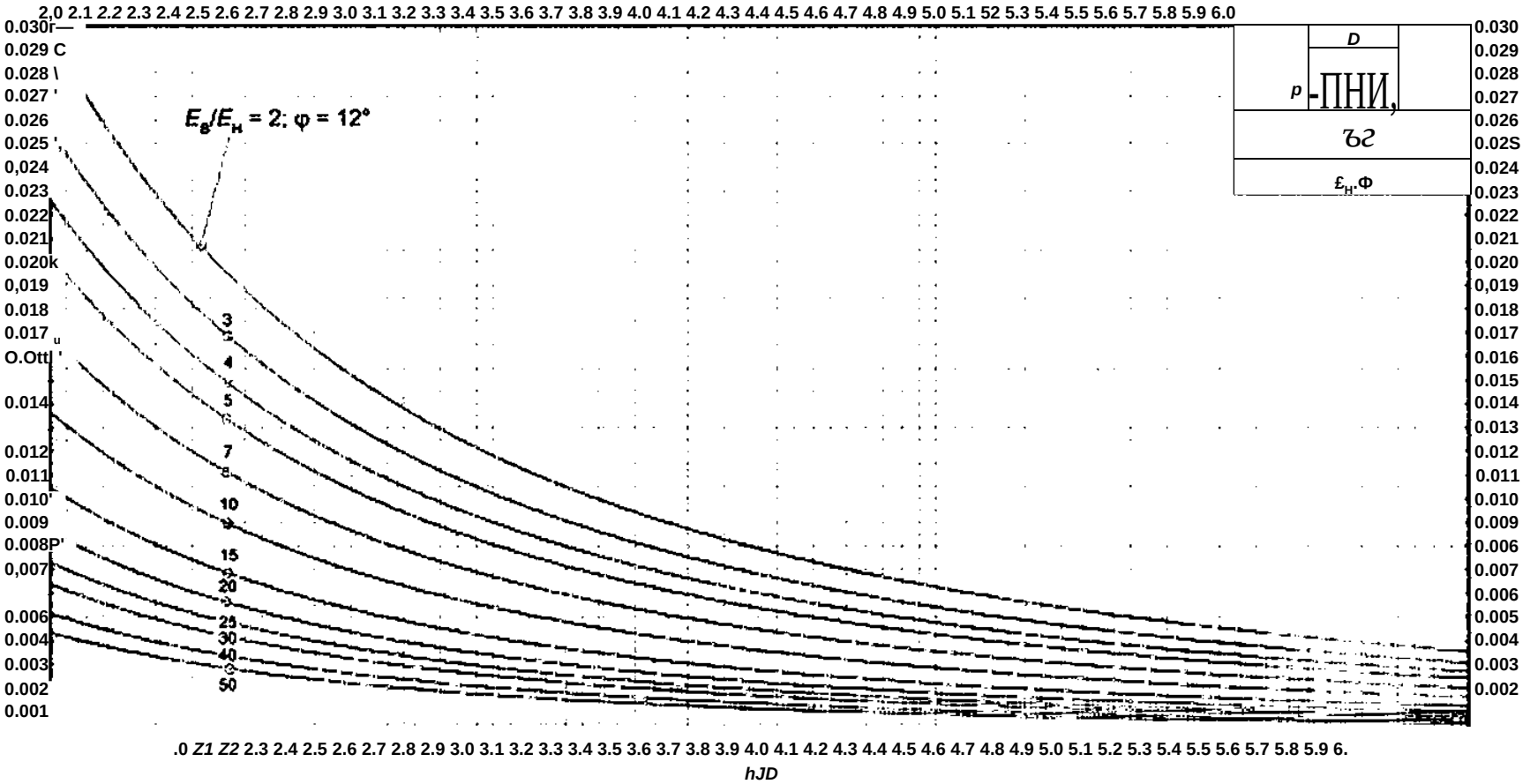
Рисунок Е.16— Номограмма для олрвдележя единичного активного напряжения сдвига ^от времежой нагрузки в нижнем слое двухслойной системы при Ф = 10* е диапазоне *hJD* = 2,0-6,0



Примечание — Цифры, приведенные на кривых. — отношение *E^E*$_n$.

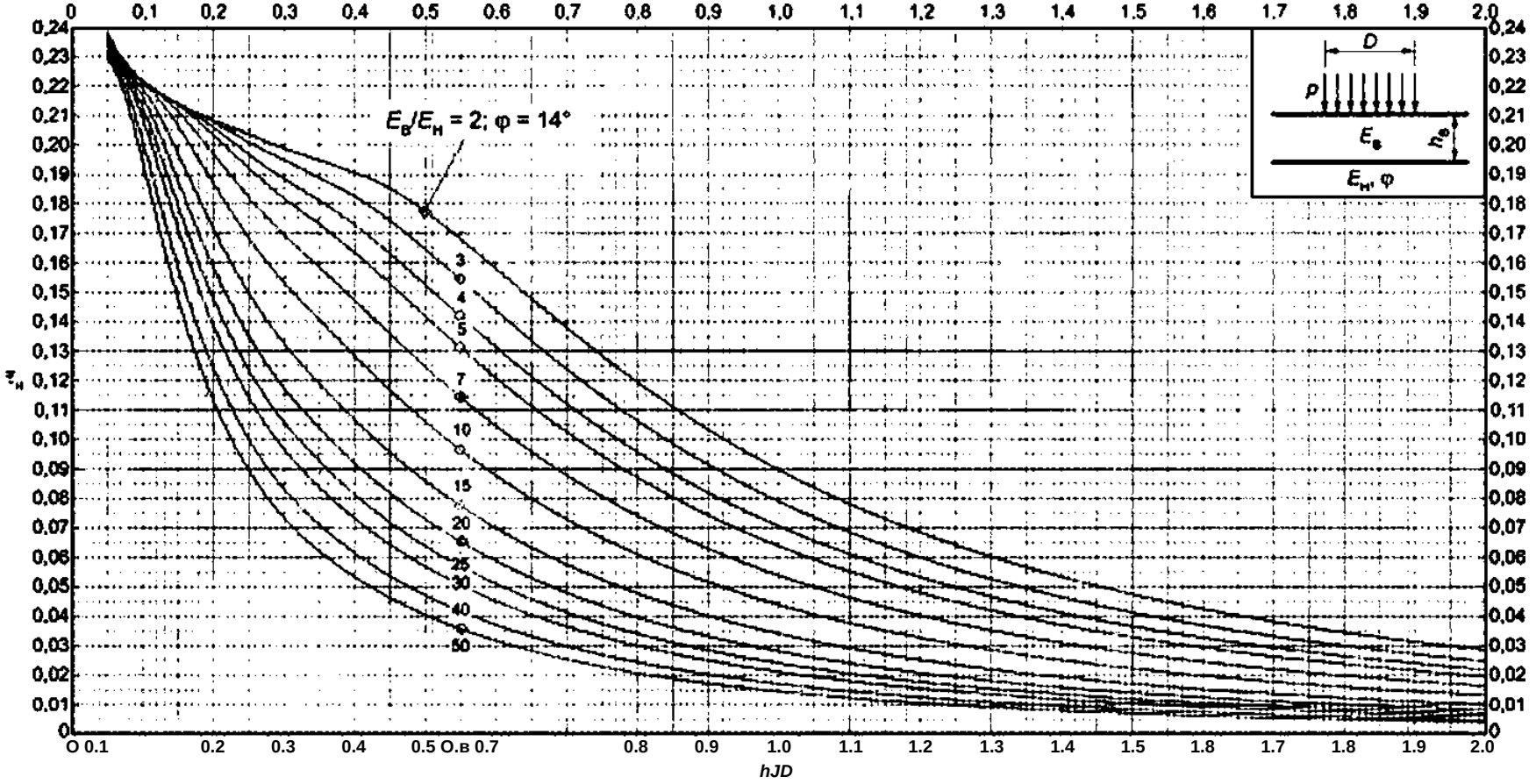
Рисунок Е.17 — Номограмма для определения единичного активного напряжения сдвига т^, от временной нагрузки в нижнем слое двухслойной системы при Ф = 12‘в диапазоне *hJD* =0-2,0

Е



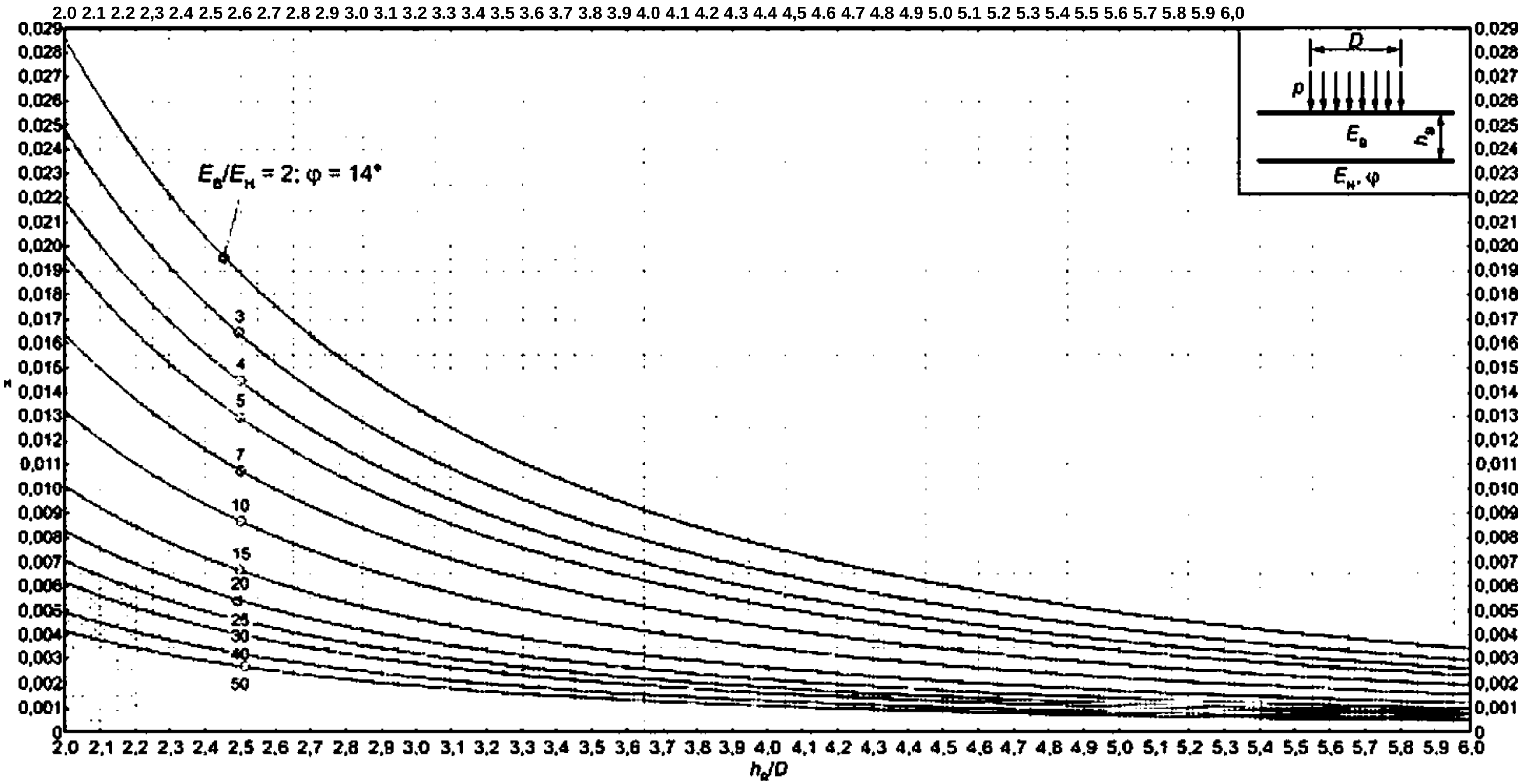
Примечание — Цифры, приведенные на кривых. — отношение ^/$£_н$.

Рисунок Е.18— Номограмма для огределемия единичного активного напряжения сдвига ^,от временной нагрузки в нижнем слое двухслойной системы гри ср - 12* в диапазоне *hJD* =2,0-6,0

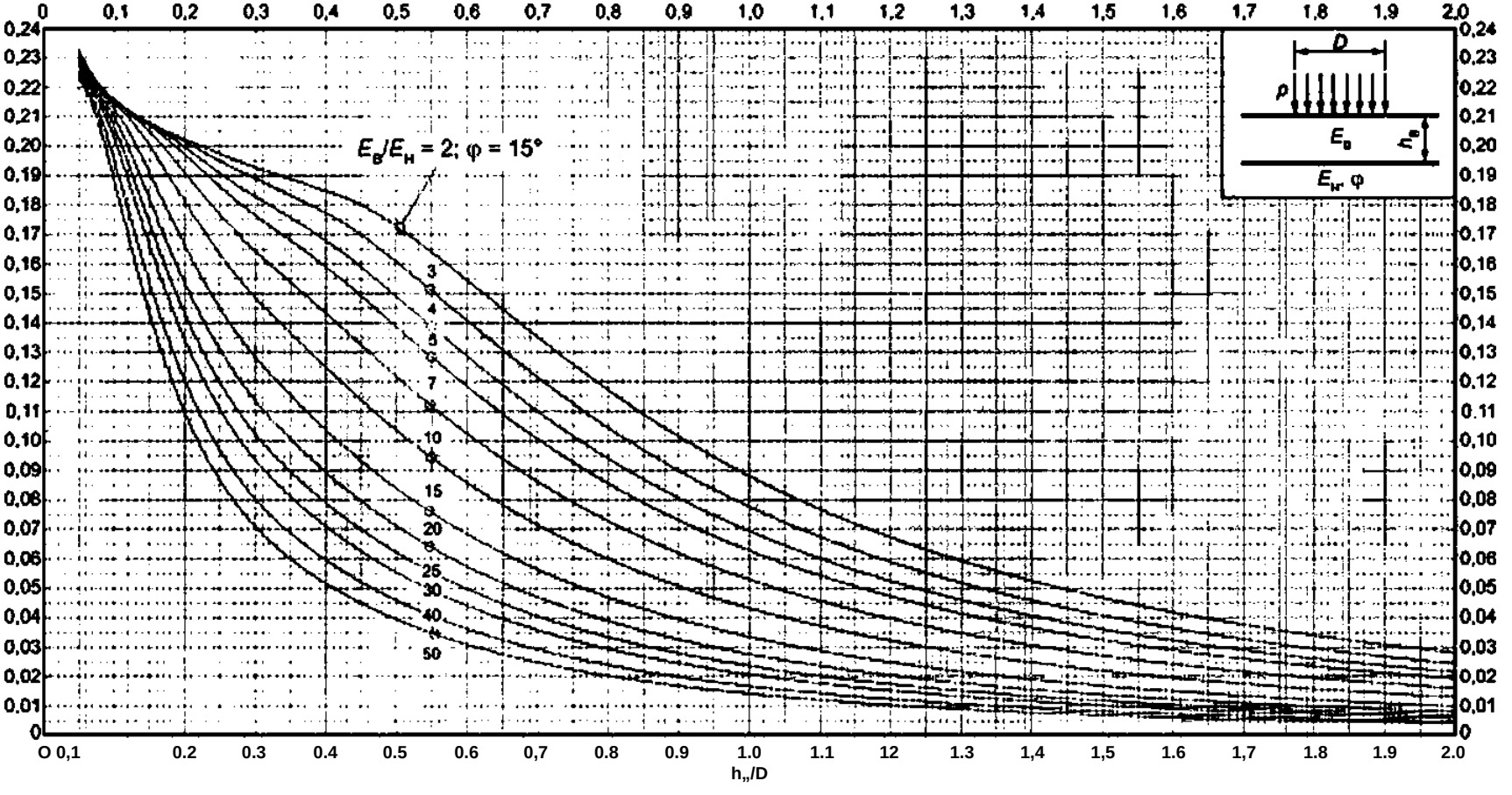


Примечание — Цифры, приведенные на кривых. —отношение *E^E*$_м$.

Рисунок Е.19 — Номограмма для определения единичного активного напряжения сдвига т* от временной нагрузки е нижнем слое двухслойной системы при Ф = 14' е диапазоне *hJD* =0 -2.0



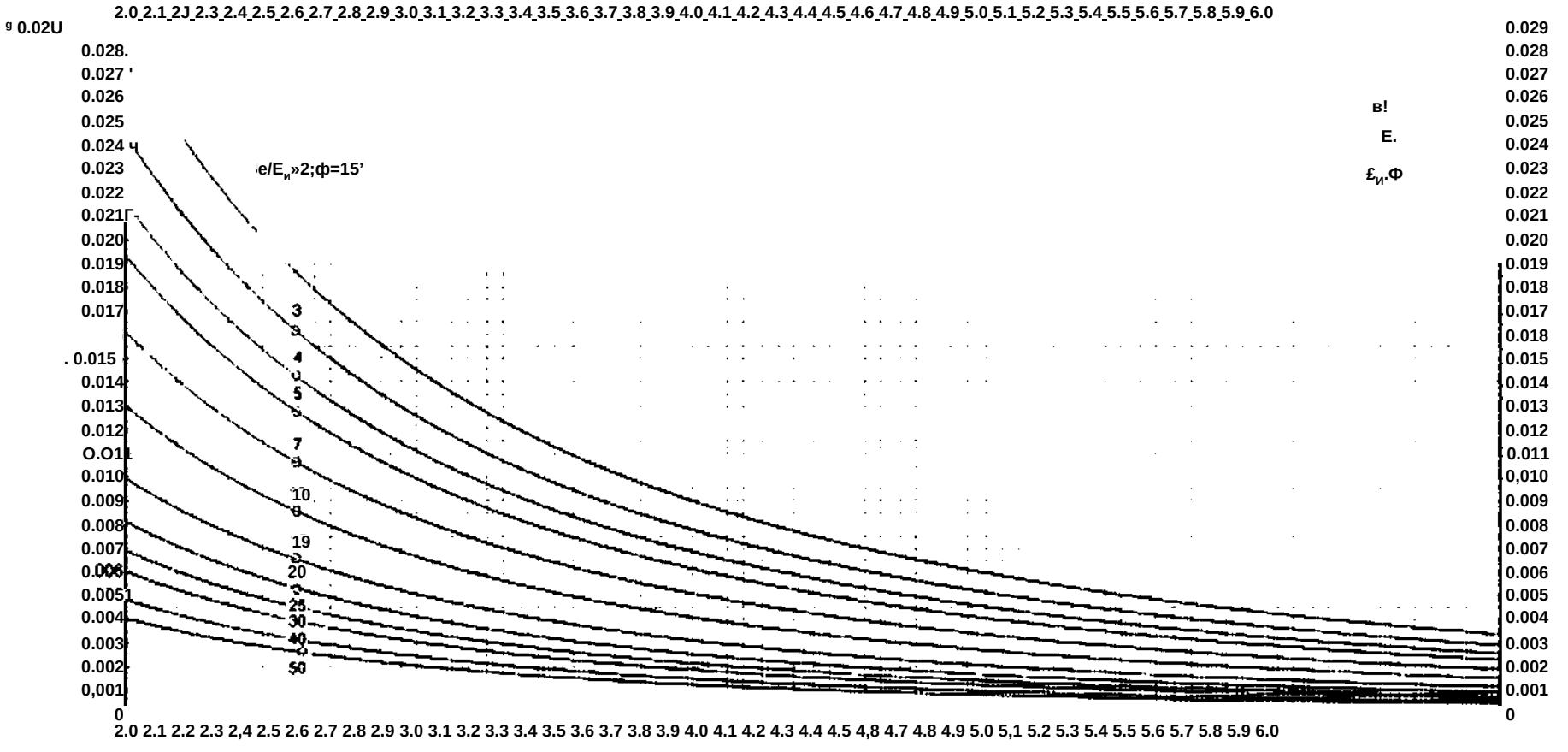
<p = 14* в диапазоне hJD =2,0-6,0



Примечание —* Цифры, приведенные на кривых. — отношение *E^/E*.*

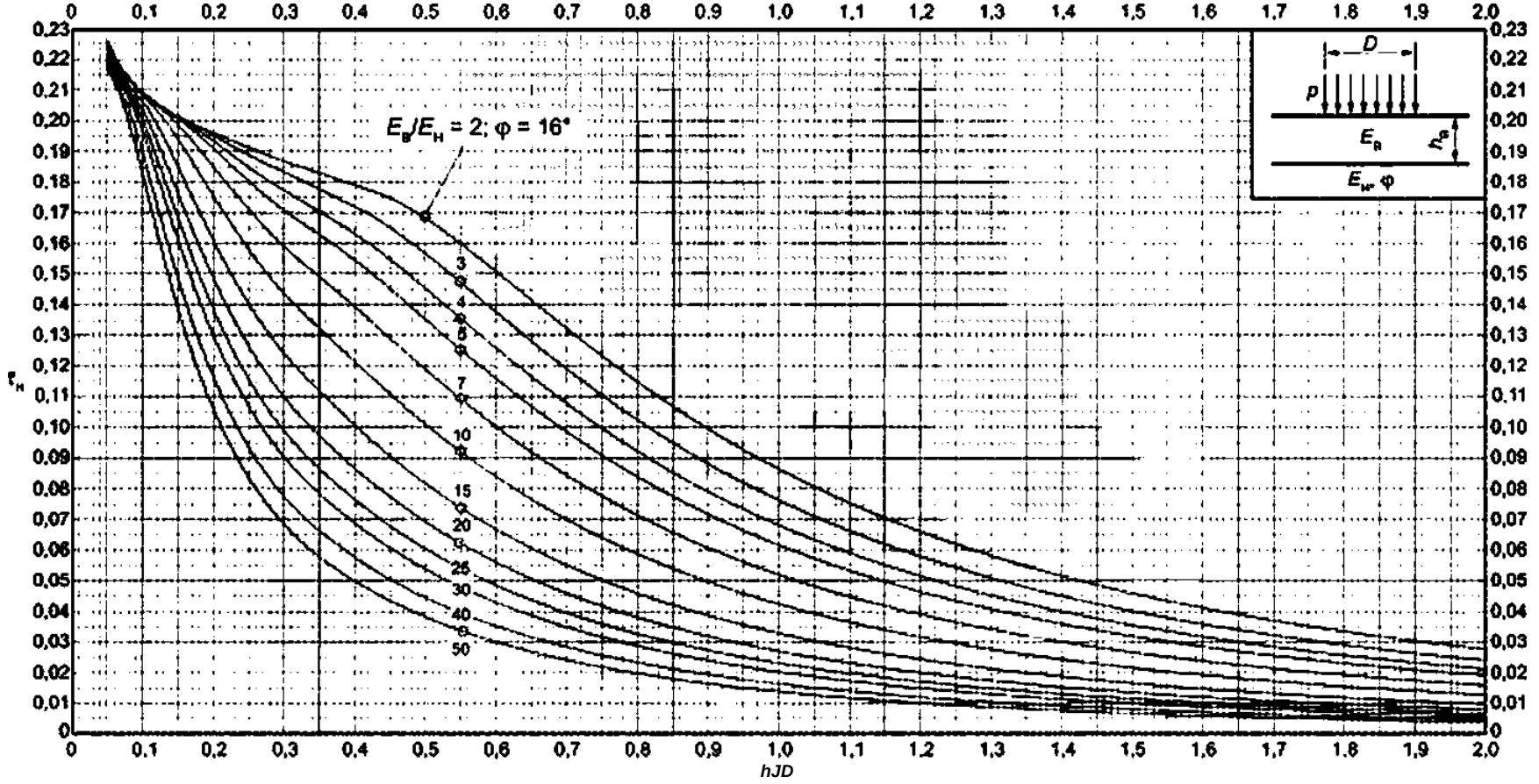
Рисунок Е.21 — Номограмма для определения единичного активного напряжения сдвига от временной нагрузки в нижнем слое двухслойной системы при <p= 15*в диапазоне *hJD* =0-2.0

со



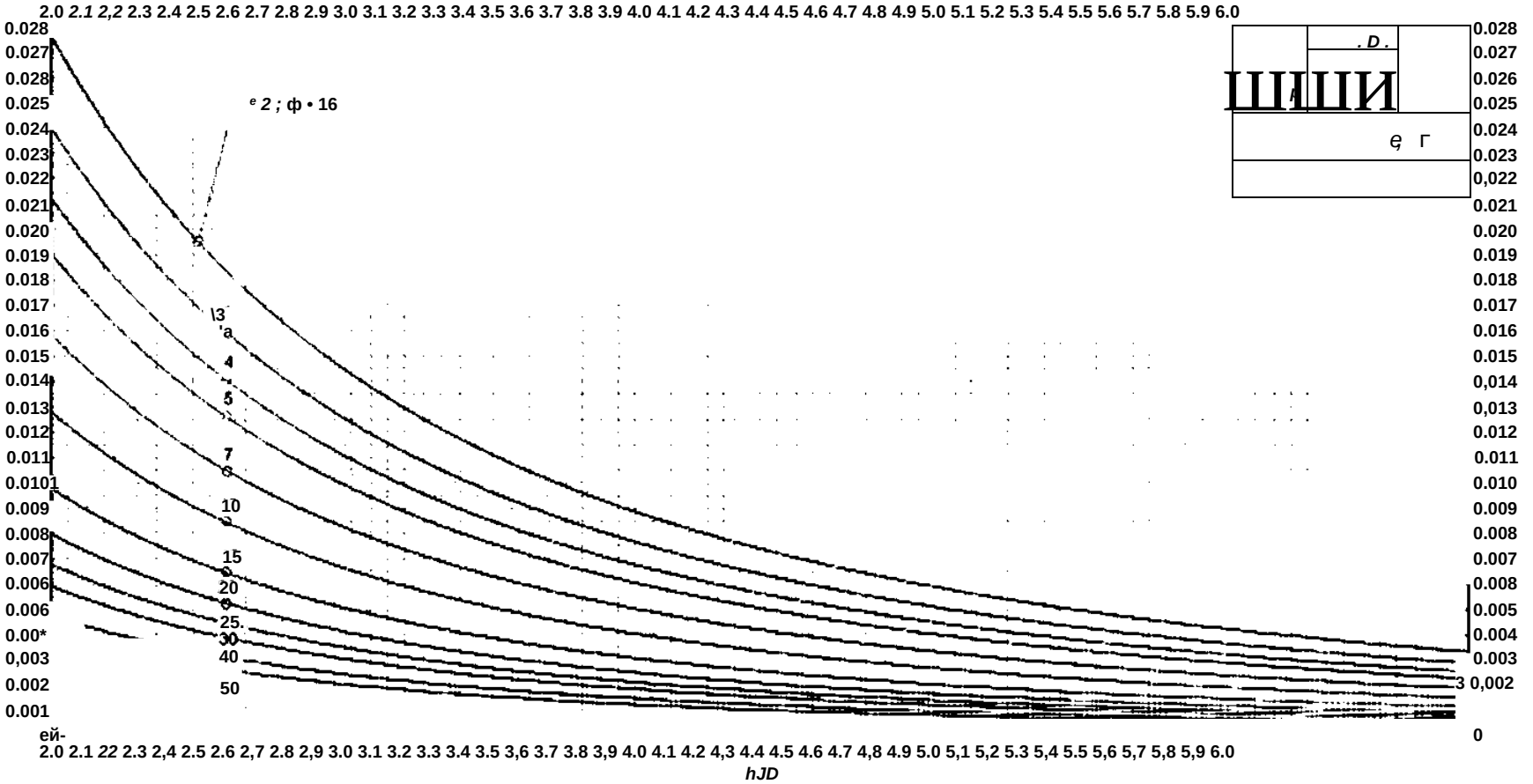
Примечание — Цифры, приведенные на кривых. —отношение ^/$E_н$.

Рисунок Е.22 — Номограмма для определения единичного активного напряжения сдвига от временной нагрузки в нижнем слое двухслойной системы при <p = 15* в диапазоне *hJD* =2,0-6,0



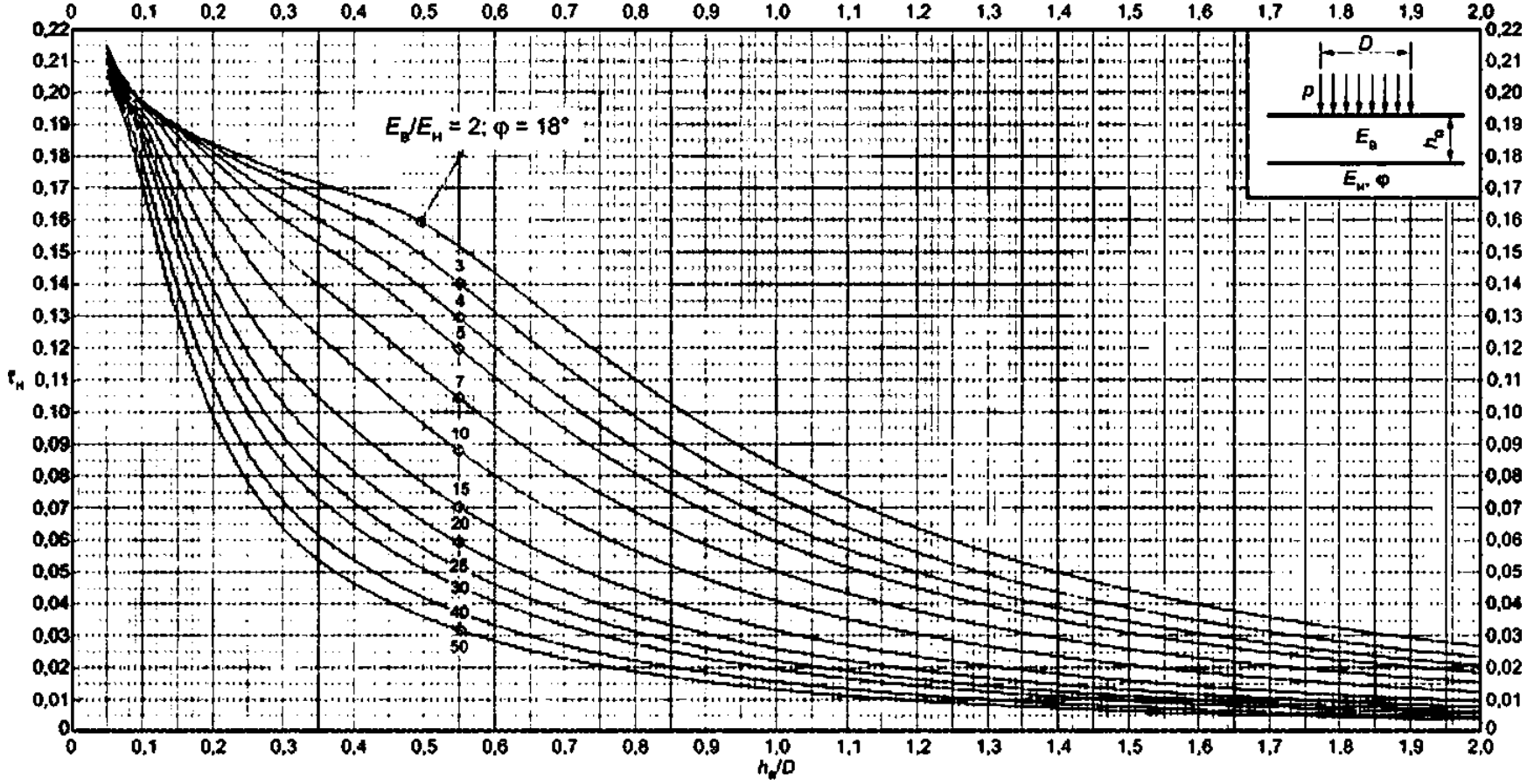
Примечание — Цифры, приведенные на кривых, —отношение *EJE*.*

Рисунок Е.23 — Номограмма для определения единичного активного напряжения сдвига от аремежой нагружи в нижнем слое двухслойной системы при <p = 16* в диапазоне *h^D* =0 -2,0



Приме мание — Цифры, приведенные на кривых, — отношение ^/$E_и$.

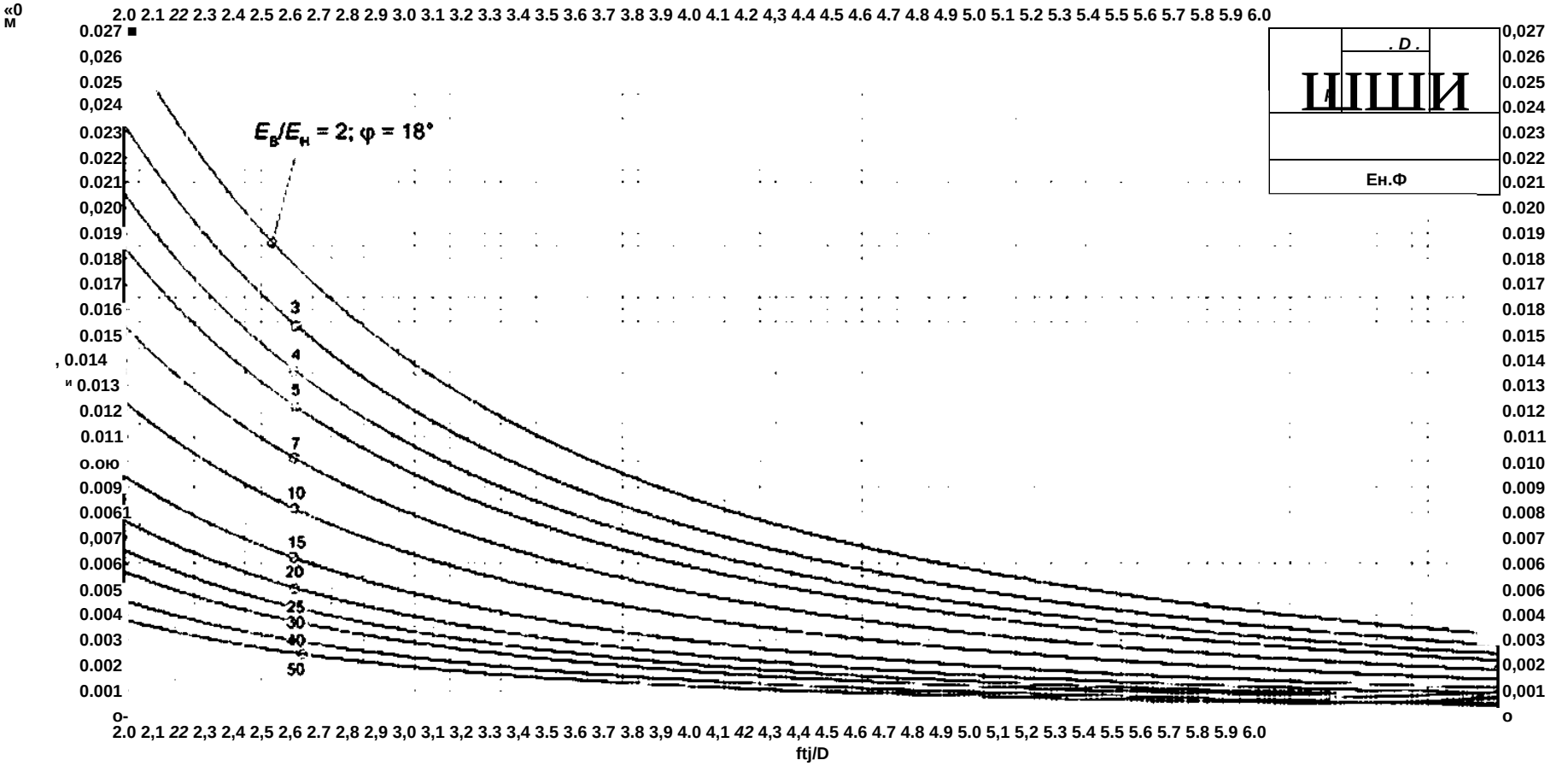
Рисунок Е.24 — Номограмма для олредележя единичного активного напряжения сдвига от еремежой нагрузки в нижнем слое двухслойной системы при $Ф_н$ = 16* в диапазоне *hJD* - 2.0 - 6.0



Примечание — Цифры, приведенные на кривых, —отношение *EJE*.*

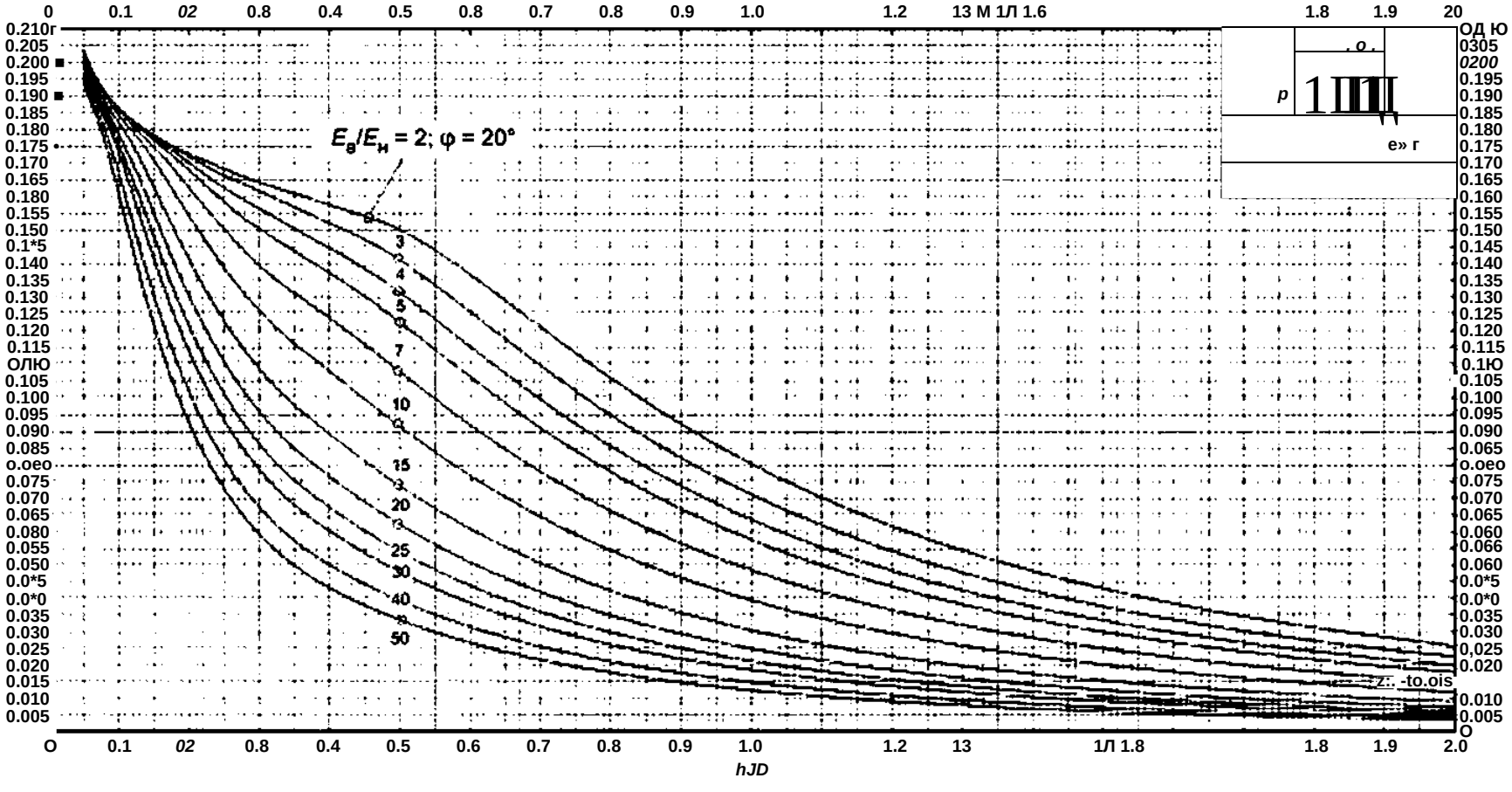
Рисунок Е.25 — Номограмма для определения единичного активного напряжения сдвига от аремежой нагружи в нижнем слое двухслойной системы при <p = 18* в диапазоне *h^D* =0 -2,0

<0



Приме мание — Цифры, приведенные на кривых, — отношение ^/$E_н$.

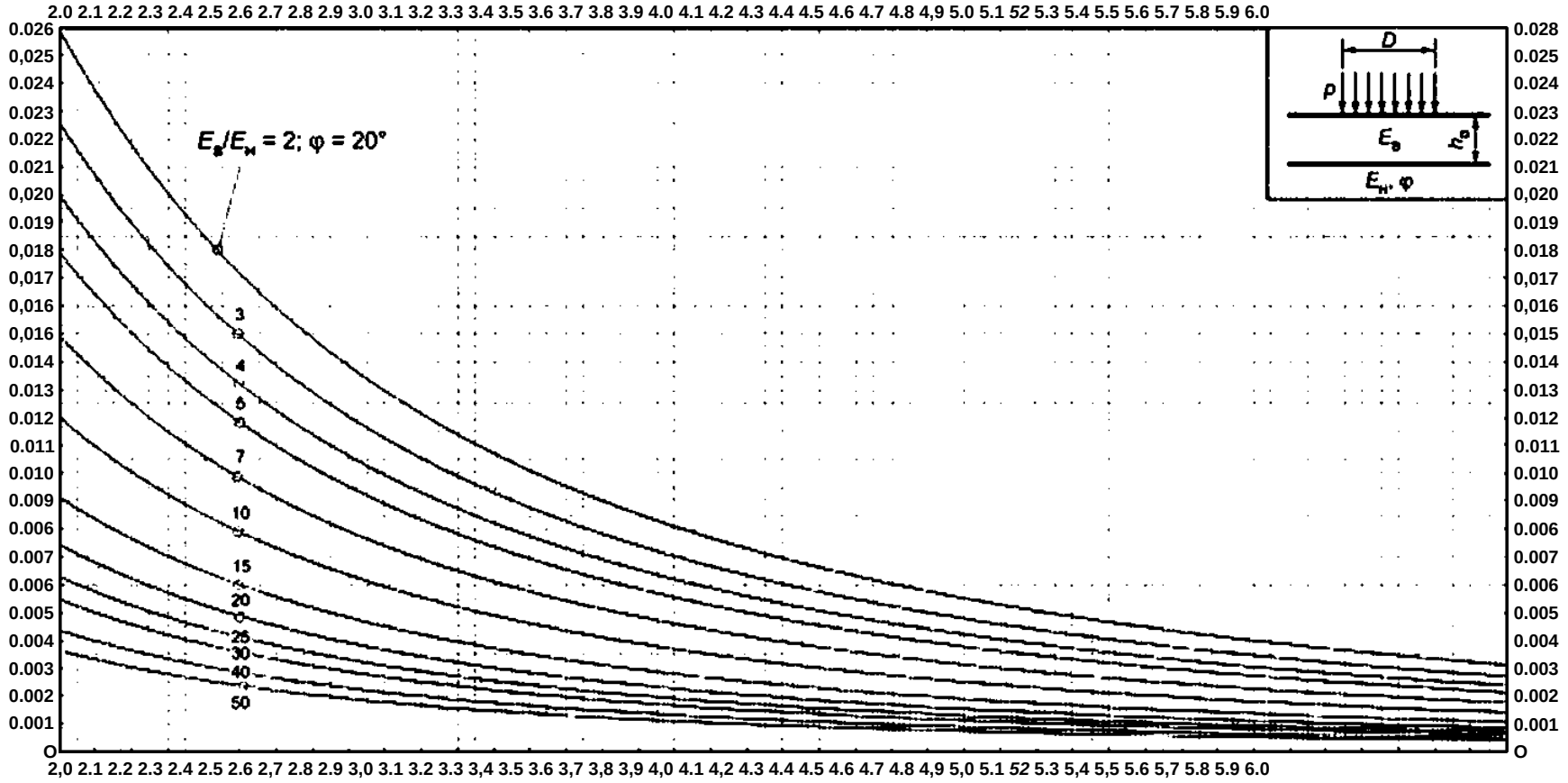
Рисунок Е.26 — Номограмма для определения единичного активного напряжения сдвига от времежой нагружи в нижнем слое двухслойной системы при Ф = 18* в диапазоне *tyD* =2,0-6,0



Примечание — Цифры, приведенные на кривых, —отношение *EJE*.*

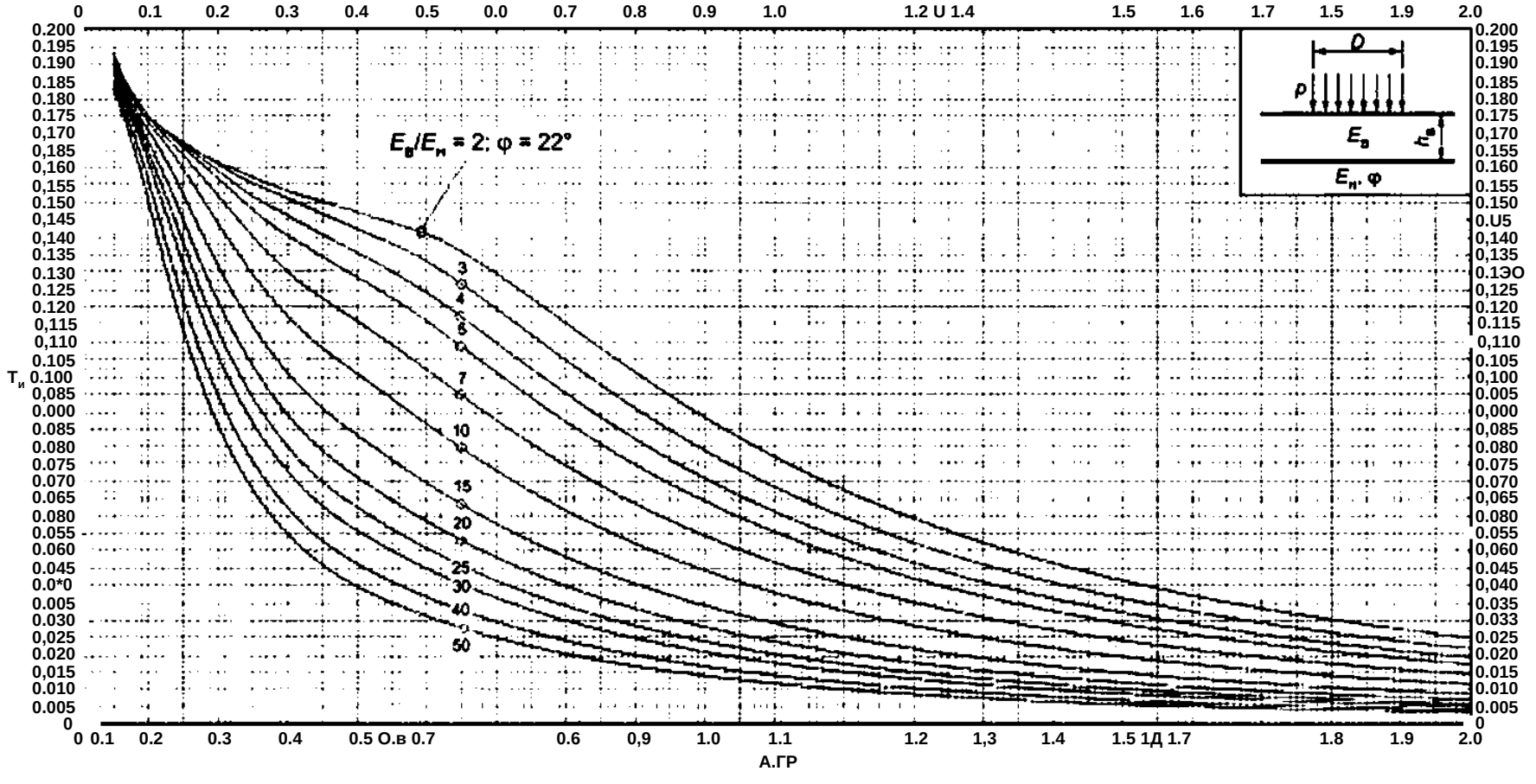
Рисунок Е.27 — Номограмма для определения единичного активного напряжения сдвига от аремежой нагружи в нижнем слое двухслойной системы при Ф = 20* в диапазоне *h^D* =0 -2,0

*



Приме мание — Цифры, приведенные на кривых. — отношение *E^/E*.*

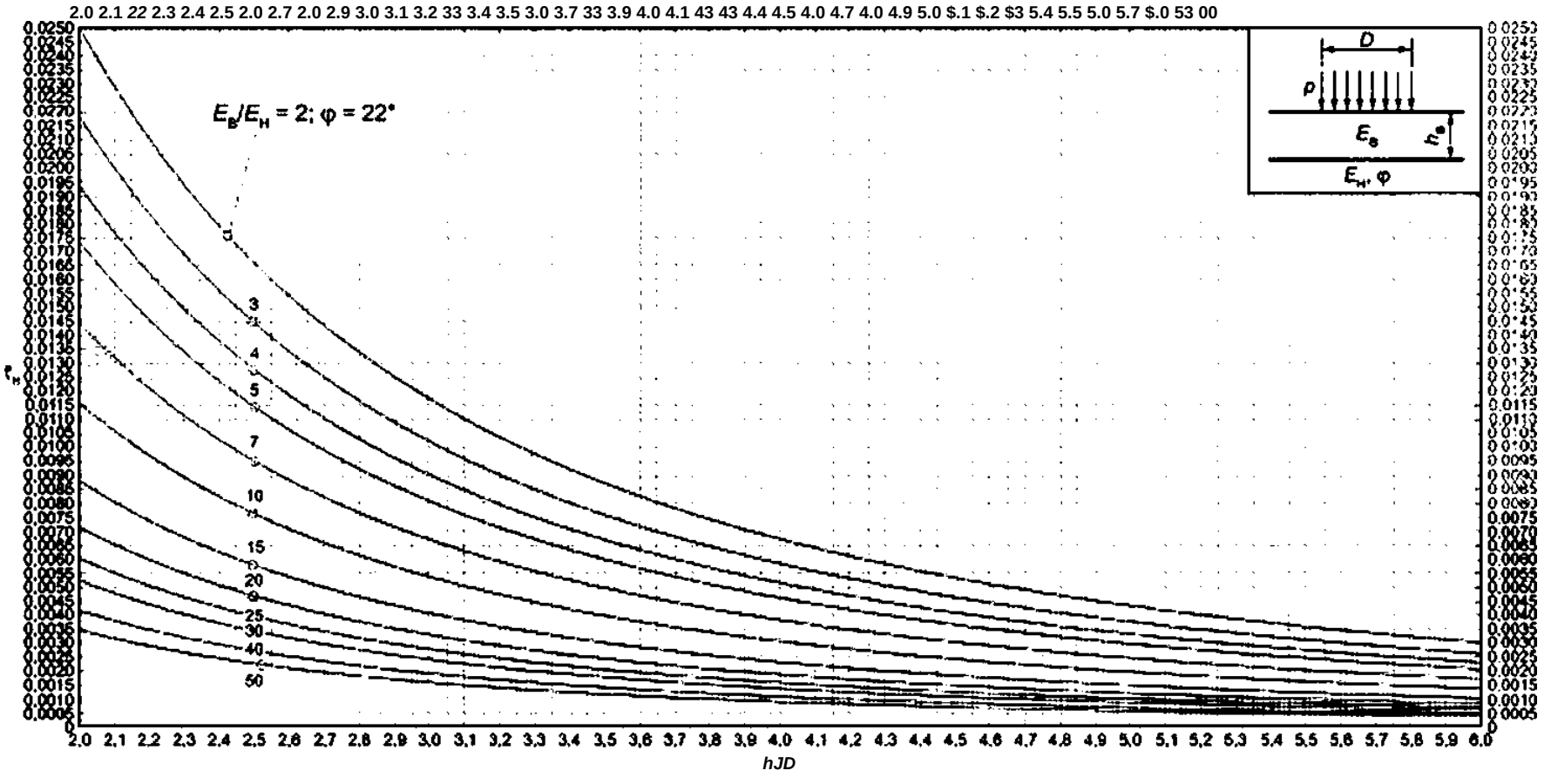
Рисунок Е.28 — Номограмма для олредележя единичного активного напряжения сдвига от еремежой нагрузки в нижнем слое двухслойной системы при ф = 20* в диапазоне *hJD* = 2.0 -6.0



Примечание — Цифры, приведенные на кривых, —отношение *EJE,,-*

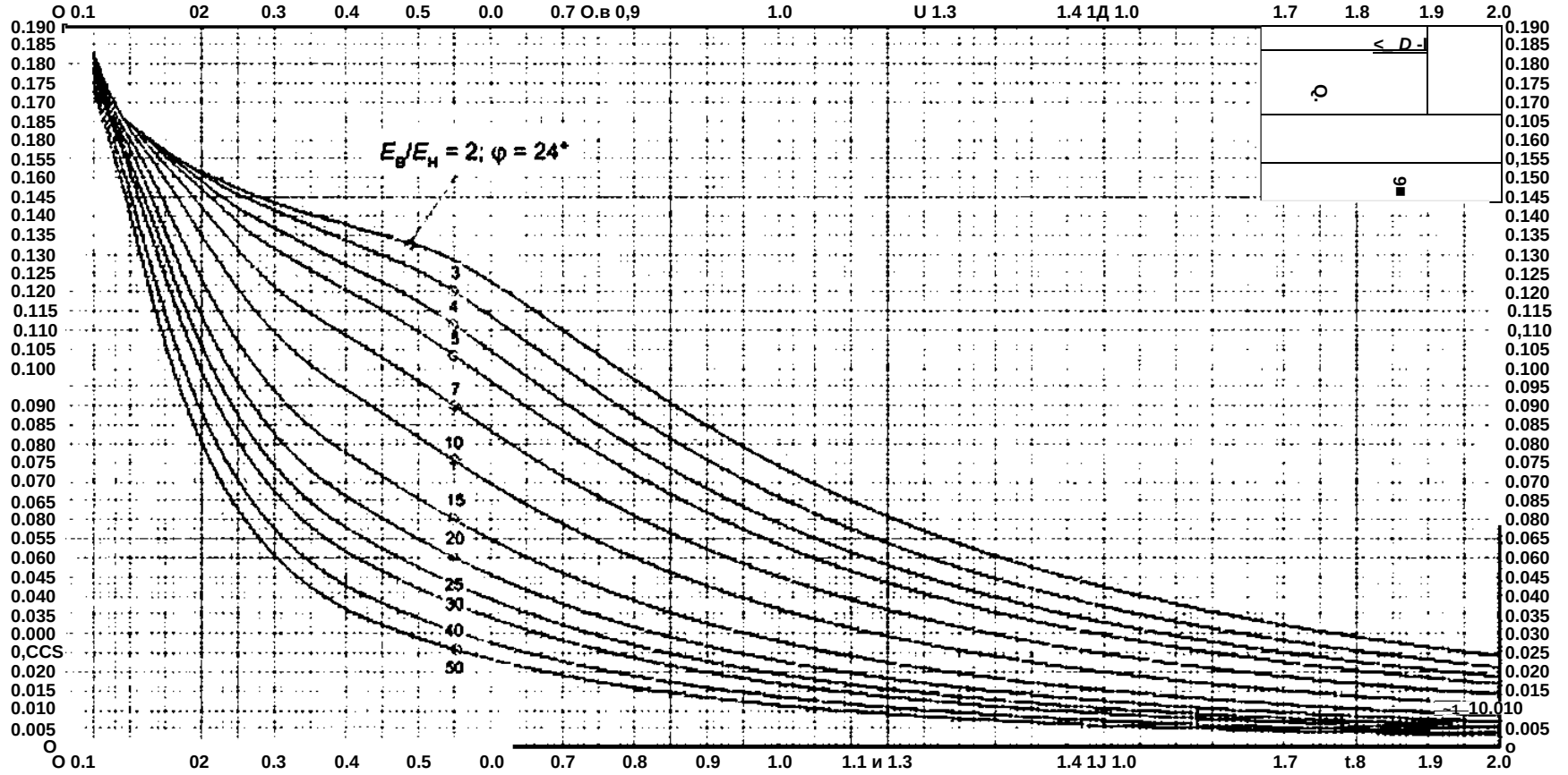
Рисунок Е.29 — Номограмма для определения единичного активного напряжения сдвига от аремежой нагружи в нижнем слое двухслойной системы при <p = 22* в диапазоне *hJD* =0-2,0

$



Примечание — Цифры, приведенные на кривых. — отношение

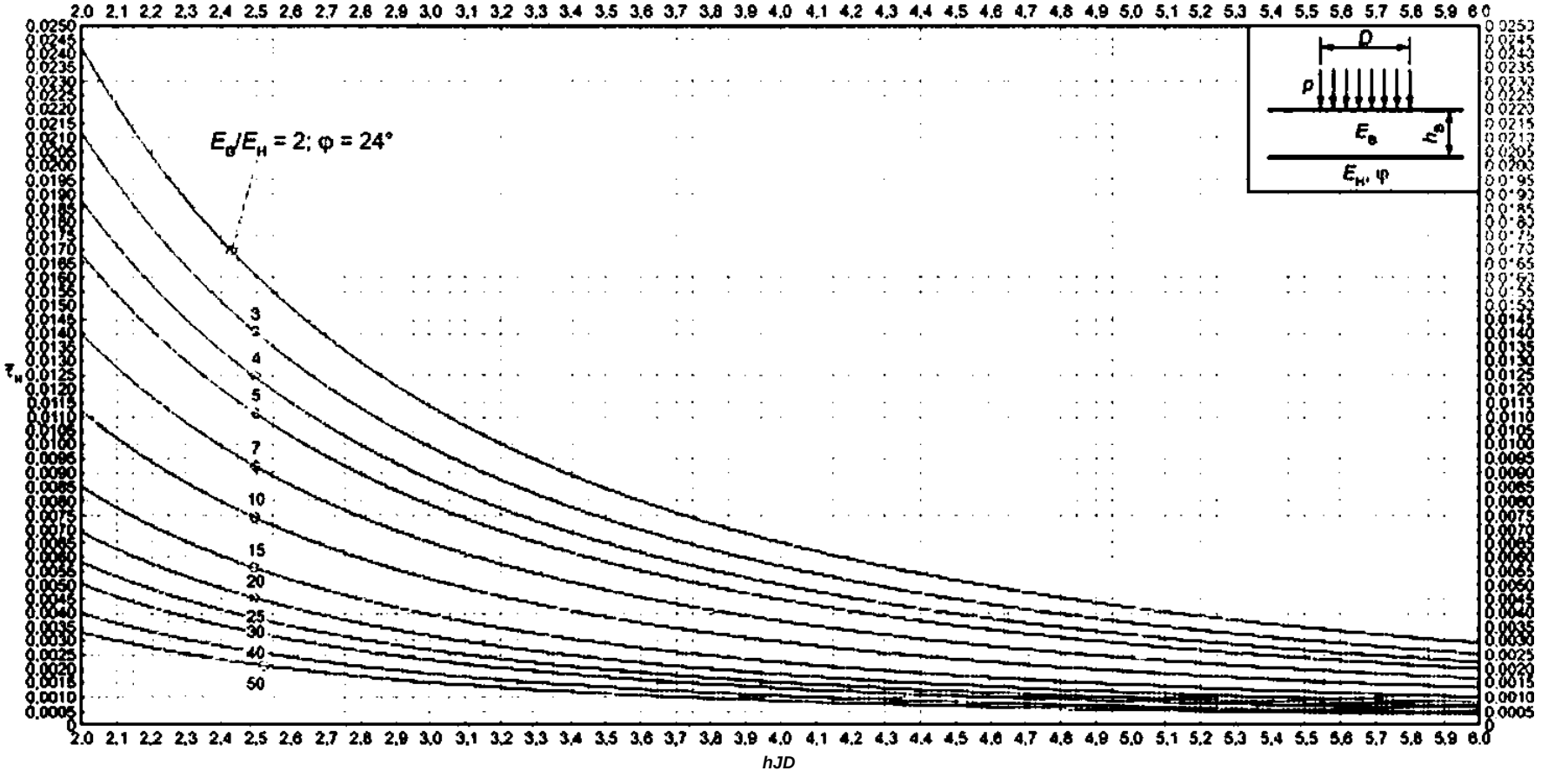
Рисунок Е.ЗО — Номограмма для определения единичного активного напряжения сдвига от временной нагрузки в нижнем слое двухслойной системы гри ср = 22‘ е диапазоне *hJD* =2,0-6,0



Примечание — Цифры, приведенные на кривых. — отношение

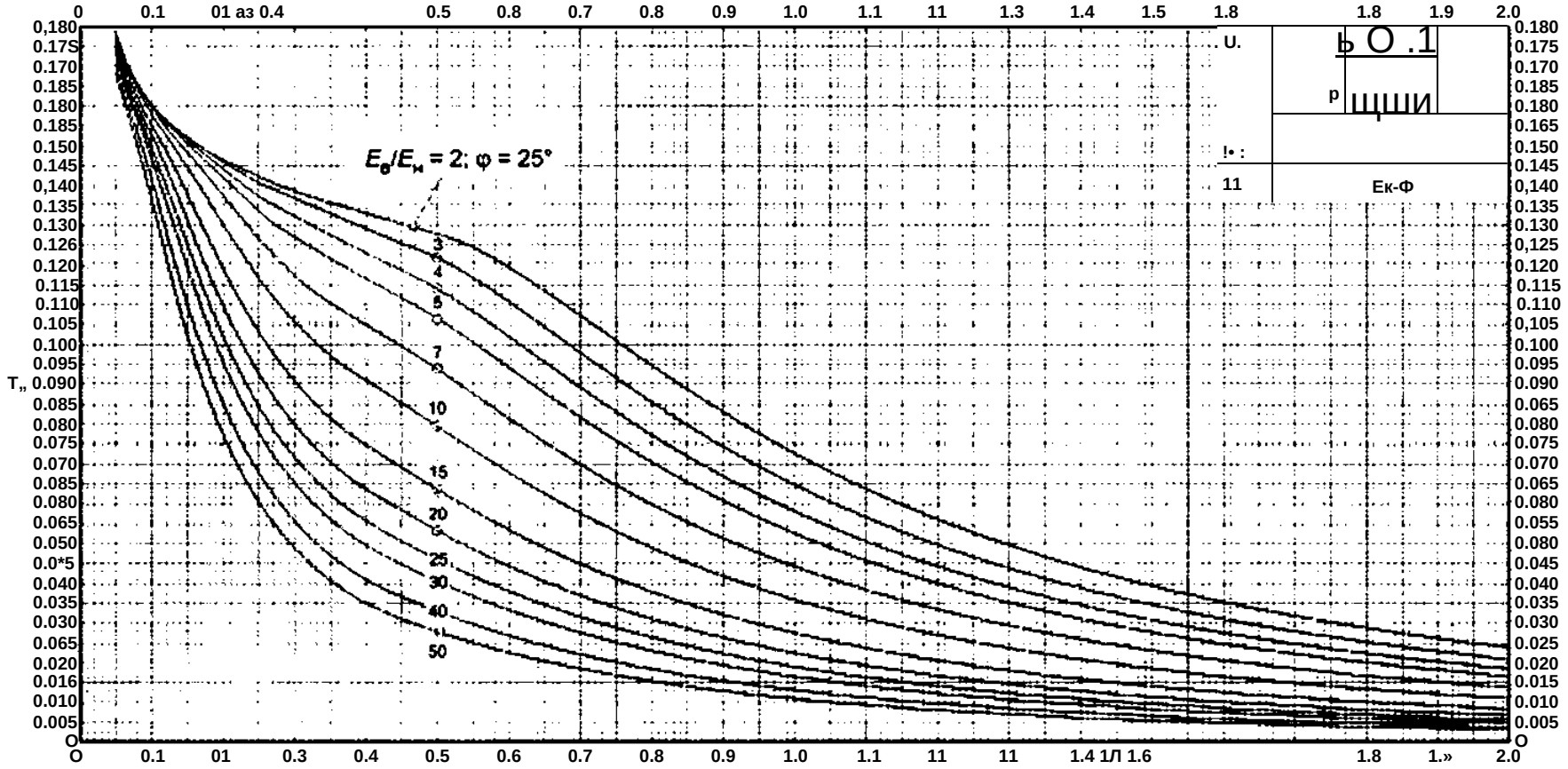
Рисунок Е .31 — Номограмма для определения единичного активного напряжения сдвига от времежой нагрузки в нижнем слое двухслойной системы гри <р - *24'* в диапазоне *hJD* =0 -2,0

<0



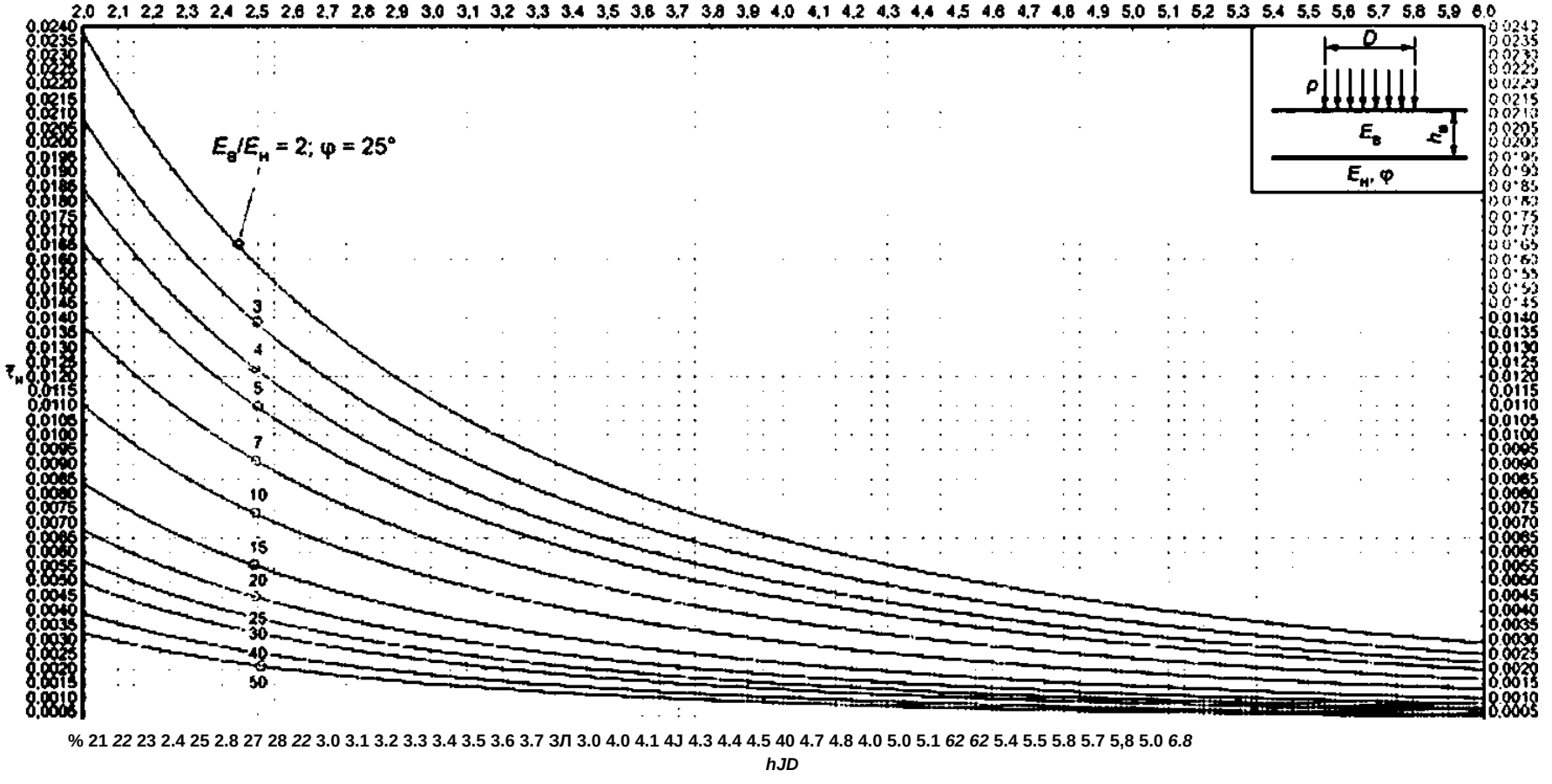
Примечание — Цифры, приведенные на кривых. — отношение

Рисунок Е.32 — Номограмма для определения едини'^юго активного напряжения сдвига от временной нагрузки а нижнем слое двухслойной системы при <p = 24* в диапазоне *hJD* =2,0-6,0



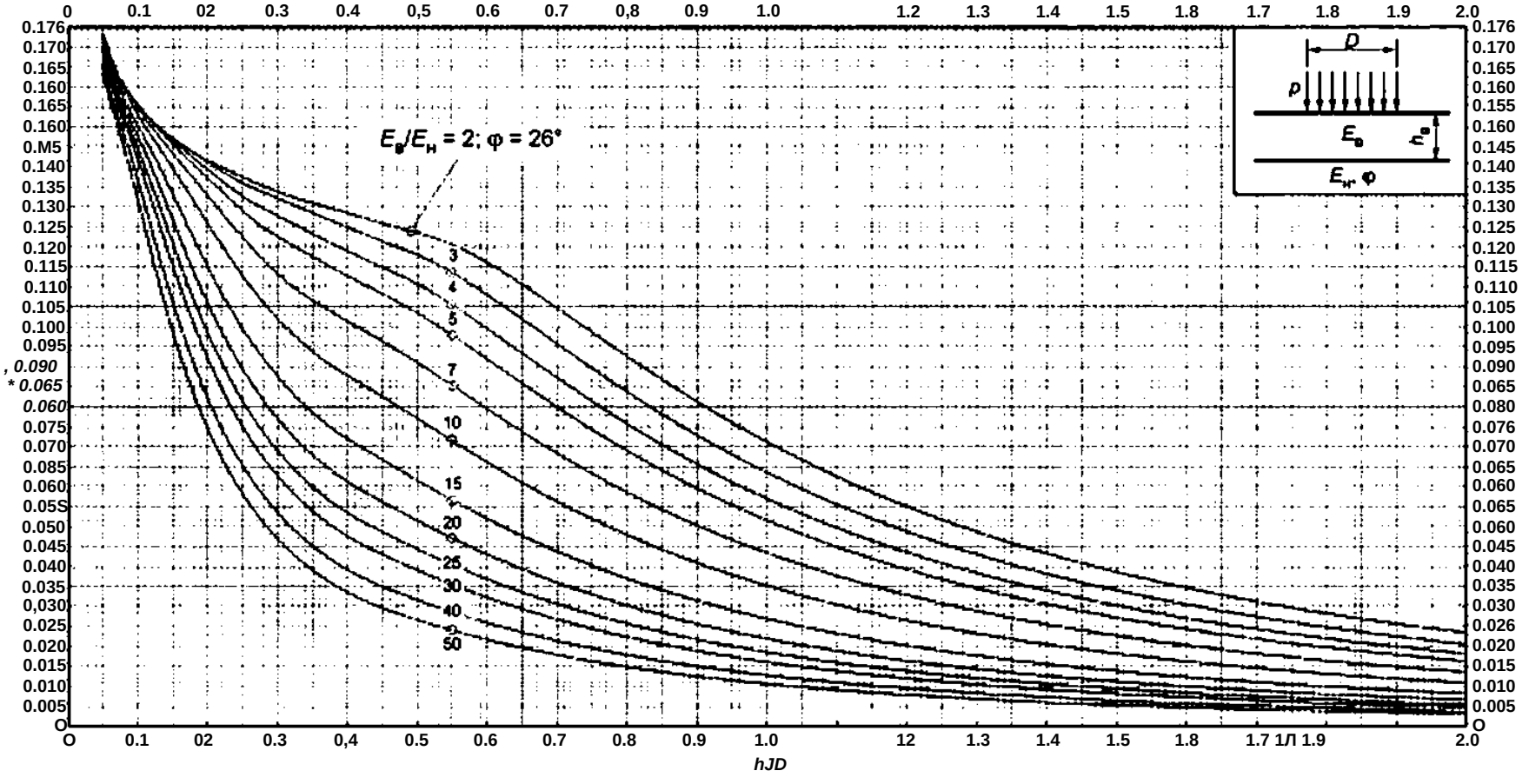
Примечание — Цифры, приведенные на кривых. —отношение

Рисунок Е.33 — Номограмма для определения единичного активного напряжения сдвига от временной нагрузки е нижнем слое двухслойной системы при Ф = 25* в диапазоне *hJD* =0 -2,0



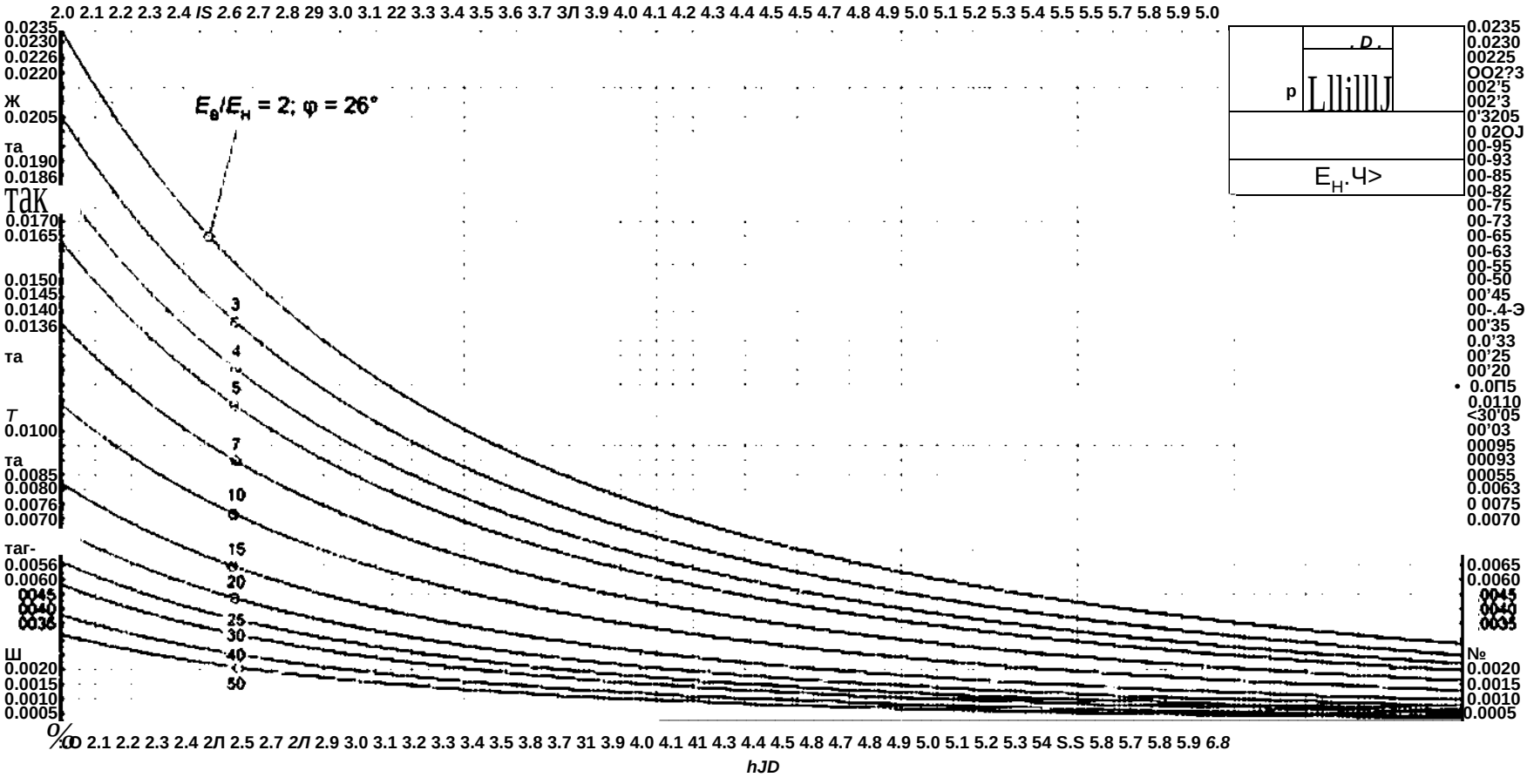
Примечание — Цифры, приведенные на кривых. — отношение ^/$E_и$.

Рисунок Е.34 — Номограмма для определения едини'^юго активного напряжения сдвига от временной нагрузки а нижнем слое двухслойной системы при <p = 25* в диапазоне *hJD* =2,0-6,0



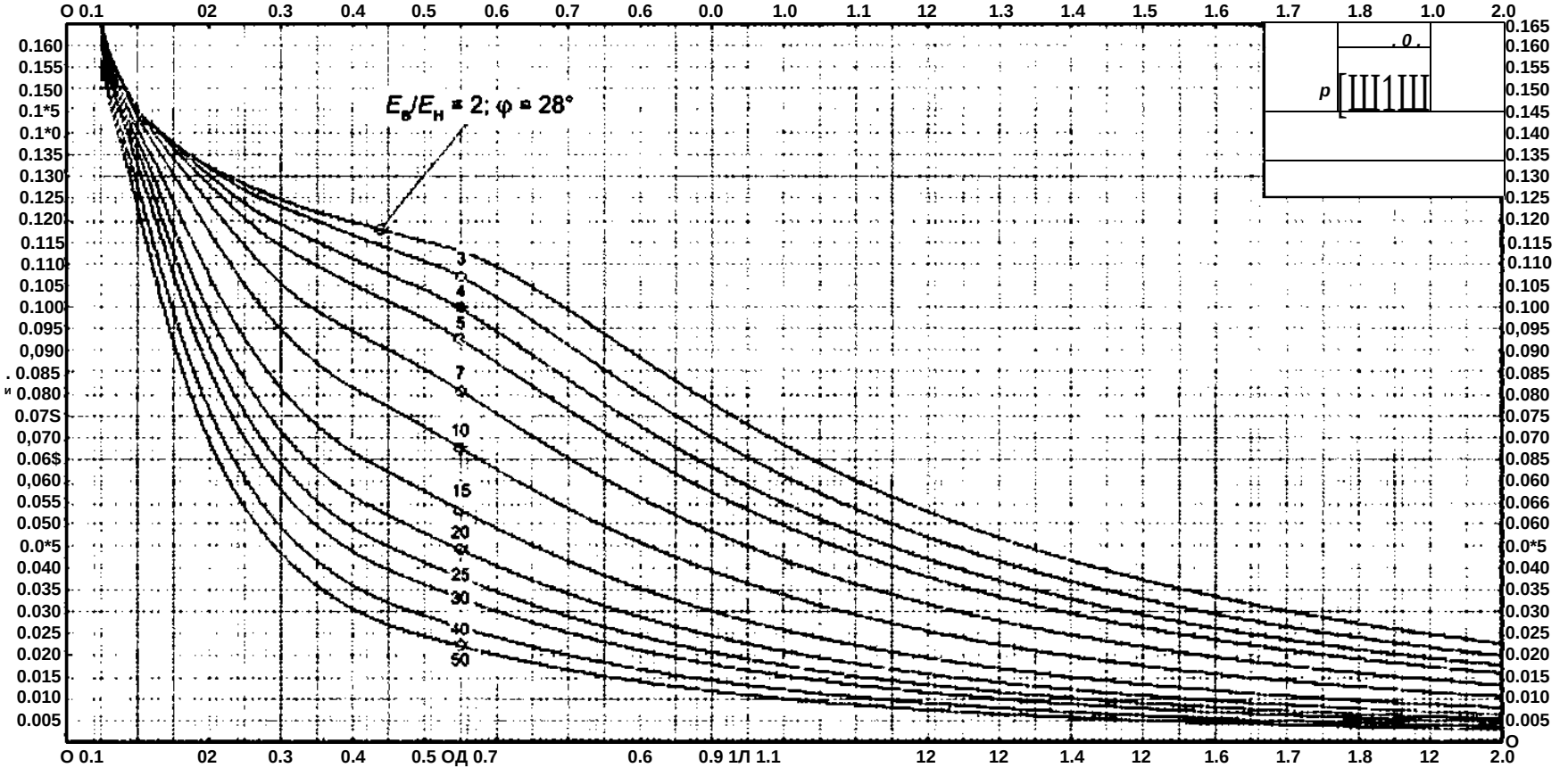
Примечание — Цифры, приведенные на кривых. —отношение *EJE-**

Рисунок Е.35 — Номограмма для определения единичного активного напряжения сдвига от временной нафуэки в нижнем слое двухслойной системы при Ф • 2б‘в диапазоне *hJD* «0-2,0



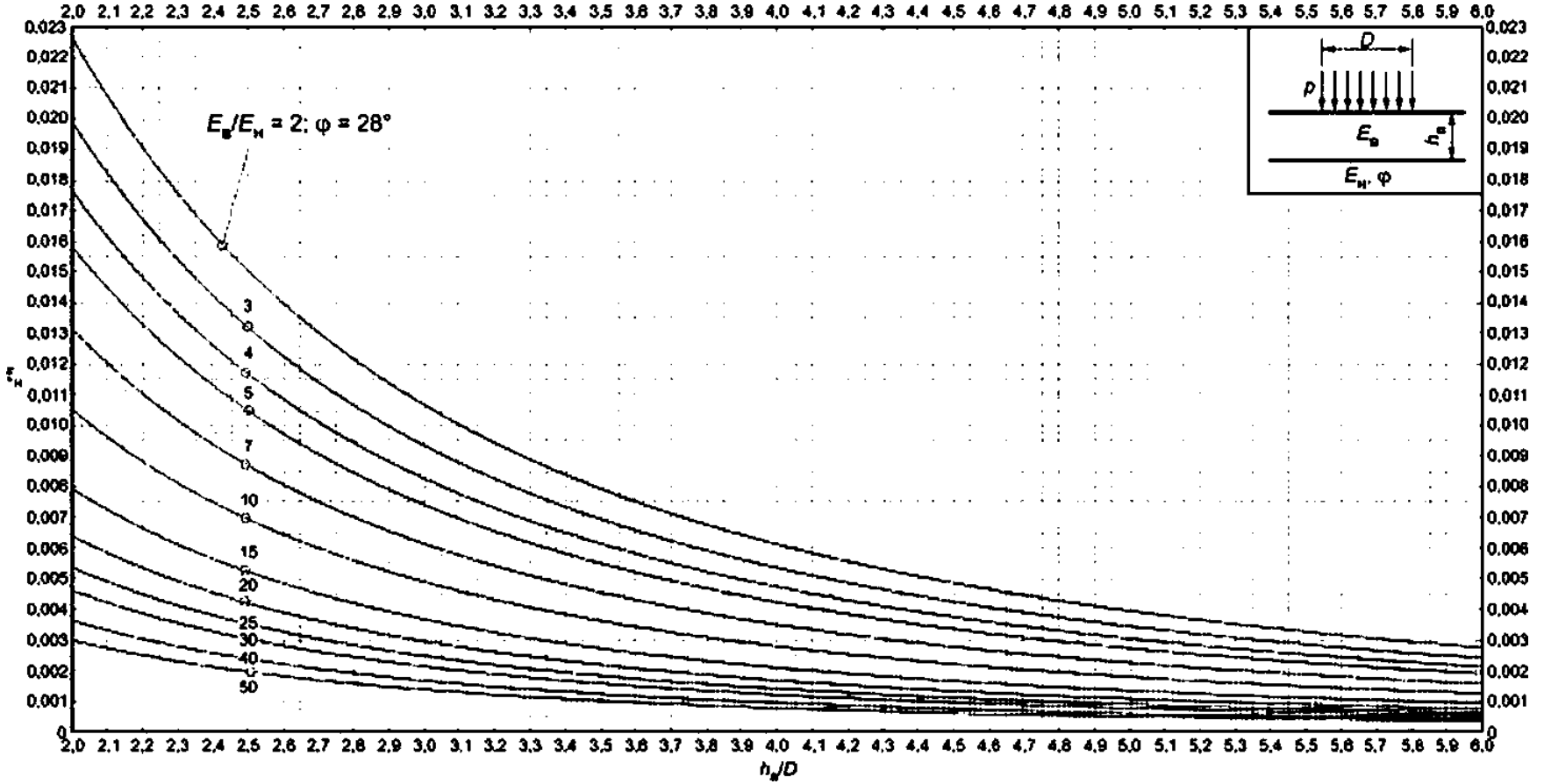
Примечание — Цифры, приведенные на кривых. — отношение

Рисунок Е.Э6 — Номограмма для определения единичного активного напряжения сдвига от временной нагрузки в нижнем слое двухслойной системы гфи <р » 26’ в диапазоне *hJD* • 2.0 - 6.0



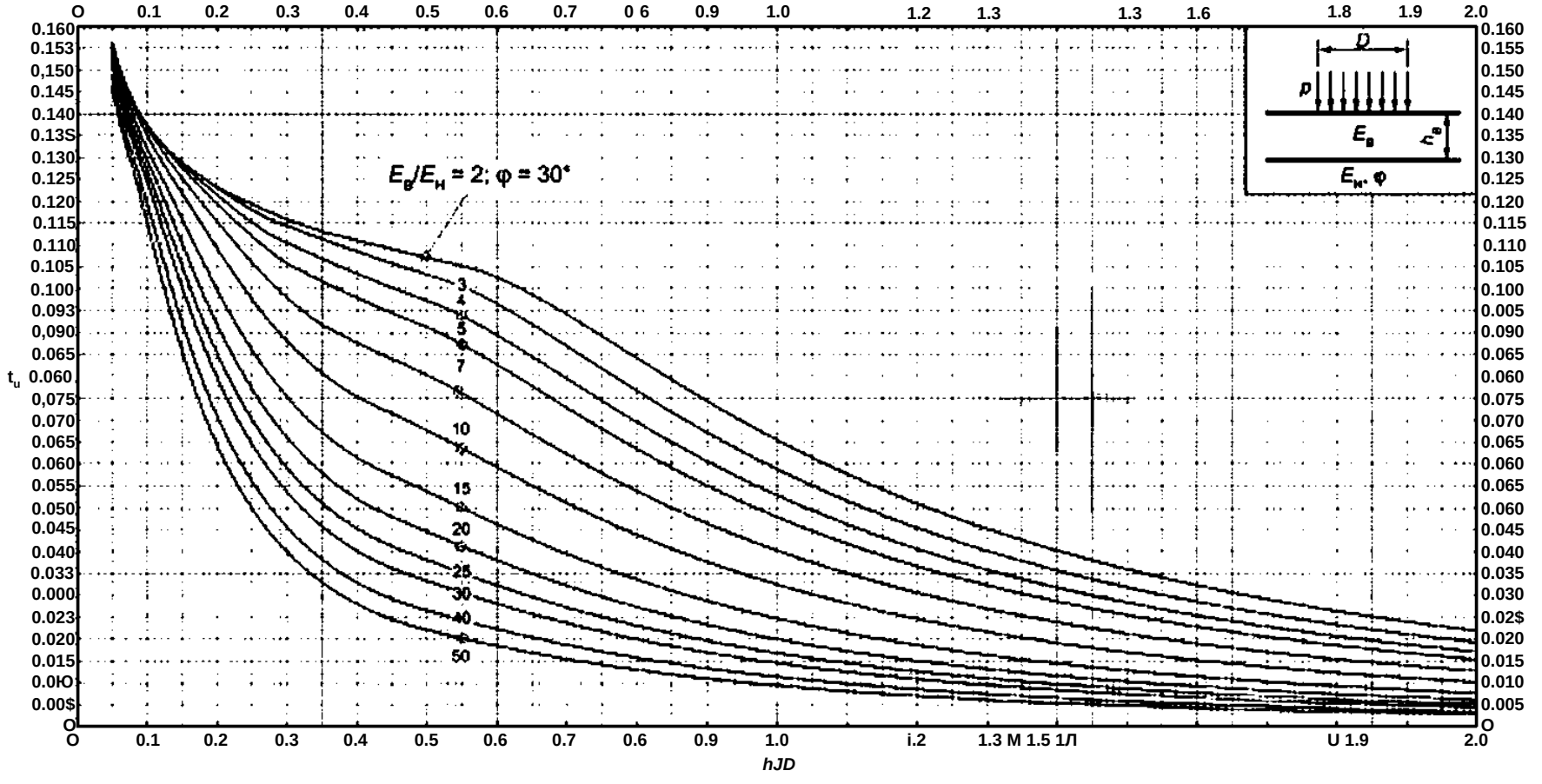
Примечание — Цифры, приведенные на кривых. —отношение 4^/$E_н$.

Рисунок Е.37 — Номограмма для определения единичного эстивного напряжения сдвига от временной нагрузки в нижнем слое двухслойной системы при <p= 28'в диапазоне *hJD* =0-2,0



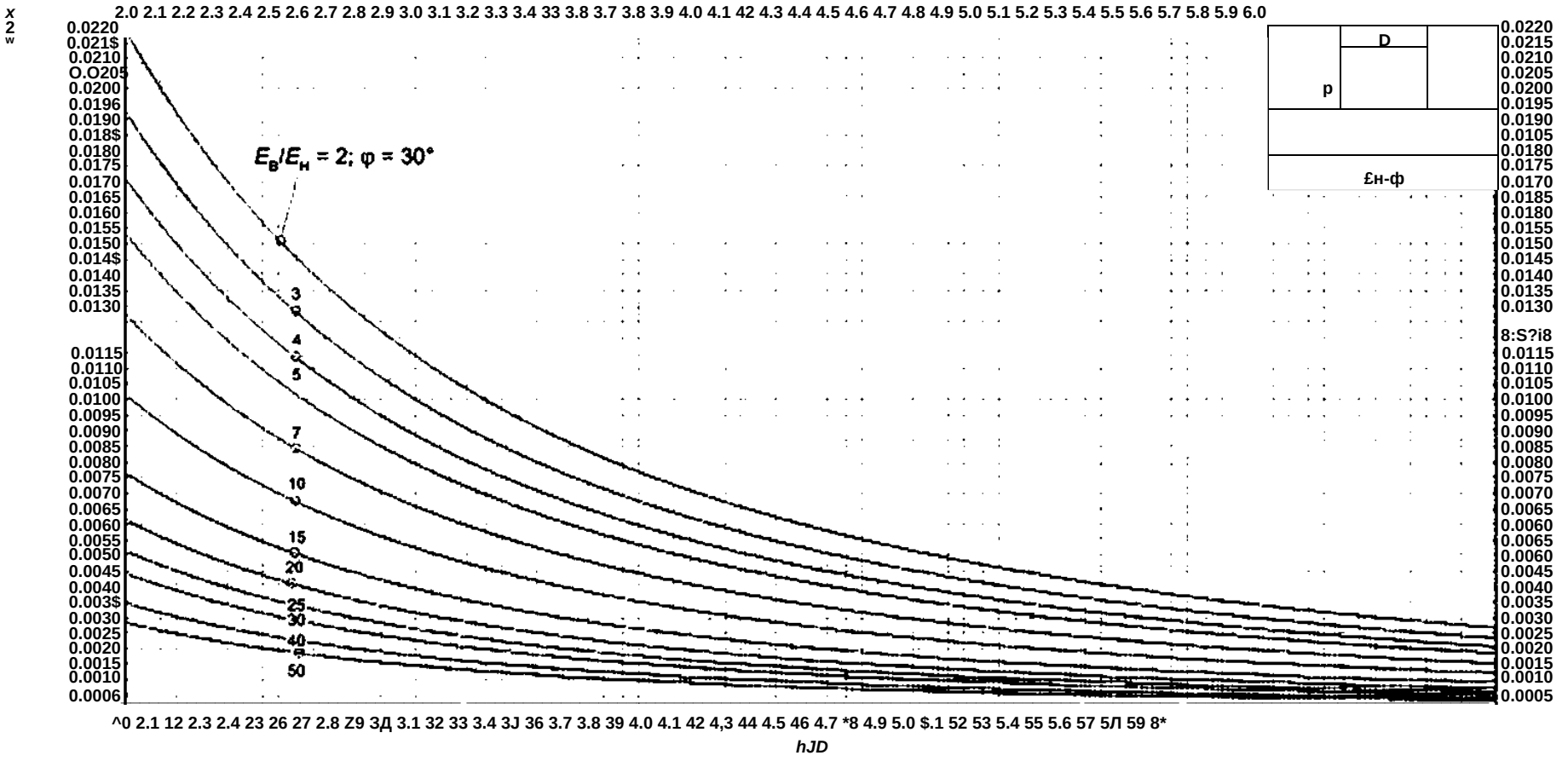
Примечание — Цифры, приведенные на кривых. — отношение ^/$H_н$.

Рисунок Е.38 — Номограмма для определения единичного активного напряжения сдвига от временной нагрузки в нижнем слое двухслойной системы при <р » 28' *в* диапазоне *hJD* • 2.0 - 6.0



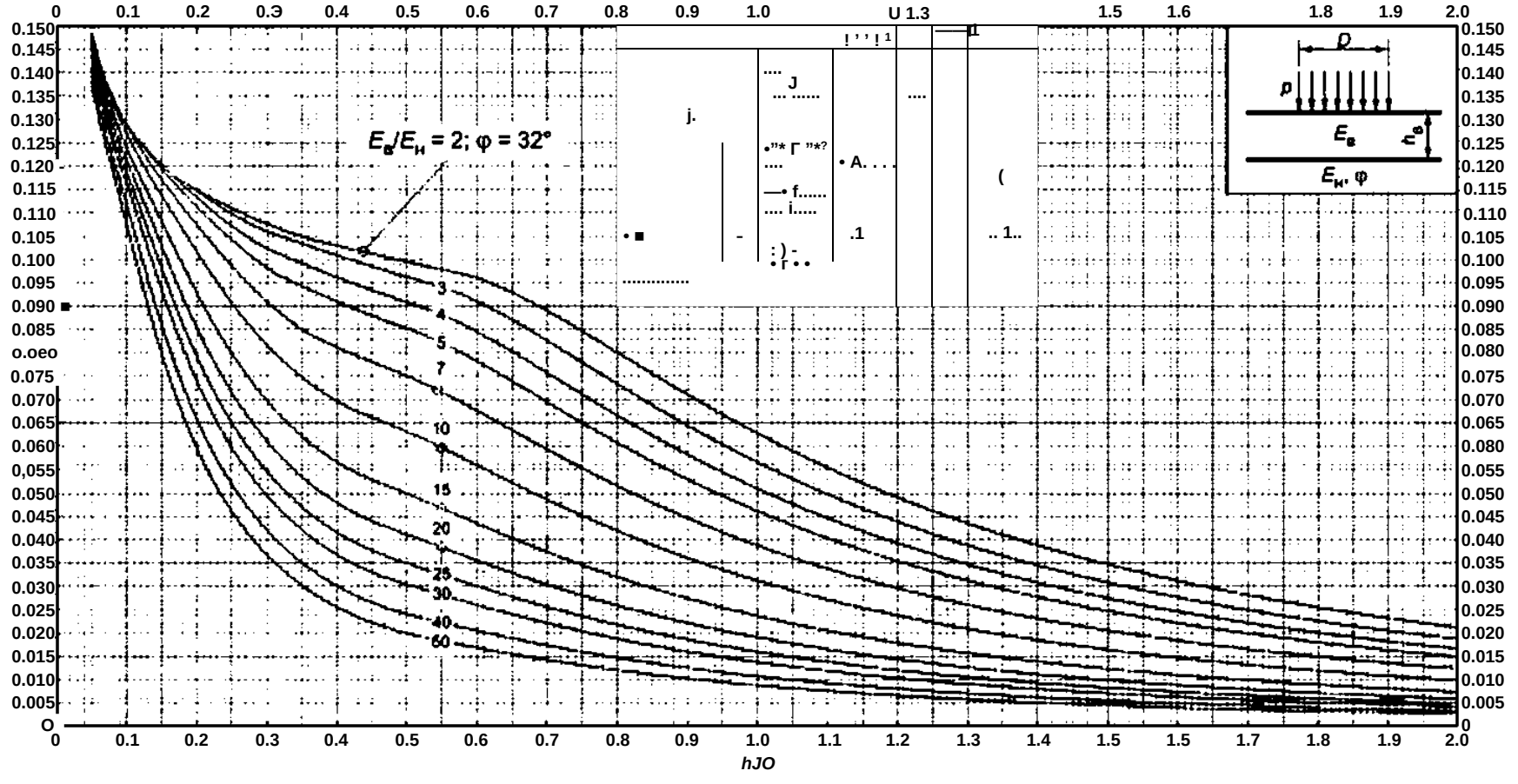
Примечание — Цифры, приведенные на кривых. —отношение *EJE-**

Рисунок Е.39 — Номограмма для определения единичного активного напряжения сдвига от временной нафуэки в нижнем слое двухслойной системы при Ф • Э0‘в диапазоне *hJD* «0-2.0



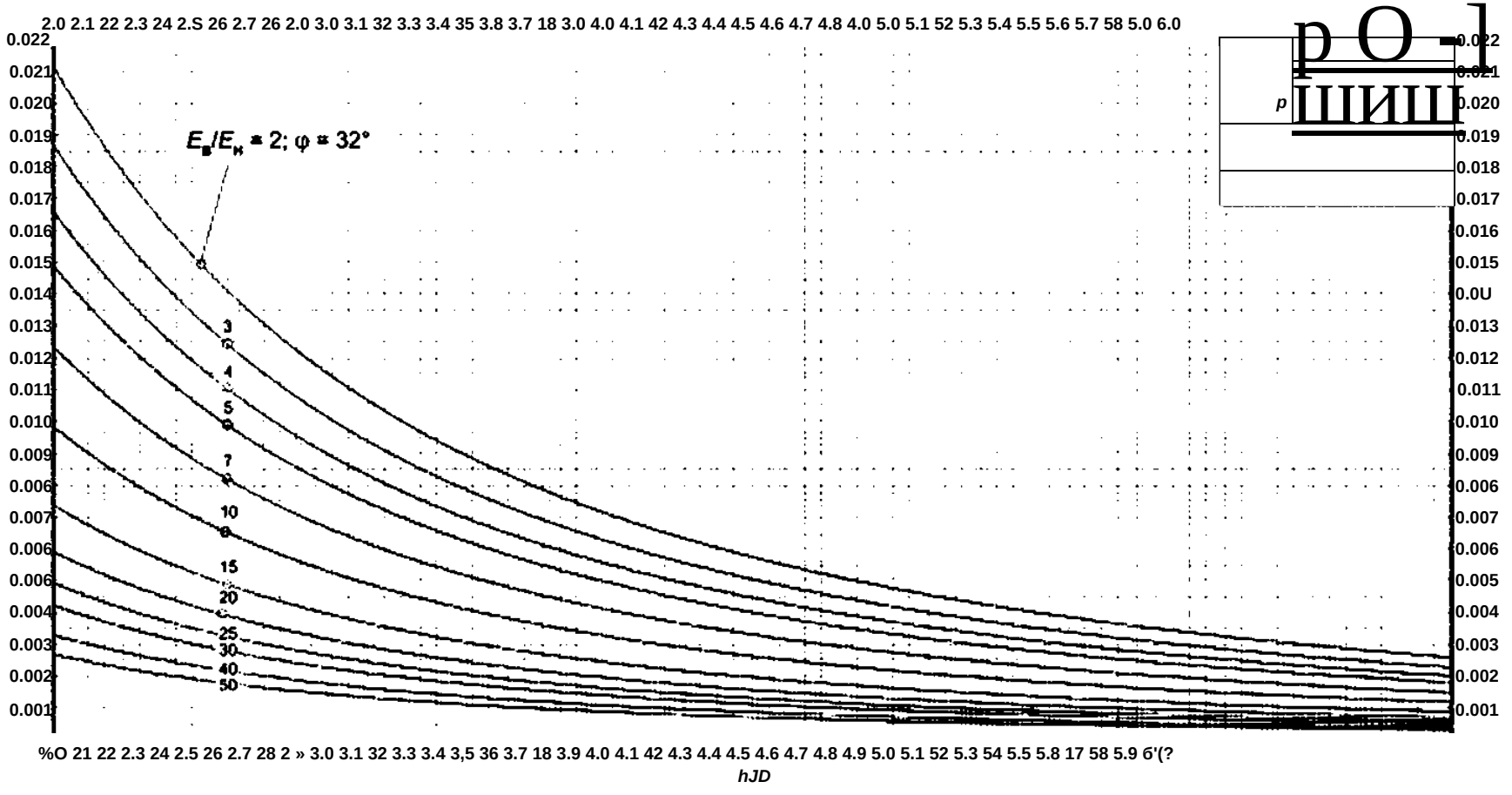
Примечание — Цифры, приведенные на кривых. — отношение ^/$H_н$.

Рисунок Е.40 — Номограмма для определения единичного активного напряжения сдвига от временной нагрузки в нижнем слое двухслойной системы при <р « 30' в диапазоне *hJD* • 2.0 - 6,0



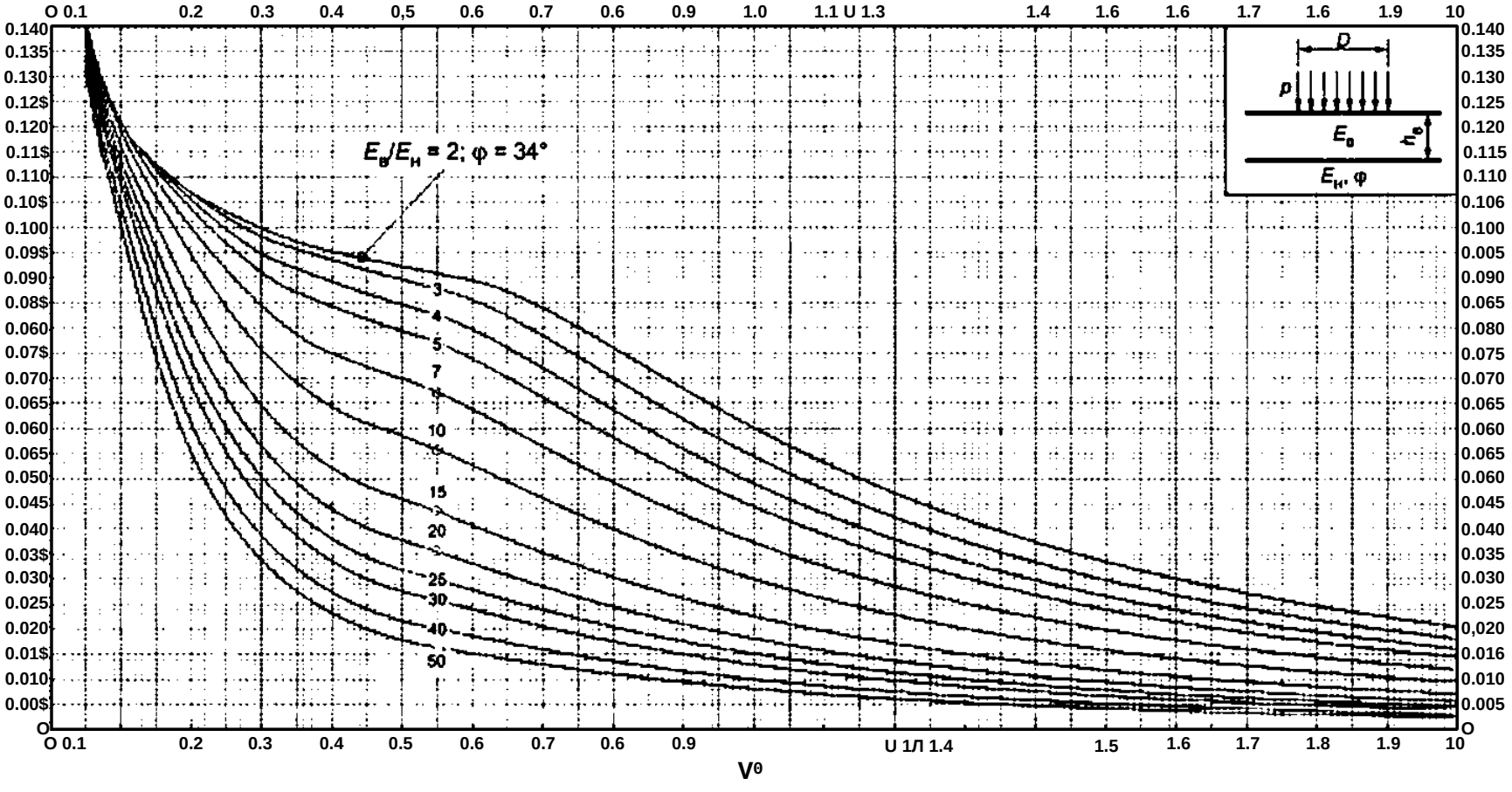
Примечание — Цифры, приведенные на кривых. —отношение

Рисунок Е.41 — Номограмма для определения единичного активного напряжения сдвига от временной нафуэки в нижнем слое двухслойной системы при Ф • 32* в диапазоне *hJD* «0-2,0



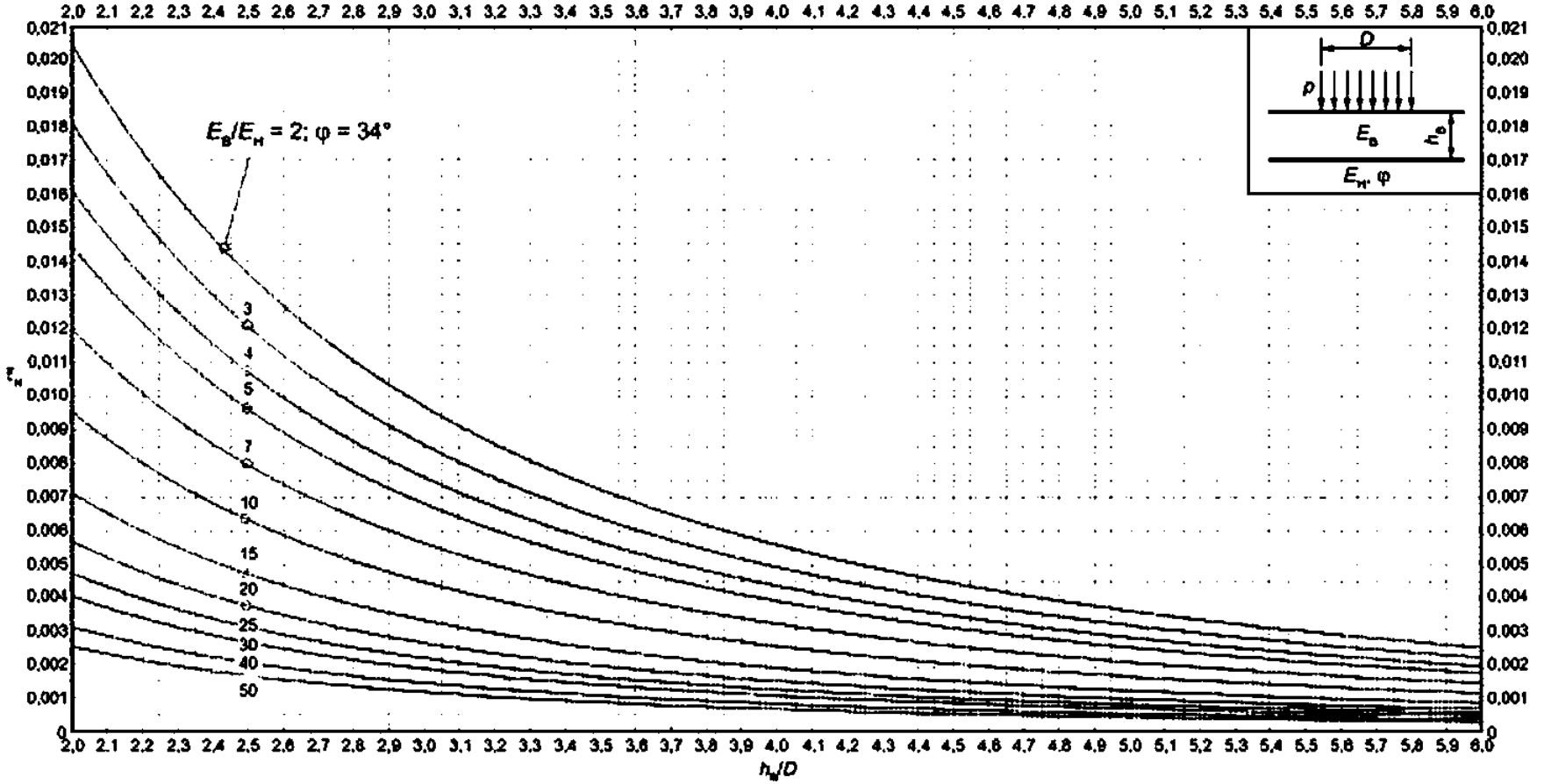
Примечание — Цифры, приведенные на кривых. — отношение

Рисунок Е.42 — Номограмма для определения единичного активного напряжения сдвига от временной нагрузки в нижнем слое двухслойной системы гри ф =32* в диапазоне *hJD* =2,0-6,0



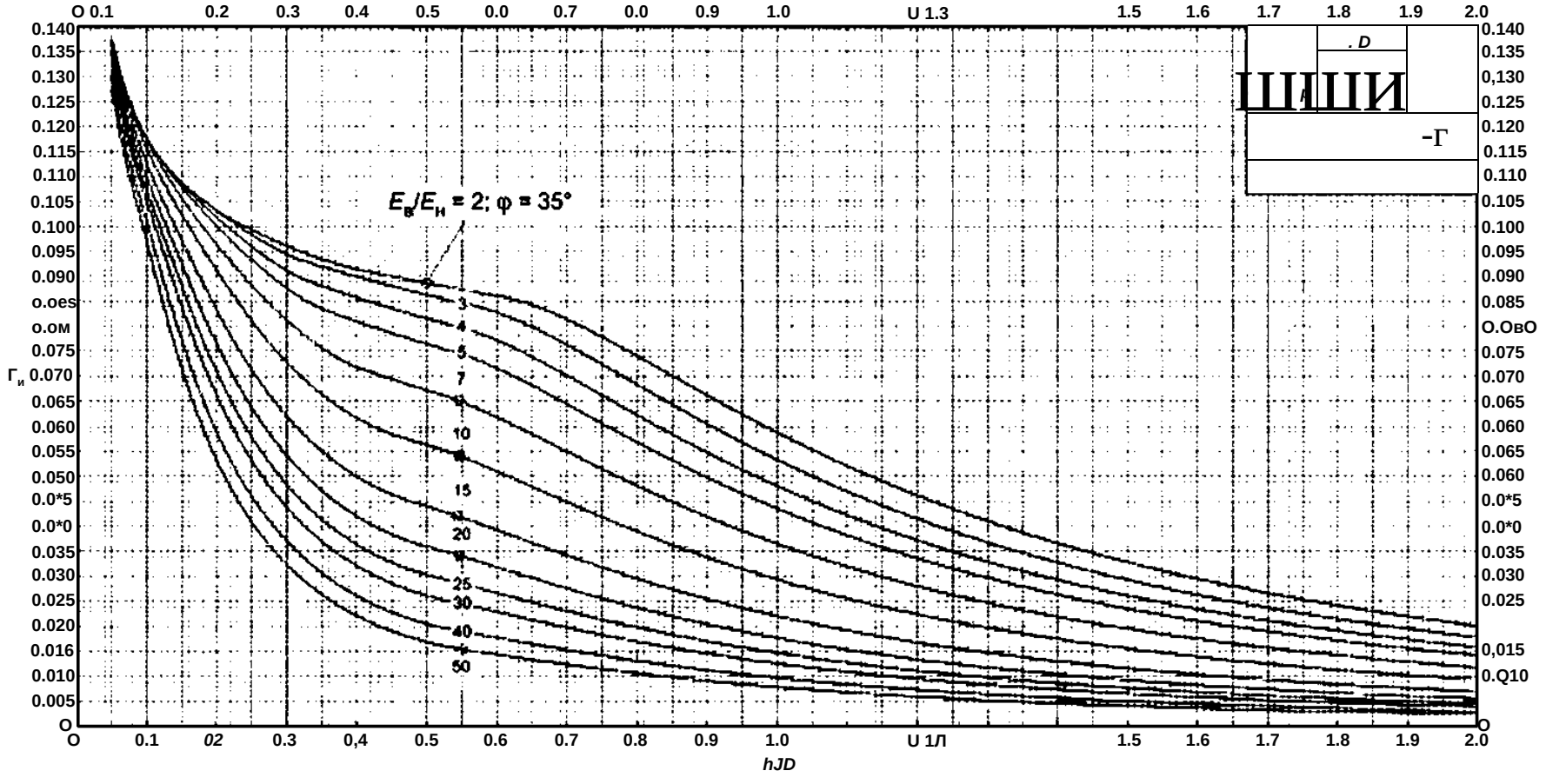
Примечание — Цифры, приведенные на кривых. —отношение *EJE-**

Рисунок Е.43 — Номограмма для определения единичного активною напряжения сдвига от временной нагрузки в нижмем слое двухслойной системы при Ф« 34* в диапазоне *hJD* «О-2.0



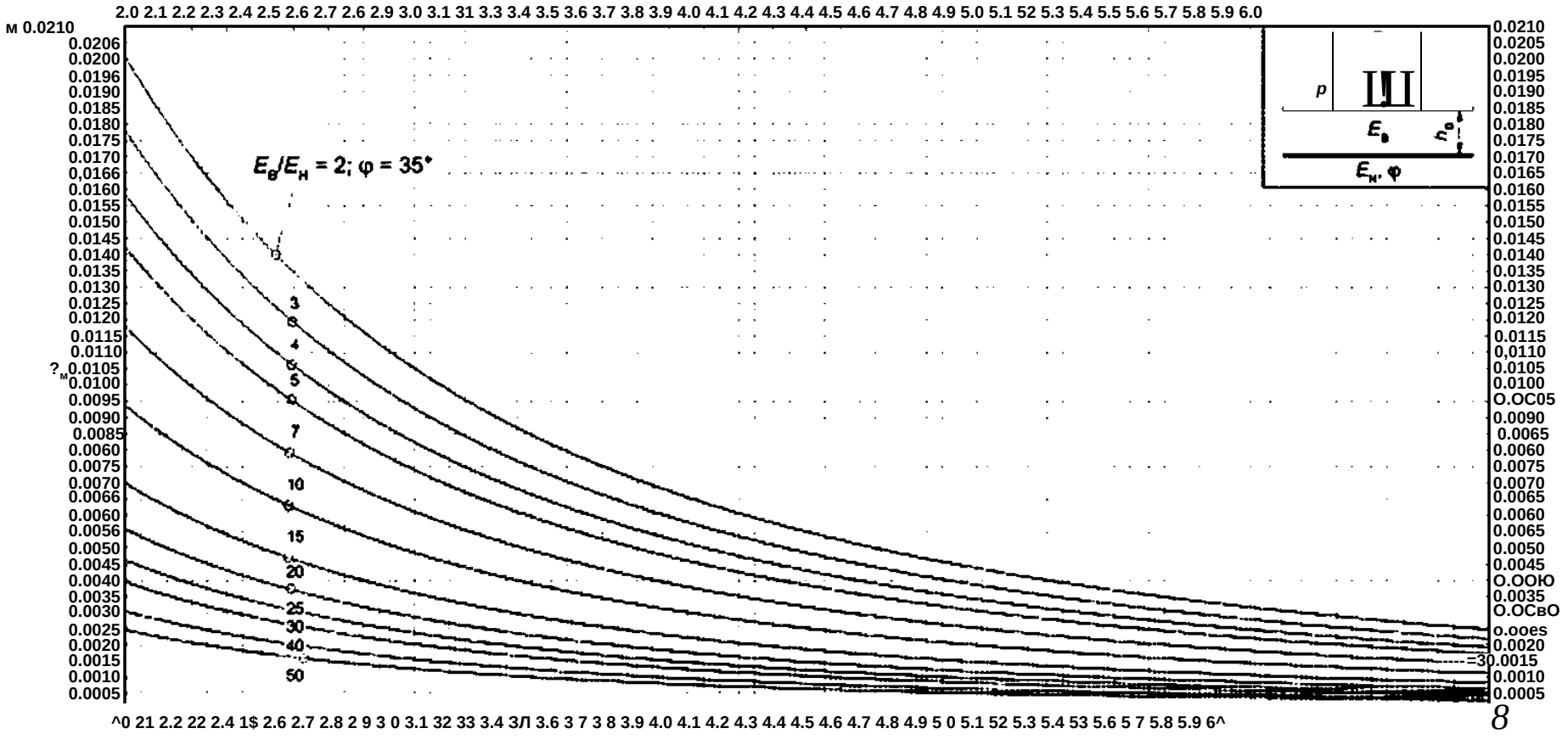
Примечание — Цифры, приведенные на кривых. — отношение ^/$H_н$.

Рисунок Е.44 — Номограмма для определения единичного активного напряжения сдвига от временной нагрузки в нижнем слое двухслойной системы при <р « 34' в диапазоне *hJD* « 2.0 - 6.0



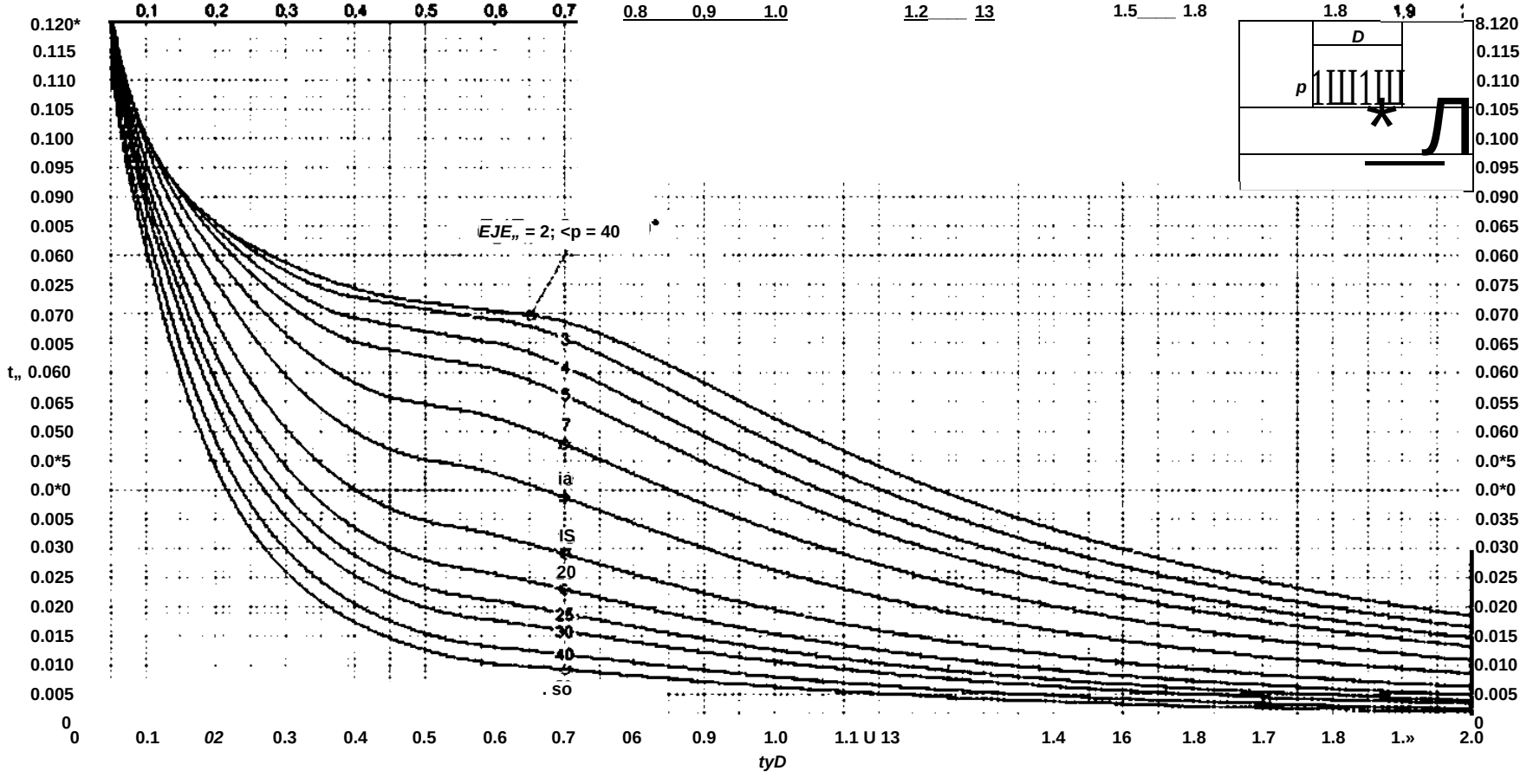
Примечание — Цифры, приведенные на кривых. —отношение *EJE-**

Рисунок Е.45 — Номограмма для определения единичного активного напряжения сдвига от временной нагрузки в нижнем слое двухслойной системы при Ф • 35^{s} в диапазоне *hJD* «0-2.0



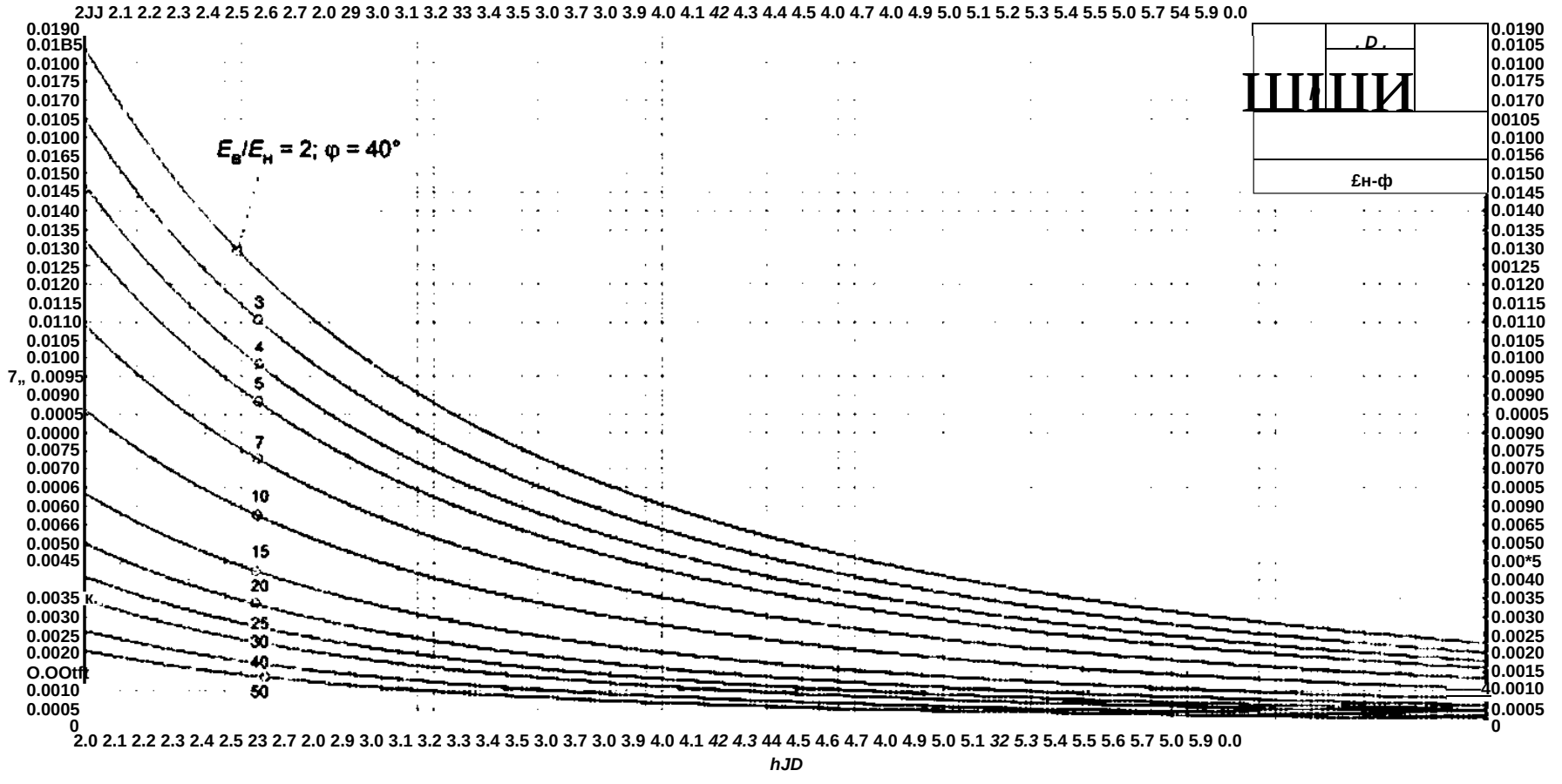
Примечание — Цифры, приведенные на кривых. — отношение ^/$H_н$.

Рисунок Е.46 — Номограмма для определения единичного активного напряжения сдвига от временной нагрузки в нижнем слое двухслойной системы при <р « 35* в диапазоне *hJD* « 2.0 - 6.0



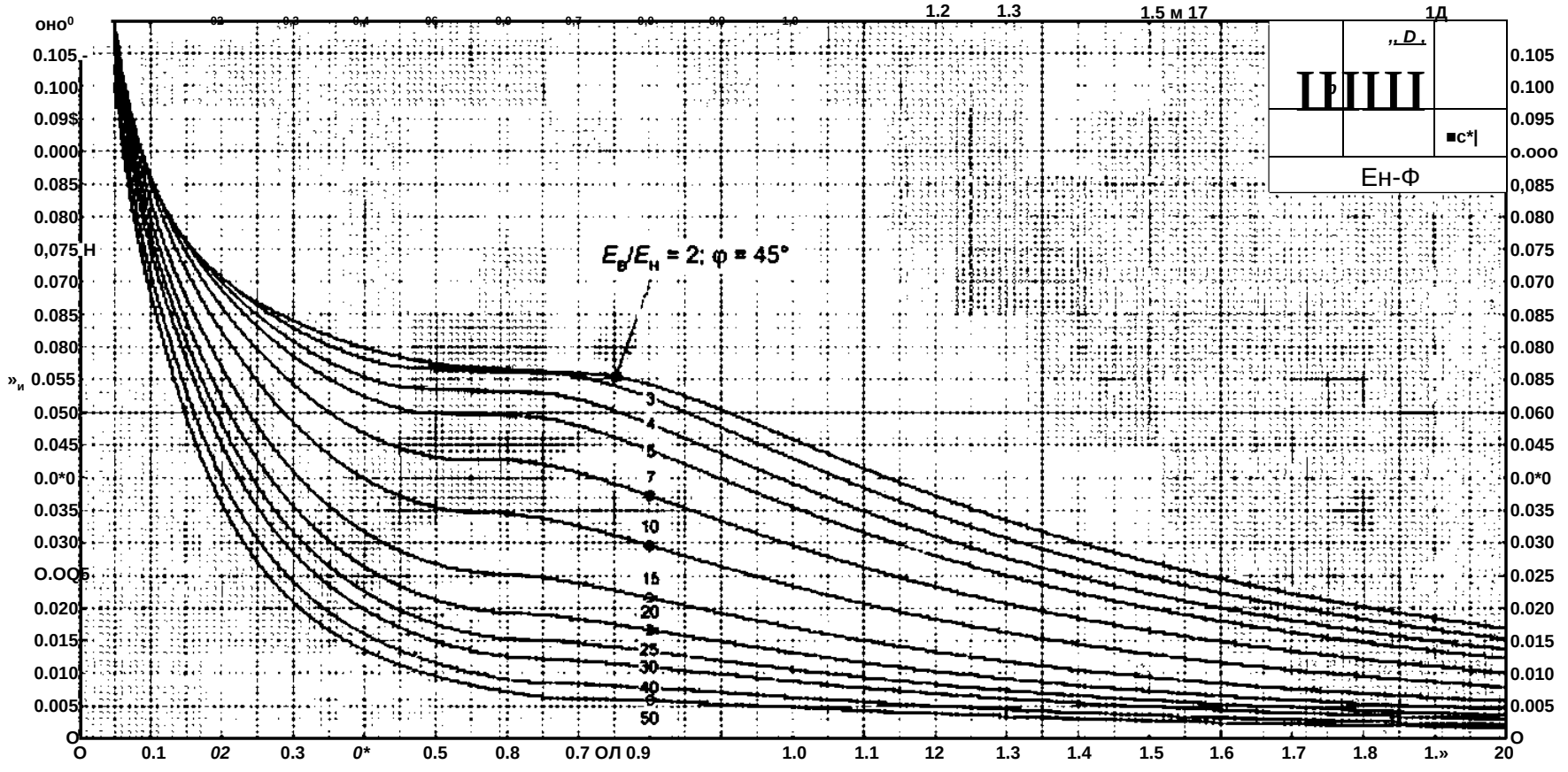
Примечание — Цифры, приведенные на кривых. —отношение *EJE*.*

Рисунок Е.47 — Номограмма для определения единичного активного напряжения сдвига от временной нагрузки в нижнем слое двухслойной системы при Ф • 40‘ в диапазоне *hJD* «0 - 2,0



Примечание — Цифры, приведенные на кривых. — отношение ^/$H_н$.

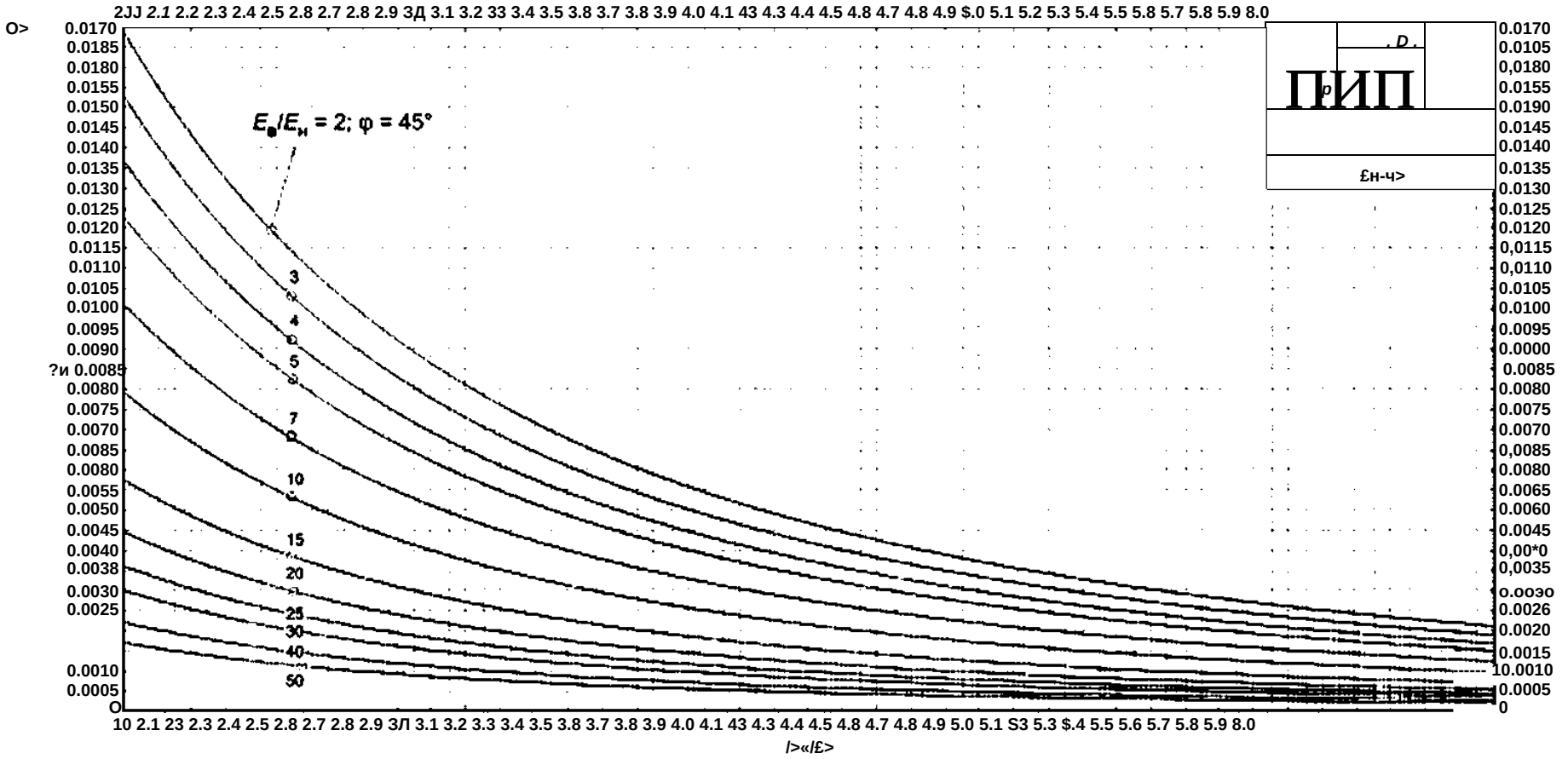
Рисунок Е.48 — Номограмма для определения единичного активного напряжения сдвига от временной нагрузки в нижнем слое двухслойной системы при <р » 40' в диапазоне *hJD* « 2.0 - 6.0



Примечание — Цифры, приведенные на кривых. —отношение *EJE-**

Рисунок Е.49 — Номограмма для определения единичного активного напряжения сдвига от временной нагрузки в нижнем слое двухслойной системы при Ф • 45s в диапазоне *hJD* «О -2,0

сл



Примечание — Цифры, приведенные на кривых. — отношение ^/$H_н$.

Рисунок Е.50 — Номограмма для определения единичного активного напряжения сдвига от временной нагрузки в нижнем слое двухслойной системы при <р » 45' в диапазоне *hJD* « 2.0 - 6.0

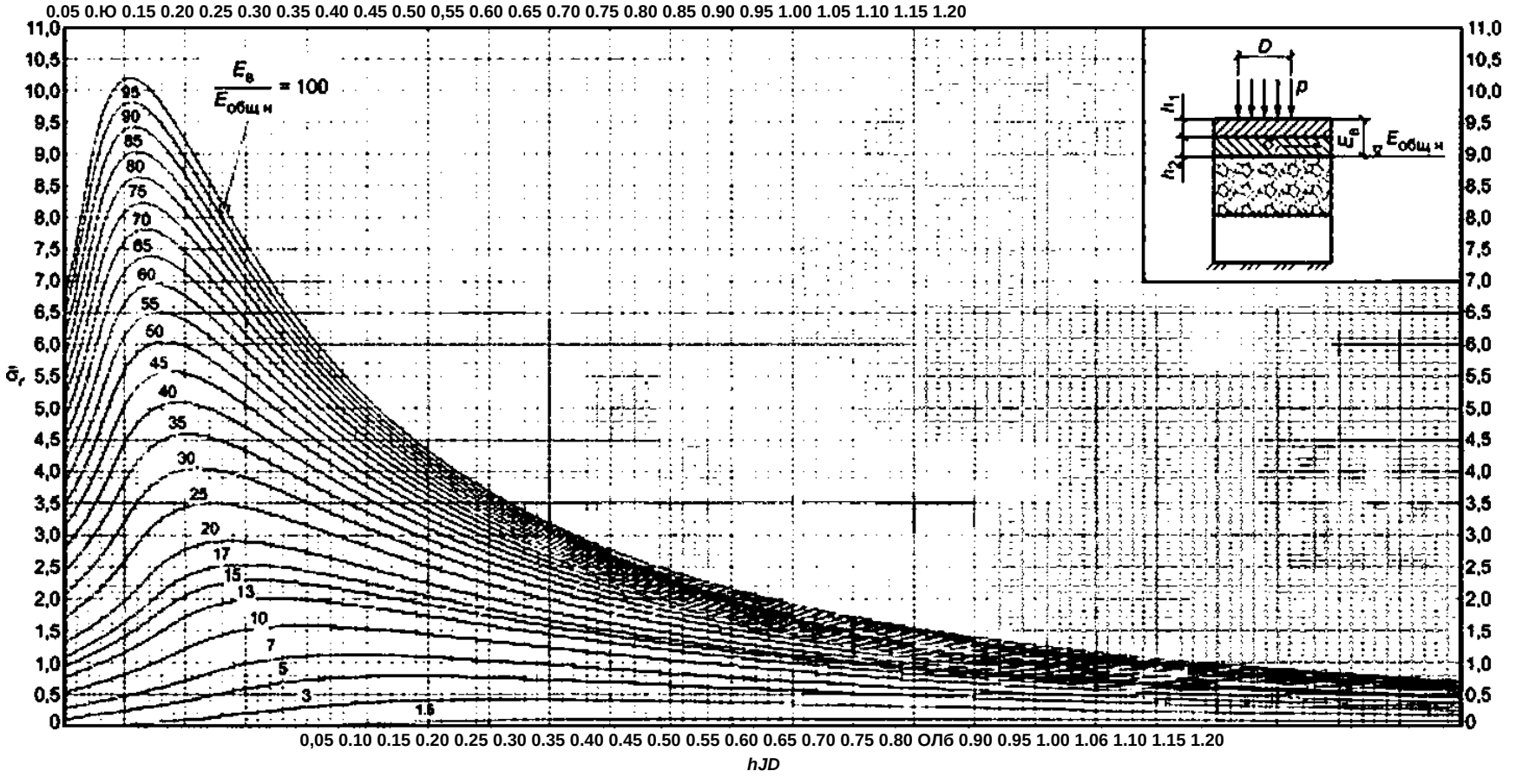


Рисунок Е51 — Номограмма для определения растягивающего напряжения о, при изгибе от единичной нагрузки в верхнем мдаолитном слое двухслойной системы при слаяжом контакте на границе слоев

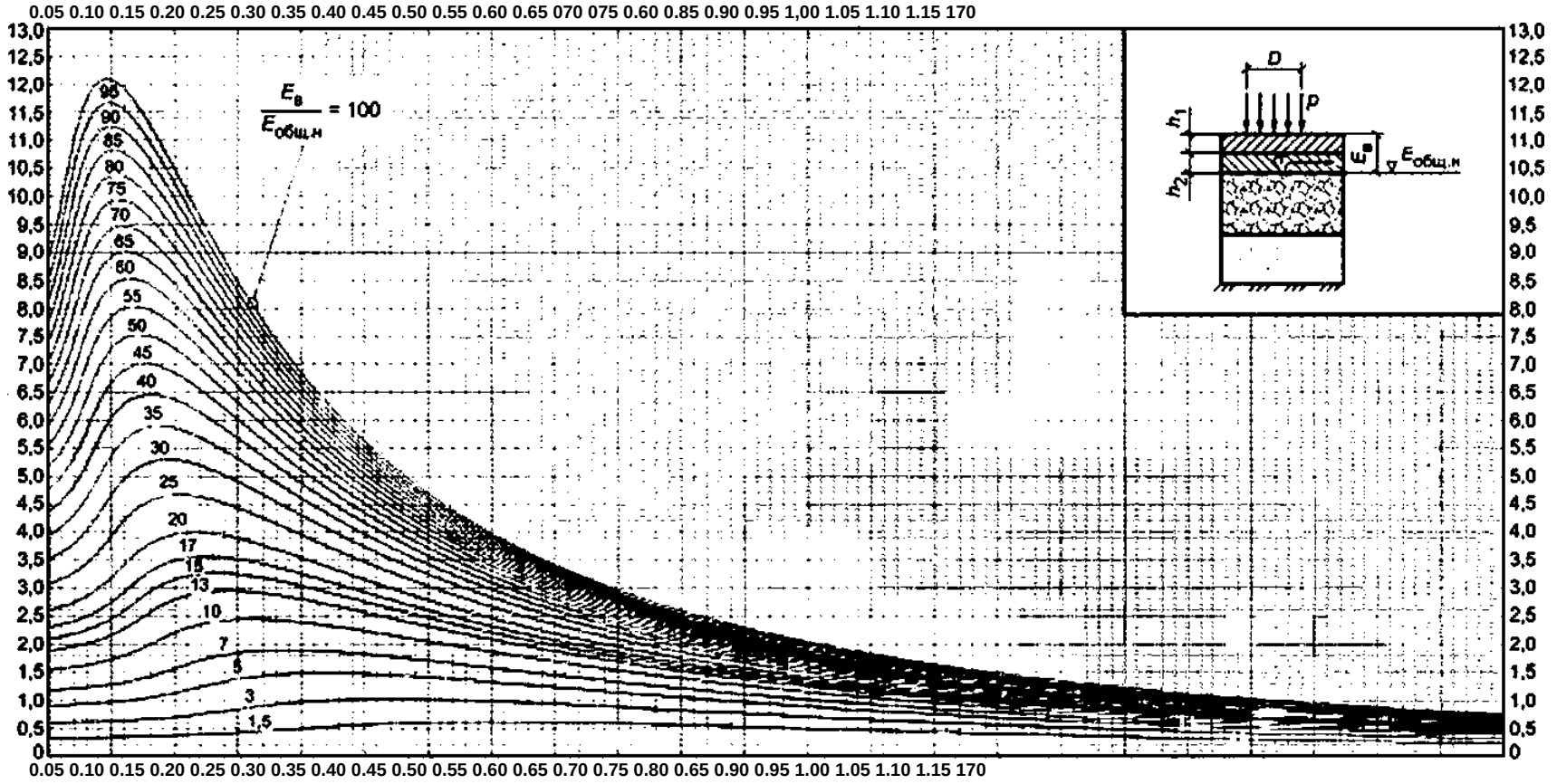


Рисунок Е.52— Номограмма для определения растягивающего напряжения при изгибе от единичной нагрузки в верхнем монолитном слое двухслойной системы при гладком контакте на границе слоев

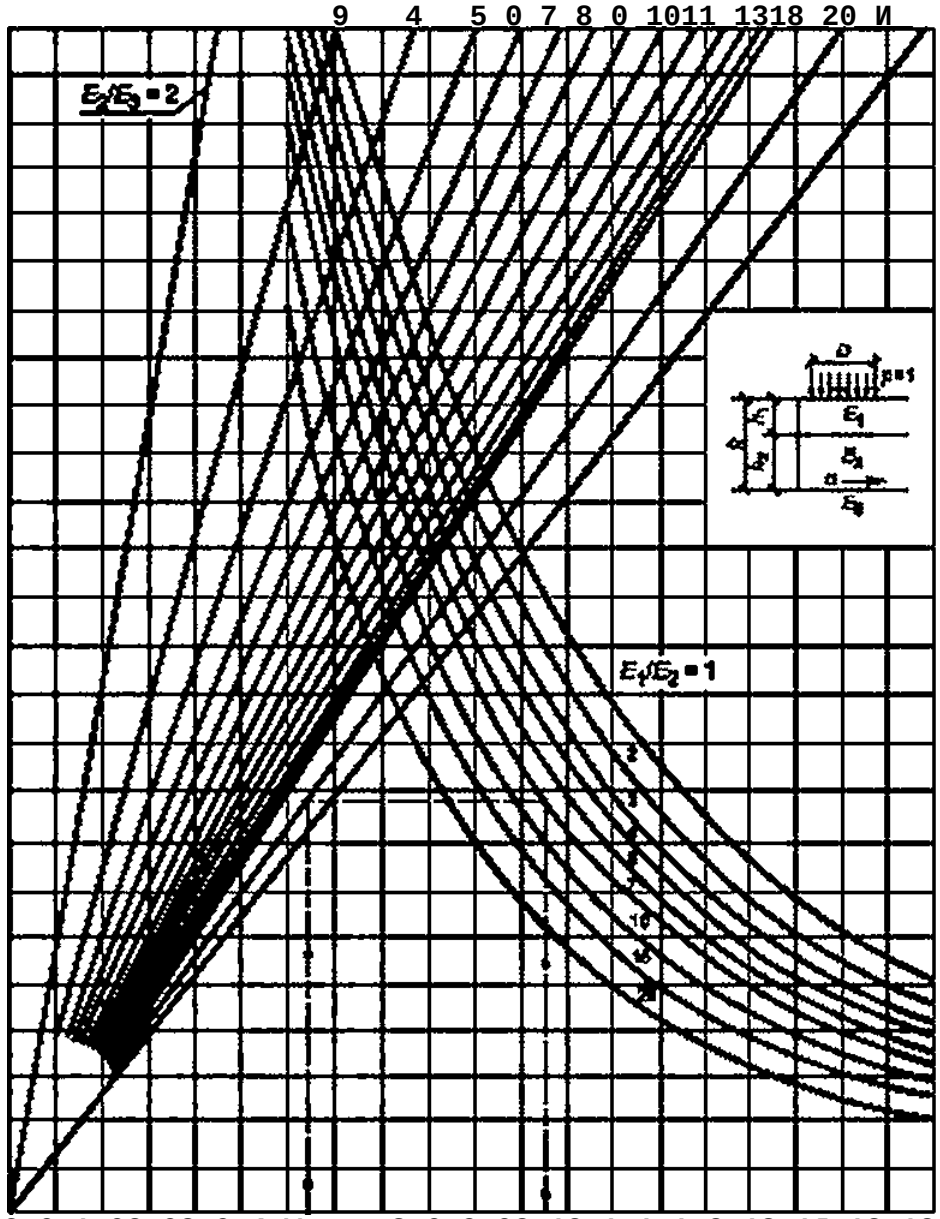


Рисунок Е.53 — Номограмма для определения растягивающего напряжения а, в промежуточном монолитном слое дорожной одежды

Приложение Ж
(справочное)

Пример расчета конструкции дорожной одежды капитального типа

Ж.1 Пример 1

Необходимо запроектировать дорожную одежду капитального типа для участка автомобильной дороги 1Б категории на участке перегона между транспортными развязками.

Ж.1.1 Исходные данные:

а) область проектирования — Нижегородская:

б) количество полос движения — 4 в обоих направлениях:

в) ДКЗ — $Н_2$:

г) тип местности по увлажнению — 2:

д) номер района проектирования, соответствующий количеству расчетных дней в году — 3:

е) количество расчетных дней в гаду 7^ = 125;

ж) тип дорожной одежды — капитальный:

и) тип нормативной нагрузки А-11.5:

1) статическая нагрузка на колесо *Р* = 57.50 кН;

2) давление на покрытие *р* = 0.8 МПа;

3) диаметр отпечатка при расчете на подвижную нагрузку *D* = 34,50 см;

к) заданный уровень надежности *К„* = 0.98 (см. таблицу 5):

л) коэффициенты прочности (см. таблицу 5):

1) по допускаемому упругому прогибу = 150;

2) по условию сдвигоустойчивости грунта и малосвязного материала слоя основания: по условию сопротивления монолитных слоев усталостному разрушению от растяжения при изгибе 0;

м) показатель изменения интенсивности движения *q*- 1.03;

н) срок службы дорожной одежды *Т&,* = 24 года:

п) максимально допустимая глубина колеи по ГОСТ Р 50597 — 2 см;

р) тип земляного полотна — насыпь;

с) грунт рабочего слоя земляного полотна — летая крупная супесь;

т) глубина промерзания грунта рабочего слоя — 1.55 м;

у) расстояние от низа дорожной одежды до уровня грунтовых вод — 2.80 м.

Состав движения на конец нормативного межремонтного срока прободения работ по капитальному ремонту (24-й год эксплуатации дороги) в обоих направлениях приведен в таблице Ж.1.

Таблица Ж.1 — Фактическая и приведенная интенсивность движения

Схема	Наименование	Коэффициент приведения $S_($	Интенсивность аот/сут	Приведенная интенсивность *N.S,* ед./сут
	Легковые авгомобигш. небольшие грузовики (фургоны) и другие автомобили с прицепом и без него	0.0015	10 500	18
	Двухосные грузовые автомобили	1.51	1205	1820
	Трехосные грузовые автомобили	2.33	200	466
	Четырехосные грузовые автомобили	2.58	200	512
	Четырехосные автопоезда	2.54	1000	2540

Окончание таблицы Ж. 1

Схема	Наименование	Коэффициент приведения S_t	Интенсивность N_r авт./сут	Приведенная интенсивность ед/сут
	Пягиосные автопоезда	2.13	500	1065
	Трехосные седельные автопоезда	2.38	500	1190
	Четырехосные седельные автопоез-да	2.96	1000	2960
	Пягиосные седельные автопоезда (двухосный тягач)	2.83	200	566
	Пягиосные седельные автопоезда (трехосный тягач)	3.01	500	1505
	Шестиосные седельные автопоезда	2.12	200	424
	Автомобили с семью и более осями	1,58	300	474
	Автобусы	1.19	300	357
Итого: EW,S>= 13895.				

Ж.1.2 Расчет суммарного числа приложений расчетной нагрузки

Ж.1.2.1 Расчет приведенной интенсивности движения представлен в таблице Ж.1. Коэффициенты приведения приняты в соответствии с ПНСТ 541—2021.

Ж.1.2.2 Приведенную интенсивность движения к воздействию расчетной нагрузки *N?* на полосу движения на конец нормативного межремонтного срока проведения работ по капитальному ремонту $T_ю$ рассчитывают по формуле (3):

$$JV_p = 0.45 \cdot 13\,895 = 6253 \text{ едУсут.}$$

При четырех полосах в обоих направлениях = 0.45.

Суммарное число приложений приведенной расчетной нагрузки рассчитывают по формуле (6) настоящего стандарта:

$$£ N. = 0.7 \cdot 6253 \cdot \frac{t^{03}, \sim^{1}}{ХОЗ'^{24} "(ХОЗ-Х)} \cdot 125\text{-}1{,}62 = 15\,461\,365 \text{ ед.}$$

Ж. 1.3 Выбор типа асфальтобетона для устройства слоев покрытия и ВСО

По методике, представленной в приложении А. определяют;

• суммарное число приложений приведенной расчетной нагрузки $£N_p$ с учетом круглогодичного использования дороги (7^ = 365 сут):

для слоев покрытия:

$$1N. = 0{,}7 \cdot 6253 \cdot \frac{103^{12} — 1}{хоз'^{2}\ ЧХОЗ\text{-}1)} \cdot 365\ X62 = 26\,535\,629 \text{ ед.}$$

для ВСО:

$$£W\_ = 0.7 \cdot 6253 \cdot \frac{1\ пз^{24} - 1}{ХОЗ^{124}\ '*(1.03\text{-}1)} \cdot 365\text{-}1{,}62 = 45\,147\,185 \text{ ед.}$$

В соответствии с ГОСТ Р 58401.1 при $£N_p$ > 5.6 млн ед. для устройства слоев покрытия и ВСО следует выбрать смеси для дорог с экстремально тяжелыми условиями движения (Э).

Ж.1.4 Назначение конструкции дорожной одежды толщин конструктивных слоев

Марки битумного вяжущего по ГОСТ Р 58400.1 и ГОСТ Р 58400.2 для слоев асфальтобетона определены в приложении Б.

В конструкции дорожной одежды применяют следующие материалы:

• SMA 16 по ГОСТ Р 58401.2 на битумных вяжущих по ГОСТ Р 58400.1 с марками or PG 69.3-33.4 (ФАКТ), а также с марками от PG 70 - 34 игы на битумных вяжущих по ГОСТ Р 58400.2 с марками от PG 58{V) -34 — 5 см (в расчет принимают 3 см);

- SP-223 по ГОСТ Р 58401.1 на битумных вяжущих по ГОСТ Р 58400.1 с марками от PG 64.0 - 30.4 (ФАКТ), а также с марками or PG 64 - 34 или на битумных вяжущих по ГОСТ Р 58400-2 с марками от PG 52(V) - 34 — 8 см;

- SP-323 по ГОСТ Р 58401.1 на битумных вяжущих по ГОСТ Р 58400.1 с марками от PG 60.0 - 28.4 (ФАКТ). *а* также с марками от PG 64 - 34 или на битумных вяжущих по ГОСТ Р 58400.2 с марками от PG 46{V) - 34 — 16 см;

• ЩПС. укрепленная цементом. М40 по ПНСТ 322—2019— 15 см;

• щебень фракции свыше 31.5 до 63 мм из прочных изверженных пород М1000 по ГОСТ 32703. уложенный по способу заклинки, — 31 см;

• средний песок по ГОСТ 32824 с содержанием пылеватых и глинистых частиц до 5 % — 21 см.

Ж.1.5 Назначение расчетных характеристик конструктивных слоев дорожной одежды и грунта рабочего слоя

Расчетные характеристики конструктивных слоев дорожной одежды приведены в таблице Ж.2.

Расчетные характеристики грунта — легкой крупной супеси определяют следующим образом:

• модуль упругости грунта по таблице В.6 (приложение В) Е = 65.00 МПа.

• прочностные характеристики по таблице В.7 (приложение в):

• при расчете на подвижную нагрузку с учетом = 15 461 365 ед: c_N = 0.002 МПа; ф = 23.00;*

• при расчете на статическую нагрузку в зависимости от £N_p = 1: $c_{N''}$ = 0,006 МПа: $ф_{ст}$ = 31.00.*

Расчетные прочностные характеристики среднего леска определяют по таблице В.7 (приложение В):

• при расчете на подвижную нагрузку а зависимости от £AL - 15461 365 ед.: c_w= 0.002 МПа; ф = 26.00:*

• при расчете на статическую нагрузку в зависимости от £N_p = 1: c_{Ncr} = 0.005 МПа: $ф_c$, = 33.00.*

Ж.1.6 Результаты расчета дорожной одежды на прочность на многократное кратковременное воздействие подвижных нагрузок

Ж.1.6.1 Расчет на прочность по допускаемому упругому прогибу

Расчет по допускаемому упругому прогибу выполняют в следующей последовательности:

- определяют минимальный требуемый модуль упругости конструкции по эмпирической формуле (9) при С =3.20:

$$^{,}_{in}=^98.65(tg£W_0-C) = J||98.65(lg15\ 461\ 365-1201 = 454.42\ МПа;$$

- определяют общий модуль упругости конструкции Е^щ по номограмме (см. рисунки ЕЛ. Е.2). Расчет выполняют снизу вверх.

Результаты расчета общего модуля упругости конструкции дорожной одежды приведены в таблице Ж.3 и на рисунке Ж.1;

• определяют коэффициент прочности:

$$«_{по} = = 885.15 / 454.42 = 1.948 > = 1500.$$

Условие прочности по допускаемому упругому прогибу выпогыено.

Ж. 1.6.2 Расчет по условию сдвигоустойчиаости подстилающего грунта (леской крупной супеси)

Расчетная схема конструкции приведена на рисунке Ж.2.

Расчет выполняют в следующей последовательности:

• определяют средневзвешенный модуль упругости вышележащих слоев по формуле (16) настоящего стандарта.

$$^{e}ср = \frac{\text{в 6}}{\text{г-1}} \quad \frac{}{\text{j -i}} \quad (2115 - 0.03 + 2550 - 0.08 + 2000\text{-}0.16 + 600 - 0.15 + 350 - 0{,}31 * 120 • 0.21)/(0.03 * 0.08 +$$

0.16 + 0.15 + 0,31+ 0.21) = 862.926 МПа;

8

• по отношениям; $E_{ср}$ /Ej_p = 862.926/65.000 = 13.28, £й, /0 = 0,940/0.345 = 2725 и ф = 23 с использованием номограмм (см. рисунки Е.30. Е.32) находят удельное активное напряжение сдвига от единичной нагрузки х, = 0.005268:

- определяют активное напряжение сдвига а грунте по формуле (14) настоящего стандарта при *р* = 0.8 МПа:

Г = $Т_н$р = 0.005268 0.8 = 0,004214 МПа;

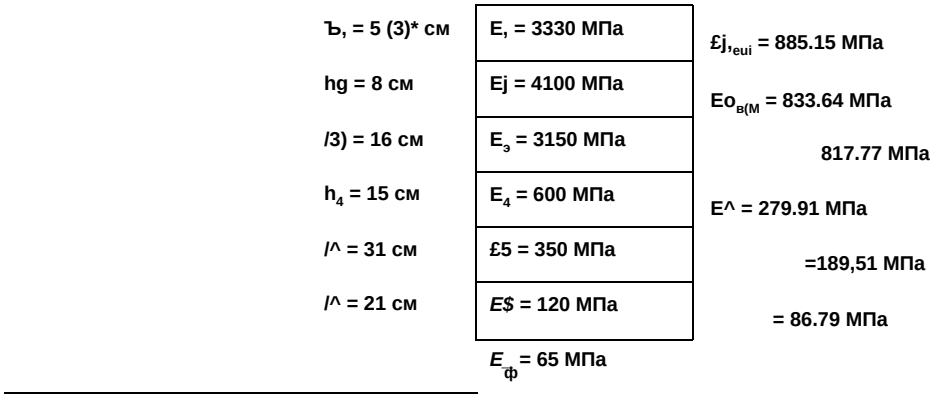
Таблица Ж.2 — Расчетные характеристики конструктивных слоев дорожной одежды

материал слое	Модуль упругости. МПа. для расчета			Расчетные характеристики три расчете по усталостному разрушению от растяжения при изгибе			Удельный вес материала у.кНЛм^3
	по допускаемому упругому прогибу	по условию сдвигоустойчивости (при *Т* « 20") на подвижную нагруму	ла усталостна му разрушению от рас тяж» и я три изшба	сопротивление растяжению при изгибе R_q . МПа	*m*	*а*	
SMA 16 ПО ГОСТ Р 58401.2 на PG Х(от 58,1 ДО 70.0)-*Y* (ФАКТ)	3330*	2115*	4950’	95	5.5	*5.2*	24.00
SP-223 по ГОСТ Р 58401.1 на PG Х (от 58.1 до ТОЮ)-*Y* (ФАКТ)	4100	2550	6100	9.5	5.5	5.2	24.00
8Р-32ЭпоГОСТ Р 58401.1 на PG Х (от 58,1 до 70.0)-У (ФАКТ)	3150	2000	5200	85	4.7	5.2	24.00
ЩПС, укрепленная цементом. М40ло ПНСТ 322—2019	600	600	600	0,42	—	—	21,00
Гранитный щебень фракции свыше 31,5 до 63 мм М1000 по ГОСТ 32703, уложенный по способу заклинки по ГОСТ 25607	350	350	350	—	—	—	18,00
Средний лесок по ГОСТ 32824	120	120	120	—	—	—	19,50

*** Модуль упругости снижен на 10 % относительно значений, представленных в таблицах Г4 и Г.5, т. к. значение температурного диапазона эксплуатации *R* «(Х ♦ | >1) допустимой к применению фактической маркибитумноговяжущего PG Х-У (ФА КТ) (см. приложение (Неминимальным диапазоном эксплуатации более 95 (Я * 69,3 ♦ 34,4 » 103,7).**

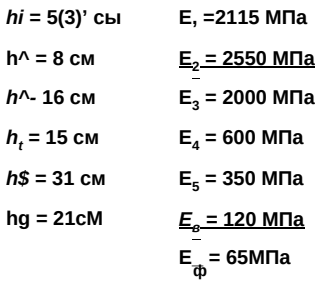
Таблица Ж.З — Результаты расчета общего модуля удоугости

На слоя	материал слоя дорогой одежды	Модуль упругости Е. МПа	Толщина слоя ft. см	*гно*		Общий модуль упругости на поееряостислоев. МПа
1	SMA 16	3330	5(3)’	0.087	833,64/3330 = 0,2503	=0.2658 3330 = 885,15
2	SP-223	4100	8	0.2319	617.77/4100» 0,1507	= 0,2033 -4100 = 833.64
3	SP-323	3150	16	0,4638	279.91/3150» 0.0889	= 0,1961-3150 = 617,77
4	ЩПС. укрепленная цементом, М40	600	15	0.4348	189,51/600 «03158	$E£_w$ -0.4662 600 - 279,91
5	Гранитный щебета фракам 31.5—63 мм	350	31	0.8986	86.79/350 = 0248	3^ = 0,5415 350 = 189,51
6	Средний песок	120	21	0.6087	65,00/120» 0.54167	EX =0.72327 120=86.79
7	Леская крупная супесь	65	—	—	—	$E_{,o}$ -65.00
’ В расчет принимает 3 см.						



* В расчет принимают 3 см.

Рисунок Ж.1 —Схема конструкции дорожной одежды и результаты расчета по допускаемому упругому прогибу



* В расчет принимают 3 см.

Рисунок Ж.2 — Схема конструкции дорожной одежды для расчета по условию сдвигоустойчивости грунта на воздействие подвижной нагрузки

- определяют предельное напряжение сдвига по формуле (12) настоящего стандарта при $к_л$ = 2.Сц- 0.002 МПа.

$Ф_с$, = ЗГ. z = £h,=0.94 м. средневзвешенном удельном весе вышележащих слоев [см. формулу (13)):

в в
Тер = (24 - 0.03 + 24 - 0.08 + 24 - 0.16 + 21 0.15+ 18 0,31 + 19.50 • 0.21 У(0.03 +0.08 + 0.16 +
<-1 J-1

+ 0.15 + 0.31 ♦ 0.21) = 20,537 кН/м^3

$Г_{пр}$ > *я(с„ + 0.001$y_{ср}$2tg <p_{C1}) = 2.0{0.002 + 0.001 • 20.537 • 0.94 • tg 31) = 0.027199 МПа;

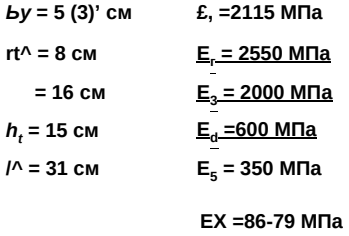
- определяют коэффициент прочности:

$К_{пя}$ = $Т_{пв}$ /Г = 0.027199/0.004214 = 6.45> « 110.

Условие прочности по сдвигу в грунте выполнено.

Ж. 1.6.3 Расчет по условию сдвигоустойчивости песчаного основания

Расчетная схема конструкции приведена на рисунке Ж.3.



* В расчет принимают 3 см.

Рисунок Ж.3 — Схема конструкции дорожной одежды для расчета по условию сдвигоустойчивости среднего песка на воздействие подвижной нагрузки

Расчет выполняют в следующей последоаагегъности:

• определяют средневзвешенный модуль упругости слоев, расположенных над слоем среднего песка, по формуле (16) настоящего стандарта:

Б 5

$E_{ср}$ = 1 £л. = (2115 • °-03 * 2550'0.08 + 2000'0.16 + 600 • 0,15 * 350 • 0.31)/(0.03 * 0.08 + 0,16 + 0.15 +

г-1 г-1

+ 0,31) =1076.64 МПа;

• по отношениям:

E_{efl} в 1076.64/86.79 = 12.40, £ft, / D = 0.730/0.345 = 2,116 и <p = 26' с использованием номограмм

(см. рисунок Е.36) находят удельное активное напряжение сдвига от единичной нагрузки $т_и$ = 0.008483;

• определяют активное напряжение сдвига е среднем песке по формуле (14) настоящего стандарта при *р*- 0.8 МПа;

Т= \p = 0.008483 • 0.8 = 0.006784 МПа;

• определяют предельное напряжение сдвига $Т_{пр}$ в среднем песке по формуле (12) настоящего стандарта

при $к_&$ = 2. Сд, = 0.002 МПа. $<p_{ст}$ = 33*. *z* = = 0,73 м. средневзвешенном удельном весе вышележащих слоев

• wl

(см. формулу (13)];

6 б

Усрs •$Е^{л}Т$ = (24 • 0.03 + 24 • 0.08 + 24 • 0.16 + 21 • 0.15 ♦ 18 • 0.31)/(0.03 + 0.08 + 0.16 + 0.15 ♦ 0.31) =

г-1 г-1

= 20.836 кН/м*

Тпр = $k_a(c_N$ + 0.001 YcpZ tg $<p_„)$ = 2.0 (0.002 + 0.001 • 20.836 • 0.73 • tg 33) = 0.023755 МПа;

• определяют коэффициент прочности:

$$Кпр = 7_{пр} / T = 0.023755/0.006784 = 3.50 > K\# = НО.$$

Условие прочности по сдвигу в песке выполнено.

Ж.1.6.4 Расчет монолитного слоя основания (асфальтобетона SP-323) по усталостному разрушению от растяжения при изгибе

Расчетная схема конструкции дорожной одежды приведена на рисунке Ж.4.

ft, = 5 (ЗГ см Е, = 4950 МПа

/>2 = 8см £j = 6100 МПа

Й3 = 16 см = 5200 МПа

CL н= 279.91 МПа

' В расчет принимают 3 см.

Рисунок Ж.4 — Схема конструкции дорожной одежды для расчета слоя асфальтобетона SP-323 по усталостному разрушению от растяжения при изгибе

Расчет выполняют в следующей последовательности:

• определяют средневзвешенный модуль упругости слоев асфальтобетонов, включая рассчитываемый слой, по формуле (16) настоящего стандарта:

з з

$E_{(0}$ = /р». = (4950-0.03 + 6100-0.08 + 5200-0.16)/(0.03 + 0.08 + 0.16) = 5438.89 МПа;

i-i .-1

з

• по отношениям: E^/E^^., = 5438.89/279.91 = 19.43. $£ft_t$/O = 0,270/0.345 = 0.7826. с использованием

i-i

номограммы (см. рисунок Е.52), определяют растягивающее напряжение в монолитном слое основания (асфальтобетоне SP-323) от единичной нагрузки: о,» 1,09.

Расчетное растягивающее напряжение в монолитном слое основания (асфальтобетоне SP-323) вычисляют по формуле (20) настоящего стандарта при *р* = 0.8 МПа:

о, = *орк** = 1.09 • 0.8 • 0,85 = 0,741 МПа;

• определяют предельное растягивающее напряжение с учетом усталостных явлений R_N в нижнем слое асфальтобетона SP-323 по формуле (18) настоящего стандарта при коэффициенте *Л*,. определяемом при параметрах; а = 5.2. *m* = 4.7 (таблица Г.5, приложение Г) по формуле (19) настоящего стандарта:

$$\frac{c\_\_\_\_\_}{\blacksquare 2/1Ч^{4}\ Vi5461365} \quad \frac{5.2}{} = 0.1536.$$

$^{я}№ - {}^{v}f\& = {}^{8\,5}{}' 0.1536 \bullet 0.80\ (1 - 0.1 \bullet 2.19) = 0{,}8157$ МПа;

• определяют коэффициент прочности;

«пр = /о, = 0.8157/0.7410 = 1.1004 > = 1,1000.

Условие прочности по усталостному разрушению асфальтобетона SP-323 от растяжения при изгибе выполнено.

Ж.1.6.5 Расчет монолитного слоя основания (ЩПС. укрепленной цементом. М40) по усталостному разрушению от растяжения при изгибе

Расчетные модули упругости слоев из материалов, содержащих органическое вяжущее, принимают при температуре 20 *С. соответствующей расчету дорожной одежды по критерию одвигоустойчивости грунта и малосвязносо слоя основания.

Расчетная схема конструкции дорожной одежды приведена на рисунке Ж.5.

hi = 5 (3)‘ см E, =2115 МПа

h_2 = 8 см E_2 = 2550 МПа

h-)= 16см E_a = 2000 МПа

E_4 = 600 МПа

$E^{\wedge}{}_{щ}$ = 189.51 МПа

* В расчет принимают 3 см.

Рисунок Ж.5 — Схема конструкции дорожной одежды для расчета монолитного слоя основания (ЩПС. укрепленной цементом. М40) по усталостному разрушению от растяжения при изгибе

Расчет выполняют в следующей последовательности:

• определяют средневзвешенный модуль упругости вышележащих слоев асфальтобетонов при температуре 20 *С по формуле (16) настоящего стандарта:

$$E_{ер}\ {}^{s}{}^{f}l.^{h}< = \frac{э}{r\text{-}i}\ \frac{з}{i\text{-}i} = (2115 \bullet 0.03 + 2550 \blacksquare 0.08 * 2000 \bullet 0.16)/(0.03 + 0.08 + 0.16) = 2175.74 \text{ МПа:}$$

• по номограмме (см. рисунок Е.53) по отношениям: $\frac{4}{<\text{-}1}$ /£>= 0.420/0.345 = 1.217 (абсцисса). E^Eц = = 2175.74/600 = 3.63 (цифра на кривой) и E^/E^щ = 600/189.51 = 3.17 (цифра на луче) определяют растягивающее напряжение в монолитном слое основания (ЩПС. укрепленной цементом, М40) от единичной нагрузки: о, = 0.13:

• определяют расчетное растягивающее напряжение в моногыгном слое ЩПС. укрепленной цементом. М40 по формуле (20) при p = 0.8 МПа и $к_а$ = 1.0:

о, = $о_г$ p $к_„$ = 0.13 • 0.80 • 1.00 = 0.104 МПа;

• определяют предельное растягивающее напряжение с учетом усталостных явлений в монолитном слое ЩПС. укрепленной цементом. М40 по формуле (22) настоящего стандарта:

$$= K< \blacksquare \quad Ky = 0.950 \bullet 0.420 - 0.896 = 0.3574 \text{ МПа.}$$

где Яуф = 0.42 МПа — нормативное значение предельного сопротивления растяжению (прочности) материала моногмтного слоя при изгибе при однократном приложении нагрузки (таблица Г.1, приложение Г);

Ку — коэффициент усталости, учитывающий снижение прочности материалов, укрепленных неорганическими и комплексными вяжущими, при многократном приложении нагрузки, вычисляемый по формуле (23) настоящего стандарта:

$$\frac{Ч\ )}{1000\ J} \quad \frac{\_(6253\ y^{0Л6}}{uoooj} = 0.896;$$

- определяют коэффициент прочности:

К^ = /в, =0,3574/0.1040 = 3.44 > K’g = 110.

Условие прочности по усталостному разрушению монолитного слоя основания (ЩПС. укрепленной цементом. М40) от растяжения при изгибе выполнено.

Вывод: конструкция дорожной одежды удовлетворяет всем критериям прочности.

Ж.1.7 Расчет дорожной одежды на морозоустойчивость

Требуемую по критерию морозоустойчивости толщину дорожной одежды определяют по номограмме (см. рисунок 6) в зависимости от группы грунта по степени пучинистости II по ГОСТ 33063, глубины промерзания z^ и /„умср — величины морозного пучения при осредненных условиях, определяемой по формуле (25) настоящего стандарта:

где $L_{аоп}$ = 4.00 - 0.8 = 3.20 см —допустимая величина морозного лучения по ГОСТ Р 59120;

- 0.46 при *И?* = 2.8 м (считая от низа дорожной одежды) — коэффициент, учитывающий влияние расчетной глубины залегания уровня грунтовых вод (см. рисунок 7);

K_m = 1.0 при - 0,98 — коэффициент, зависящий от степени уплотнения грунта рабочего слоя (см. таблицу 11) настоящего стандарта:

Кф = 0.10 — коэффициент, учитывающий влияние гранулометрического состава грунта основания насыпи, принимаемый для легкой крупной супеси:

$К_{яжр}$ = 0.80 при глубине промерзания дорожной конструкции: z^ = Т38$z_{прср}$= 1.38 • 155 = 214 см — коэффициент. учитывающий влияние нагрузки от собственного веса вышележащей конструкции на грунт в промерзающем слое (см. рисунок 8):

^■п ^{s} 1 -ДО — коэффициент, зависящий от расчетной влажности грунта (см. таблицу 12).

= 3.20/(0.46 - 1.00 ■ 1.10 • 0.80 - 1,00) = 7.91 см.

По номограмме (см. рисунок 6) определяют для грунта — легкой крупной супеси при 2-й схеме увлажнения грунта рабочего слоя — кривая Пэ группы по степени пучинистости при $l_{пуч(в}$ = 7.91 см и z^ = 214 см требуемую толщину дорожной одежды $h_{а\ олр}$ = 0 см.

Фактическая толщина дорожной одежды $Л_{до}$ = 94 см.

Вывод: морозоустойчивость дорожной одежды обеспечена.

Ж.1.8 Расчет дренирующего слоя

Для грунта рабочего слоя — легкой крупной супеси расчет дренирующего слоя не требуется (таблица 13).

Ж.2 Пример 2

Необходимо запроектировать дорожную одежду капитального типа для участка автомобильной дороги категории 1Б на участке перегона между транспортными развязками.

Ж.2.1 Исходные данные:

а) область проектирования — Курская:

б) количество полос движения —4 в обоих направлениях;

в) ДКЗ — III_2;

г) тип местности по увлажнению — 2;

д) номер района проектирования, соответствующий количеству расчетных дней в году — 3;

е) количество расчетных дней в году = 135:

ж) тип дорожной одежды — капитагъный;

и) тип нормативной нагрузки А-11,5:

1) статическая нагрузка на колесо *Р* = 57.50 кН:

2) давление на покрытие *р* = 0.8 МПа:

3) диаметр отпечатка при расчете на подвижную нагрузку *D* = 34.50 см;

к) заданный уровень надежности $К_и$ = 0.98 (см. таблицу 5);

л) коэффициенты прочности (см. таблицу 5):

1) по допускаемому упругому прогибу =1.50;

2) по условию сдеигоустойчиаости грунта рабочего слоя и малосвязносо материала слоя основания: по условию сопротивления монолитных слоев усталостному разрушению от раегяжешя при изгибе =110;

м) показатель изменения интенсивности движения *q* = 1.03:

н) срок службы дорожной одежды 7^, = 24 года;

п) максимально допустимая глубина колеи по ГОСТ Р 50597 — 2 см;

р тип земляного полотна — насыпь;

с) грунт рабочего слоя земляного полотна — пылеватая супесь:

т) глубина промерзания грунта рабочего слоя земляного полотна — 1.00 м:

у) расстояние от низа дорожной одежды до уровня грунтовых вод — 2.80 м.

Состав движения на конец нормативного межремонтного срока проведения работ по капитальному ремонту (24-й год эксплуатации дороги) в обоих направлениях приведен в табгмце Ж.4.

Ж.2.2 Расчет суммарного числа приложений расчетной нагрузки

Ж.2.2.1 Расчет приведенной интенсивности движения представлен в таблице Ж.4. Коэффициенты приведения приняты е соответствии с ПНСТ 541—2021.

Таблица Ж.4 — Фактическая и приведенная интенсивность движения

Схема	Наименование	Коэффициент приведения S,	Интенсивность N_f аетУсут	Приведенная интенсивность ед/сут
/I 1 1 1 1	Легковые автомобили, небольшие грузовики (фургоны) и другие автомобили с прицепом и без него	0.0015	10 500	16
	Двухосные грузовые автомобили	1.51	1205	1820
«М	Трехосные грузовые автомобили	2.33	200	466
«W	Четырехосные грузовые автомобили	2.56	200	512
	Четырехосные автопоезда	2.54	1000	2540
	Пятиосные автопоезда	2.13	500	1065
	Трехосные седельные автопоезда	2.38	500	1190
	Четырехосные седельные автопоезда	2.96	1000	2960
	Пятиосные седельные автопоезда (двухосный тягач)	2.83	200	566
	Пятмосные седельные автопоезда (трехосный тягач)	3.01	500	1505
	Шестиосные седельные автопоезда	2.12	200	424
	Автомобили с семью и более осями	1.58	300	474
	Автобусы	1.19	300	357
			Итога: 2ЛЗ, = 13 895	

Ж.2.2.2 Приведенную интенсивность движения к воздействию расчетной нагрузки N_v на полосу движения на конец нормативного межремонтного срока проведения работ по капитальному ремонту рассчитывают по формуле (3) настоящего стандарта:

$$W_p = 0.45 \blacksquare 13\,895 = 6253 \text{ ед./сут.}$$

При четырех полосах в обоих направлениях $l_{пеп} = 0{,}45$.

Суммарное число приложений приведенной расчетной нагрузки рассчитывают по формуле (6) настоящего стандарта:

$$\pounds W_{P} = 0.7\ 6253\frac{}{1.03^{124}}\frac{;}{''(103\text{-}1)}135\ 162 = 16\ 696\ 274 \text{ ед.}$$

Ж.2.3 Выбор типа асфальтобетона для устройства слоев покрытия и ВСО

По методике, представленной в приложении А. определяют:

• суммарное число приложений приведенной расчетной нагрузки с учетом круглогодичного использования дороги (T_w = 365 сут):

для слоев покрытия:

$$\pounds Л1. = 0.7\text{-}6253\frac{1\ О3^{12} — 1}{Ю3^{1'2}\ ‘(103\text{-}1)}365\text{-}162 = 26\ 535\ 629 \text{ ед;}$$

для ВСО:

$$\pounds 4 = 0.7\ 6253\frac{103^{24}\ \text{-}1}{t03^{\cdot 24,\cdot}(1.03\text{-}1)}\blacksquare\pounds\text{—}365\ 162 = 45\ 147\ 185 \text{ ед.}$$

В соответствии с ГОСТ Р 58401.2 при $\pounds W_p$ > 5.6 млн ед. для устройства слоев покрытия и ВСО следует выбрать смеси для дорог с экстремально тяжелыми условиями движения.

В соответствии с методикой, представленной в приложении Б. для экстремально тяжелых условий движения применяют фактические марки битумного вяжущего:

• ВСП из SMA PG 69,3 - 33.4 по ГОСТ Р 58400.1 и PG 58(V) - 34 по ГОСТ Р 58400.2;

• НСП из SP PG 64,0 - 30.4 по ГОСТ Р 58400.1 и PG 52(V) - 34;

• ВСО из SP PG 60,0 - 28.4 по ГОСТ Р 58400.1 и PG 46(V) - 34 по ГОСТ Р 584002.

Ж.2.4 Назначение конструкции дорожной одежды

Для достижения требуемого модуля упругости рабочего слоя его верхнюю часть устраивают из пылеватой супеси, укрепленной цементом. М10 по ПНСТ 322—2019 — 30 см.

В конструкции дорожной одежды применяются следующе материалы (марки битумного вяжущего по ГОСТ Р 58400.1 и ГОСТ Р 58400.2 для слоев асфальтобетона определены в приложении Б):

• SMA 16 по ГОСТ Р 58401.2 на битумных вяжущих по ГОСТ Р 58400.1 с марками от PG 69.3 - 33.4 (ФАКТ), а также с марками от PG 70-34 или на битумных вяжущих по ГОСТ Р 58400.2 с марками от PG 58{V) - 34 — 5 см (в расчет принимают 3 см):

• SP-223 по ГОСТ Р 58401.1 на битумных вяжущих по ГОСТ Р 58400.1 с маркакы от PG 64.0 - 30.4 (ФАКТ), а также с марками от PG 64 - 34 или на битумных вяжущих по ГОСТ Р 58400.2 с марками от PG 52(V) - 34 — 9 см;

• SP-323 по ГОСТ Р 58401.1 на битумных вяжущих по ГОСТ Р 58400.1 с марками от PG 60.0 - 28.4 (ФАКТ), а также с марками or PG 64 - 34 или на битумных вяжущих по ГОСТ Р 58400.2 с марками от PG 46(V) - 34 —13 см;

• ЩПС, укрепленная цементом, М40ло ПНСТ 322—2019 — 14 см;

• щебень фракции свыше 31.5 до 63 мм из прочных изверженных пород М1000 по ГОСТ 32703. уложенный по способу заклинки — 27 см;

• средний лесок по ГОСТ 32824 с содержанием пылеватых и глинистых частиц до 5 % — 54 см.

Ж.2.5 Назначение расчетных характеристик грунта рабочего слоя и конструктивных слоев дорожной одежды

Расчетные характеристики грунта рабочего слоя и конструктивных слоев дорожной одежды приведены в таблице Ж.5.

Расчетные характеристики грунта земляного полотна — пылеватой супеси определяются в зависимости от расчетной влажности по формуле (В. 1) приложения В при значениях:

• ^табл = — среднемноголетнее значение относительной влажности (в долях от границы текучести) (таблица В.1. приложение В);

- А = 0.00 — поправка к (V_{ia6n} для участков дороги, проходящих а насыпи, с рабочей отметкой не менее, чем руководящая отметка для данного типа грунта и типа местности;

• А, IV^s 0,00 — поправка в равнинных районах местности:

• Ag *W* = 0,04 — поправка при устройстве на остановочной полосе обочины покрытия из асфальтобетона (таблица В.2, приложение В):

Таблица Ж.5— Расчетные характеристики грунта рабочего слоя и конструктивных слоев дорожной одежды

Материал слоя	Модуль упругости. мПа. для расчете			Расчетные характеристики при расчете по усталостному разрушению от растяжения при изгибе			Удельным оес материала у. */м^3
	по допускаемому упругому прогибу (Г «104	по условию сдеигоустойчиэости (при Г« 30*>Нв подвижную нагрузку	по усталостному разрушению ст растяжения при изгибе	сопротивление растяжению при изгибе A_q. мпа	*m*		
SMA 16 по ГОСТ Р 58401.2 на PG Х(от 58.1 до 70.0)- Г (ФАКТ)	3330*	1125’	4950*	95	5.5	5.9	24.00
SP-223 по ГОСТ Р 58401.1 на PG Х(от 58.1 до 70,0)- *Y* (ФАКТ)	4100	1400	6100	95	5.5	5.9	24.00
SP-323 по ГОСТ Р 58401.1 на PG Х(от 58,1 до 70,0)- *Y* (ФАКТ)	3150	1200	5200	85	4.7	5.9	24.00
ЩПС. укрепленная цементом. М40 по ПНСТ 322—2019	600	600	600	0.42	—	—	21.00
Гранитный щебеньфрации свыше 315 до 63 мм М1000 по ГОСТ 32703. улаженный по способу заклинки по ГОСТ 25607	350	350	350	—	—	—	18.00
Средний песок по ГОСТ 32824	120	120	120	—	—	—	19.50
Верхняя часть рабочего слоя: пылеватая супесь, укрепленная цементом. М10 по ПНСТ 322—2019	160	160	160				21.00

*** Моду/ъ упругости снижен на 10 % относительно значений, представленных е таблицах Г.4 и Г.5, т. к. значение температурного диапазона эксплуатации Я= (Х+|У])допустммой кпримененииюфактической маркибитумногоеяжущвгоР6Х-У'(ФАКТ)(см.прилсжениеВ)сминимальным диапазоном эксплуатации более 95 (*R* = 69.3 ♦ 34.4 s 103.7).**

• = 0.10 — коэффициент вариации;

• *t* = 2.19 — коэффициент нормированного отклонения при требуемом уровне надежности $К_н$ = 0.98 (таблица В.3. приложение В):

• = 0 — поправка на влияние суммарной толщины слоев дорожной одежды при < 0.75 (см. рисунок В.2. приложение В).

$$\% = (0.70+ 0.00+ 0.00-0,04) \cdot (1 +0.1 \cdot 2.19)-0.00 = 0.805\ W_T.$$

Модуль упругости грунта земляного полотна — пылеватой супеси определяют по таблице В .4 (приложение В) в зависимости от $И/_р$ = 0.805 W_t; $E_{,р}$ = 31.55 МПа.

Модуль упругости малосвязного слоя основания дорожной одежды среднего песка определяют по таблице В.б (приложение В): $_ф$ = 120 МПа.

Расчетные прочностные характеристики среднего песка определяют по таблице В.7 (приложение В) в зависимости от = 16 698 274 ед.:

$с_„$ = 0.002 МПа; $с_{Wei}$ = 0.005 МПа; ф = 26.00*; $ф_{С1}$ = 33.00*.

Ж.2.6 Результаты расчета дорожной одежды на прочность на многократное кратковременное воздействие подвижных нагрузок

Ж.2.6.1 Расчет на прочность по допускаемому упругому прогибу

Расчет по допускаемому упругому прогибу выполняют в следующей последовательности:

• определяют минимальный требуемый модуль упругости конструкции по эмпирической формуле (9) при С =3,20;

$$E_{min} = \sqrt{\frac{p}{0.6}} \qquad \text{- С) = ^\%8.65(lg16 698 274 - 3.20) = 458,23 МПа;}$$

• определяют общий модуль упругости конструкции по номограмме (см. рисунки Е.1. *Е2).* Расчет выполняют снизу вверх.

Результаты расчета общего модуля упругости дорожной одежды приведены в таблице Ж.6 и на рисунке Ж.6.

Таблица Ж.6 — Результаты расчета общего модуля упругости конструкции

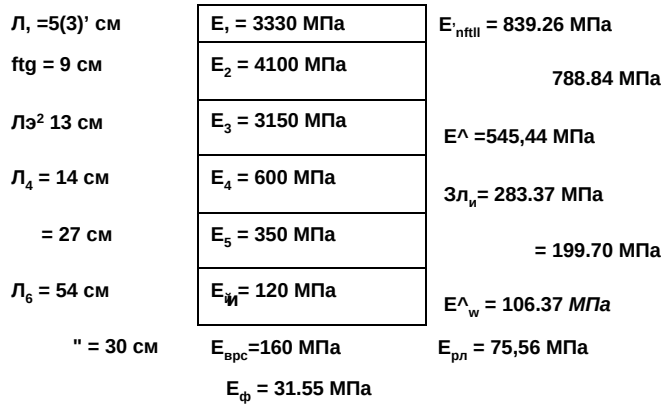
Nt слоя	Материал слоя дорожной одежды	Модуль упругости £. МПа	Толщина слоя *h*. см	М>		Общий модуль упругости на поверхности слоев. МПа
1	SMA16	3330	5(3)*	0.087	788,84/3330 = = 0.2369	$Е'_{общ}$ = °-252 • 3330 = 839.26
2	SP-223	4100	9	0.2609	545.44/4100 = = 0.133	=0.1924 4100 = 788.84
3	SP-323	3150	13	0.3768	283.37/3150 = = 0.08996	=0,1732 3150 = 545.44
4	ЩПС. укрепленная цементом. М40	600	14	0.4058	199,70/600 = = 0.3328	=0,4723 600 = 283,37
5	Гранитный щебень фракцией 31.5—63 мм	350	27	0.7826	106.37/350 = = 0.3039	$Е^{\wedge}6щ$ = °5706 350 = 199-70
6	Песок средний	120	54	1.5652	75.56/120 = = 0.6296	= 0,8865 120 = 106,37
	Верхняя часть рабочего слоя: пылеватая супесь. укрепленная цементом. М10	160	30	0.87	31.55/160 = = 0,1972	$Е_{-с}$ = 0.472 -160 = 75,56 > 60.00
—	Грунт земляного полотна: пылеватая супесь	31,55	—	—	—	^, = 31.55
* В расчет принимают 3 см.						

• определяют коэффициент прочности:

$$Кп_0 = \qquad 15™ = 639.26i\ 458,23 = 183 > \qquad = 150.$$

Условие прочности по допускаемому упругому прогибу выполнено.

Общая толщина дорожной одежды $h_{a\,0}$ = 122 (120)* см.



* В расчет принимают 3 см.

** Верхняя укрепленная часть рабочего слоя земляного полотна.

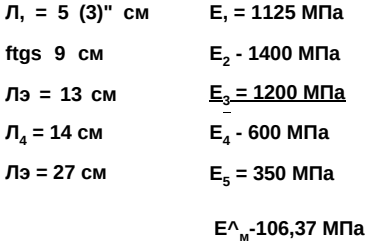
Рисунок Ж.6 — Схема конструкций рабочего слоя и дорожной одежды, результаты расчета по допускаемому упругому прогибу

Ж.2.6.2 Расчет по условию сдвигоустойчивости грунта рабочего слоя, укреплеюющего вяжущим

Расчет по условию сдвигоустойчивости грунта рабочего слоя, укрепленного вяжущим, не проводят.

Ж.2.6.3 Расчет по условию сдвигоустойчиаости малосвязного слоя основания — среднего песка

Расчетная схема конструкции приведена на рисунке Ж.7.



* В расчет принимают 3 см.

Рисунок Ж.7 — Схема конструкции дорожной одежды для расчета по условию сдвигоустойчиаости малосеязного слоя основания — среднего песка на воздействие подвижной нагрузки

Расчет выполняют в следующей последовательности:

• определяют средневзвешенный модуль упругости слоев, расположенных над слоем среднего песка, по формуле (16) настоящего стандарта:

$$E_{ср} = \text{ХЕД} / \%h, = (1125 \cdot 0{,}03 + 1400 \cdot 0{,}09 + 1200 - 0{,}13 + 600 \cdot 0.14 + 350 \cdot 0.27)/(0.03 + 0.09 \blacklozenge 0.13 * 0.14 * + 0.27) = 748{,}86 \text{ МПа}$$

- по отношениям £со / = 748.86/106.37 = 7,04, *ID* = 0.660/0,345 = 1913 и ф = 26* с ислольэовани-

ем номограммы (см. рисунок Е.35) находят удельное активное напряжение сдвига от единичной нагрузки Х,» 0,01469:

- определяют активное напряжение сдвига в среднем песке по формуле (14) настоящего стандарта при *р* = 0.8 МПа:

Г» $г_н$ *р* = 0.01469 • 0.8 = 0.01176 МПа;

- определяют предельное напряжение сдвига 7^, в среднем песке по формуле (12) настоящего стандарта при $к_а$ = 2. c_N = 0,002 МПа. = 33°. *z* = ^$Л_?$ = 0,66 м. средневзвешенном удельном весе вышележащих слоев:

$$Yep = Xy.A\ 5?! «(24\ 0.03 + 24 \cdot 0{,}09 + 24 \cdot 0.13 + 21\ 0.14 + 18 \cdot 0.27У(0.03 + 0{,}09 + 0{,}13 + 0.14 + 0{,}27) = 20.909 \text{ кН/м}^3:$$

$$Г_{пр} = Ад (c_w + 0{,}001\ Yep\ z\ tg\ ф_{ст}) = 2.0(0.002 \blacklozenge 0.001 \cdot 20.909 \cdot 0.66\ lg\ 33) = 0.02192 \text{ МПа};$$

• определяют коэффициент прочности:

% = Ър$^{1\ т}$ = $^{02192'}$ ^{1176} = t^{86} > ^{к}г'“ = 1^{10} •

Условие прочности по сдвигу малосвязного слоя основания из среднего песка выполнено.

Ж.2.6.4 Расчет монолитного слоя основания — асфальтобетона SP-323 по усталостному разрушению от растяжения при изгибе

Расчетная схема конструкции дорожной одежды приведена на рисунке Ж.8.

Л, = 5 (3)* см E_y - 4950 МПа

Л^ = 9см E_2 = 6100 МПа

Йд = 13 см E, = 5200 МПа

E"$_{й1и\ н}$= 283.37 МПа

* В расчет принимают 3 см.

Рисунок Ж.8 — Схема конструкции дорожной одежды для расчета слоя асфальтобетона SP-323 по усталостному разрушению от растяжения при изгибе

Расчет выполняют в следующей последовательности:

• определяют средневзвешенный модуль упругости слоев асфальтобетонов, включая рассчитываемый слой, по формуле (16) настоящего стандарта:

$$£_{ер} = \frac{3\ 3}{г\text{-»}} = (4950 \cdot 0{,}03 + 6100 \cdot 0.09 \blacklozenge 5200 \cdot 0.13)7(0{,}03 \blacklozenge 0.09 + 0.13) = 5494.00\ МПа;$$

• по отношениям $£_{ср}$ / „ = 5494.00/283.37 = 19.39. £/?, /D = 0.250/0,345 = 0,7246. с использованием ^{3} >•1

номограммы (см. рисунок Е.52) определяют растягивающее напряжение в монолитном слое основания (асфальтобетоне SP-323) от единичной нагрузки: $о_г$= 1.216.

Расчетное растягивающее напряжение в монолитном слое основания (асфальтобетоне SP-323) вычисляют по формуле (20) настоящего стандарта при *p* = 0.8 МПа:

$$О_{,}» Ъ_{е}p\ fc_{e} = 1.216 \cdot 0.8 - 0.85 = 0.8266\ МПа:$$

• определяют предельное растягивающее напряжение с учетом усталостных явлений в монолитном слое основания (асфальтобетоне SP-323) по формуле (18) настоящего стандарта при коэффициенте *ку.* определяемом при параметрах: а = 5.9. *m* = 4.7 (таблица Г.5, приложение Г) по формуле (19) настоящего стандарта:

$$At = \frac{a}{14, ‘ V'6\ 698\ 274} \frac{5.9}{} = 0.1714.$$

$$Rq\ ку\ k_a(1 - 1/_я0 = 8.5 \cdot 0.1714 \cdot 0.80(1 - 0.1 \cdot 2.19) = 0.9105\ МПа:$$

• определяют коэффициент прочности:

$$= R_H\ /о, = 0.9105/0.8266 = 1.102 > K^* = 1100.$$

Условие прочности по усталостному разрушению асфальтобетона SP-323 от растяжения при изгибе выполнено.

Ж.2.6.5 Расчет монолитного слоя основания (ЩПС. укрепленной цементом. М40) по усталостному разрушению от растяжения при изгибе

Расчетные модули упругости слоев из материалов, содержащих органическое вяжущее, принимаются при температуре 30 'С. соответствующей расчету дорожной одежды по критерию цдвигоустойчиаости грунта рабочего слоя и малосвязного слоя основания.

Расчетная схема конструкции дорожной одежды приведена на рисунке Ж.9.

Л, = 5 (3)" см	Е, = 1125 МПа
Й2 = 9 см	E_2 = 14ОО МПа
Aj = 13 см	$E_э$ = 1200 МПа
	E_4 = 600 МПа
	£*,6^= 199.70 МПа

В расчет принимают 3 см.

Рисунок Ж. 9 — Схема конструкции дорожной одежды для расчета монолитного слоя основания (ЩПС. укрепленной цементом. М40) по усталостному разрушению от растяжения при изгибе

Расчет выполняют в следующей последовательности:

- определяют средневзвешенный модуль упругости вышележащих слоев асфальтобетонов при температуре 30 *С по формуле (16) настоящего стандарта:

$$E_{ср} = £_{ед} / \frac{3}{/•1} \frac{э}{!•!} = (1125 • 0.03 * 1400 • 0.09 * 1200 • 0.13)/(0{,}03 ♦ 0.09 + 0.13) = 1263.00 \text{ МПа};$$

- по номограмме на рисунке Е.5Э по отношениям ID - 0.390/0.345 = 1.13 (абсцисса). $E^{4}/E = \frac{4}{/•1}$ = 1263.00/600 = 2,105 (цифра на кривой) и $E_л$ = 600/199.70 = 3.005 (цифра на луче) определяют растягивающее напряжение в монолитном слое основания (ЩПС. укрепленной цементом. М40) от единичной нагрузки: о, = 0.17:

- определяют расчетное растягивающее напряжение в монолитном слое ЩПС. укрепленной цементом. М40 по формуле (20) при p - 0.8 МПа и $к_а$ = 1.0:

$$о_р = OfPk^ = 0.17\ 0.8 • 1.0 = 0.136 \text{ МПа};$$

- определяют предельное растягивающее напряжение с учетом усталостных явлений в монолитном слое ЩПС. укрепленной цементом. М40 по формуле (22) настоящего стандарта:

$$^{fl}rv = {}^{K}Г\ Ч*□ = 0{,}95 ' °\text{-}42 ' 0{,}896 = 0\ 3574 \text{ МПа}.$$

где = 0.42 МПа — нормативное значение предельного сопротивления растяжению (прочности) материала монолитного слоя при изгибе при однократном приложении нагрузки (таблица Г.1. приложение Г);

Kf — коэффициент усталости, учитывающий снижение прочности материалов, укрепленных неорганическими и комплексными вяжущими, при многократном приложении нагрузки, вычисляемый по формуле (23) настоящего стандарта:

$$\text{-о.ов} \quad \text{-006}$$
$$I = 0.896;$$

- определяют коэффициент прочности:

$$К_{по} = {}^{/в}г = 0.3574 /0{,}1360 = 263 > \quad = 110.$$

Условие прогости по усталостному разрушению ЩПС. укрепленной цементом. М40. от растяжения при изгибе выполнено.

Ж.2.7 Расчет дорожной одежды на морозоустойчивость

Требуемую по критерию мороэоустойтвости толщину дорожной одежды определяют по номограмме (см. рисунок 6) в зависимости от группы грунта по степени нучинистости (см. таблицу 16). глубины промерзания $г_{пр}$ и /луч.ср — величины морозного пучения при осредненных условиях, определяемой по формуле (25) настоящего стандарта:

$$'луч.ср\ ^{в}\ WCSm\text{-}Xnn \quad \text{-Кап}).$$

где (.доп = 4.00 - 0,8 = 3.20 см — допускаемая ветчина пучения, принимаемая по 7.3.3 ГОСТ Р 59120—2021;

= 0,56 при $Н_у$ = 2.8 м (считая от низа дорожной одежды) — коэффициент, учитывающий влияние расчетной глубины залегания уровня грунтовых вод (см. рисунок 7);

«пл = 1,00 при «у = 0,98 — коэффициент, зависящий от степени уплотнения грунта рабочего слоя (см. таблицу 11) настоящего стандарта;

$К_ф$ = 1.10 — коэффициент, учитывающий влияние гранулометрического состава грунта основания насыпи, принимаемый для супеси пылеватой:

*К**?* = 1,05 при глубине промерзания дорожной конструкции *z^* = 1.38 *z^* = 1,38 - Ах>ср = 1.38 - 100 = = 138 см— коэффициент, учитывающий влияние нагрузки от собственного веса вышележащей конструкции на грунт в промерзающем слое (см. рисунок 8):

$К_{ю}$ = 1.205 — коэффициент, зависящий от расчетной влажности грунта (см. таблицу 12).

^.ср = 3.20/(0.56 • 1.00 - 1.10 -1.05- 1.205) = 4.11 см.

По номограмме (см. рисунок 6) определяют для грунта — пылеватой супеси группы IV по степени лучинистости при = 4.11 см и = 138 см требуемую толщину дорожной одежды $/>_{дотр}$ = 94 см.

Фактическая толщина дорожной одежды и верхней части укрепленного рабочего слоя $h_{аа}$ + $\_{рс}$ = 120 + 30» = 150 см.

Вывод; морозоустойчивость дорожной одежды обеспечена.

Ж.2.8 Расчет дренирующего слоя

Ж.2.8.1 Исходные данные:

- ширина разделительной полосы а = 5.0 м;
- ширина проезжей части в одном направлении *b* = 7.50 м:
- ширина обочины с = 3,50 м;
- поперечный уклон низа дренирующего слоя $i_{пег1}$ = 30 %•:
- коэффициент заложения откосов земляного полотна m = 1,5;
- коэффициент фильтрации песка *Кф* = 5 м/сут;
- пористость песка *п* = 0.36:
- продольный уклон i_{fvoa} = 20 %.*

Принимают конструктивное решение — устройство песчаного слоя на всю ширину земляного полотна (см. рисунок 10 а).

Ж.2.8.2 Расчет дренирующего слоя по способу осушения

Ж.2.8.2.1 Определяют расчетную ветчину притока воды в дренирующий слой на 1 м² по формуле (29) при значениях: *q* = 3.0 л/м² сут (см. таблицу 13). = 1.5 (см. таблицу 14). $К_г$ = 1.1 (см. таблицу 14). - 1.0. *К*- = 1,0 (см. таблицу 15):

V «„с - ^1000 = 3.0 - 1.5 - 1.1 ’ 1.0/1000 = 0.00495. mW.

Ж.2.8.2.2 Определяют длину пути фильтрации *L* на уровне половины толщины песчаного слоя при односкатном поперечном профиле и заложении откосов 1:1.5 по следующей формуле:

$$£ = a/2+i> + c+d,$$

где а — ширина разделительной полосы, м:

b — ширина проезжей части в одном направлении, м;

с — ширина обочины, м;

d — длина дренирующего слоя, расположенная в откосной части земляного полотна, равная сумме толщин дорожной одежды до уровня середины дренируемого слоя, умноженной на заложение откосов:

$$d = 0.93 • 1.5 = 1.40 м.$$

$$L = 2.50 + 7.50 + 3.75 + 1.40 = 15,15 м.$$

Ж.2.8.2.3 По номограмме (см. рисунок 14) определяют — толщину слоя, полностью насыщенного водой при значении погонного удегъного притока воды в дорожную конструкцию:

$$d = b = 0.00495 ■ 7.50 = 0,0371 м^3/м.$$

При поперечном уклоне корыта 30 %о и абсциссе flVKL = 0.0371/5 = 0.0074 ордината номограммы (см. рисунок 14) 3.5 *L* = 0.09.

Вычисляют значение $/>_{яас}$:

*К**.* - 0.09 15.15/3.50 = 0,39 м.

Ж.2.8.2.4 Вычисляют полную толщину дренируемого слоя (см. формулу (31)]:

*Л » h „ ** = 0.39 + 0.15 = 0,54 м.

Ж.2.8.3 Расчет дренирующего слоя по способу поглощения

Полную толщину дренирующего слоя, работающего по принципу поглощения, рассчитывают при расчетном притоке воды в дренирующий слой за весь расчетный период 0=40 л/м² по формуле (35) настоящего стандарта:

$$\underline{40/(1000-0.36J+0.3-0.15}$$

Окончательно принимают толщину дренируемого слоя, равную 54 см.

Вывод: принятая конструкция дорожной одежды удовлетворяет всем критериям прочности, морозоустойчивости и осушения.

Ж.3 Пример 3

Необходимо запроектировать дорожную *одежду* для участков торможения {остановок, пересечений с дорога* * ми категории IV на одном уровне) на автомобильной дороге категории 1Б по данным примера 1.

Ж.3.1 Исходные данные

Исходные данные — по примеру 1.

Расчет на кратковременное многократное действие подвижных нагрузок аналогичен примеру 1.

Дополнительно. согласно 9.1.6. дорожную одежду на остановках и остановочных полосах, расположенных на обочинах, перекрестках, на съездах транспортных развязок и подходах к пересечениям с железнодорожными путями проверяют на однократное нагружение длительностью не менее 10 мин (статическую нагрузку).

Расчет выполняют на нормативную нагрузку А-11.5. Параметры расчетной нагрузки при однократном нагружении — (см. таблицу 3).

Статическая нагрузка на колесо *Р* = 57,5 кН. давление на покрытие *р* - 0.8 МПа. диаметр при статическом приложении нагрузки = 30.3 см.

Расчетные характеристики грунта — крупной супеси легкой при = 1:

$$E_{ф} = 65{,}00 \text{ МПа. } c_{„} = 0{,}006 \text{ МПа. } ф_{ст} = 31.00^{*}.$$

Расчетные характеристики среднего песка при = 1:

$$E - 120{,}00 \text{ МПа. } c_{c}, = 0{,}005 \text{ МПа. } <p_{C1} = 33.00^{*}.$$

Ж.3.2 Принятая конструкция дорожной одежды — см. Ж.1.4.

Ж.3.3 Расчет конструкции дорожной одежды по условию сдвигоустойчивости грунта на воздействие статической нагрузки

Модули упругости материалов, содержащих органическое вяжущее, при статическом действии нагрузки в ДКЗ 11 принимают при температуре 20 *С по таблице Г.6 (см. рисунок Ж.10)

Л, = 5 (3)* см	**Е, = 330 МПа**
Лз = 8 см	**E_2 = 400 МПа**
Л) s 16 см	**E_3 = 390 МПа**
$Л_4$ = 15 см	**E_4 = 600 МПа**
/15 = 31 см	**E_5 - 350 МПа**
- 21 см	**E_6= 120 МПа**
	$E_{гр}$=65МПа

*** В расчет принимают 3 см.**

Рисунок Ж.10 — Схема конструкции дорожной одежды при расчете по условию сдвигоустойчивости грунта на воздействие статической нагрузки

Расчет выполняют в следующей последовательности:

- определяют средневзвешенный модуль упругости вышележащих слоев по формуле (16) настоящего стандарта:

$$E_{ер} = \frac{£^{£} Л^{1}}{1\text{-}1}{}^{в}{}_{1\text{-}1}{}^{в} \text{ » (330 • 0,03 + 400 - 0,08 + 390 • 0.16 + 600 • 0,15 + 350 • 0.31 + 120 • 021)'(0,03 + 0.08 + 0.16 + + 0.15 + 0.31 + 021) = 348.94 МПа:}$$

- по отношениям: *E^E^* - 348.94/65.00 = 5.37. $/O_{c}$, = 0.940/0,303 = 3102 и ф = 31* по номограмме (см. рисунки Е.40. Е.42) определяют удвгъное активное напряжение сдвига от единичной нагрузки $т_{и}$ = 0.006404;

• вычисляют активное напряжение сдвига по формуле (14) настоящего стандарта:

$$7 = т_{и} p - 0{,}006404 • 0.8 = 0{,}005123 \text{ МПа;}$$

• предельное напряжение сдвига в грунте определяют по формуле (12) настоящего стандарта при $/c_{д}$ = 2.

c_{Nei} = 0,006 МПа. $<p_{C1}$ = 31*. z = £h,=0,94 м. средневзвешенном удельном весе вышележащих слоев:

6 G

Yep = £yЛ/Eⁿ. =(24 0.03 + 24 0.08*24 0,16 + 21 • 0.15+ 18 • 0,31 + 19.50 0,21 У(0.03 + 0.08 + 0.16 +
Mt Ml

+ 0.15 ♦ 0.31 + 0,21) = 20.537 кН/м³

Tпр«*fl(cw+0,001 yср 21дФс,) = 2.0 (0.006 + 0.001 • 20,537 0,94 - Ig 31) = 0,035199 МПа;

• определяют коэффициент прочности:

$$K_{пр} = Тэд /Т = 0,035199/0.005123= 6.87 > K'' =110.$$

Условие прочности по сдвигу в грунте при воздействии статической нагрузки выполнено.

Ж.3.4 Расчет конструкции дорожной одежды по условию сдвигоустойчивости песчаного основания на воздействие статической нагрузки

Расчетная схема конструкции приведена на рисунке Ж.11.

/?1 = 5(3)*см	*E, = 330* МПа
/?2 = 8с*1	$\underline{E_2}$=400 МПа
- 16 см	E_3 = 390 МПа
$Ь_4$ = 15 см	E_d=600 Мпа
/?5 = 31 см	E_5 = 350 Мпа
	E^, = 89.17 МГЬ

* В расчет принимают 3 см.

Рисунок Ж.11 — Схема конструкции дорожной одежды для расчета по условию сдвигоустойчивости среднего песка на воздействие статической нагрузки

Расчет выполняют в следующей последовательности:

• определяют средневзвешенный модуль упругости слоев, расположенных над споем среднего песка, по формуле (16) настоящего стандарта:

s s

$E_{ер}$ = £«Д'£л.-= (330-0.03 + 400 0.08 + 390 0.16 + 600 0.15 + 350 0.31)/(0.03 + 0.08 + 0.16 + 0.15 +
ЛИГ-1

+ 0.31) = 414.79 МПа; s

• по отношениям E^/E^ц = 414,79/89.17 =4.65. /$D_{СТ}$ = 0,730/0,303 = 2.41 иф = 33* с использованием номограммы (см. рисунки Е.42, Е.44) определяют удельное активное напряжение сдвига от единичной нагрузки $т_и$ = 0,01082:

• определяют активное напряжение сдвига в среднем песке по формуле (14):

Г. V'0.01082 • 0.8 = 0.008656 МПа;

• определяют предельное напряжение сдвига в среднем песке по формуле (12) при /$c_я$ = 2. c_{N}, = 0.005 МПа.

5

$Ф_п$ = 33*. z = £h, =0.73м. средневзвешенном удельном весе вышележащих слоев:

j-t

S 5

Тер = *f* ˢ (24 ,0Л3 + 24 ,0 08 * 24' 016 * 21' °-15 * 18 0.31у(0.03 + 0.08 + 0.16 + 0,15 + 0.31) = 20.836 кН/м³;
г-1 J-1

T'пр = *д (СЛ| ♦ 0.001 Yep *Z* tg ф„) = 2.0 (0.005 + 0.001 • 20,836 • 0.73- lg 33) = 0.029755 МПа;

• определяют коэффициент прочности:

$$K_{ор} = T_{эд} /Г = 0,029755/0.008656 = 3,44 > K* = 110.$$

Условие прочности по сдвигу в песке на воздействие статической нагрузки выполнено.

Вывод: конструкция дорожной одежды на участках торможения дополнительно удовлетворяет критериям прочности по условию сдвигоустойчивости в грунте и песчаном основании при статической нагрузке.

Ж.4 Пример 4

Необходимо запроектировать дорожную одежду для укрепленной части обочины для дороги категории II.

Ж.4.1 Исходные данные

а) область проектирования — Нижегородская:

б) количество полос движения — 2 в обоих направлениях:

в) ДКЗ — $И_2$;

г) тип местности по увлажнению — 2:

д) номер района проектирования, соответствующий количеству расчетных дней в году — 3;

е) количество расчетных дней в гаду T_w = 125:

ж) тип дорожной одежды — капитальный:

и) тип нормативной нагрузки А-11,5:

1) статическая нагрузка на колесо Р = 57.50 кН;

2) давление на покрытие *р* = 0,8 МПа:

3) диаметр отпечатка при расчете на подвижную нагрузку *D* = 34,50 см:

к) заданный уровень надежности *К** - 0,95 (см. таблицу 5);

л) коэффициенты прочности (см. таблицу 5):

1) по допускаемому упругому прогибу К^£=120;

2) по условию одвигоустойчивости грунта и малосвязного слоя основания: по условию сопротивления монолитных слоев усталостному разрушению от растяжения при изгибе = 100:

м) показатель изменения интенсивности движения q = 1.03;

н) срок службы дорожной одежды *Т&,* = 24 года:

п) максимально допустимая глубина колеи по ГОСТ Р 50597 — 2.5 см;

п) тип земляного полотна — насыпь:

р) грунт рабочего слоя земляного полотна — супесь легкая крупная;

с) глубина промерзания грунта рабочего слоя — 1,55 м;

т) расстояние от низа дорожной одежды до уровня грунтовых вод — 2.80 м.

Ж.4.2 Расчет перспективной интенсивности движения

Приведенная интенсивность движения $Л/_р$ на полосу движения на конец нормативного межремонтного срока проведения работ по капитальному ремонту $T_{№}$:

$M_р$ = 3570 ед./сут.

Согласно 12.4 дорожные одежды на укрепленных полосах на дорогах категорий II—IV рассчитывают на интенсивность. равную 1/3 интенсивности, приходящейся на крайнюю правую полосу проезжей части.

Приведенная интенсивность движения *N?* для укрепленной части обочины на конец нормативного межремонтного срока проведения работ по капитальному ремонту составляет:

$W_р$ = 3570/3 = 1190 ед^сут.

Суммарное число приложений приведенной расчетной нагрузки $£/V_р$ рассчитывают по формуле (6) настоящего стандарта:

$$SAL = 0.7\text{-}1190\text{----------}\frac{J'^{03}\ ,\ \sim 1}{ХО3^{*2\ 11}\ (1{,}03\text{-}1)}\text{-----}125\text{-}1.49 = 2\ 706\ 310\ ед$$

Ж.4.3 Выбор типа асфальтобетона для устройства слоев покрытия и ВСО

По методике, представленной в приложении А. определяют:

• суммарное число приложений приведенной расчетной нагрузки $E/V_р$ с учетом круглогодичного использования дороги (Т^д = 365 сут):

для слоев покрытия:

$$SAL = 0.7\ 1190\text{----------}\frac{ЮЗ^{12} — 1}{^{Т}\ гоз^{'}\text{^}юз\text{-}!)}\text{7—————————}365\ 149 = 4\ 644\ 716\ ед$$

для ВСО:

$$S4 = 0.7\text{-}1190\text{----------}\frac{1\ м^{24}\ \text{-}1}{103^{lr41'}(103\text{-}1)}\ г\text{----------}!\text{-------}365\text{-}149 = 7\ 902\ 426\ ед.$$

В соответствии с ГОСТ Р 58401.1 на асфальтобетонные смеси при $^{>}$ 5.6 ^{млн} АД- для устройства слоев покрытия и ВСО следует выбрать смеси для дорог с экстремально тяжелыми условиями движения.

Ж.4.4 Назначение конструкции дорожной одежды и ориентировочных толщин конструктивных слоев:

- SP-163 на битумных вяжущих по ГОСТ Р 58400.1 с марками от PG 69,3 - 33,4 (ФАКТ), а также с марками от PG 70-34 или на битумных вяжущих по ГОСТ Р 58400.2 с марками от PG 58(V) - 34 — 5 см (в расчет принимают 2.5 см):

• SP223 по ГОСТ Р 58401.1 на битумных вяжущих по ГОСТ Р 58400.1 с марками or PG 64,0 - 30,4 (ФАКТ), а также с марками от PG 64 - 34 или на битумных вяжущих по ГОСТ Р 58400.2 с марками от PG 52(V) - 34 — 12 см:

- щебень фракции свыше 31.5 до 63 мм из прочных изверженных пород М1000 по ГОСТ 32703. уложенный по способу заклинки. — 32 см;

- песок средний по ГОСТ 32824 с содержанием пылеватых и глинистых частиц до 5 % — 21 см.

Ж.4.5 Назначение расчетных характеристик конструктивных слоев дорожной одежды и грунта рабочего слоя

Расчетные характеристики конструктивных слоев дорожной одежды приведены в таблице Ж.7.

Расчетные характеристики грунта — легкой крупной супеси определяют следующим образом:

- **модуль упругости грунта по таблице В.6 (приложение В) Е^ = 65.00 МПа.**
- **сдвиговые характеристики по таблице В.7 (приложение В):**
- **при расчете на подвижную нагрузку в зависимости от £$W_р$ = 2 706 310 ед.:**

$$c_N \text{ - 0.002 МПа; ф = 23,00'};$$

- **при расчете на статическую нагрузку в зависимости от £/$У_р$ = 1: $c_{Мст}$ = 0.006 МПа: $ф_{ст}$ = 31.00.***

Расчетные прояюстные характеристики среднего песка определяют по таблице В.7 (приложение В):

- **при расчете на подвижную нагрузку в зависимости от X$N_р$ = 2 706 310 ед.:**

$$c_N \text{ - 0.002 МПа; ф = 26,00'};$$

- **при расчете на статическую нагрузку в зависимости от £/$V_р$ = 1: $c_{Мет}$ = 0.005 МПа;**

$ф_„$ = 33.00*.

Ж.4.6 Результаты расчета дорожных одежд на прочность на кратковременное многократное действие подвижных нагрузок

Согласно 12.4 дорожные одежды укрепленных полос рассчитывают по всем критериям прочности, аналогично дорожным одеждам проезжей части. В качестве расчетной нагрузки принимают нагрузку и коэффициенты прочности, что и при расчете дорожных одежд проезжей части.

Ж.4.6.1 Расчет на прочность по допускаемому упругому прогибу

Расчет по допускаемому упругому прогибу выполняют в следующей последовательности:

- **определяет минимальный требуемый модуль упругости конструкции по эмгырической формуле (9). при С = 3,20:**

$$= J\text{^}9S.65(lg£N_e - C) = \text{^^}98.\&5(tg2\ 706\ 310 - 3,20) = 368.20 \text{ МПа};$$

- **определяют общий модуль упругости конструкции по номограмме (см. рисунки ЕЛ. Е.2), выполняя расчет снизу вверх.**

Результаты расчета общего модуля упругости конструкции приведены в таблице Ж.8 и на рисунке Ж. 12.

Таблица Ж. 7 — Расчетные характеристики конструктивных слоев дорожной одежды

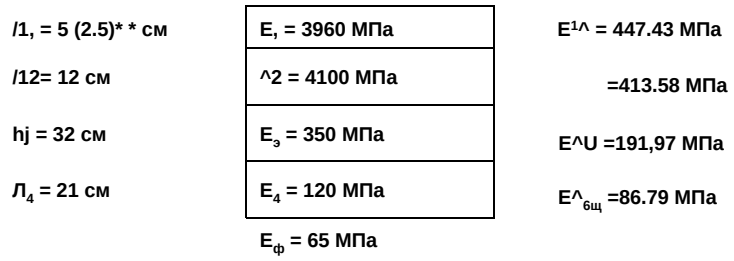
Материал слоя	Модуль упругости, МПа. для расчета			Расчетные характеристики при расчете по усталостному разрушению от растяжежя при изгибе			Удельным вес материале у, жН?м^3
	по допускаемому упругому прогибу	по условию сдеигоустойчиаости (при Г = 20* > на подвижную нагрузку	по усталостному разрушению от растяжения при изгибе	«противление растяжению при изгибе *Bq* . МПа	*m*	а	
SP-163 по ГОСТ Р 58401.1 на PG X (от 58.1 до 70,0) — У (ФАКТ)	3960*	2295*	5490*	9.5	55	5.2	24.00
SP-223 по ГОСТ Р 58401.1 на PG X (ОТ 58.1 ДО 70,0) — /(ФАКТ)	4100	2550	6100	9.5	55	5.2	24.00
Граюггный щебегь фракции свыше 31,5 до 63 мм М1000. улаженный по способу заклижи	350	350	350				18,00
Средний песок	120	120	120	—	—	—	19,50

*** Модуль упругости снижен на 10 % относительно значений, представленных в таблицах Г.4 и Г.5, т. к. значение температурного диапазона эксплуатации *Rx(X*+1Vl) допустимей «применению фактической марки битумного вяжущего PGX—У (ФАКТ) (см. приложение В)сминимальным диапазоном эксплуатации более 95 (R = 693 ♦ 34.4 а 103.7).**

Таблица Ж.8— Результаты расчета общего модуля упругости

Na СЛОЯ	материал слоя дорожной одежды	модуль упругости f. МПа	толшиа слоя л. СМ	*ыо*		Обший модуль упругости на поверхности слоев, м Па
1	SP-163	3960	5(2.5)	0,0725	413,58/3960 = 0.1044	4би1^8 0.11299 • 3960 = 447.43
2	SP-223	4100	12	0.3478	191.97/4100 « 0.0468	0.1009 4100 = 413.58
3	Гранитный щебень фракции 31,5—63 мм М1000. улаженный по способу заклинки	350	32	0,9275	86.79/350 = 0.248	£?$_{в(а}$ = 0,5485 350 = 191,97
4	Средний песок	120	21	0.6087	65.00/120 =0.5417	£^$_{щ}$ = 0,7233 1 20 = 86,79
—	Легкая крупная супесь	65	—	—	—	^, = 65.00

Схема конструкции и результат расчета по допускаемому упругому прогибу приведены на рисунке Ж.12.



*В расчет принимают 2.5 см.

Рисунок Ж.12 — Схема конструкции дорожной одежды и результаты расчета по допускаемому упругому прогибу

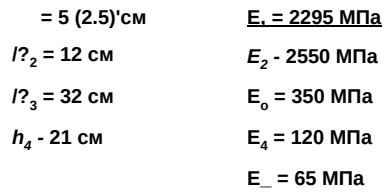
• определяют коэффициент прочности:

$$К_{щ} = £*>«. = 447,43/368.20 = 1,215 > К'" = 1.200.$$

Прочность по допускаемому упругому прогибу обеспечена.

Ж.4.6.2 Расчет по условию сдвигоустойчивости подстилающего грунта

Расчетная схема конструкции приведена на рисунке Ж.13.



• В расчет принимают 2.5 см.

Рисунок Ж.13 — Схема конструкции дорожной одежды для расчета по условию сдвигоустойчивости грунта на воздействие подвижной нагрузки

Расчет выполняют в следующей последовательности:

• определяют средневзвешенный модуль упругости по формуле (16) настоящего стандарта:

$$E_{ер} = /Xft = I^{2295} \cdot 0.025 + 2550 \cdot 0.12 + 350 \cdot 0.32 + 120 \cdot 0.21)/(0.025 + 0.12 + 0.32 + 0.21) = 741,59 \text{ МПа}.$$

• по отношениям $E^ /Eф = 741,59/65.00 = 11,41.$ / 0 = 0.675/0.345 = 1957 и ф = 23' с использованием номограмм (см. рисунки Е.29. Е.31) находят удельное активное напряжение сдвига ог единичной нагрузки $т_{„} = 0,01091$;

• определяют активное напряжение сдвига в грунте по формуле (14) настоящего стандарта при p = 0,8 МПа:

$$Г» т_{и}р = 0,01091 \cdot 0.8 = 0.00873 \text{ МПа}:$$

• определяют предельное напряжение сдвига в грунте по формуле (12) настоящего стандарта при $к_{а}$ = 2.

Сд, = 0.002 МПа. Фе, = 31*. z = 0.675 м. средневзвешенном удельном весе вышележащих слоев:

$$Yep = \frac{1}{4} = (24 \cdot 0.025 + 24 \cdot 0.12 + 18 \cdot 0.32 + 19.5 \cdot 0\ J1)/(0.025 + 0.12 + 0,32 + 0.21) = 19,756 \text{ кН/м}^3;$$

$$7^ = K_a (c_N + 0,001\ Yep\ ztg\ ф_{ет}) = 2.0\ (0,002 + 0,001 \cdot 19,756\ 0,675\ tg\ 31) = 0,02000 \text{ МПа};$$

• определяют коэффициент прочности:

$$К_{лр} = Т_{лр} / T = 0,0200/0,00873 = 2.29 > K\% = t00.$$

Условие прочности по сдвигу в грунте выполнено.

Ж.4.6.3 Расчет по условию сдвигоустойчиеосги песчаного основания

Расчетная схема конструкции приведена на рисунке Ж. 14.

Л, = 5 (2.5)' см E, = 2295 МПа

Лг» 12 см E_2 = 2550 МПа

Лэ = 32 см E_3 = 350 МПа

=86.79 МПа

* В расчет принимают 2.5 см.

Рисунок Ж.14 — Схема конструкции дорожной одежды для расчета по условию сдвигоустойчивости среднего леска на воздействие подвижной нагрузки

Расчет выполняют в следующей последовательности:

• определяют средневзвешенный модуль упругости слоев, расположенных над слоем среднего леска, по формуле (16) настоящего стандарта:

$$E_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^{3} E_i \cdot A_i}{\sum_{i=1}^{3} A_i} = (2295 \cdot 0{,}025 + 2550 \cdot 0{,}12 + 350 \cdot 0{,}32) / (0.025 + 0.12 + 0.32) = 1022.31 \text{ МПа};$$

- по отношениям $E_{со}$= 1022.31/66.79= 11779 , /D = 0.465/0.345= 135 и ф = 26* с использованием номограммы (см. рисунок Е.35) находят удельное активное напряжение сдвига *в* среднем песке от единичной нагрузки $т_н$ = 0.01968;

- определяют активное напряжение сдвига в среднем песке по формуле (14) настоящего стандарта при *р = 0.8* МПа:

Г« $т_и$р = 0,01968 - 0.8 = 0.015744 МПа;

• определяют предельное напряжение сдвига в среднем песке по формуле (12) настоящего стандарта при $к_а$ 2. $C_п$ - 0.002 МПа. $ф_{ст}$ = 33*. z = £л> = 0.465 м. средневзвешенном удельном весе вышележащих слоев:

$$Yep = \frac{\sum_{i=1}^{3} f_i \cdot h_i}{\sum_{i=1}^{3} h_i} = (24 \cdot 0.025 + 24 \cdot 0.12 + 18 \cdot 0{,}32)/(0.025 + 0.12 + 0.32) = 19{,}87 \text{ кК/м}^3;$$

$$Тпр = A_д (c_ы + 0.001 Уф z \operatorname{tg} Ф_„) - 2.0 (0.002 + 0{,}001 \cdot 19{,}87 \cdot 0.465 \operatorname{tg} 33) = 0.016001 \text{ МПа:}$$

- определяется коэффициент прочности:

$$K_{пр} = T_{пр} / T = 0.016001/ 0.015744 = 1016 > Kj® = 1000.$$

Условие прочности по сдвигу в песке выполнено.

Ж.4.6.4 Расчет монолитного слоя основания (асфальтобетона SP-223) по усталостному разрушению от растяжения при изгибе

Расчетная схема конструкции дорожной одежды приведена на рисунке Ж.15.

Л, = 2.5 см E, = 5490 МПа

hj = 12 см £$_{г-}$= 6100 МПа

„=19197 МПа

Рисунок Ж. 15 — Схема конструкции дорожной одежды для расчета слоев асфальтобетона SP-223 усталостному разрушению от растяжения при изгибе

Расчет выполняют в следующей последовательности:

• определяют средневзвешенный модуль упругости по формуле (16) настоящего стандарта:

$$E_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^{2} Z_i A_i}{\sum_{i=1}^{2} A_i} = (5490 \cdot 0.025 + 6100 \cdot 0.12 У (0{,}025 + 0.12) = 5994{,}83 \text{ МПа};$$

2

• по отношениям Ecp/Ejiui „ = 5994.83/19197 = 3123 и £/>,/0 = 0.145/0.345 = 0.4203 с использованием Г-1 номограммы {см. рисунок Е.52) определяют растягивающее напряжение в монолитном слое основания (асфальтобетоне SP-223) от единичной нагрузки $c_г$ = 2,726.

Наибольшие растягивающие напряжения определяют по формуле (20) при p = 0.8 МПа:

$$<т_Л = a_г p\, к_в = 2.726\ 0.8 \cdot 0.85 = 1.854 \text{ МПа};$$

• определяют предельное растягивающее напряжение с учетом усталостных явлений R_N в нижнем слое асфальтобетона SP-223 по формуле (18) при коэффициенте /ц. определяемом при параметрах; а = 5.2. гл = 5.5 (таблица Г.5, приложение Г) по формуле (19) настоящего стандарта;

$$Л, = г =, \frac{a}{' \$2} = \frac{5.2}{706\ 310} = 0.3519.$$

$$*_2(1 - Уд /) = 9.5\ 0.3519 - 0.85(1\text{-}0.1 \cdot 1.71) = 2.356 \text{ МПа};$$

• определяют коэффициент прочности:

$$Кпо = Я_Л/о, = 2356/1854 = 1,27 > К\# = 1.00.$$

Условие прочности по усталостному разрушению асфальтобетона SP-223 от растяжения при изгибе выполнено.

Вывод: конструкция дорожной одежды удовлетворяет всем критериям прочности.

Ж.4.7 Расчет дорожной одежды на морозоустойчивость

При грунте рабочего слоя — легкой крупной супеси, не относящейся к пылеватым грунтам, расчет конструкции дорожной одежды укрепленной части обочины на морозоустойчивость не требуется.

Ж.4.8 Расчет дренирующего слоя

Для грунта рабочего слоя — легкой крупной супеси расчет дренирующего слоя не требуется (таблица 13).

Библиография

[1] ОДМ 218.3.1.005-2021 Проектирование нежестких дорожных одежд. Методические рекомендации по расчету параметров напряженно-деформированного состояния многослойных конструкций при воздействии колесных нагрузок

УДК 625.72:006.354 **ОКС 93.080.99**

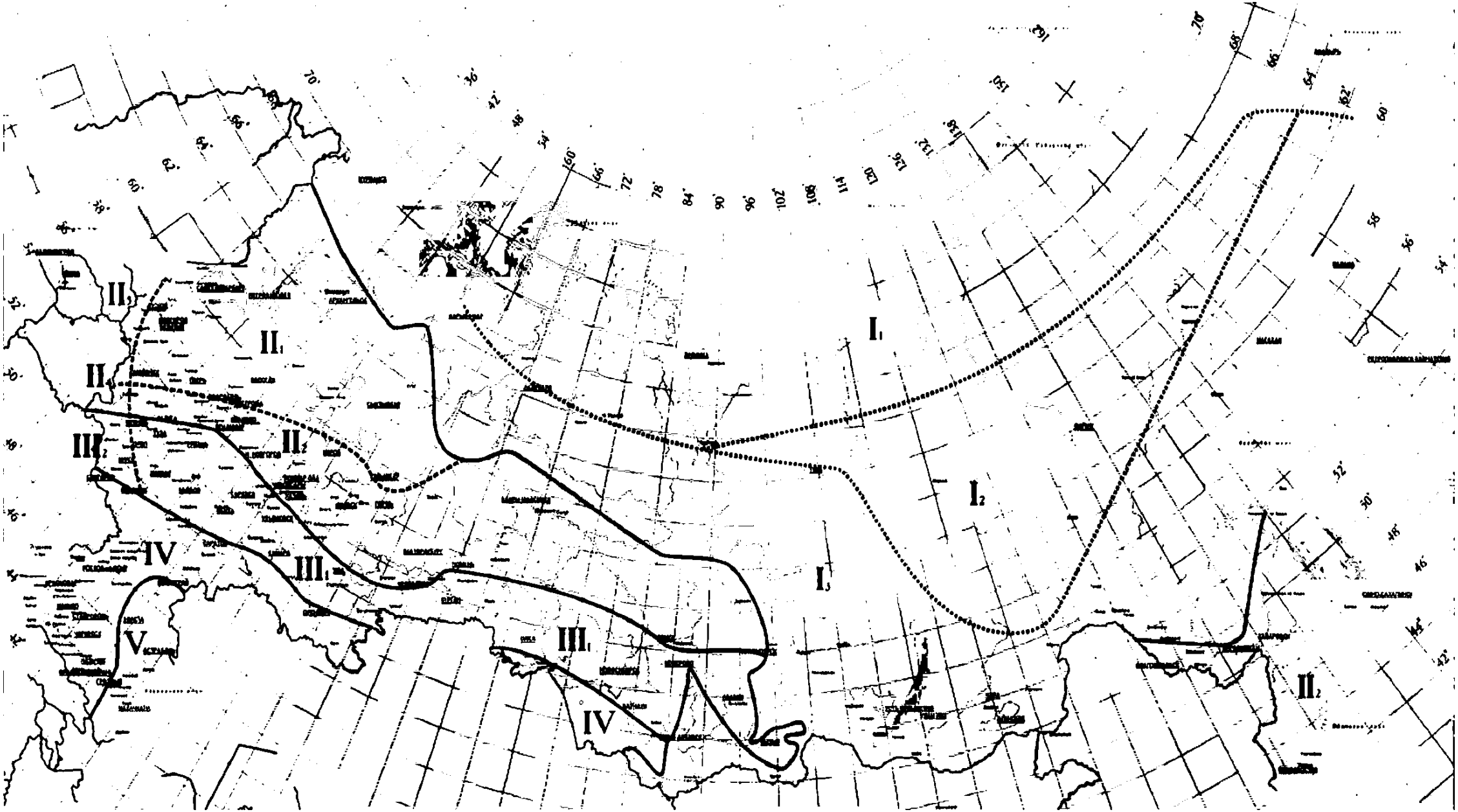
Ключевые слова: автомобильные дороги общего пользования, проектирование, нежесткие дорожные одежды, прочность, осушение, морозоустойчивость, модули упругости

Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *М.В. Бучиая*
Компьютерная верстка *Е.О. Асташима*

Сдано о набор 19.05.2021 Подписано а печать 0S.06.202t. Формат 60*64%. Гарнитура Ариал.
Усп. лвч. п. 17,21 * вкл. 0.47. Уч.-ивд. л. 1S.49 * ат. 0.19.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов.
117416 Москва. Нахимовский пр-т. д. 3t. и. 2.
www.goslinfo.ru n1o@gosbnfo.ru



- границы ДКЗ: .....— границы дорожно-климатических подзон

Примечания

1 При обосновании общее дорожно-климатическое районирование территории Российской Федерации может уточняться в рамках отдельных субъектов.

2 Кубань и западную часть Северного Кавказа следует относить к ДКЗ III. Крым - к ДКЗ IV.

3 При проектировании участков дорог в приграничных зонах при обосновании денных Oгрунтово-гидрологических и почвенных условиях, а также, исходя из практики эксплуатации дорог в районе, допускается принимать г (северной или южной) эоны.

4 В горных районах ДКЗ следует определять с учетом высотного расположения объектов проектирования, принимая во внимание природные условия на данной высоте.

5 Разделение на подзоны следует учитывать при определении раоютной влажности при расчетах на прочность и морозоустойчивость дорожных одежд

Рисунок В.1 - ДКЗ и подзоны Российской Федерации