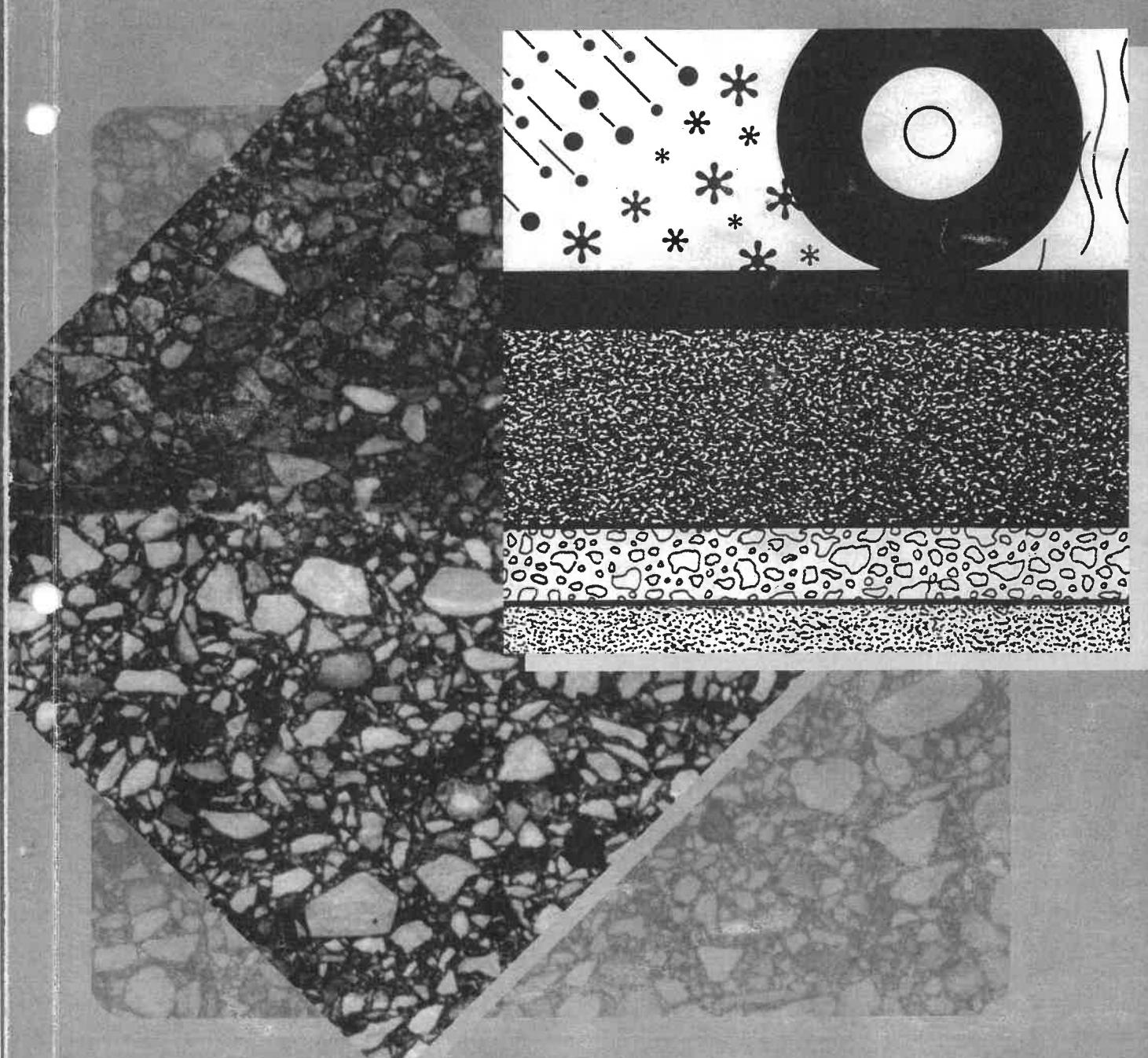


ЦЕНТРАЛНА ЛАБОРАТОРИЯ ПО ПЪТИЩА И МОСТОВЕ

ИЗПЪЛНИТЕЛНА АГЕНЦИЯ ПЪТИЩА

РЪКОВОДСТВО ЗА ОРАЗМЕРЯВАНЕ НА АСФАЛТОВИ НАСТИЛКИ



РЪКОВОДСТВО ЗА ОРАЗМЕРЯВАНЕ НА АСФАЛТОВИ НАСТИЛКИ

София, 2003 г.

СЪДЪРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ I	
ОБЩИ ПОЛОЖЕНИЯ	11
1.1 ОБХВАТ.....	11
1.2 ТЕРМИНИ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ	12
1.3 ОСНОВНИ ПРЕДПОСТАВКИ	12
РАЗДЕЛ II	
ОСНОВНИ ПРИНЦИПИ	13
2.1 ОБЩИ ПОЛОЖЕНИЯ	13
2.2 ОРАЗМЕРИТЕЛНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ	13
2.2.1 Модул на еластичност	13
2.2.2 Коффициент на Поасон.....	14
2.3 МЕТОДИ ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ОРАЗМЕРИТЕЛНИТЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА МАТЕРИАЛИТЕ	14
2.4 ВЛИЯНИЕ НА КЛИМАТА.....	15
РАЗДЕЛ III	
АНАЛИЗ НА РЕЗУЛТАТИ ОТ ПРОУЧВАНЕ НА ДВИЖЕНИЕТО	16
3.1 ОБЩИ ПОЛОЖЕНИЯ	16
3.2 ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ОРАЗМЕРИТЕЛНАТА ИНТЕНЗИВНОСТ НА ДВИЖЕНИЕТО.....	16
3.3 ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ОРАЗМЕРИТЕЛНОТО НАТОВАРВАНЕ ОТ ДВИЖЕНИЕТО.....	19
3.4 ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ОРАЗМЕРИТЕЛНОТО НАТОВАРВАНЕ – РЕД НА ДЕЙСТВИЯТА	20
3.5 СЛАБО НАТОВАРЕНИ ПЪТИЩА	21
РАЗДЕЛ IV	
ЗЕМНА ОСНОВА	22
4.1 ДЕФИНИЦИЯ.....	22
4.2 ОБСЛЕДВАНЕ НА ТРАСЕТО И ПОДБОР НА ПОЧВИТЕ.....	22
4.3 ЛАБОРАТОРНИ ИЗПITВАНИЯ И КЛАСИФИЦИРАНЕ НА ПОЧВИТЕ ЗА ПЪТНО СТРОИТЕЛСТВО	23
4.4 КРИТЕРИИ ЗА ПОДБОР НА ПОЧВИТЕ ЗА ЗЕМНА ОСНОВА.....	24
4.5 УПЛЪТНЯВАНЕ НА ЗЕМНАТА ОСНОВА.....	24
4.6 ОПРЕДЕЛЯНЕ НА НОСИМОСПОСОБНОСТТА НА ЗЕМНАТА ОСНОВА.....	24
4.7 ЗАЩИТА НА ЗЕМНАТА ОСНОВА.....	27
РАЗДЕЛ V	
МРАЗОУСТОЙЧИВОСТ НА ПЪТНАТА КОНСТРУКЦИЯ	29
5.1 ОБЩИ ПОЛОЖЕНИЯ	29
5.2 ПРЕДОТВРАТЯВАНЕТО НА ЗИМНИТЕ ПОВРЕДИ НА ПЪТИЩА СЕ СВЪРЗВА СЪС СЛЕДНИТЕ ЕЛЕМЕНТИ НА ПРОУЧВАНЕ	29
5.2.1 Анализ на мразовата чувствителност на почвите, баластрените и трошенокаменните материали.....	29
5.2.2 Анализ на хидрологическите и хидрогеологическите условия.....	30
5.2.3 Анализ на изолационната защита на настилката относно проникването на отрицателни температури в земната основа	30

РАЗДЕЛ VI	
ОРАЗМЕРЯВАНЕ НА ПЪТНАТА КОНСТРУКЦИЯ ПО МЕТОДА	
НА АСФАЛТОВИЯ ИНСТИТУТ	36
6.1 ПОСЛЕДОВАТЕЛНОСТ НА ДЕЙСТВИЯТА ПРИ ОРАЗМЕРЯВАНЕ.....	36
6.2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ НА ВХОДНИТЕ ПАРАМЕТРИ.....	38
6.2.1 Оразмерително натоварване.....	38
6.2.2 Носимоспособност на земната основа	38
6.2.3 Технически изисквания към материалите в конструктивните пластове	40
6.3 ОТРАЗЯВАНЕ НА КЛИМАТИЧНИТЕ ФАКТОРИ	42
6.4 АЛГОРИТЪМ ЗА ОРАЗМЕРЯВАНЕ	42
6.4.1 Оразмеряване на конструкции на настилки с покритие от асфалтови смеси и основи в подосновни пластове, изградени от минерален материал, необработен със свързващи вещества	42
6.4.2 Оразмеряване на конструкцията на пътна настилка с асфалтово покритие и основен пласт от неорганични зърнести материали, стабилизиирани с цимент.....	45
6.5 ПЛАНИРАНО ЕТАПНО ИЗГРАЖДАНЕ НА КОНСТРУКЦИЯТА	47
6.5.1 Същност на оразмеряването при етапно изграждане на конструкцията.....	47
РАЗДЕЛ VII	
ОРАЗМЕРЯВАНЕ НА ПЪТНАТА КОНСТРУКЦИЯ ПО МЕТОДА AASHTO....	62
7.1 ПОСЛЕДОВАТЕЛНОСТ НА ДЕЙСТВИЯТА.....	63
7.2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ НА ВХОДНИТЕ ПАРАМЕТРИ.....	63
7.2.1 Оразмерително натоварване.....	63
7.2.2 Избор на степен на сигурност	64
7.2.3 Носимоспособност на земната основа	65
7.2.4 Характеристики на материалите за конструктивните пластове	65
7.2.4.1 Коефициенти на пластовете	67
7.2.4.2 Отводняване.....	74
7.2.5 Индекс за моментно състояние на годност.....	76
7.3 АЛГОРИТЪМ ЗА ОРАЗМЕРЯВАНЕ	77
7.3.1 Определяне на необходимия SN	77
7.3.2 Избор на дебелина на пластовете	77
7.3.3 Анализ на многопластовата система	80
7.4 ЕТАПНО ИЗГРАЖДАНЕ	81
РАЗДЕЛ VIII	
ОРАЗМЕРЯВАНЕ НА ПЪТНАТА КОНСТРУКЦИЯ ПО МЕТОДА НА	
БРИТАНСКАТА ПЪТНОИЗСЛЕДОВАТЕЛСКА ЛАБОРАТОРИЯ	
(TRRL) – Road Note 29	86
8.1 ПОСЛЕДОВАТЕЛНОСТ НА ДЕЙСТВИЯТА ПРИ ОРАЗМЕРЯВАНЕ.....	86
8.2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ НА ВХОДНИТЕ ПАРАМЕТРИ.....	86
8.2.1 Оразмерително натоварване.....	86
8.2.2 Носимоспособност на земната основа	86
8.2.3 Характеризиране на материалите за конструктивните пластове.....	86
8.3 ПРЕДПАЗВАНЕ ОТ ВЪЗДЕЙСТВIЕТО НА КЛИМАТИЧНИТЕ УСЛОВИЯ	88
8.4 АЛГОРИТЪМ ЗА ОРАЗМЕРЯВАНЕ	88

РАЗДЕЛ IX	
ОРАЗМЕРЯВАНЕ НА ПЪТНАТА КОНСТРУКЦИЯ ПО МЕТОДА,	
БАЗИРАН НА ЕКВИВАЛЕНТИТЕ МОДУЛИ (на проф. Иванов).....	98
9.1 ПОСЛЕДОВАТЕЛНОСТ НА ДЕЙСТВИЯТА.....	98
9.2 ОПРЕДЕЛЯНИЕ НА ВХОДНИТЕ ПАРАМЕТРИ	98
9.2.1 Оразмерително натоварване	98
9.2.2 Необходим еквивалентен модул	99
9.2.3 Носимоспособност на земната основа	100
9.2.4 Избор на материали за конструктивните пластове	101
9.3 АЛГОРИТЪМ ЗА ОРАЗМЕРЯВАНЕ НА ПЪТНАТА НАСТИЛКА.....	103
9.3.1 Оразмеряване на пътните настилки по допустимо (оразмерително) огъване	104
9.3.2 Проверка на опънните напрежения в монолитните пластове.....	106
9.3.3 Проверка на срязващите напрежения.....	111
9.4 ЕТАПНО ИЗГРАЖДАНЕ	120
РАЗДЕЛ X	
ИЗЧИСЛЯВАНЕ НА НЕОБХОДИМОТО УСИЛВАНЕ НА СЪЩЕСТВУВАЩИ ПЪТНИ КОНСТРУКЦИИ.....	123
10.1 ОБЩИ ПОЛОЖЕНИЯ.....	123
10.2 ОПРЕДЕЛЯНИЕ НА НЕОБХОДИМИЯ ЕКВИВАЛЕНТЕН МОДУЛ	123
10.3 ОПРЕДЕЛЯНИЕ НА ФАКТИЧЕСКИЯ ЕКВИВАЛЕНТЕН МОДУЛ	123
10.4 ОБРАБОТКА НА РЕЗУЛТАТИТЕ ОТ ИЗМЕРВАНЕ НА ОГЪВАНЕТО.....	124
10.4.1 Определяне на меродавната стойност на огъването	124
10.4.2 Определяне на оразмерителната стойност на огъването.....	127
10.5. ОРАЗМЕРЯВАНЕ НА НЕОБХОДИМОТО УСИЛВАНЕ	129
РАЗДЕЛ XI	
ИКОНОМИЧЕСКИ АНАЛИЗ	133
11.1 ОСНОВНИ ПОЛОЖЕНИЯ.....	133
11.2 ОСНОВНИ ТЕРМИНИ	133
11.3 СЪЩНОСТ НА МЕТОДА	134
ПРИЛОЖЕНИЕ 1.....	137
ПРИЛОЖЕНИЕ 2.....	141

УВОД

Целта на това ръководство за оразмеряване е да се отразят съвременните постижения на пътната наука, да се насочим към изграждане на пътища с по-голяма икономическа ефективност и сигурност.

Ръководството включва четири метода за оразмеряване, като всеки от тях има своите особености.

В общата част са разгледани подходите за анализ на резултатите от проучване на движението, определяне носимоспособността на земната основа, мразоустойчивостта на пътната конструкция, усилване на съществуващи конструкции и провеждане на икономически анализ на алтернативни варианти.

Методът на Асфалтовия институт на САЩ е аналитичен, но при разработването му са проведени наблюдения на повече от 300 пътни участъка и е използван опитът от приложението на метода на AASHTO. С помощта на компютърна програма DAMA са изчислени и изчертани оразмерителните графики. За ползването им е необходимо да се познава носимоспособността на земната основа и оразмерителното натоварване. Важен момент от приложението на този метод е възможността за избор на степен на сигурност на проекта, което води до значително отместване във времето на реалната необходимост от изпълняване на усилващи пластове. Също така особеност е подхода при етапно изграждане, при което се предвижда изпълняването на пласта за втория етап да стане при запазена 40 % от работоспособността на конструкцията. Така се избягва появата на значителни разрушения преди началото на втория етап.

За оразмерените по този метод конструкции се допуска в края на оразмерителния период появата на коловоз с дълбочина 13 mm в резултат от изчерпване носимоспособността на земната основа или пукнатини от изчерпване работоспособността на асфалтовите пластове върху 20 % от площта на активната лента за движение.

Методът на AASHTO е разработен на базата на крупно полево изследване, проведено в края на 50-те години в САЩ, като в последната редакция, използвана от нас, са включени всички заключения и анализи от приложението му до 90-те години.

Подходът при оразмеряването дава възможност за избор на степен на сигурност на проекта в зависимост от класа на пътя. В края на оразмерителния период, в зависимост от избраната крайна стойност на индекса за моментно състояние на годност, физическото и функционалното състояние на настилката е различно и съответно необходимата рехабилитация е различна по обем.

Методът на Британската пътноизследователска лаборатория също е емпиричен. Входни параметри са носимоспособността на земната основа, оразмерителното натоварване и видът на материалите в пластовете. Оразмерителните графики определят такава конструкция, че в края на оразмерителния период е необходимо изпълняване на частична реконструкция или рехабилитация и значително усилване. Във връзка с това е необходимо след средата на оразмерителния период да се следи състоянието на настилката и проверява носимоспособността ѝ. Този метод е подходящ за по-слаб натоварени пътища и затова не са предвидени оразмерителни графики за оразмерителна ос 115 kN.

Методът на проф. Иванов е аналитичен. Оразмеряването се извършва на три етапа. Първоначално се определят необходимите дебелини на пластовете за обезпечаване на допустимото огъване, след това се прави проверка за опънните напрежения в стабилизираните пластове и проверка за срязващите напрежения в пластовете от несвързани материали и земната основа. При оразмерителен период 15 години се предвижда на 7^{-мата} или 8^{-мата} година изпълняване на среден ремонт.

За всяка получена конструкция се прави проверка за мразоустойчивост преди да се премине към провеждане на икономически анализ.

Провеждането на икономическия анализ за всяко решение е задължително. При него може да се прецизира изборът на материали за пластовете, продължителността на оразмерителния период, както и продължителността на етапите.

Ръководството е изгответо в ЦЛПМ, като разделите са разработени съответно от: н.с.инж. Весела Филирова - I, II, III, VI, VII, VIII и XI; ст.н.с.инж. Венелин Бойдев - IV и V; ст. н.с.инж. Валентин Манчев - IX и X.

Очаква се на територията на страната да влязат в действие класификатори на автомобилното движение, които ще отчитат и теглото на осите, както и общата маса на всяко МПС в движение. За първи път ще разполагаме с такава пълна информация за

натоварването от автомобилния поток върху пътната конструкция. Това ще наложи преработка на раздел III от това ръководство.

Тази година в ЦЛПМ започна подготовка за прилагане на Дефлектограф с падаща тежест за определяне на носимоспособността на съществуващите настилки и радар за определяне дебелините на конструктивните пластове, което ще доведе до преработка и на раздел X.

РАЗДЕЛ I

ОБЩИ ПОЛОЖЕНИЯ

Основна цел на оразмеряването на пътни настилки е създаването на подходяща инженерна конструкция, която да преразпределя натоварването от движението така, че напреженията и деформациите на различни нива в пластовете и в земната основа да остават в рамките на допустимите стойности за целия оразмерителен период.

1.1. ОБХВАТ

В настоящото ръководство са разгледани четири алтернативни метода за оразмеряване на асфалтови (огъваеми) пътни настилки, покритието на които е изпълнено от асфалтобетон, а основните пластове - от асфалтови смеси, неорганични зърнести материали, необработени със свързващо вещество или стабилизиранi с цимент. Това са методите на Асфалтовия институт - САЩ, на AASHTO - САЩ, на Пътноизследователската лаборатория - Англия, и на Московския пътен институт. Всички те са преработени и адаптирани към климатичните условия, материалите и стандартите в нашата страна и могат пряко да се прилагат в практиката. Разработени са примери за разясняване на работата с тях и улесняване на приложението им.

В обща част за методите са разгледани въпросите за определяне на оразмерителната интензивност и оразмерителното натоварване, на носимоспособността на земната основа, техническите изисквания към материалите в конструктивните пластове, мразоустойчивостта на пътната конструкция.

Критериите за устойчивост, залегнали във всеки от методите за оразмеряване, са разгледани при всеки от тях.

Разгледани са въпросите за етапно изграждане и усилване на пътните конструкции. Пътната конструкция освен здрава и надеждна за периода на експлоатация, трябва да бъде и икономически ефективна. В Ръководството е разгледан методът на *Осъвременените разновременни разходи* за икономически анализ на вариантни проектни решения и определяне на икономическата ефективност от замяната на едно решение с друго.

При проектиране на конкретна пътна конструкция е необходимо да се вземе предвид местният опит и наблюденията, проведени върху настилки в експлоатация, а също така и възможността за използване на добре проучени местни материали.

1.2. ТЕРМИНИ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В Приложение 1 са представени определенията на някои често използвани термини.

Използваните в текста означения са представени в Приложение 2.

1.3. ОСНОВНИ ПРЕДПОСТАВКИ

Асфалтовите настилки са многопластови вискоеластични системи. Материалите в конструктивните пластове са хомогенни и изотропни, и се характеризират с две еластични константи - модул на еластичност и коефициент на Поасон.

Във всеки от изложените методи задачата за определяне устойчивостта на тази сложна система е решена по различен начин.

Разрушителното въздействие на различните превозни средства върху конструкцията е приравнено към разрушителното въздействие на еквивалентен брой стандартни оси (стандартни автомобили за метода на Московския пътен институт), наричани оразмерителни оси (съответно оразмерителни автомобили).

Продължителността на оразмерителния период освен в години се изразява в общ брой оразмерителни оси, които могат да преминат по настилката преди да настъпи умора на материалите на различни нива в конструкцията, изразявана в достигане на определена големина на деформациите или повредите.

РАЗДЕЛ II

ОСНОВНИ ПРИНЦИПИ

2.1. ОБЩИ ПОЛОЖЕНИЯ

Материалите във всеки от пластовете се характеризират с модул на еластичност и коефициент на Поасон. Натоварването от движението е изразено в еквивалентен брой *Оразмерителни оси* за целия оразмерителен период (за методите на Асфалтовия институт, AASHTO и Британската пътноизследователска лаборатория) или в брой *Оразмерителни автомобили* за едно денонощие (метод на Московския пътен институт).

Пластовете на пътната конструкция са с ограничена дебелина, но неограничени в хоризонтално направление. Земната основа е с неограничени размери в хоризонтално направление и в дълбочина.

2.2. ОРАЗМЕРИТЕЛНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ

2.2.1. Модул на еластичност

Оразмерителна характеристика на материалите в пластовете на пътната настилка, подложени на кратковременни натоварвания от движещи се превозни средства, е модулът на еластичност.

A. Асфалтови смеси

Асфалтобетонът е вискоеластичен материал, върху чиито свойства влияят много фактори, които основно могат да се разделят на две групи:

- характеристики на асфалтовата смес: остатъчна порестост, обем и вискозитет на битума, количество на финия материал;
- външни характеристики: температура, честота и амплитуда на натоварване.

Въздействието на тези фактори е взето предвид във всеки от методите за оразмеряване на асфалтови пътни настилки.

B. Зърнести минерални материали за основни пластове, необработени със свързващо вещество

Големината на съпротивлението на зърnestите минерални материали в пластовете на пътните конструкции зависи от напрегнатото състояние. Изборът на оразмерителни стойности на модулите на еластичност е съобразен с това състояние.

В. Зърнести минерални материали за основни пластове, стабилизиирани с хидравлични свързващи вещества

Оразмерителна характеристика на тези материали е модулът на еластичност, якостта на натиск и якостта на опън. Стойностите на модула на еластичност при динамично натоварване зависят от количеството на хидравличното свързващо вещество (цимента), от вида на зърнестия минерален материал и неговата зърнометрия. Напрегнатото състояние оказва слабо влияние върху тази характеристика, а честотата на натоварване и броят на натоварванията не оказват почти никакво влияние.

Определянето на модула на еластичност при динамично натоварване е трудоемко и скъпо, затова в световната практика са разработени зависимости между неговата стойност и тази на якостта на натиск, определени на 7-мия или 28-мия ден, а също така между динамичния и статичния модул на еластичност.

2.2.2. Коефициент на Поасон

Коефициентът на Поасон изразява съотношението на вертикалната и хоризонталната деформация на материала.

2.3. МЕТОДИ ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ОРАЗМЕРИТЕЛНИТЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА МАТЕРИАЛИТЕ

Методът за определяне модула на еластичност зависи от вида на материала.

Стабилизираните материали с по-голяма коравина и асфалтобетонът се изпитват при динамично натоварване на индиректен опън при разцепване по методиката, дадена в стандарта ASTM D 4123 или се определя стойността на динамичния модул на еластичност – ASTM D 3497 – те са заложени в метода на AASHTO. В метода на Асфалтовия институт модулът на еластичност на асфалтовите смеси е определен за призматични пробни тела натоварени с товар с циклично изменяща се големина, но тази характеристика не участва пряко в оразмеряването. За метода на Московския пътен институт се определя модулът на коравината - опън при огъване на асфалтовите смеси за призматични пробни тела, натоварени в средата със статичен товар.

Естествените почви и нестабилизираните трошенокаменни и баластрени смеси, както и стабилизираните с хидравлични свързващи вещества почви и материали се изпитват за определяне модула на еластичност при динамично натоварване съгласно методиката, дадена

в стандарта AASHTO T 274. Нестабилизираните почви и материали се изпитват в условията на триосов натиск, а за стабилизираните - на едноосов. За метода на Московския пътен институт се определя модулът на еластичност при статично натоварване съгласно БДС 15 160. За метода на Британската пътноизследователска лаборатория се определя калифорнийският показател за носимоспособност съгласно ASTM D 1883.

Поради малките деформации и крехкото разрушаване на най-коравите материали за настилки - високоякостни стабилизации или постен бетон, е изключително трудно определянето на модула на еластичност при динамично натоварване чрез индиректен опън. За тези материали се препоръчва процедурата за определяне якостта на натиск.

2.4. ВЛИЯНИЕ НА КЛИМАТА

Околната среда въздейства върху поведението на пътните настилки по няколко начина. Изменението на температурата и водното съдържание влияят на здравината, трайността и носимоспособността на материалите в пластовете на настилката и в земното легло.

В районите, в които съществува замръзване на пътната конструкция най-неблагоприятни условия по отношение на асфалтовите пластове настъпват през пролетта при все още сравнително ниски температури, когато земната основа е преовлажнена от топене на снеговете и дъждове.

В края на пролетта при значително повишаване на температурите и вследствие на намаляване стойността на модула на еластичност на асфалтовите пластове настъпват най-неблагоприятни условия по отношение на земната основа.

Тези състояния са намерили отражение в различните методи за оразмеряване на асфалтови пътни настилки по различен начин.

РАЗДЕЛ III

АНАЛИЗ НА РЕЗУЛТАТИТЕ ОТ ПРОУЧВАНЕ НА ДВИЖЕНИЕТО

3.1. ОБЩИ ПОЛОЖЕНИЯ

Целта на този раздел е да се подготвят подходящи входни данни от проучване на движението, необходими за определяне на дебелината на конструкцията на асфалтовите пътни настилки.

Определят се броят и масите на осовите товари, които очакваме да преминат по настилката за определен период от време. Научните изследвания са доказали, че въздействието върху поведението на настилката на превозно средство с определена маса може да бъде изразено чрез определен брой преминавания на превозно средство с предварително избрано натоварване на задната ос - *Оразмерителен автомобил*, или чрез определен брой преминавания на ос с предварително избрано натоварване - *Оразмерителна ос*.

В настоящото ръководство под *Оразмерителен автомобил* се разбират два вида автомобили: такъв с натоварване на задната ос 100 kN и на предната - 60 kN, както и автомобил с натоварване на задната ос 115 kN и на предната - 70 kN, това се уточнява във всеки конкретен случай.

Под *Оразмерителна ос* се разбира както единична ос с натоварване 100 kN, така и единична ос с натоварване 115 kN, това се уточнява в конкретния случай.

Преди да започне оразмеряването на конструкцията на определена настилка, трябва да се уточни кой метод за оразмеряване ще бъде използван и съответно какъв *Оразмерителен автомобил* или каква *Оразмерителна ос*.

Всички данни, използвани при разработване на този раздел, са получени след проучвания за състава на автомобилния парк в страната.

3.2. ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ОРАЗМЕРИТЕЛНАТА ИНТЕНЗИВНОСТ НА ДВИЖЕНИЕТО

Информацията, представена в тази точка на раздела е необходима за определяне на оразмерителната интензивност на движението и оразмерителното натоварване от

движението. Използвани са следните основни понятия:

МЕРОДАВНИ АВТОМОБИЛИ (MA_i): превозни средства с осово натоварване поголямо от 25 kN и полезен товар над 15 kN.

КЛАСИФИКАЦИЯ: меродавните автомобили са класифицирани в 5 класа, на база на техническите възможности в страната за оценка на интензивността на движението.

Таблица 3.1

ВИД ПРЕВОЗНИ СРЕДСТВА	КЛАС
Лекотоварни автомобили с максимално осово натоварване 25 kN	I
Товарни автомобили с полезен товар до 60 kN	II
Тежкотоварни автомобили с полезен товар над 60 kN	III
Тежкотоварни автомобили с прицеп или с ремарке	IV
Автобуси	V

МЕРОДАВНА ИНТЕНЗИВНОСТ (MI_i): средната дневна интензивност на меродавните автомобили по класове през дадена година, изразена като брой на меродавните автомобили, преминали за едно денонощие в двете посоки на движение ($MA_i/\text{ден}$). (Тази стойност при оразмеряване на усилване може да се отчете от Каталога за интензивността на движението, разработка на ЦЛПМ към ИАП.)

ПРИВЕДЕНА ИНТЕНЗИВНОСТ (PI_i): интензивност на оразмерителните автомобили, равностойна по действие върху настилката с това на действителната обща меродавна интензивност. Определя се като сума от произведенията на меродавната интензивност - MI_i , за всеки клас меродавни автомобили и преводния коефициент за класа и се изразява в *Оразмерителни Автомобили*. (Тази стойност при оразмеряване на усилване може да се отчете от Албума за интензивността на движението, разработка на ЦЛПМ към ИАП.)

При оразмеряване конструкциите на нови пътища се изчислява първоначално привлечено движение във вид на меродавна привлечена интензивност и приведена привлечена интензивност.

$$ПИ_i = МИ_i \cdot ПКК_i \quad (3.1)$$

ПРЕВОДЕН КОЕФИЦИЕНТ ЗА КЛАСА (ПКК_i): броят преминавания на оразмерителния автомобил, чието въздействие върху настилката е еднакво с това на едно преминаване на един представителен автомобил от съответния клас. Стойностите на преводните коефициенти за класа са дадени в Таблица 3.2.

Таблица 3.2

ПРЕВОДНИ КОЕФИЦИЕНТИ ЗА КЛАСА

КЛАС	ПРЕВОДЕН КОЕФИЦИЕНТ ЗА КЛАСА
I	0
II	0,03
III	0,20
IV	1
V	0,8

ОРАЗМЕРИТЕЛНА ИНТЕНЗИВНОСТ (ОИ): конструкцията на настилката се проектира с цел да поеме натоварването от движението за целия оразмерителен период. Следователно при пристъпване към изчисленията трябва да се знае оразмерителната интензивност, т.е. какъв брой оразмерителни автомобили, ще преминават дневно по оразмерителната лента, изчислени като средна стойност за оразмерителния период и се изразява в ОА/ден. Тази стойност се определя като произведение от приведената интензивност, прогнозния коефициент за класа меродавни автомобили и показателя на лентата.

$$ОИ = [\Sigma (МИ_i \cdot ПКК_i \cdot ПК_i)] \cdot ПЛ \quad (3.2)$$

ОРАЗМЕРИТЕЛНА ЛЕНТА: пътната лента, по която се очаква да преминат най-голям брой оразмерителни автомобили (или оразмерителни оси - съгласно метода за оразмеряване) през оразмерителния период. За многолентови пътища това обикновено е най-дясната лента за движение.

ПОКАЗАТЕЛ НА ЛЕНТАТА (ПЛ): показва каква част от превозните средства преминава по оразмерителната лента. Стойността му зависи от броя на лентите за движение.

Таблица 3.3

БРОЙ ЛЕНТИ ЗА ДВИЖЕНИЕ	ПОКАЗАТЕЛ НА ЛЕНТАТА	
	Еднопосочко движение	Двупосочко движение
две	0,90	0,50
три	0,80	0,40
четири	0,80	0,38

ОРАЗМЕРИТЕЛЕН ПЕРИОД (*n*): времето в години от въвеждането на настилката в експлоатация до първия ремонт, който цели увеличаване на работоспособността ѝ. Препоръчва се конструкциите на асфалтовите пътни настилки да се проектират за оразмерителен период 15 години.

ПРОГНОЗЕН КОЕФИЦИЕНТ (PK_i): число, което показва бъдещото изменение на интензивността на меродавните автомобили - дали ще се увеличава, намалява или ще остане постоянна. Определя се по формулата:

$$PK_i = (I + P/100)^q \quad (3.3)$$

където: q - периодът от годината на пребояване на движението до средата на оразмерителния период, години;

P - средното годишно нарастване интензивността на меродавните автомобили, процент. Ако $P=0$, няма нарастване на движението. Стойността на P може да се определи чрез специално изследване или да бъде взета от съответния Албум за интензивността на движението.

3.3. ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ОРАЗМЕРИТЕЛНОТО НАТОВАРВАНЕ ОТ ДВИЖЕНИЕТО

МЕРОДАВНО НАТОВАРВАНЕ: изразява се чрез общия брой оразмерителни автомобили, преминали през оразмерителния период по оразмерителната лента, изразява се в ОА и се определя по формулата:

$$MH = 365 \cdot n \cdot OI \quad (3.4)$$

ОРАЗМЕРИТЕЛНОТО НАТОВАРВАНЕ: общият брой оразмерителни оси, който се очаква да преминат по оразмерителната лента за оразмерителния период, изразява се в ОО и се определя по формулата:

$$OH = MH \cdot K \quad (3.5)$$

Стойността на K се определя от таблица 3.4.

Таблица 3.4

Оразмерителни оси	Оразмерителни автомобили	
	100 kN	115 kN
	100 kN	115 kN
	1,850	2,004
	1,719	1,862

3.4. ОПРЕДЕЛИЯНЕ НА ОРАЗМЕРИТЕЛНОТО НАТОВАРВАНЕ - РЕД НА ДЕЙСТВИЯТА:

- (1) Определя се меродавната интензивност (MI_i).
- (2) Определя се средно прогнозният коефициент за отделните класове меродавни автомобили (PK_i).
- (3) Избира се продължителността на оразмерителния период (n).
- (4) Определя се оразмерителната интензивност (OI).
- (5) Определя се меродавното натоварване (MH).
- (6) Определя се оразмерителното натоварване (OH).

ПРИМЕР:

Двулентов еднопосочен път, оразмерителен период 15 години с начало 2000-та година, средногодишно нарастване интензивността на: автобуси – 2 %; товарни автомобили – 3 %.

Клас меродавни автомобили	Меродавна интензивност 1990 г.	Преводен коеф. за класа	Показател на лентата	Прогнозен коефициент	Оразмерителна интензивност
I	901	0	-	-	-
II	114	0,03	0,9	1,677	6
III	192	0,20	0,9	1,677	58
IV	46	1	0,9	1,677	70
V	77	0,8	0,9	1,414	79
Общо					213

$$MH = 365 \times 15 \times 213 = 1 166 175 [OA]$$

$$OH = 1 166 175 \times 1,85 = 2 157 424 [OO]$$

3.5. СЛАБО НАТОВАРЕНИ ПЪТИЩА

Пътища, които провеждат голям поток от леки автомобили и минимален брой тежкотоварни автомобили и автобуси са предмет на специално внимание.

Ако за оразмеряването на конструкцията на техните настилки се използват изчислената по гореописания начин оразмерителна интензивност или оразмерително натоварване, ще се получат твърде тънки пластове. Тяхната носимоспособност не би била достатъчна за поемане на натоварването от случайно преминаващи тежки товари: превозни средства, обслужващи поддържането и почистването на пътя или района.

РАЗДЕЛ IV

ЗЕМНА ОСНОВА

4.1. ДЕФИНИЦИЯ

Земната основа на настилката в насип и изкоп е зоната непосредствено под настилката, в която напреженията и деформациите, предизвикани от подвижни товари, затихват. Дълбочината на тази зона е възприета 0,5 m, мерена в най-ниската точка на земното легло на настилката, към която трябва да се предявява особено внимание относно подбора на почвите и материалите, които ще я изграждат и степента на тяхното изкуствено уплътняване. За да може земната основа да изпълнява успешно своето предназначение, тя трябва да бъде предпазена от замръзване през зимния период и целогодишно отводнена. С оглед подобряване на функциите на земната основа се допуска стабилизирането на изграждащите я почви и материали (механично или чрез свързващи вещества) или подмяна на естествено изграждащите я почви с други, доставени почви или материали, притежаващи по-добри качества.

4.2. ОБСЛЕДВАНЕ НА ТРАСЕТО И ПОДБОР НА ПОЧВИТЕ

Проектирането на земната основа е крайният етап от проектирането на земното платно на пътя, когато са известни всички данни от изпитването на почвите, изграждащи пътните насипи и изкопи, на които всички конструктивни елементи в напречните профили са получили проектното си решение. Особено важно е при изравняването на земните маси проектът да се съобразява и с преобладаващите почвени групи така, че тези с най-добри качества да се предоставят за изграждане на земната основа на пътната конструкция. Това е напълно възможно при насипи. При изкопи е меродавна природната даденост. Във всички случаи пътното трасе се разделя на участъци според преобладаващата почвена група. Минималната дължина на тези участъци е 200 m, а максималната - 2000. За тези дължини се извършва оразмеряването на пътната конструкция от гледна точка на качествата на нейната земна основа. Резултатите от земномеханичните изследвания в процеса на проектирането на пътната конструкция се съпоставят с резултатите от изследване на почвени проби в процеса на изграждане на земната основа и при необходимост се правят корекции в оразмеряването на пътната конструкция. Броят на изпитаните проби и начинът на оценяване на меродавната стойност на носимоспособността на земната основа се определят индивидуално за всеки от методите за оразмеряване. Когато една почвена група на едно протежение под 200 m се

оказва с по-благоприятни технически характеристики от съседните участъци, за меродавни се приемат съседните участъци. Когато една почвена група е с по-неблагоприятни технически характеристики на дължина също под 200 m, тя се заменя в процеса на изграждането на земната основа с почва, доставена от съседната почвена група или от подходящ почвен заем така, че съседният участък с по-добрата почвена група да остане меродавен. При проектирането на земната основа в насили проектантът разполага с определени обективни възможности за подбор по отношение наличните почвени групи, който да бъде реализиран с определено движение на почвените маси или доставяне на почви и материали от подходящ, предварително набелязан и изследван почвен или карьерен заем. По-трудно е тази селекция да се реализира в изкопните участъци на трасето. Ако реалната даденост от почвени видове в изкоп не удовлетворява, може да се прибегне до изграждане на междинен подосновен пласт с материал от подходящ почвен или карьерен заем при условие, че това мероприятие не влиза в противоречие с нивелетното решение на пътя.

4.3. ЛАБОРАТОРНИ ИЗПИТВАНИЯ И КЛАСИФИЦИРАНЕ НА ПОЧВИТЕ ЗА ПЪТНО СТРОИТЕЛСТВО

Лабораторното изпитване на почвените пробы се извършва в съответствие със стандартите, посочени в "Норми за проектиране на земното тяло на автомобилните пътища" и в Техническите спецификации.

Таблица 4.1

**ЛАБОРАТОРНО ИЗПИТВАНЕ НА ПОЧВЕНИ ПРОБИ И МАТЕРИАЛИ
НА ЗЕМНА ОСНОВА**

НАИМЕНОВАНИЕ НА ИЗПИТВАНЕТО	ЦЕЛ НА ИЗПИТВАНЕТО
Граница на протичане	Класификация на почвата
Граница на източване	Класификация на почвата
Показател на пластичност	Класификация на почвата
Зърнометричен състав	Класификация на почвата
Уплътняване	Максимална плътност при оптимално водно съдържание
CBR	Носимоспособност на земната основа

Според класификацията по AASHTO M 145 почвите се подразделят на групи както следва: A-1 (A-1-a, A-1-6), A-3, A-2 (A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7), A-4, A-5, A-6, A-7 (A-7-5, A-7-6), A-8. Класифицирането на почвите се извършва на базата на лабораторните изпитвания на пробы за установяване на консистентните им гаранции и на зърнометричния им състав.

Изпитването за модифицирано стандартно уплътняване по метода на Проктор да се извърши съгласно AASHTO T 180 (БДС 17146). Изпитването за определяне на Калифорнийския показател за носимоспособност (CBR) да се извърши съгласно AASHTO T 193 (или по “Методика за определяне на показателя за носимоспособност CBR на строителни почви и неорганични зърнести строителни материали в лабораторни условия”).

4.4. КРИТЕРИИ ЗА ПОДБОР НА ПОЧВИТЕ ЗА ЗЕМНА ОСНОВА

Критериите за подбор на почвите от земната основа на настилката, като елемент от земното тяло на пътя, са посочени в “Норми за проектиране на земното тяло на автомобилни пътища” на ИАП и в Техническите спецификации. Мразовата защита на земната основа зависи от пътната настилка (дебелина и вид на съставящите я пластове). Тя се разглежда в раздел V на Ръководството.

4.5. УПЛЪТНЯВАНЕ НА ЗЕМНАТА ОСНОВА

От всяка почва, която е предвидено да бъде вградена в земната основа (зона А на земното тяло) трябва да бъдат взети, съобразно изискванията на точка 4.2. Почвените образци в съответствие с AASHTO T 180 (БДС 17146) се подлагат на модифицираното уплътняване по метода на Проктор (уплътняваща работа $W = 2.7 \text{ kJ/dm}^3$). Степента на уплътняване $mod K_{pr}$ равна на отношението на необходимата проектна плътност на скелета ρ_d към стандартната модифицирана плътност $mod \rho_{d,pr}$, е указана в “Норми за проектиране на земното тяло на автомобилни пътища” на ИАП.

4.6. ОПРЕДЕЛЯНЕ НА НОСИМОСПОСОБНОСТТА НА ЗЕМНАТА ОСНОВА

Носимоспособността на земната основа се характеризира чрез модула на еластичност - M_R или E , или калифорнийския показател за носимоспособност – CBR , на изграждащата я почва. При невъзможност за определяне стойността на модула на еластичност се прилагат корелационни връзки между него и оразмерителната стойност на калифорнийския показател за носимоспособност - CBR_0 .

Оразмерителната стойност на калифорнийския показател - CBR_0 съответства на най-неблагоприятното (проектно) състояние на земната основа, респективно на нейното най-високо (пролетно) водно съдържание. Последното съответства на най-неблагоприятните сезонни хидрологични и хидрогеологични условия и на паровата миграция в края на зимния сезон, която приключва процеса на сезонното влагонатрупване в земната основа под въздействието на климатичните условия.

се на сно на . от ини эва а в на зци зне K_{pr} ата на т - з я гат тел ии- ии- ии- ия од Хидрологките и хидрогеологките условия на земната основа (зона А на земната тяло) се подразделят на благоприятни, нормални и неблагоприятни.

Благоприятни хидрологки и хидрогеологки условия се формират при път в насип с височина, мерена от долната повърхност на настилката, по-голяма от 1,5 m за всяка точка от напречния профил.

Нормални хидрологки и хидрогеологки условия се формират:

- при път в смесен напречен профил с дълбочина на почвените води по-голяма от 1,5 m, мерена от долната повърхност на настилката;
- при път в изкоп с дълбочина на почвените води, по-голяма от 1,5 m, мерена от долната повърхност на настилката;
- при път в насип с височина, по-малка от 1,5 m, мерена от долната повърхност на настилката и при почвени води в теренната му основа на дълбочина, по-голяма от 1,5 m, мерена от долната повърхност на настилката;
- при път в участъци близо до преходни точки на нивелетата, в надлъжния профил, както в изкоп, така и в насип, за които почвените води са на дълбочина по-голяма от 1,5 m, мерена от долната повърхност на настилката.

Неблагоприятни хидрологки и хидрогеологки условия се формират:

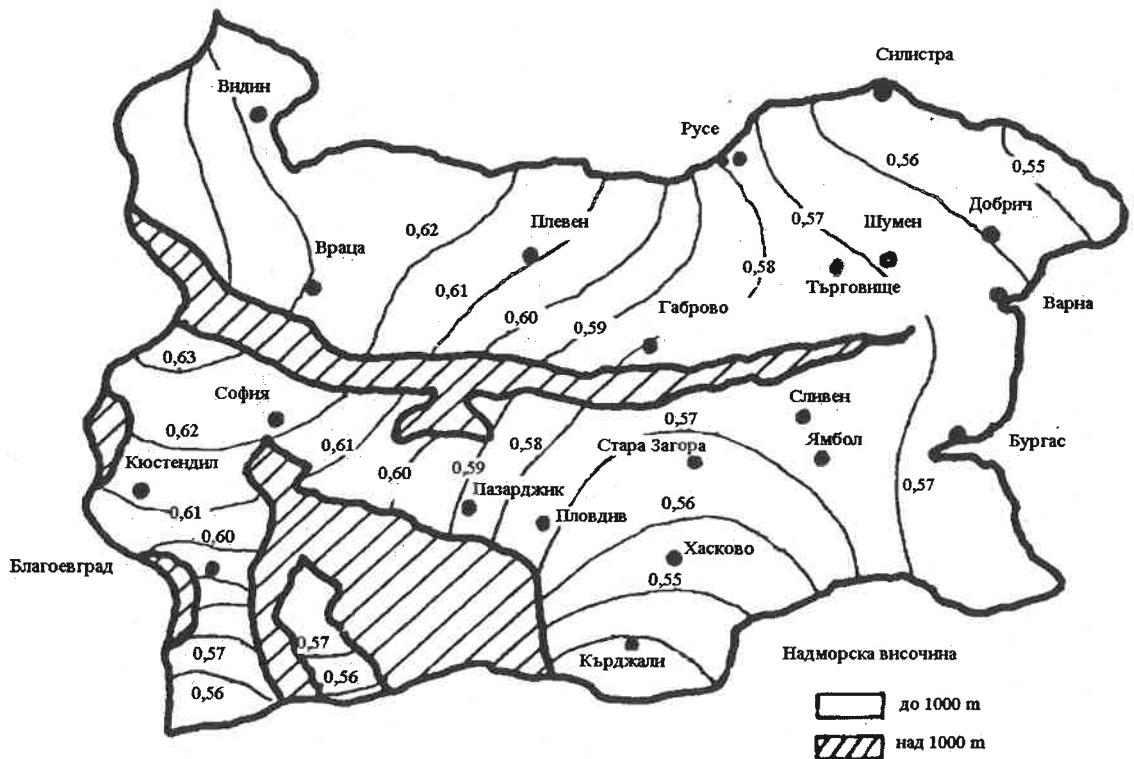
- при път в изкоп и при дълбочина на почвените води по-малка от 1,5 m, мерена от долната повърхност на настилката;
- при път в насип с височина, по-малка от 1,5 m, мерена от долната повърхност на настилката и при почвени води в теренната му основа на дълбочина по-малка от 1,5 m, мерена от долната повърхност на настилката.
- при път в смесен напречен профил с дълбочина на почвените води по-малка от 1,5 m, мерена от долната повърхност на настилката;
- при път в участъци близо до преходни точки на нивелетата в надлъжния профил, както в изкоп, така и в насип, за които почвените води са на дълбочина по-малка от 1,5 m, мерена от долната повърхност на настилката.

Базирайки се на "Норми за проектиране на земното тяло на автомобилни пътища" на ИАП, проектът трябва да осигури изключване на неблагоприятните хидрологки и хидрогеологки условия за пътната конструкция на автомагистрали.

Влиянието на климатичните условия (географския фактор) върху носимоспособността на земната основа, чрез въздействието им върху зимната парова миграция, се отчита по формулата:

$$k = \frac{W}{W_L}, \quad (4.1)$$

където k - бездименсионен коефициент на водно-топлинния режим на земната основа, отчетен от картата с изохети (фиг. 4.1);
 W - водно съдържание, формирано от зимната парова миграция;
 W_L - граница на протичане на изграждащата почва.



Фиг. 4.1. Изохети за изменение на коефициента k на територията на страната

Изохетите от фиг. 4.1 са изчислени в съгласие с теорията на водно-топлинния режим на пътната конструкция, при осреднени характеристики на изграждащите земната основа почви, за възможно промръзване на земната основа при по-сувори зимни условия, явяващи се веднъж на седем-осем години, за пътна конструкция, оразмерена за $1,0 \cdot 10^6$ оразмерителни оси с маса 100 kN и осреднени физико-механични показатели на изграждащите я материали. Зимната парова миграция може да бъде ограничена при недопускане на промръзване на земната основа и при недопускане на почвени води в нея.

Стойностите на модула на еластичност при динамично натоварване – M_R , на почвата в земната основа се определя съгласно AASHTO T 274.

Стойностите на модула на еластичност при статично натоварване се определят на място съгласно БДС 15 130 и лабораторно съгласно БДС 15 560.

Прилагането на корелационните зависимости за определяне модула на еластичност при оразмерителното състояние на земната основа предполага предварителното познаване на CBR_0 за същото това състояние. Този показател се установява по формулата:

$$CBR_0 = c CBR, \quad (4.2)$$

където CBR_0 – калифорнийски показател за носимоспособност, съответстващ на оразмерителното (пролетното) състояние на земната основа, %;

CBR - същия показател, установлен при лабораторни условия на почвена проба, доведена до плътност ρ_d и оптимално водно съдържание W_{opt} в съгласие с AASHTO T 180 (БДС 17146) за модифициран Проктор, %;

c - коефициент, отразяващ влиянието на хидрологките, хидрогеоложките и климатичните условия, възприет по таблица 4.2 за различни по своя показател на пластичност (I_p) почви.

4.7. ЗАЩИТА НА ЗЕМНАТА ОСНОВА

Зашитата на земната основа от мраз се осигурява в съответствие с постановките на раздел V от Ръководството.

Таблица 4.2

		КОЕФИЦИЕНТ c (%) КЪМ ФОРМУЛА (4.2)					
Климатични условия, съгласно кофициент	Баластри с Ip до 6%	Почви с Ip до 6%			Почви с Ip над 10%		
		Хидрологки и хидротехнически условия					
k от формула (4.1)		благоприятни и неблагоприятни	нормални и неблагоприятни	неблагоприятни	благоприятни и приятни	нормални и приятни	неблагоприятни и приятни
Над 0,60	100	75	95	45	35	90	55
От 0,60 до 0,57	100	75	98	65	55	93	70
Под 0,57	100	75	100	70	60	98	75
						63	100
						82	78

РАЗДЕЛ V

МРАЗОУСТОЙЧИВОСТ НА ПЪТНАТА КОНСТРУКЦИЯ

5.1. ОБЩИ ПОЛОЖЕНИЯ

Под понятието мразоустойчивост на пътната конструкция се разбира запазване на нейната нормална работоспособност през и след зимния период (т.е. запазване на носимоспособността на всички нейни пластове, на нейните равност и геометрични елементи). По-специално това означава, че земната основа, основните и подосновните, необработени със свързващи вещества, пластове са така проектирани и изпълнени, че се запазват стабилни с гарантирани качества през и след зимния период.

5.2. ПРЕДОТВРАТИЯНЕТО НА ЗИМНИТЕ ПОВРЕДИ НА ПЪТИЩАТА СЕ СВЪРЗВА СЪС СЛЕДНИТЕ ЕЛЕМЕНТИ НА ПРОУЧВАНЕ:

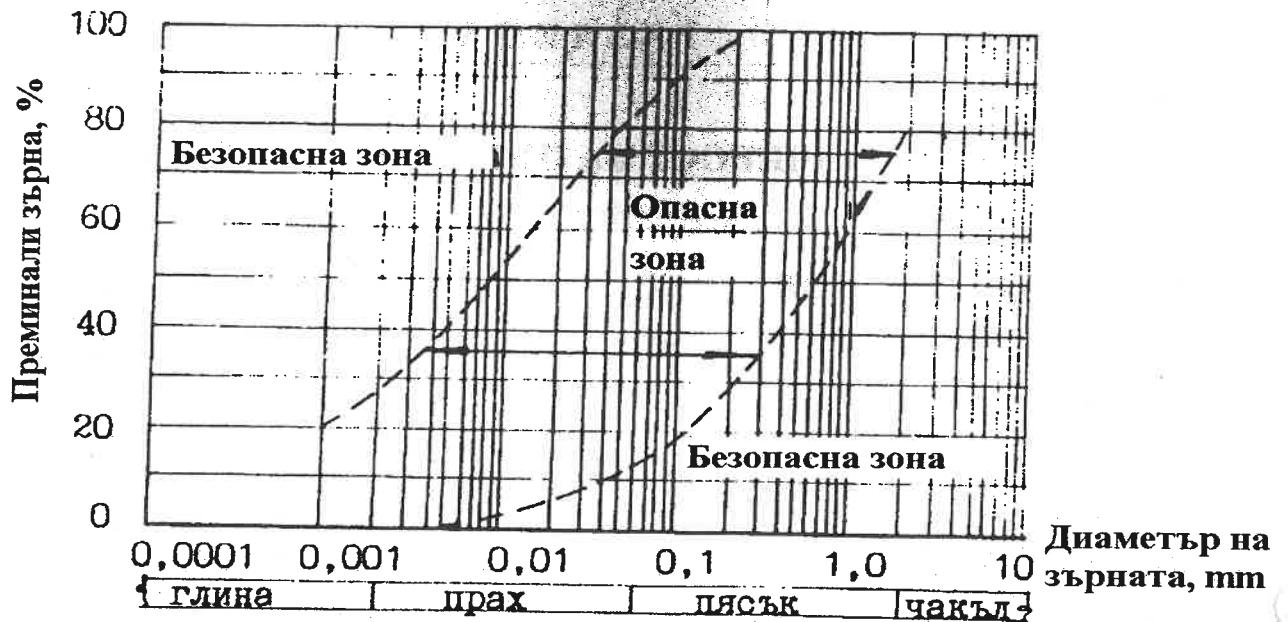
5.2.1. Анализ на мразовата чувствителност на почвите, баластрените и трошенокаменните материали

Ориентировъчно безопасни при мраз почви са свързаните с показател на пластичност над 20 %. Такива почви в естествени условия са недрениращи, което ги прави практически безопасни.

Несвързаните и свързаните почви могат да се разглеждат като безопасни при мраз, ако отговарят на определени изисквания по отношение на зърнометричния им състав, изразени графично във фиг. 5.1.

Материалите от баластри находища, както и трошенокаменните материали и металургичните шлаки, предназначени за изграждане на земната основа са нечувствителни към мраз, ако фракцията под 0,071 mm е в количество под 15 %.

Всички баластри, трошенокаменни материали и металургични шлаки, предназначени за основни и подосновни пластове трябва да отговарят на изискванията на действащите Технически спецификации, които гарантират тяхната мразоустойчивост.



Фиг. 5.1

5.2.2. Анализ на хидрологките и хидрогеоложките условия

Хидрологките и хидрогеоложките условия са дефинирани в раздел IV. От гледна точка на мразоустойчивостта на пътната конструкция нежелателни мразови явления са възможни, ако хидрологките и хидрогеоложките условия се класифицират като неблагоприятни и когато земната основа не е защитена срещу отрицателни температури. Това води до мразово подуване и до ледени образувания в земната основа. При нормални и при благоприятни хидрологки и хидрогеоложки условия и при отрицателни температури в земната основа е възможна слаба (умерена, затихваща) зимна миграция на водата отдолу нагоре в земното тяло с частично понижение на носимоспособността на земната основа през пролетта.

5.2.3. Анализ на изолационната защита на настилката относно проникването на отрицателни температури в земната основа

Зимните повреди в пътната конструкция се влияят в голяма степен от големината на абсолютните стойности на отрицателните температури, които проникват в земната основа през настилката, както и от продължителността на тяхното въздействие. В този смисъл твърде съществена е изолационната роля на конструктивните пластове на настилката по отношение на отрицателните температури, която на свой ред зависи от дебелината на тези пластове и от вида на материалите, от които те са изградени. Дебелината на

конструктивните пластове и видът на изграждащите ги материали са предмет на оразмеряването на конструкцията в зависимост от очаквания пътен трафик. След като тази процедура приключи, е необходима проверка и евентуални корекции в оразмеряването на пътната конструкция в зависимост от климатичните фактори и от местните хидрологични и хидрогеологични условия.

Изолационната защита на настилката като цяло зависи от нейното топлинно съпротивление R_o , което оказва влияние върху воднотоплинния режим на конструкцията.

$$R_o = \frac{h_1}{\lambda_1} + \dots + \frac{h_m}{\lambda_m} \quad (5.1)$$

където: R_o - топлинно съпротивление, $m^2 hg / kcal$;

h_1, \dots, h_m - дебелините на съставящите настилката пластове, м;

$\lambda_1, \dots, \lambda_m$ - коефициенти на топлопроводност на материалите в съответните пластове, $kcal/mhg$.

Стойностите на коефициента λ за най-често употребяваните пътностроителни материали се възприемат съгласно таблица 5.1.

Таблица 5.1

СТОЙНОСТИ НА КОЕФИЦИЕНТА НА ТОПЛОПРОВОДИМОСТ НА РАЗЛИЧНИ ПЪТНОСТРОИТЕЛНИ МАТЕРИАЛИ

Материал	$\lambda, kcal/mhg$
Плътна асфалтобетонова смес за износващ пласт	1,10 – 1,30
Пореста асфалтобетонова смес за долн пласт на покритието	0,90 – 1,00
Пореста асфалтобетонова смес за основа	0,65 – 0,75
Високопореста асфалтобетонова смес за основа	0,55 – 0,65
Шлаки металургични	0,25 – 0,45
Минерални материали, стабилизиранi с течни органични свързвращи вещества	0,80 – 1,20
Трошен камък с подбран зърнометричен състав	1,80 – 2,20
Баластра	1,90 – 2,40
Зърнести минерални материали, стабилизиранi с неорганични свързвращи вещества	1,20 – 1,80
Почви с различни степени на свързаност	1,50 – 3,00

Замръзващата дълбочина z на пътната конструкция се изчислява по формулата:

$$z = z_m \quad (5.2)$$

където: z е замръзващата дълбочина на почвата, от която е изградена земната основа, но при условията на открито поле, см. Отчита се от картата с изохети за територията на страната (фиг.5.2);

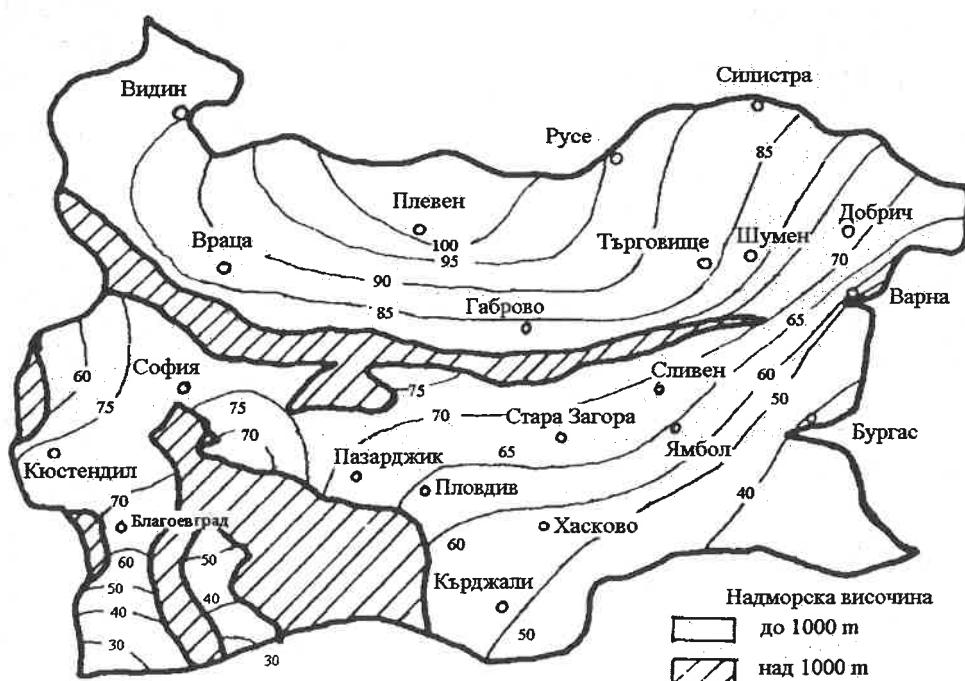
m – бездименсионен коефициент, който се определя по формулата:

$$m = \frac{\lambda_{3n}}{\lambda_{on}}; \quad (5.3)$$

където: λ_{3n} – коефициент на топлопроводност на почвата, непосредствено под настилката;

При равни други условия зависи от топлинната съпротивляемост на настилката, в съгласие с данните от таблица 5.2.

λ_{on} – коефициент на топлопроводност на почвата в условия на открито поле. Приема се средно 2,50 kcal/mhg за I климатична зона, съответно 2,2 kcal/mhg за II климатична зона. Климатичните зони се определят от фиг. 5.3.



Фиг. 5.2. Изохети на замръзващата дълбочина z на почвата в открито поле за територията на страната, см

Таблица 5.2

**ПРЕПОРЪЧИТЕЛНИ СТОЙНОСТИ НА КОЕФИЦИЕНТА λ_{sp} В ЗАВИСИМОСТ ОТ
ТОПЛИННОТО СЪПРОТИВЛЕНИЕ НА НАСТИЛКАТА**

R_o	Под 0,18	от 0,18 до 0,25	от 0,26 до 0,35	от 0,36 до 0,45	от 0,46 до 0,55	от 0,56 до 0,65	над 0,65
λ_{sp}	2,30	2,15	2,00	1,85	1,70	1,65	1,50

Ако е необходимо, дебелината на подосновния противозамръзващ пласт се приема ориентировъчно равна на разликата между замръзващата дълбочина на оразмерената за автомобилния трафик пътна конструкция – z , и общата дебелина на настилката на същата.

След това отново се изчислява R_o по формула (5.1), като се включи влиянието на подосновния противозамръзващ пласт, и по формула (5.2) се изчислява новата стойност на z . Последната не трябва да бъде по-голяма от общата дебелина на настилката и подосновния противозамръзващ пласт. Включението подосновен противозамръзващ пласт следва да отговаря на посочените във фиг.5.1 изисквания за нечувствителност към отрицателни температури, като зърнометричната му линия трябва да бъде разположена под долната гранична линия на опасната зона. Неговата минимална дебелина трябва да бъде 1,5 пъти по-голяма от d_{max} на зърната.



Фиг. 5.3 Климатично райониране на Р България

ПРИМЕР:

Разглеждаме пътна конструкция в района на гр. Русе със следните конструктивни пластове:

40 mm – износващ пласт от плътна асфалтова смес;

60 mm – долн пласт на покритието;

200 mm – горен основен пласт от асфалтова смес за основи;

150 mm – долн основен пласт от трошен камък с подбрана зърнометрия;

150 mm – подосновен пласт баластра.

Общата дебелина е 600 mm

От таблица 5.1 отчитаме стойностите на λ :

1,20 – износващ пласт от плътна асфалтова смес;

0,95 – долн пласт на покритието;

0,70 – горен основен пласт от асфалтова смес за основи;

2,00 – долн основен пласт от трошен камък с подбрана зърнометрия;

2,05 – подосновен пласт баластра.

Топлинното съпротивление на конструкцията е:

$$R_0 = \frac{0.04}{1.2} + \frac{0.06}{0.95} + \frac{0.20}{0.70} + \frac{0.15}{2.0} + \frac{0.15}{2.05} = 0.53$$

В района на гр. Русе замръзващата дълбочина съгласно фиг.5.2 е 95 см.

$\lambda_{zn} = 1,70$ съгласно таблица 5.2 при изчисленото $R_0 = 0,53$.

За първа климатична зона съгласно фиг. 5.3 определяме $\lambda_{on} = 2,50 \text{ kcal/mhg}$ и следователно:

$$m = \frac{1.7}{2.5} = 0.68$$

$$z = 95 \cdot 0.68 = 64.6 \text{ cm}$$

Общата дебелина на предварително избраната конструкция е 60 см, което означава, че ще увеличим дебелината на подосновния пласт на 20 см и тогава получаваме:

$$R_0 = \frac{0.04}{1.2} + \frac{0.06}{0.95} + \frac{0.20}{0.70} + \frac{0.15}{2.0} + \frac{0.20}{2.05} = 0.55$$

$\lambda_{en} = 1,70$ съгласно таблица 5.2 при изчисленото $R_0 = 0,55$.

За първа климатична зона съгласно фиг. 5.3 определяме $\lambda_{on} = 2,50 \text{ kcal/mhg}$ и следователно:

$$m = \frac{1.7}{2.5} = 0.68$$

$$z = 95 \cdot 0.68 = 64.6 \text{ cm}$$

но общата дебелина на конструкцията е 65 см.

РАЗДЕЛ VI

ОРАЗМЕРЯВАНЕ НА ПЪТНАТА КОНСТРУКЦИЯ ПО МЕТОДА НА АСФАЛТОВИЯ ИНСТИТУТ

При разработването на този метод за оразмеряване на асфалтови пътни настилки са използвани утвърдени постановки на теория на еластичността, както и голям брой данни от лабораторни и полеви изследвания.

Оразмерителните графики са съставени в резултат на анализа на напрегнатото и деформирано състояние в пътната конструкция на голям брой вариантни модели на настилки при следните критерии:

- устойчивост на умора на асфалтовите пластове, която е резултат от повтарящите се опънни напрежения в долната им повърхност; т.е. ограничава се появата на пукнатини вследствие умора. Критериите за устойчивост на умора представляват фамилии от криви, които изразяват зависимостта между относителните деформации, модула на еластичност при динамично натоварване на асфалтобетона и броя натоварвания до пълно изчерпване на работоспособност. За момент на изчерпване устойчивостта на умора е появата на пукнатини, които заемат 20% от повърхността на пътната лента;

- устойчивост на деформации - ограничава се допустимата стойност на вертикалната деформация на повърхността на земната основа. Прилагането на този критерий и качественото полагане на пластовете от пътната конструкция, съчетано с доброто им уплътняване и подходящ състав на асфалтовата смес обезпечава добро поведение на настилката за оразмерителното натоварване. За момент на изчерпване на устойчивостта на деформации се приема появата на коловоз на повърхността на настилката с приблизителна дълбочина 13 mm.

Определената от оразмерителните графики дебелина на конструкцията удовлетворява и двата критерия. Минималните дебелини на асфалтовите пластове са функция на оразмерителното натоварване от движението.

Приносът на пластовете от хидравлично свързани зърнести минерални материали е приравнен към този на пласт с еквивалентна дебелина от необработен със свързващо вещество зърнест минерален материал с подбрана зърнометрия и нормирани физико-механични свойства.

6.1. ПОСЛЕДОВАТЕЛНОСТ НА ДЕЙСТВИЯТА ПРИ ОРАЗМЕРЯВАНЕ

Редът на работата е даден на фиг.6.1 и е обяснен по-долу:

А. Определяне на входните параметри:

- оразмерително натоварване от движението;
- носимоспособност на земната основа;
- избор на материали за конструктивните пластове.

Б. Определяне на варианти на конструкцията съобразно зададените входни данни.

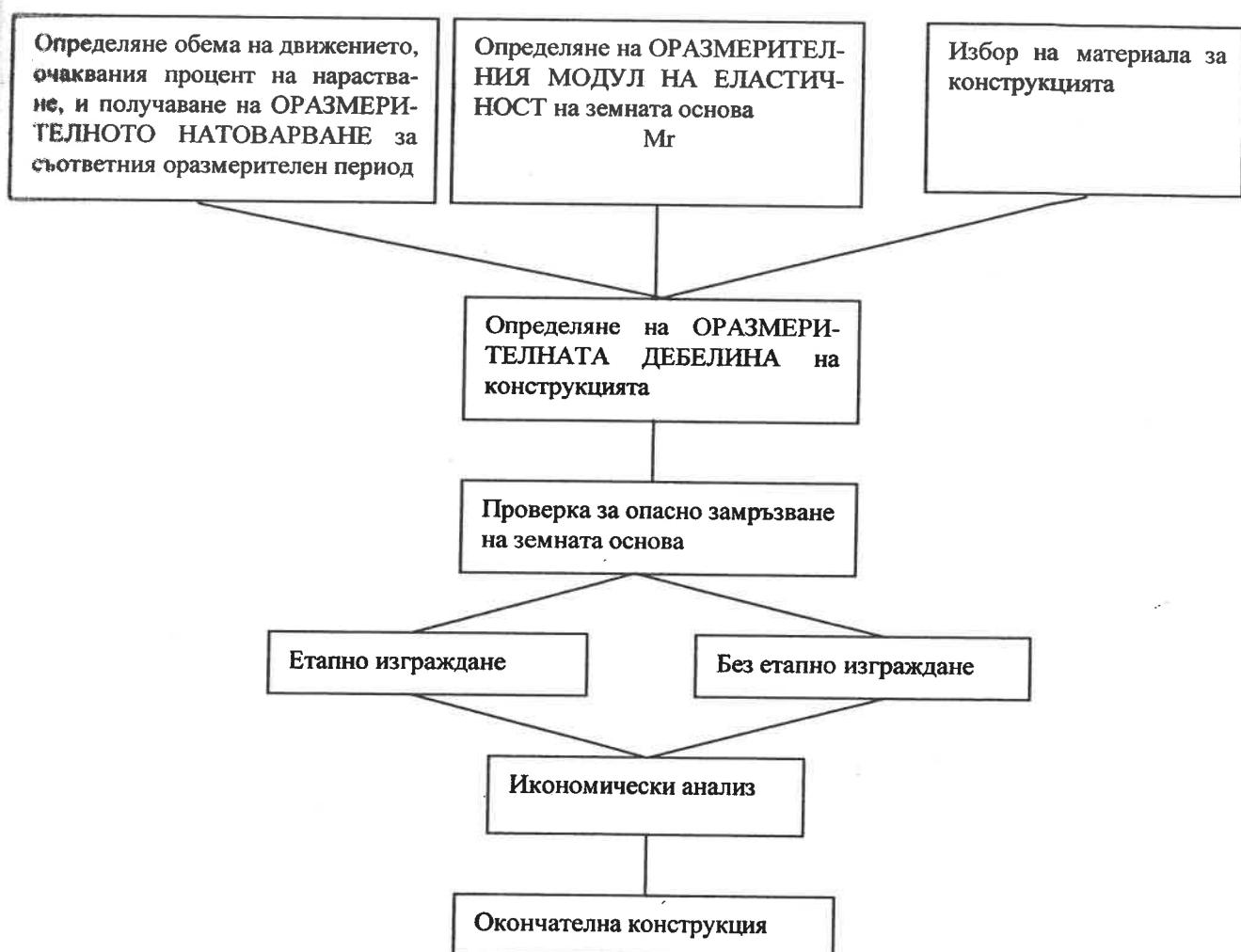
В. Проверка на избраните конструкции за осигуряване на земната основа срещу опасно замръзване.

Г. Проект за етапно изграждане на конструкцията.

Д. Икономически анализ на отделните решения.

Е. Избор на окончателен проект.

Получената дебелина на конструкцията се отнася за средата на оразмерителната лента. Дебелината в останалите ленти се съобразява с изискванията за необходим напречен наклон на земното легло.



Фиг. 6.1. Ред на работата

6.2. ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ВХОДНИТЕ ПАРАМЕТРИ

6.2.1. Оразмерително натоварване

Оразмерителното натоварване се определя съгласно раздел III, точка 3.3.

6.2.2. Носимоспособност на земната основа

Основна характеристика на носимоспособността на земната основа е модулът на еластичност - M_{Ro} , определен съгласно AASTO T 274. Изпитването се провежда в специална камера при многократно повтарящо се осово и странично натоварване. При липса на условия за провеждане на такова изпитване се определя оразмерителната стойност на Калифорнийския показател на носимоспособност – CBR_0 , и се прилага закономерността:

$$M_{Ro} = 10 \cdot CBR_0 \quad (6.1)$$

където CBR_0 съответства на оразмерителното състояние на земната основа. Тази зависимост е изведена за обсег на CBR между 2 и 20 %, но нейното използване се препоръчва за ползване до 15 %.

Броят и честотата на вземане на почвени пробы за установяване на класификацията на почвата и нейната носимоспособност, с оглед съблюдаване принципа на представителност, е 6 до 8 за един хомогенен участък от трасето (виж раздел IV, точка 4.6), като предварително се прави план за вземане на пробите на принципа на случайните числа.

Меродавната стойност на показателя CBR зависи от оразмерителното натоварване – таблица 6.1, при спазване на следния подход:

- A. Определя се оразмерителното натоварване.
- B. Изпитват се 6 – 8 броя пробы за определяне стойността на CBR при ρ_d и W_{opt} за всеки хомогенен участък.
- C. Подреждат се и се номерират получените стойности за CBR в низходящ ред.
- D. За всеки елемент от редицата, като се започне от първия пореден номер, се изчислява комулативния процент.
- E. Нанасят се резултатите в графичен вид за координатна система с хоризонтална ос – стойностите на CBR във възходящ ред, и вертикална ос – комулативните проценти във възходящ ред.
- F. Изчертава се плавна крива по възможност най-близко до всяка нанесена подробна точка.
- G. Отчита се меродавната стойност на CBR , съответстваща на комулативния процент, отчетен от таблица 6.1.

Таблица 6.1

ОРАЗМЕРИТЕЛНО НАТОВАРВАНЕ В СТАНДАРТНИ ОСИ		ОРАЗМЕРИТЕЛЕН ПРОЦЕНТ В КОМУЛАТИВНАТА РЕДИЦА, %
с натоварване 100 kN	с натоварване 115 kN	
до $4,5 \times 10^3$	до $2,5 \times 10^3$	60
от $4,5 \times 10^3$ до $4,5 \times 10^5$	от $2,5 \times 10^3$ до $2,5 \times 10^5$	75
над $4,5 \times 10^5$	над $2,5 \times 10^5$	87,5

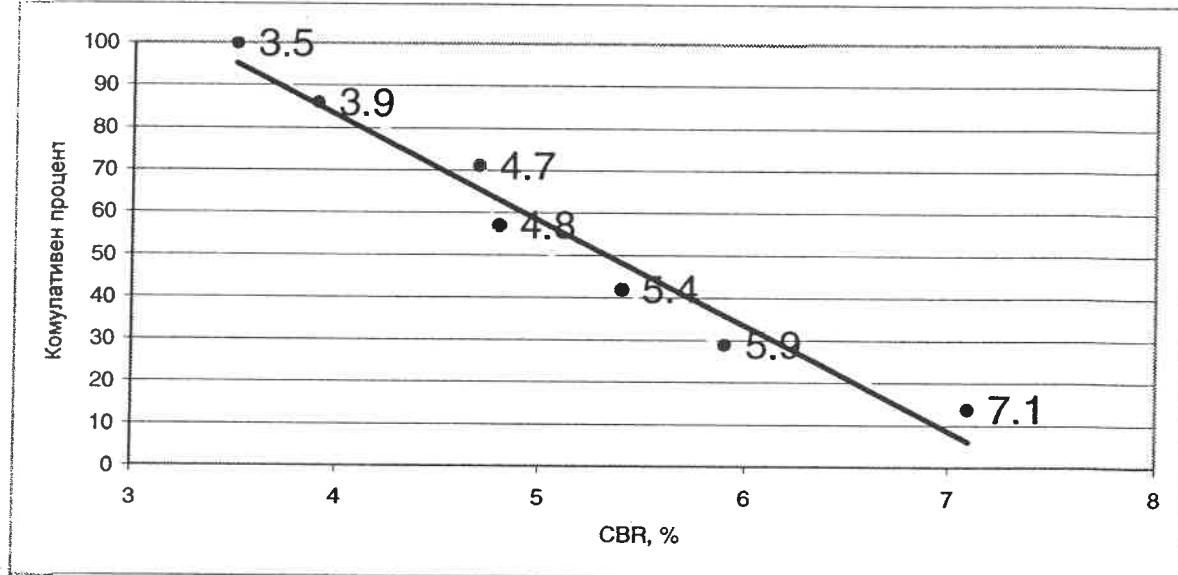
ПРИМЕР:

Определяне на меродавната стойност на показателя CBR за оразмерително натоварване $1,3 \cdot 10^6$ оразмерителни оси с натоварване 100 kN.

Резултатите от седем изпитвания на почвени преби от един хомогенен участък при ρ_s и w_{opt} показват следните стойности: 3,5%; 3,9%; 4,7%; 4,8%; 5,4%; 5,9% и 7,1%. Следва изчисляване на меродавната стойност на CBR .

CBR(%)	Номер	Изчисляване на комулативен процент, %
7.1	1	$(1/7)100 = 14$
5.9	2	$(2/7)100 = 29$
5.4	3	$(3/7)100 = 42$
4.8	4	$(4/7)100 = 57$
4.7	5	$(5/7)100 = 71$
3.9	6	$(6/7)100 = 86$
3.5	7	$(7/7)100 = 100$

Нанасяме данните от първа и трета колона в координатната система



За зададеното оразмерително натоварване на $1,3 \cdot 10^6$ оразмерителни оси с натоварване 100 kN, в съгласие с таблица 6.1 отговарят 87,5 оразмерителни процента от комулативната редица от вертикалната ос на координатната система. За тази стойност отчитаме $CBR = 3,8\%$, която се счита за меродавна за представителните пробы от разглеждания участък от трасето. След това съгласно раздел IV изчисляваме CBR_0 .

Допуска се за пътища, натоварени с оразмерително натоварване по-малко от $1 \cdot 10^6$ ОО, оразмерителната стойност на модула на еластичност на земната основа - M_R , да бъде възприет по препоръчителните данни на таблица 6.2, като предварително, в съгласие с указанията на точка 4.2 и 4.4, участъците от обекта са освидетелствани за меродавната почвена група. Освен почвената група ползването на данните от таблица 6.2 изисква познаването на географското местонахождение на обекта, респективно познаването на коефициента $\kappa = W/W_L$. Същите данни са валидни за нормални и благоприятни хидрологични и хидрогеологични условия. При неблагоприятни такива в проекта следва да се намали големината на модулите с 15-30 % в зависимост от конкретния случай.

Таблица 6.2

**ПРЕПОРЪЧИТЕЛНИ ОСРЕДНЕНИ МОДУЛИ НА ЕЛАСТИЧНОСТ НА ЗЕМНАТА ОСНОВА
 M_R (MPa) ЗА ОРАЗМЕРИТЕЛНО НАТОВАРВАНЕ ПО-МАЛКО ОТ $1 \cdot 10^6$
ОРАЗМЕРИТЕЛНИ ОСИ С НАТОВАРВАНЕ 100 kN**

ГРУПА НА ПОЧВАТА	Модул на еластичност, MPa		
	$\kappa = W/W_L$ (фиг.4.2)		
	под 0,57	от 0,57 до 0,60	над 0,60
A-1-a (CBR от 60 до 100 %)	250	220	180
A-1-a (CBR от 30 до 60 %)	175	150	120
A-1-б	130	110	80
A-3	100	75	50
A-2-4	100	80	60
A-2-5	90	70	50
A-2-6	80	65	45
A-2-7	70	55	40
A-4	60	50	40
A-5	55	45	35
A-6 ($I_p < 28\%$ за I кл.район)	50	40	30
A-7 ($I_p < 28\%$ за I кл.район) и ($I_p < 36\%$ за I кл.район)	45	35	25

6.2.3. Технически изисквания към материалите в конструктивните пластове

A. Основни пластове от зърнести минерални материали

Зърnestите минерални материали и смесите от тях за направа на пътни основи,

необработени със свързващи вещества по физико-механични показатели и зърнometричен състав трябва да отговарят на действащите технически спецификации.

Калифорнийският показател за носимоспособност CBR на преби от смеси от зърнести материали, уплътнени до плътност 98 % от стандартната по AASHTO T 180 (БДС 17146), след 4-дневно киснене на пробата във вода трябва да имат стойност не по-малка от 80 % за горен основен пласт и не по-малко от 30 % за долнен основен пласт.

Основните пластове от зърнести минерални материали трябва да бъдат уплътнени при $W_{opt} \pm 1,5\%$ до плътност на скелета не по-малка от $0,98 mod\rho_{dpr}$ съгласно AASHTO T 180 (БДС 17146).

Б. Основни пластове от стабилизиранi с хидравлични свързващи вещества материали и почви

Смесите за направа на основни пластове, обработени с хидравлични свързващи вещества трябва да отговарят на изискванията, както следва:

- при стабилизация в смесител – на Обща техническа спецификация за основни пластове на пътни настилки от материали, стабилизиранi с цимент и Техническа спецификация 2000 на ИАП.
- при обработка на място с цимент – на “Технологични указания. Основни и подосновни пластове на пътни настилки, стабилизиранi или подобрени с цимент”;
- при обработка на място с вар – на “Технологични указания за обработване на почвите на място с вар за целите на пътното строителство”.

Основните пластове от стабилизиранi с хидравлични свързващи вещества материали и почви трябва да бъдат уплътнени при $W_{opt} \pm 2\%$ до плътност на скелета не по-малко от $0,98 mod\rho_{dpr}$ AASHTO T 180 (БДС 17146-90).

В. Асфалтови пластове за основи и покрития

При работа с настоящото ръководство не е необходимо да се познава стойността на модула на еластичност при динамично натоварване на асфалтобетона, ако са спазени следните условия:

Асфалтовите смеси по зърнometричен състав и физико-механични показатели трябва да отговарят на действащите технически спецификации. Същото важи и за коефициента на уплътнение на асфалтовите пластове.

6.3. ОТРАЗЯВАНЕ НА КЛИМАТИЧНИТЕ ФАКТОРИ

Оразмерителните графики са разработени за климатични условия, които отговарят на 15°C средна годишна температура. За райони с климатични условия, които се различават значително от тези, оразмеряването на конструкциите на настилките може да се извърши посредством компютърна програма DAMA.

6.4. АЛГОРИТЪМ ЗА ОРАЗМЕРЯВАНЕ

6.4.1. Оразмеряване на конструкции на настилки с покритие от асфалтови смеси и основни и подосновни пластове, изградени от минерален материал, необработен със свързващи вещества

Приложени са оразмерителни графики за пет различни дебелини на основните пластове - 15, 20, 25, 30 и 45 см. Минималната дебелината на пласта, изпълнен с материал, отговарящ на изискванията за основа - $\min CBR = 80\%$, трябва да бъде 15 см. Останалата част от дебелината на пласта от необработен със свързващи вещества минерален материал може да се изгради с материал, отговарящ на изискванията за долен основен пласт.

Общата дебелина на асфалтовите пластове се отчита направо от оразмерителните графики. Стойностите на минимално допустимите дебелини на асфалтовите пластове зависят от натоварването от движението и не могат да се екстраполират за по-голямо натоварване.

Отчетената от графиката дебелина на асфалтовата част от настилката е съставена от два пласта: износващ с дебелина 40 mm и долен пласт на покритието.

Ако конкретните условия изискват и икономическите анализи потвърдят необходимостта от включване в конструкцията на асфалтови смеси за основи, се структурира следната конструкция:

h_1 - износващ пласт

h_2 - долен пласт на покритието

$[h_{\text{отчетено}} - (h_1 + h_2) + h_{\text{допълнително}}]$ - горен основен пласт от асфалтова смес

където: $h_{\text{отчетено}}$ - дебелината на асфалтовата част от конструкцията, отчетена от оразмерителната графика;

$(h_1 + h_2)$ - сумарна дебелина на износващия пласт и долнния пласт на покритието;

$h_{\text{допълнително}}$ - допълнителна дебелина за основен пласт от асфалтова смес. Отчита се от таблици 6.3, 6.4 или 6.5 в зависимост от носимоспособността на земната основа.

Таблица 6.3

**ДОПЪЛНИТЕЛНИ ДЕБЕЛИНИ ЗА ГОРНИ ОСНОВНИ ПЛАСТОВЕ - $h_{\text{допълнително}}$,
ИЗПЪЛНЕНИ ОТ ПОРЕСТА АСФАЛТОВА СМЕС ЗА ОСНОВИ ПРИ НОСИМОСПОСОБНОСТ НА
ЗЕМНАТА ОСНОВА 83 MPa**

Обща дебелина на асфалтовите пластове, на основата от минерален материал, см	20	25	30	35
15	-	3,5	3,5	3,5
20	3,0	3,5	3,5	3,5
25	4,0	4,0	4,5	4,5
30	4,0	4,0	4,5	4,5
45	4,0	4,0	4,5	4,5

Таблица 6.4

**ДОПЪЛНИТЕЛНИ ДЕБЕЛИНИ ЗА ГОРНИ ОСНОВНИ ПЛАСТОВЕ - $h_{\text{допълнително}}$,
ИЗПЪЛНЕНИ ОТ ПОРЕСТА АСФАЛТОВА СМЕС ЗА ОСНОВИ ПРИ НОСИМОСПОСОБНОСТ НА
ЗЕМНАТА ОСНОВА 60 MPa**

Обща дебелина на асфалтовите пластове, на основата от минерален материал, см	20	25	30	35
15	-	2,0	2,5	3,0
20	2,0	2,0	2,5	3,0
25	3,0	3,0	3,5	4,0
30	3,0	3,5	4,0	4,5
45	4,0	4,0	4,0	4,5

Таблица 6.5

**ДОПЪЛНИТЕЛНИ ДЕБЕЛИНИ ЗА ГОРНИ ОСНОВНИ ПЛАСТОВЕ - $h_{\text{допълнително}}$,
ИЗПЪЛНЕНИ ОТ ПОРЕСТА АСФАЛТОВА СМЕС ЗА ОСНОВИ ПРИ НОСИМОСПОСОБНОСТ НА
ЗЕМНАТА ОСНОВА 30 MPa**

Обща дебелина на асфалтовите пластове, на основата от минерален материал, см	16	20	25	30	35
15	-	-	-	-	-
20	-	-	-	1,5	3,0
25	-	-	0,5	3,0	3,0
30	-	0,5	1,0	2,5	3,0
45	1,5	2,5	3,5	4,0	4,0

ПРИМЕР:

Трябва да се оразмери дебелината на пътна конструкция при $M_R = 34$ MPa.

Оразмерителното натоварване е $7 \cdot 10^5$, изразено в 115 kN - оразмерителни оси.

A. ВАРИАНТ ПЪРВИ

От оразмерителната графика с дебелина на основата 250 mm отчитаме обща дебелина на асфалтовите пластове 270 mm. В този случай може да разгледаме следните алтернативни варианти:

ПЪРВА КОНСТРУКЦИЯ

270 mm - пластове от асфалтобетон, от който

- 40 mm - износващ пласт от плътен асфалтобетон;
- 230 mm - долен пласт на покритието от пореста асфалтова смес.

250 mm - основен пласт, който може да се раздели на 2 пласта:

- 150 mm - горен основен пласт - $CBR = 80\%$.
- 100 mm - долен основен пласт - $CBR = 20\%$.

ВТОРА КОНСТРУКЦИЯ

Ако предвидим 60 mm - пласт от порест асфалтобетон за долен пласт на покритието, под пласта от плътен асфалтобетон, остават още 170 mm пласт от порест асфалтобетон за долен пласт на покритието. Съгласно таблица 6.5 отчитаме необходима допълнителна дебелина от 10 mm, за да се изпълни този пласт от порест асфалтобетон за основни пластове.

Следователно имаме следната конструкция:

- 40 mm - пласт от плътен асфалтобетон;
- 60 mm - пласт от порест асфалтобетон;
- 180 mm - пласт от порест асфалтобетон за основи тип A_0 ;
- 150 mm - горен основен пласт с $CBR = 80\%$;
- 100 mm - долен основен пласт с $CBR = 20\%$.

B. ВАРИАНТ ВТОРИ

От оразмерителната графика за дебелина на основата 300 mm отчитаме 255 mm обща дебелина на асфалтовите пластове. В този случай може да разгледаме следните алтернативни варианти:

ПЪРВА КОНСТРУКЦИЯ

40 mm - пласт от плътен асфалтобетон за горен пласт на покритието;

255 mm - пласт от порест асфалтобетон за долен пласт на покритието;

300 mm - основен пласт.

ВТОРА КОНСТРУКЦИЯ

Предвиждаме 60 mm порест асфалтобетон за долн пласт на покритието и използваме таблица 6.5.

Дебелина на покритието 100 mm, остават още 115 mm асфалтови пластове. От таблица 6.5 за земна основа с носимоспособност 34 MPa и основа от несвързан зърнест минерален материал 300 mm и обща дебелина на асфалтовите пластове 250 mm отчитаме необходима допълнителна дебелина 1 см и получаваме следната конструкция:

40 mm - пласт от плътен асфалтобетон за горен пласт на покритието;

60 mm - пласт от порест асфалтобетон за долн пласт на покритието;

125 mm - пласт от порест асфалтобетон за основи;

150 mm - горен основен пласт с $CBR = 80$;

150 mm - долн основен пласт с $CBR = 20\%$.

6.4.2. Оразмеряване на конструкцията на пътна настилка с асфалтово покритие и основен пласт от неорганични зърнести материали, стабилизиранi с цимент

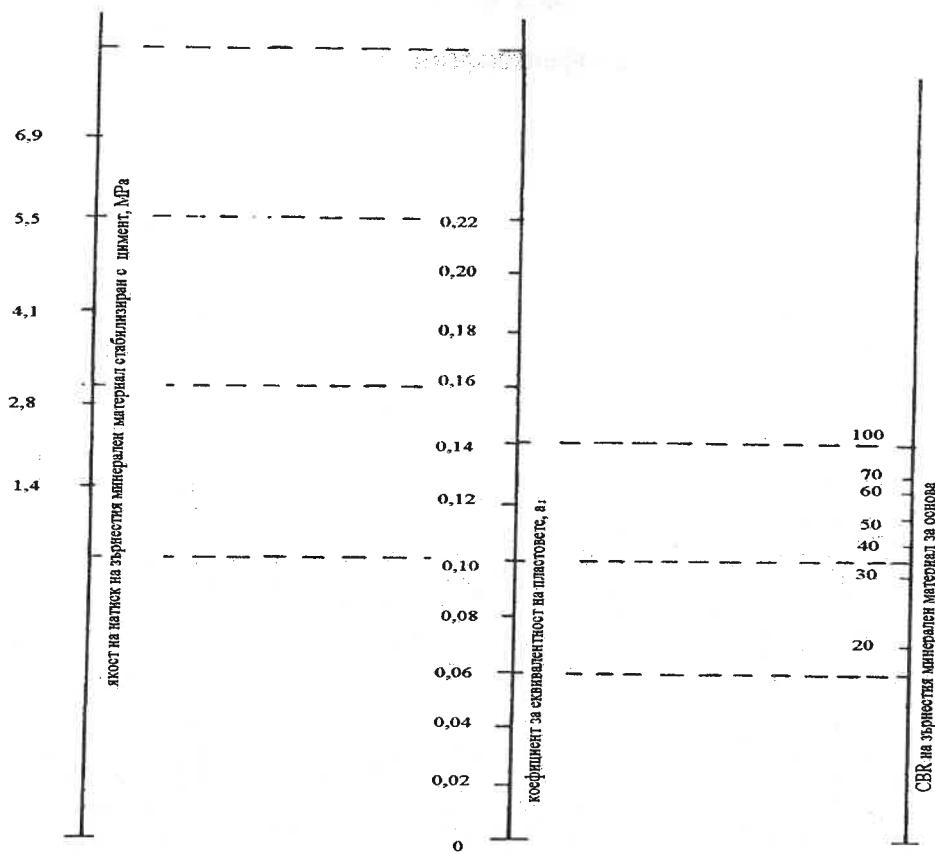
Не са разработени оразмерителни графики за конструкции, включващи пластове от неорганични зърнести материали, стабилизиранi с хидравлични свързващи вещества. Дебелината на тези конструкции се определя по следния начин:

(1) Определяме дебелината на конструкцията с основен пласт от минерален материал ~~без~~ стабилизация - дебелина на пласта от минерален материал - h_1 .

(2) От графиката на фиг. 6.2 отчитаме коефициента на еквивалентност за минерален материал, стабилизиран с цимент, със съответната якост на натиск - a_2 , и за минерален материал без стабилизация с минимална стойност на коефициента $CBR = 80\% - a_1$.

(3) Дебелината на пласта от минерален материал, стабилизиран с цимент - h_2 , получаваме по следната формула:

$$h_2 = \frac{a_1}{a_2} h_1 \quad (6.1)$$



Фиг. 6.2. Коефициенти за еквивалентност на пластове от зърнести минерални материали и зърнести минерални материали, стабилизираны с цимент

ПРИМЕР:

Земна основа - 45 MPa

Оразмерително натоварване от движението $6 \cdot 10^6$, изразено в оразмерителни оси с натоварване 115 kN и е предвидено изпълнението на горен основен пласт от минерален материал, стабилизиран с цимент с якост на натиск, определена след седемдневно отлежаване на пробните тела - 5,5 MPa.

От оразмерителната графика с дебелина на основния пласт 300 mm отчитаме необходима дебелина на асфалтовите пластове 300 mm. Следователно имаме следната конструкция:

300 mm пълен асфалтобетон;

150 mm горен основен пласт $CBR = 80\%$;

150 mm долен основен пласт $CBR = 30\%$.

От графиката за еквивалентност на пластовете отчитаме стойност на коефициента за стабилизирания пласт е 0,275 и стойност на коефициента за еквивалентност на основния

пласт при $CBR = 80\%$ е 0,133. Следователно дебелината на основния пласт от минерален материал, стабилизиран с цимент е:

$$h_{2,2} = \frac{a_{2,1}}{a_{2,2}} \quad h_{2,1} = \frac{0,133}{0,275} \cdot 15 = 7,3 \text{ cm}$$

- необходима дебелина на стабилизирания с цимент пласт.

6.5. ПЛАНИРАНО ЕТАПНО ИЗГРАЖДАНЕ НА КОНСТРУКЦИЯТА

Планираното етапно изграждане на конструкцията е такова строителство на пътища, при което в проекта е предвидено след изтичане на определен период от време от изграждането на конструкцията да се положат нови пластове от асфалтобетон. Не бива да се смесва с предвиждането на мероприятия по поддържането и изпълнението на основен ремонт на съществуващи конструкции. Препоръчаният тук подход за оразмеряване на конструкцията при проектно етапно изграждане се базира на предпоставката, че допълнителният пласт за втория етап на строителство се полага преди настилката да е показвала сериозни признания за загуба на работоспособност.

При липса на достатъчно средства за изграждане на необходимата конструкция за оразмерителен период от 15 години трябва да се предвиди необходимите средства за асфалтов конструктивен пласт за втори етап да бъдат налице преди изтичане на първия етап.

Затрудненията при оценка нарастването на интензивността на движение за един дълъг оразмерителен период за някои слабо натоварени пътища са също предпоставка за етапно изграждане. Те се оразмеряват за първи етап и докато пътят е в експлоатация, се провеждат нови преброявания на движението за установяване на оразмерителния брой оси за втори етап на строителство.

Етапното изграждане на конструкцията дава възможност за корекция на някои случайни пропуски и за уточняване на данните за оразмерителното натоварване. Точната оценка на реалното състояние на настилката към края на първия етап може да допринесе за изграждането на конструкция с по-голяма икономическа ефективност.

6.5.1. Същност на оразмеряването при етапно изграждане на конструкцията

Оразмеряването на конструкцията за първия етап на изграждане се базира на концепцията за "неизчерпаната работоспособност". Проведените изследвания показват, че ако се приеме неизчерпаната работоспособност в края на първи етап да бъде 40 % от

изчислената за последната година на първи етап и неговата продължителност е в границите 4 до 7 години, получената конструкция ще бъде достатъчно икономически ефективна. В такъв случай оразмерителното натоварване за първи етап трябва да се изчисли така, че в края на етапа сумарната деформация да бъде 60 % от допустимата.

ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ОРАЗМЕРИТЕЛНОТО НАТОВАРВАНЕ ЗА ПЪРВИ ЕТАП

$$OH_1' = \frac{100}{60} OH_1 = 1,67 OH_1 \quad (6.2)$$

Предварителното определяне на дебелината на пласта за втория етап също се базира на концепцията за неизчерпаната работоспособност и се провежда с цел да се докаже, че работоспособността на окончателната конструкция на настилката съответства на необходимата за целия оразмерителен период (първи етап плюс втори етап).

ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ОРАЗМЕРИТЕЛНОТО НАТОВАРВАНЕ ЗА ВТОРИ ЕТАП

Неизчерпаната работоспособност на пътната конструкция в края на оразмерителния период за първи етап е 100 % - 60 % = 40 %, следователно оразмерителното натоварване за втори етап определяме по следната формула:

$$OH_2' = \frac{100}{60} OH_2 = 1,67 OH_2 \quad (6.3)$$

За това оразмерително натоварване определяме необходимата дебелина на асфалтовия пласт - h_2 , като за нова конструкция. Дебелината на пласта, който ще се положи след първи етап е равна на разликата между дебелина на конструкцията, определена за OH_2 и тази, определена за първи етап: $h = h_2 - h_1$.

Концепцията за неизчерпаната работоспособност на конструкцията се базира на предпоставката, че вторият етап се изпълнява преди да са се появили значителни признания на изчерпване на работоспособността на конструкцията. Дебелината на допълнителния пласт, който се полага като втори етап, се определя предварително с цел предвиждане на необходимите средства за бъдещи разходи. Състоянието на настилката зависи от много случайни фактори и в края на първи етап то може да бъде по-добро или по-лошо от очакваното. За да се определи точно необходимата дебелина на пласта за втори етап, една година преди края на първи етап се провежда обследване на състоянието на настилката. Ако състоянието е отлично или много добро се планира същото обследване на следващата

година. Ако се прецени, че състоянието на настилката е близо до това, при което ще се появят сериозни разрушения, се полага асфалтов пласт за втори етап или с предварително определената дебелина или с такава, изчислена след измерване на огъването на настилката (вертикалната деформация).

ПРИМЕР:

Земна основа - 52 MPa

Натоварване от движението за първите 5 години – 14 700 ОО с натоварване 100 kN и 1 320 000 ОО с натоварване 100 kN за следващите 10 години.

Оразмерително натоварване за първи етап с продължителност 5 години:

$$OH_1 = 1.67 \times 14 700 = 245 490$$

Конструкция за първи етап:

15 cm - асфалтобетон - h_1 ,

20 cm - основен пласт

Оразмерително натоварване за втори етап с продължителност 10 години:

$$OH_2 = 2.5 \times (1 32 000) = 3 300 000$$

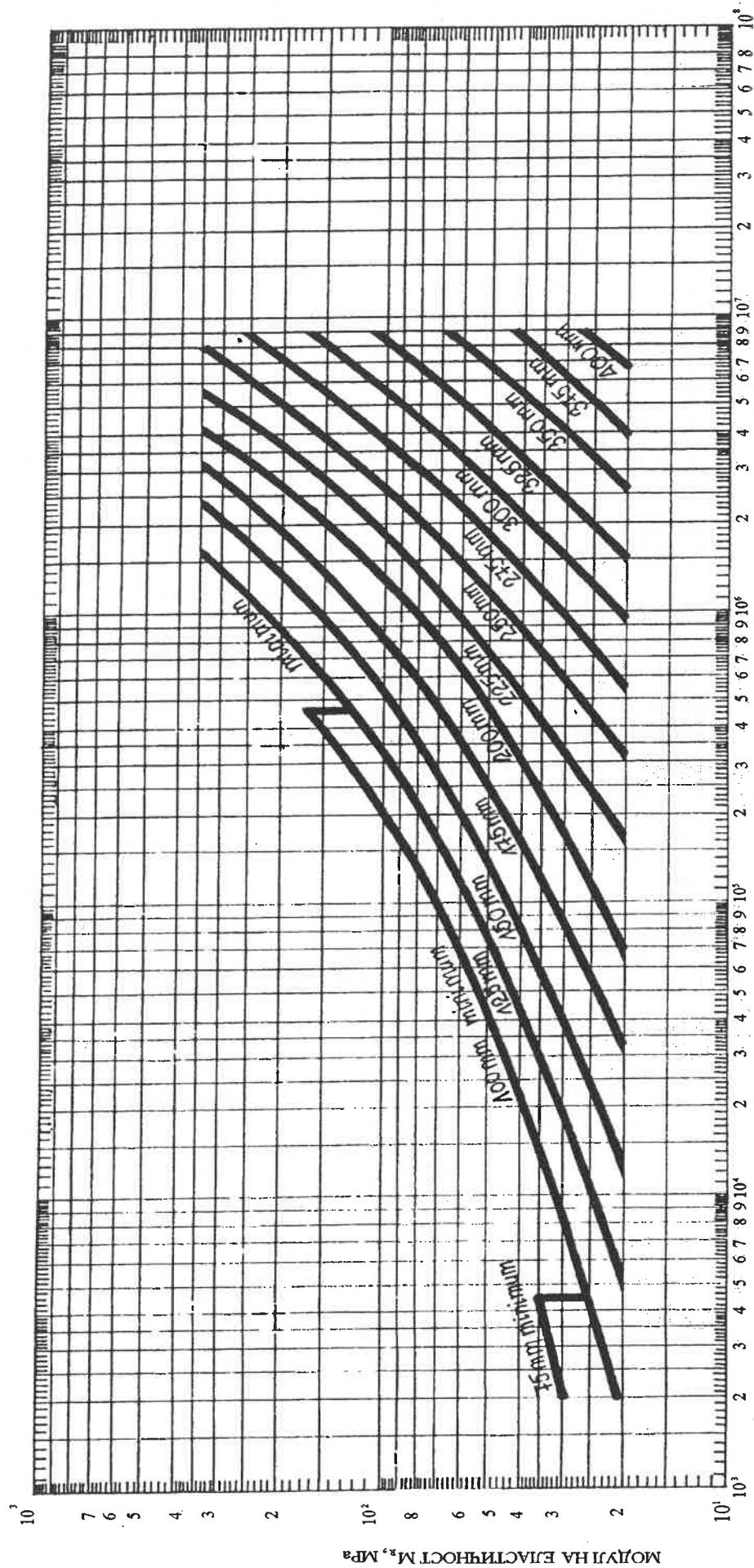
$$h_2 = 25 \text{ cm}$$

Допълнителен пласт за втори етап:

$$h = h_2 - h_1 = 25 - 15 = 10 \text{ cm}$$

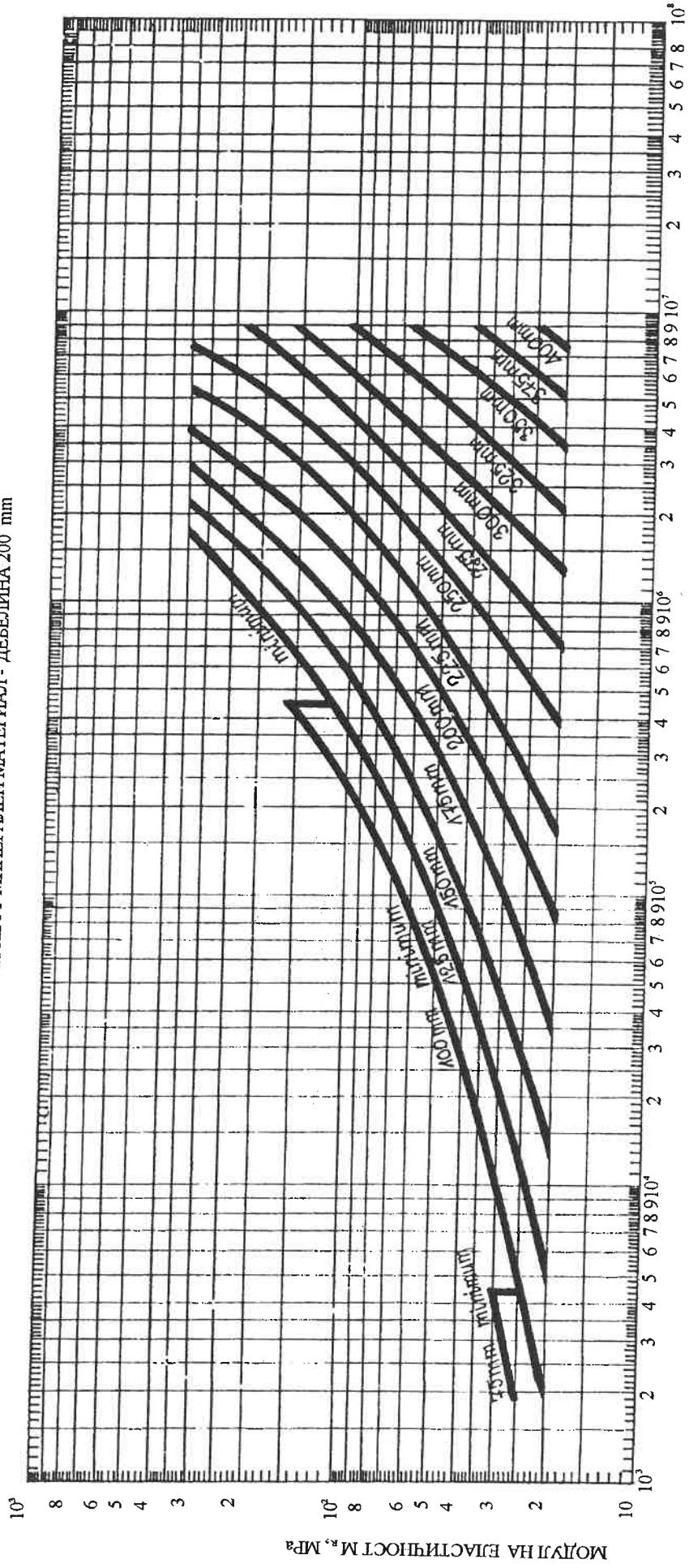
ОРАЗМЕРИТЕЛНИ ГРАФИКИ
ОРАЗМЕРИТЕЛНА ОС 100 kN

ОСНОВА ОТ ЗЪРНЕСТ МИНЕРАЛЕН МАТЕРИАЛ - ДЕБЕЛИНА 150 mm



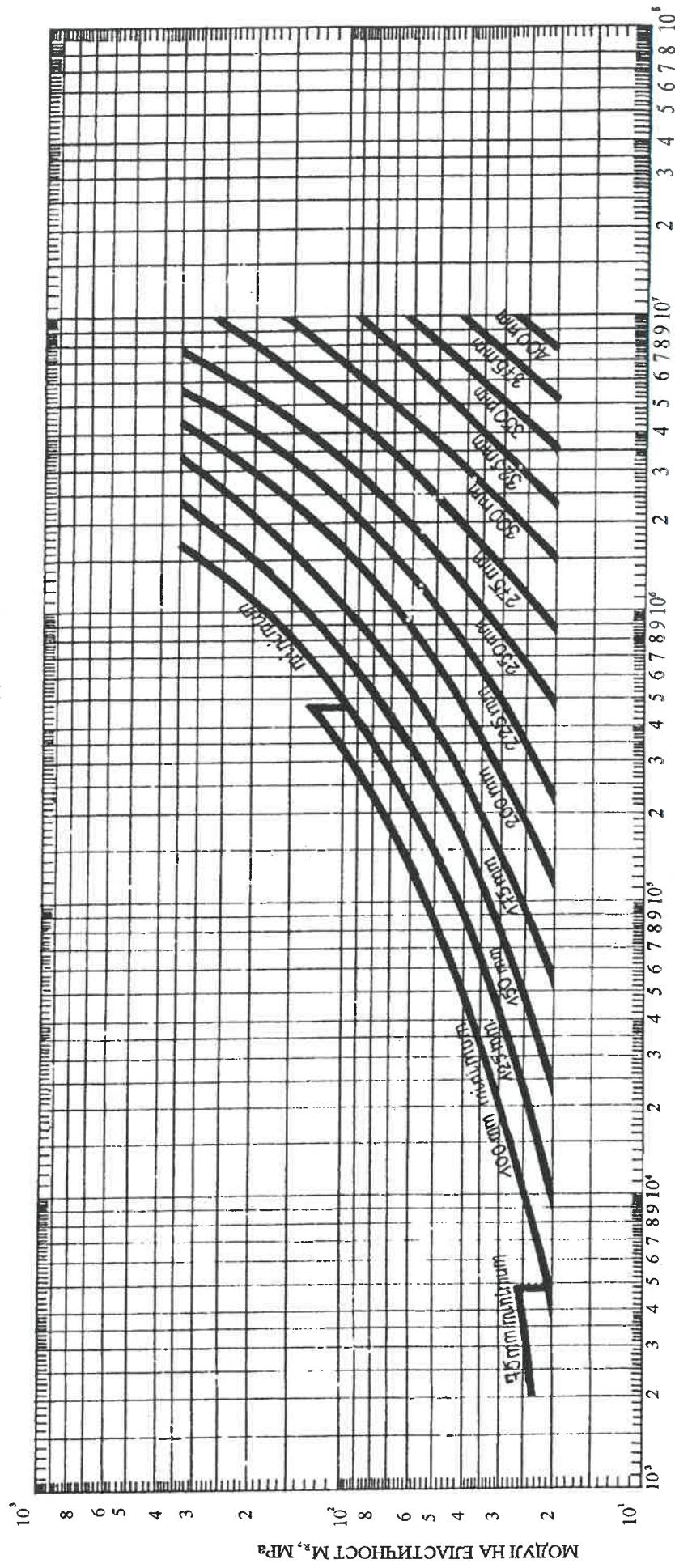
Фиг. 6.1. Оразмерителна графика при дебелина на основата 150 mm

ОСНОВА ОТ ЗЪРНЕСТ МИНЕРАЛЕН МАТЕРИАЛ - ДЕБЕЛИНА 200 mm



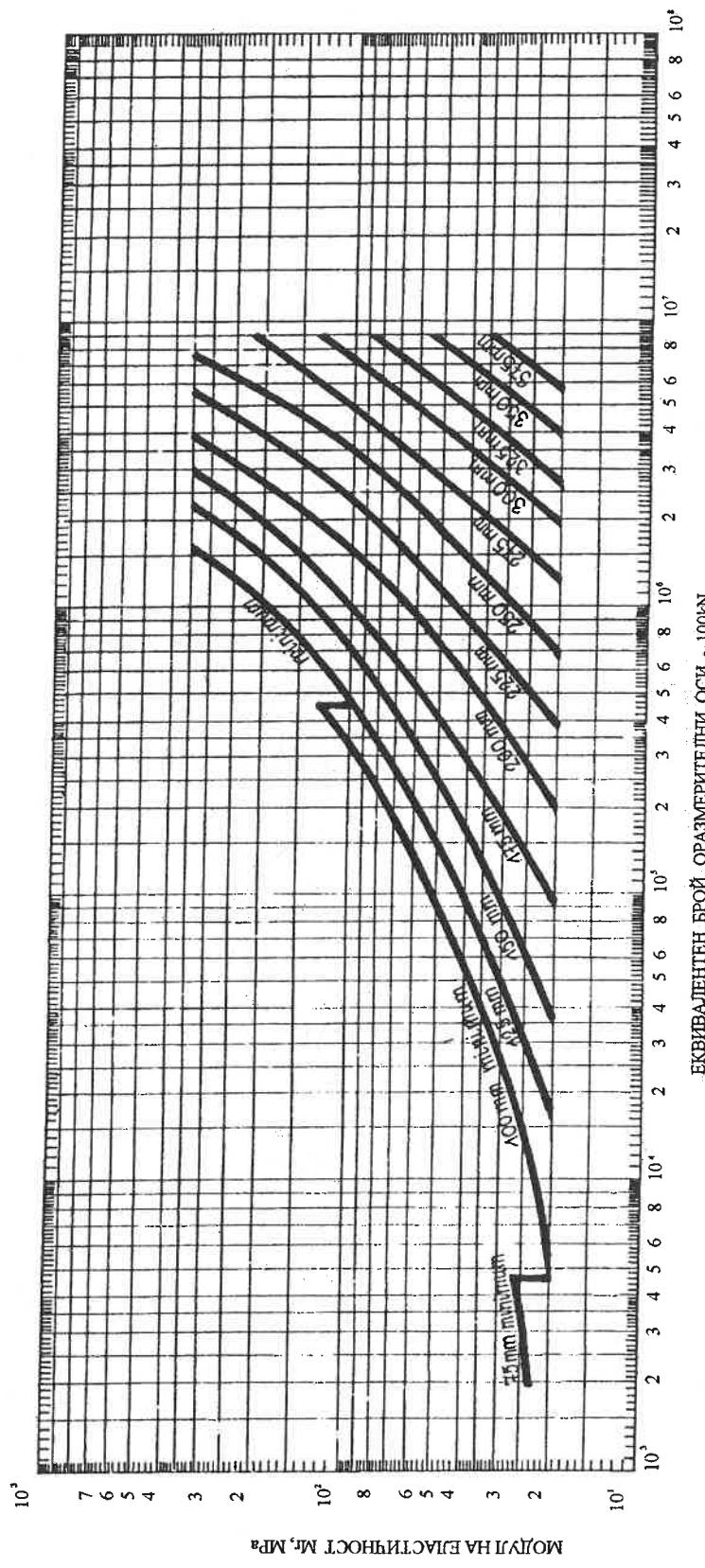
Фиг. 6.2. Оразмерителна графика при дебелина на основата 200 mm

ОСНОВА ОТ ЗЪРНЕСТ МИНЕРАЛЕН МАТЕРИАЛ - ДЕБЕЛИНА 250 mm



Фиг. 6.3. Оразмерителна графика при дебелина на основата 250 mm

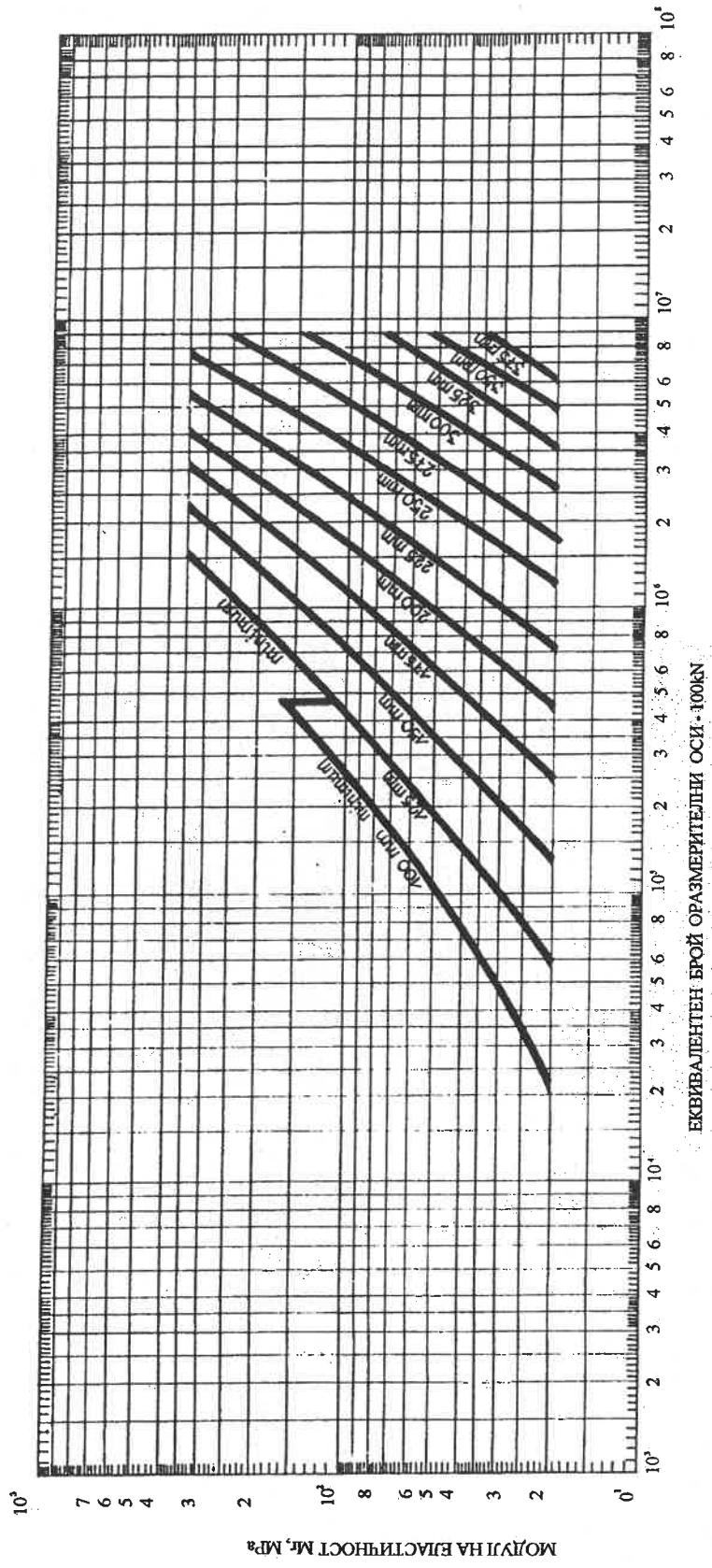
ОСНОВА ОТ МИНЕРАЛЕН МАТЕРИАЛ - ДЕБЕЛИНА 300 mm



Фиг. 6.4. Оразмерителна графика при дебелина на основата 300 mm

Заделъзани печатни граници		
Страница	Ред	Написано
23	отдолу 4	A-1-б
24	отгоре 14	въсти, съобразно
29	отдолу 11	над 20%
32	отгоре 2	$z = zm$
32	отгоре 3	$z_c \dots$
40	таблицата	(фиг. 4.2)
77	отдолу 2	(точка 7.4.2)
81	отгоре 11	(точка 2.1.1)
81	отгоре 13	(точка 2.1.1)
81	отгоре 16	анализ ръзности
81	отгоре 12	(точка 2.1.1)
82	отдолу 12	$p_0 = 4,5$
116	отдолу 2	Eel:E1=235:1200=0,200
116	отдолу 5	Eel:E1=241:1200=0,200
116	отгоре 5	фиг. 9.2
117	отгоре 1	фиг. 9.2
117	отгоре 10	фиг. 9.2
117	отгоре 17	фиг. 9.2
117	отдолу 1	фиг. 9.2
118	отгоре 4	фиг. 9.2
118	отгоре 5	табл. 9.10
122	отдолу 5	$OM = 70 \left[1 + \lg \left(\frac{5}{15} \cdot 250 \right) \right] = 205 MPa$
		$E_e^u = 70 \left[1 + \lg \left(\frac{5}{15} \cdot 250 \right) \right] = 205 MPa$
129	отдолу 10	фиг. 9.2
		фиг. 9.1

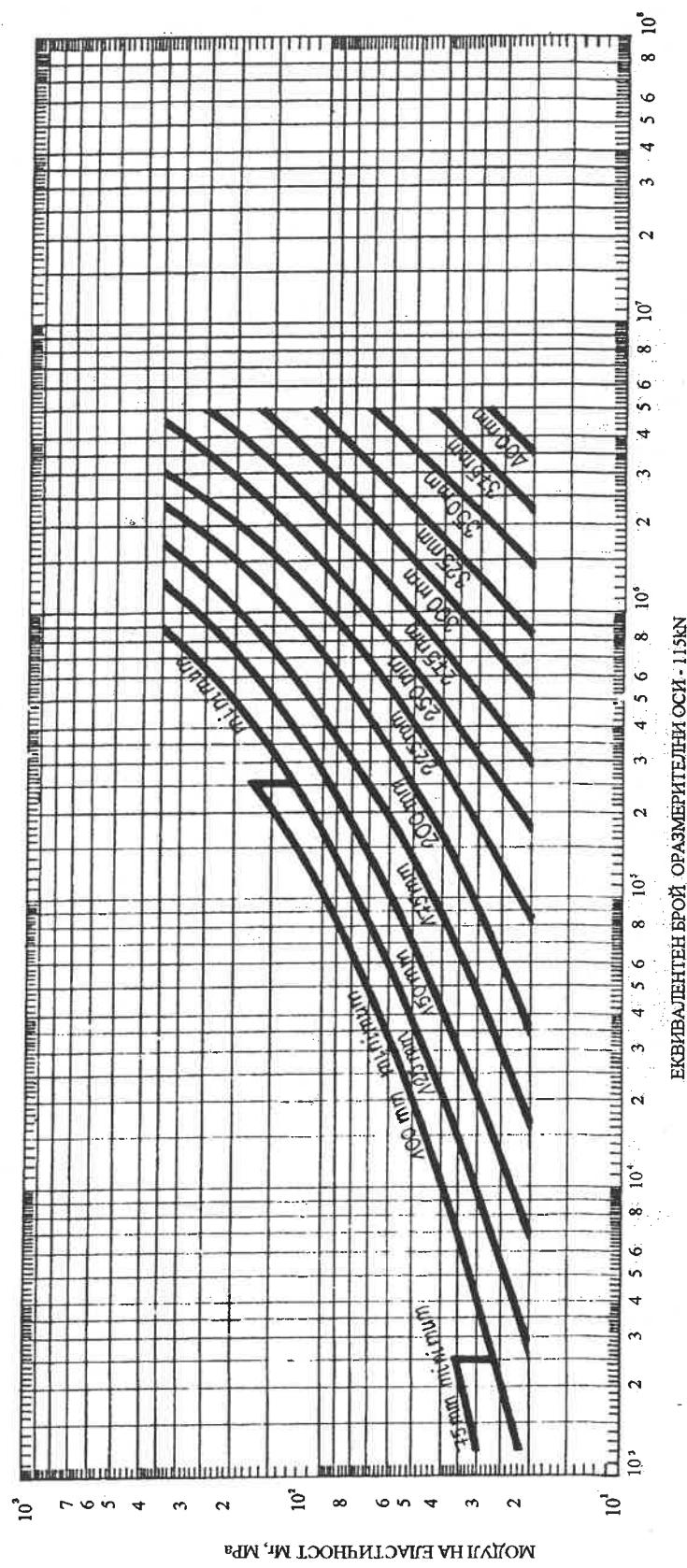
ОЧОВА ОТ МИНЕРАЛЕН МАТЕРИАЛ - ДЕБЕЛИНА 450mm



Фиг. 6.4. Оразмерителна графика при дебелина на основата 450 mm

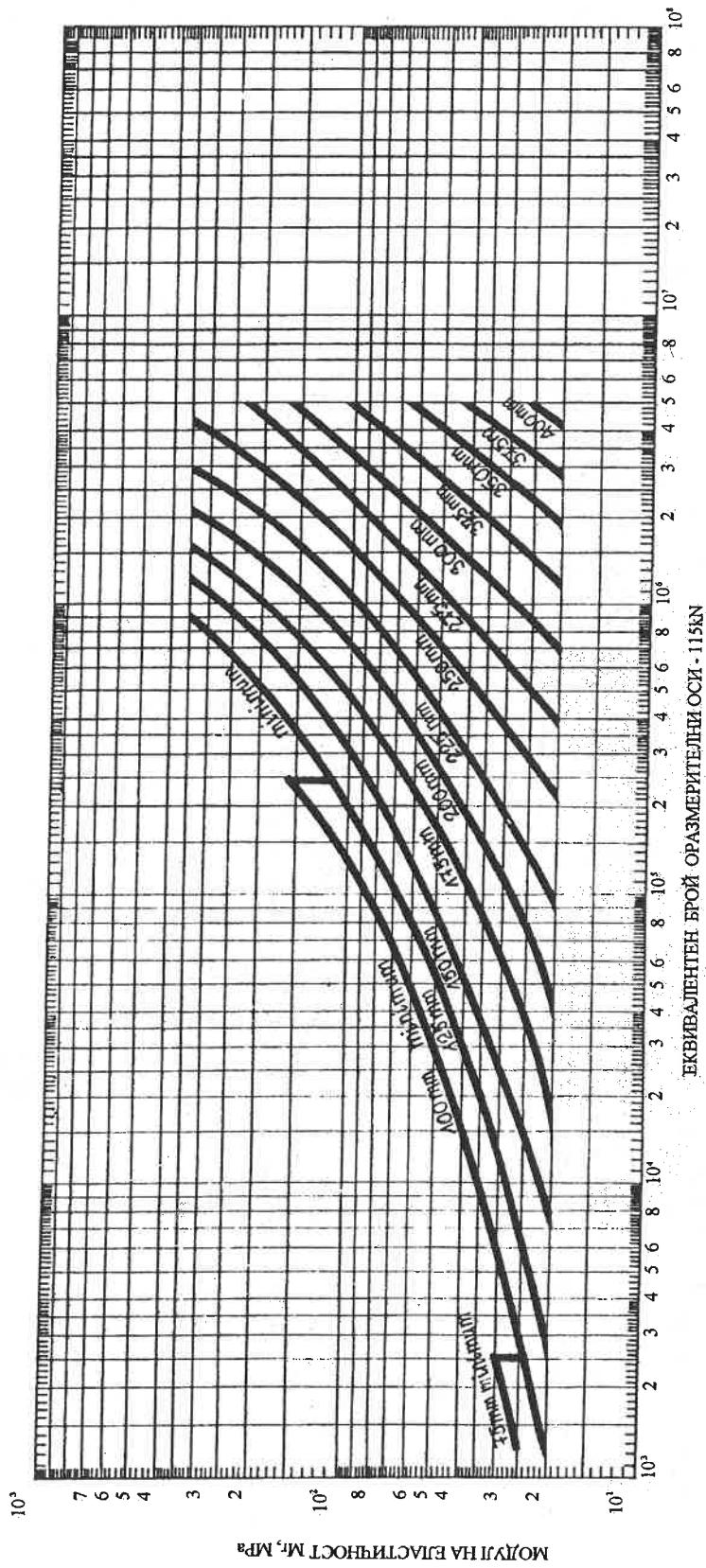
ОРАЗМЕРИТЕЛНИ ГРАФИКИ
ОРАЗМЕРИТЕЛНА ОС 115 kN

ОСНОВА ОТ МИНЕРАЛЕН МАТЕРИАЛ - ДЕБЕЛИНА 150mm



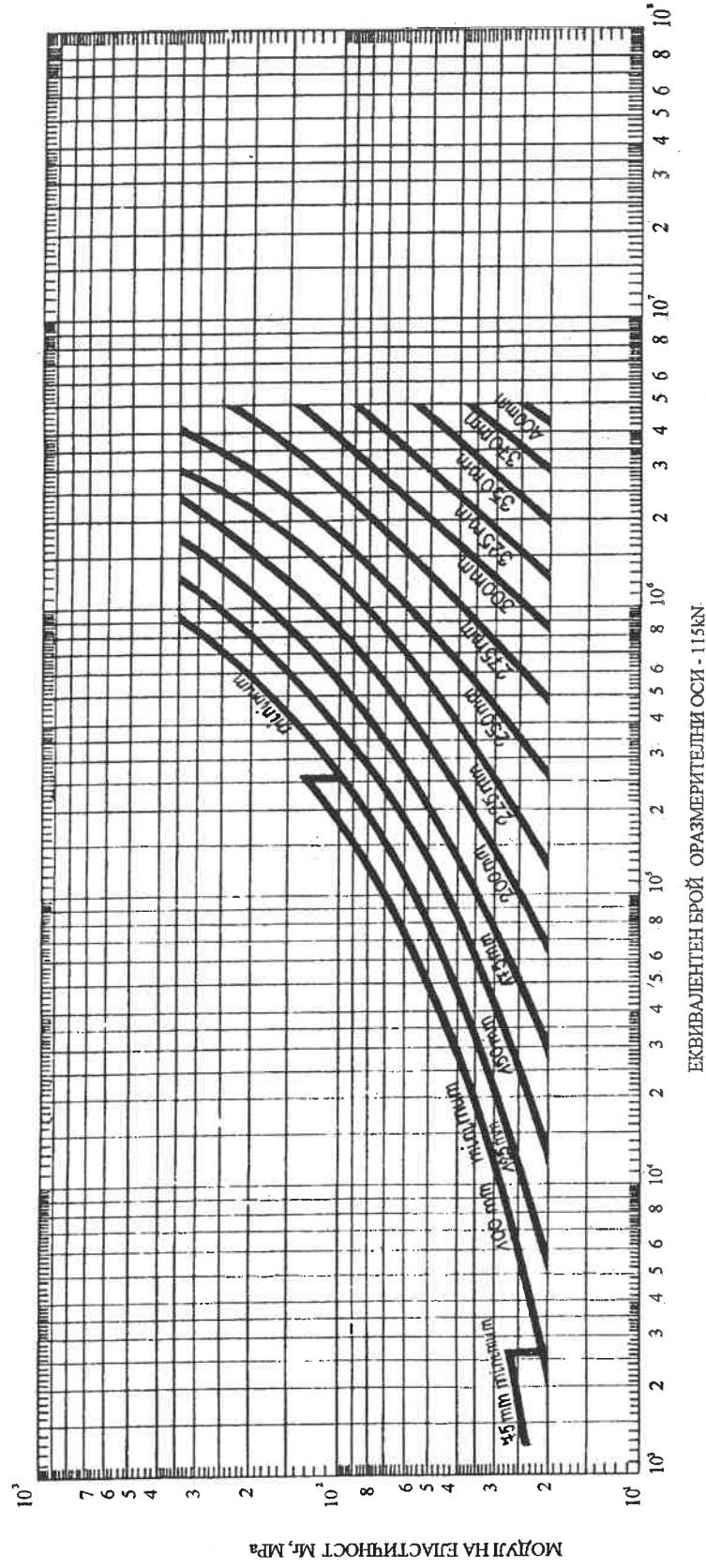
Фиг. 6.6. Оразмерителна графика при дебелина на основата 150 mm

ОСНОВА ОТ МИНЕРАЛЕН МАТЕРИАЛ - ДЕБЕЛИНА 200 mm



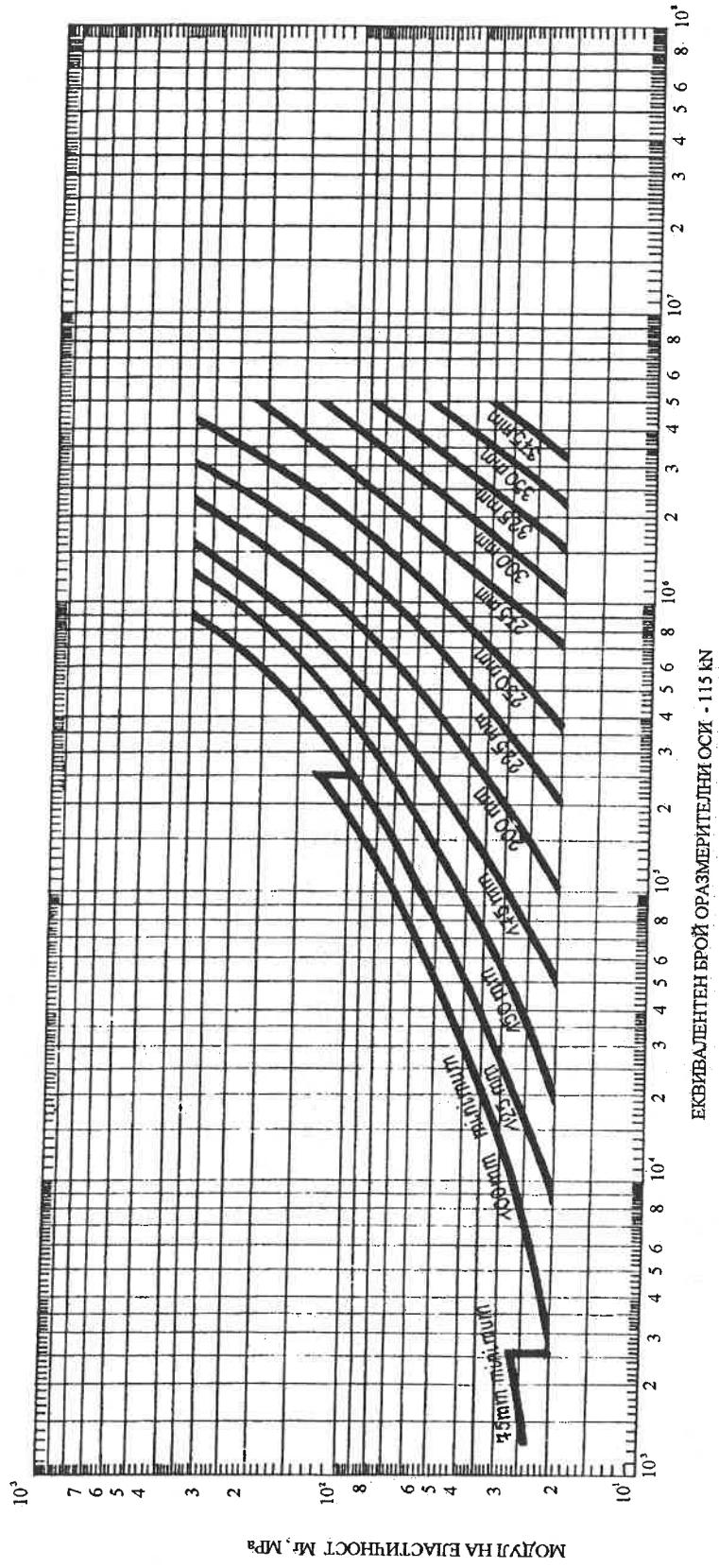
Фиг. 6.7. Оразмерителна графика при дебелина на основата 200 mm

ОСНОВА ОТ МИНЕРАЛЕН МАТЕРИЈАЛ - ДЕБЕЛИНА 250mm

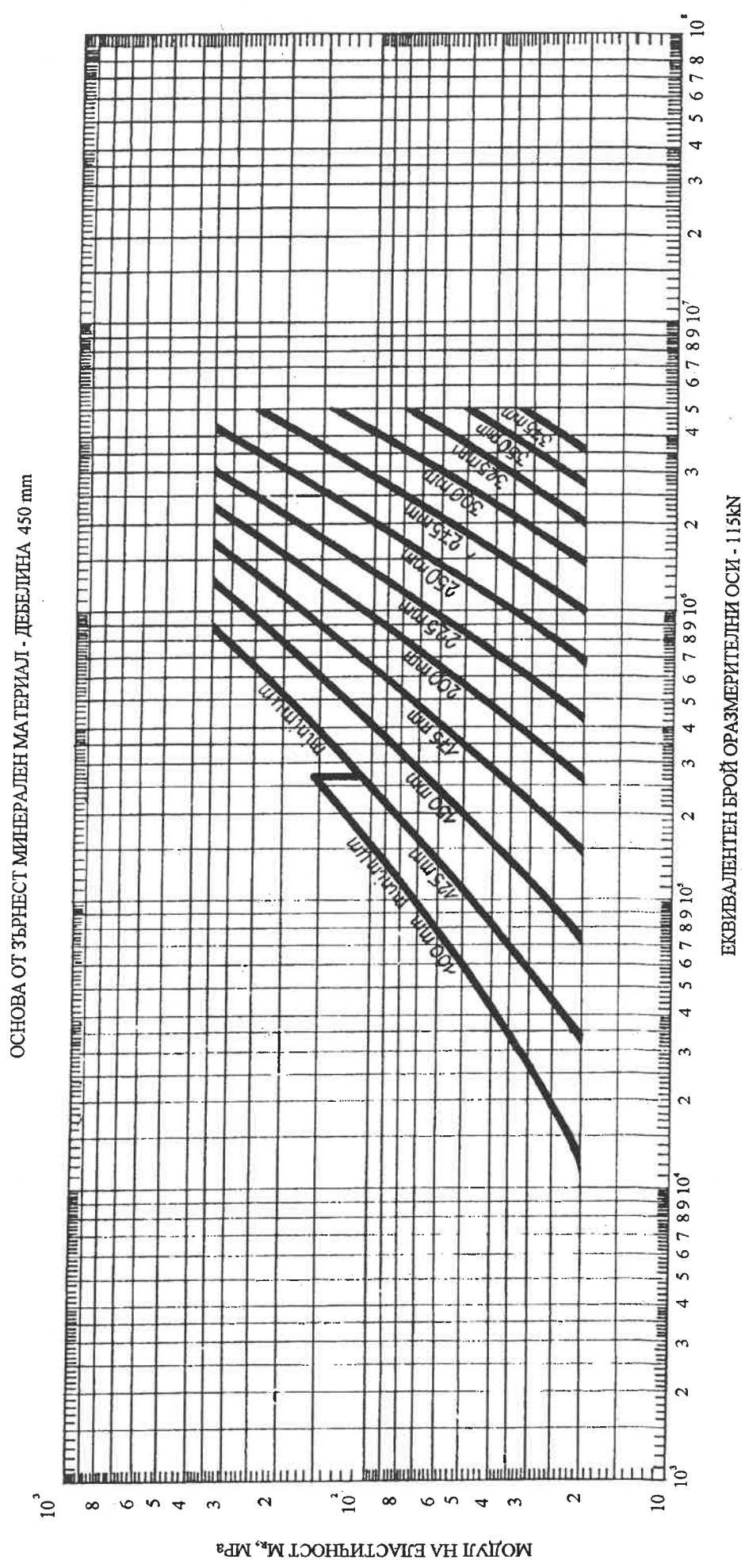


Фиг. 6.8. Оразмерителна графика при дебелина на основата 250 mm

ОСНОВА ОТ МИНЕРАЛЕН МАТЕРИАЛ - ДЕБЕЛИНА 300mm



Фиг. 6.9. Оразмерителна графика при дебелина на основата 300 mm



Фиг. 6.10. Оразмерителна графика при дебелина на основата 450 mm

РАЗДЕЛ VII

ОРАЗМЕРЯВАНЕ НА ПЪТНАТА КОНСТРУКЦИЯ ПО МЕТОДА AASHTO

Методът AASHTO за оразмеряване на пътни конструкции по същество е емпиричен метод, базиращ се на данни от мащабен експеримент, проведен в САЩ през 50-те години и наблюдение на пътни настилки в експлоатация.

Конструктивното поведение на настилката е свързано с нейното физическо състояние: наличие на пукнатини, слягания, изравняния или други повреди, които могат да повлияят върху носимоспособността на конструкцията.

Функционалното поведение на настилката е израз на това колко добре обслужва потребителите. В този контекст качеството на возене е основна характеристика. Във връзка с това от екипа на AASHO Road Test през 1957 г. е разработена концепцията “работоспособност – моментно състояние на годност”, на което се базира този метод за оразмеряване.

Тази концепция има следните пет основни предпоставки:

А. Пътищата служат за удобство на пътуващите (Потребителите).

Б. Удобството или качеството на возене е въпрос на субективно отношение или мнение на Потребителя.

В. Работоспособността може да бъде изразена посредством средната оценка, дадена от всички Потребители на пътя и се определя като оценка за моментно състояние на годност.

Г. Има физически характеристики на настилката, които могат да бъдат измерени обективно и които могат да бъдат свързани със субективните оценки. По този начин се получава обективна стойност на индекса за моментното състояние на годност.

Д. Поведението може да бъде представено посредством промяната на работоспособността на настилката през експлоатационния период.

Работоспособността на настилката се изразява посредством индекс за моментно състояние на годност – *PSI*. Неговата стойност се получава посредством измерване на неравностите и повредите: пукнатини, крълки и дълбочина на коловозите. Равността е

основен фактор за оценка на PSI и следователно нейните изменения контролират експлоатационния живот на настилките. Това показва, че качеството на строителството влияе върху поведението и експлоатационния живот на проектираната настилка.

Първоначалната равност на настилката е важна характеристика по отношение на нейното оразмеряване. Например експлоатационният период/живот на настилка, изградена с първоначална равност или $PSI = 4,5$, е значително по-дълъг от този на настилка с първоначално $PSI = 4,0$. Това показва, че нивото на контрола на качеството по време на строителството е определящо за работоспособността на настилката.

7.1. ПОСЛЕДОВАТЕЛНОСТ НА ДЕЙСТВИЯТА

А. Определяне на входните параметри:

- оразмерително натоварване от движението;
- избор на степен на сигурност и общо стандартно отклонение;
- носимоспособност на земната основа;
- избор на материали за конструктивните пластове - коефициенти на пластовете.
- качество на отводнителната система и неговото влияние върху конструктивните пластове;
- индекс за моментно състояние на годност.

Б. Определяне на варианти на конструкцията, съобразно зададените входни данни.

В. Проверка на избраните конструкции за осигуряване на земната основа срещу опасно замръзване.

Г. Проект за етапно изграждане на конструкцията.

Д. Икономически анализ на различни вариантни решения за конструктивните пластове.

Е. Избор на окончателен вариант.

7.2. ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ВХОДНИТЕ ПАРАМЕТРИ

7.2.1. Оразмерително натоварване

Номограмата за определяне необходимата приведена дебелина на пътната конструкция се отнася за стандартна ос с маса 80 kN. Оразмерителното натоварване от

движението, така както е посочено в раздел III, се отнася за стандартни оси 100 kN или 115 kN. Това налага преизчисляване стойността на оразмерителното натоварване по следната формула:

$$OH_{AASHTO} = M \times OH \quad (7.1)$$

където:

OH_{AASHTO} - оразмерително натоварване от движението за номограмата;

OH - оразмерително натоварване – раздел III;

M - преводен коефициент за товарите, който приема стойност 2,2, ако OH е изразено в стандартни оси с натоварване 100 kN и 4,0, ако OH е изразено в стандартни оси с натоварване 115 kN.

7.2.2. Избор на степен на сигурност

Изборът на степен на сигурност определя до колко ще бъде обезпечено съвпадане на времето да първия ремонт на настилката, изискващо усилване, с оразмерителния период. Оразмерителната стойност на коефициента на сигурност отчита случайните вариации при прогнозиране на движението и при прогнозиране на моментното състояние на пътната настилка и така дава предварително определена степен на сигурност (R) за съхраняване на доброто състояние на настилката през целия оразмерителен период.

В таблица 7.1 са дадени препоръчителни степени на сигурност за пътища с различни функции. По-високите нива кореспондират на пътища с по-голяма интензивност на движението, докато най-ниското ниво – 50 %, кореспондира на локални пътища.

Таблица 7.1.

СТЕПЕНИ НА СИГУРНОСТ ЗА ПЪТИЩА С РАЗЛИЧНИ ФУНКЦИИ

ФУНКЦИЯ НА ПЪТЯ	СТЕПЕН НА СИГУРНОСТ
Автомагистрали	80 – 99,9
Първи и втори клас	75 – 95
Трети клас	75 – 95
Местни (общински)	50 – 80

Сигурността на прогнозното моментно състояние на настилката се контролира посредством избора на коефициент на сигурност – F_R . С неговата стойност се умножава натоварването от движението, изчислено за оразмерителния период. Включване на

или кофициент на сигурност при оразмеряване на пътната конструкция, изключва използването на консервативни оценки за стойностите на всички останали входни параметри и на тяхно място се вземат средни стойности.

Избраната степен на сигурност и общото стандартно отклонение отчитат комбинираното въздействие на вариациите на всички проектни променливи и изисква следните стъпки:

- A. Дефиниране на функциите на трасето.
- B. Избор на степен на сигурност в рамките на стойностите, дадени в таблица 7.1.
- C. Общо стандартно отклонение $S_0 = 0,45$. Стойността е определена при AASHO Road Test.

7.2.3. Носимоспособност на земната основа

Носимоспособността на земната основа се изразява посредством модула на съпротивление при динамично натоварване - M_R , или при невъзможност да се определи основата стойност посредством калифорнийския показател за носимоспособност – CBR . За един хомогенен участък се изпитват три пробы и за оразмерителна се приема средната стойност от трите резултата.

При определяне носимоспособността на земната основа посредством CBR се прилага следната формула:

$$M_{R0} = 10.CBR_0 \quad (7.2)$$

Съвет: M_{R0} е в MPa, а CBR_0 в %.

Тази зависимост е изведена и важи за обсег на CBR между 2 и 20 %.

За слабо натоварени пътища могат да се използват стойностите M_{R0} , дадени в таблица 6.2.

7.2.4. Характеристики на материалите за конструктивните пластове

Основна характеристика на материалите, която отговаря на напрегнатото състояние на пластовете при нормални условия на натоварване за метода на оразмеряване, е модулът на съпротивление.

Друга важна характеристика е якостта на натиск. Тя е определяща за материалите с най-голяма коравина.

Калифорнийският показател за носимоспособност – CBR , е характеристика, която може да замести определянето модула на еластичност за зърнестите минерални материали в основните пластове.

Този метод за оразмеряване не отразява и не отчита устойчивостта на материалите при дълготрайно статично натоварване.

Различни означения се използват за модулите на еластичност на материалите в отделните пластове: за подосновния пласт – E_{SB} , за основния пласт – E_{BS} , за пластовете от асфалтобетон – E_{AC} . За означаване на модула на еластичност на почвата в земната основа се използва M_R .

Методът за определяне модула на еластичност на конкретен материал зависи от неговия тип. Материали със сравнително ниска коравина като почва и несвързани зърнести материали, и дори стабилизираны пластове и асфалтобетон се изпитват по метода в AASHTO T 274. Въпреки че оборудването за изпитване на всеки от тези типове материали е в основи едно и също, при изпитването им има известни различия, например необходимостта от триосово натоварване за несвързаните материали.

Алтернативно, стабилизираны материали или материали с голяма коравина, например материали за стабилизираны основни пластове и асфалтобетонът, могат да бъдат изпитани на индиректен опън при повтарящо се натоварване съгласно ASTM D 4123. Това изпитване също изисква измерване посредством електронни датчици на малки деформации на пробното тяло при натоварване, но е по-малко сложно и по-лесно за провеждане от определяне на модула на еластичност при триосово изпитване.

Поради малките премествания и крехкостта на твърдите материали за настилки, например бетон и материали за основи, стабилизираны с голямо количество цимент, е трудно да се измери модулът, като се използва оборудването за индиректен опън. В тези случаи модулът на еластичност се определя съгласно метода, стандартизиран в ASTM C 469.

Модулът на еластичност за всеки тип материал може да се определи и посредством подходящи корелации.

7.2.4.1. Коефициенти на пластовете

Стойностите на коефициентите на пластовете - a_i , са характерни за материала от конкретния пласт и трансформират действителната сумарна дебелина на пластовете в приведена дебелина (SN).

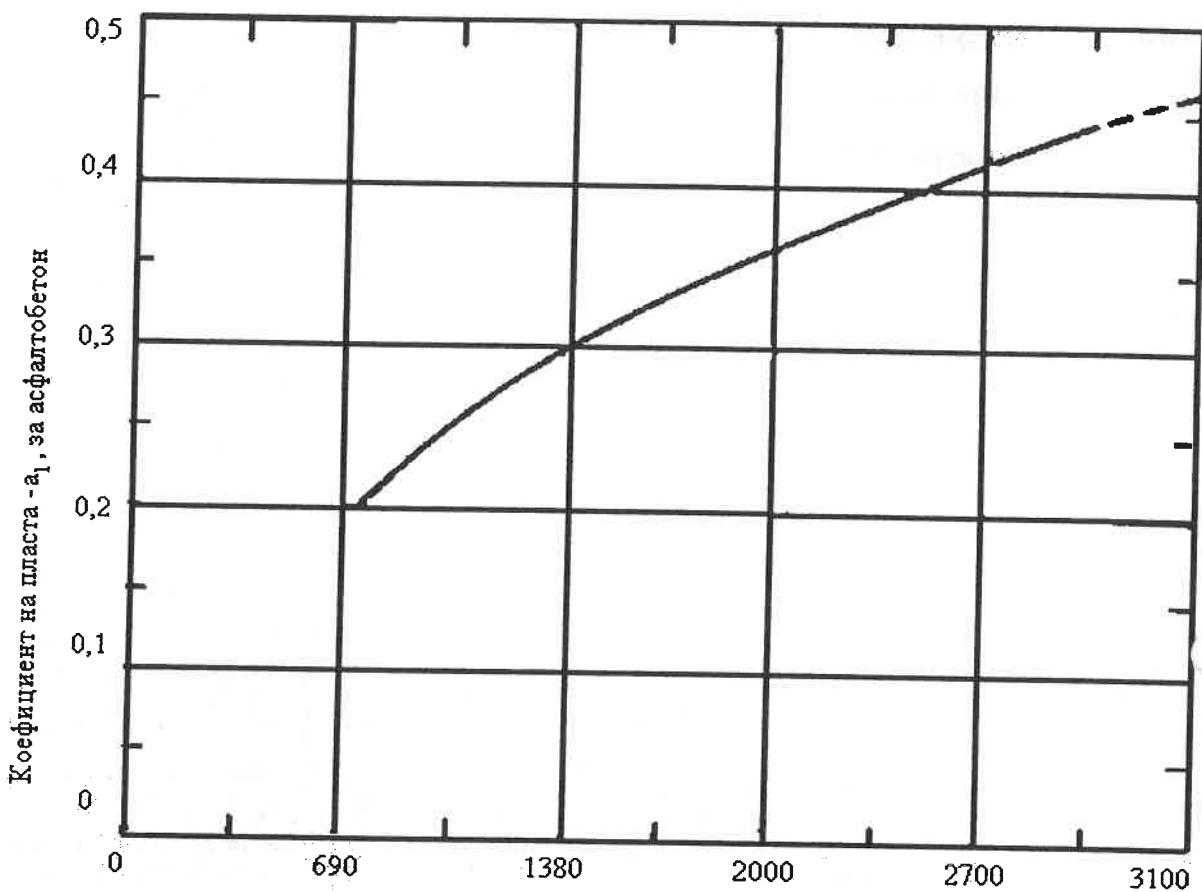
Коефициентът на пласта изразява емпиричната зависимост между приведената и действителната дебелина и е мярка на относителната способност на материала да работи като конструктивен елемент на настилката. Общото уравнение за приведената дебелина изразява относителния принос на коефициентите на пластовете (a_i) и дебелината (h_i):

$$SN = \sum_{i=1} a_i h_i \quad (7.3)$$

Трябва да се знае, че лабораторно получените стойности на модулите могат в значителна степен да се различават от тези, които има в действителната настилка. Например наличието на много корав пласт над пласт с малка коравина може да доведе до опупътняване и съответстващо намаляване на коравината при изпълнението на пластове и несвързани материали един над друг, отношението между модула на еластичност на горния към долния пласт не трябва да надвишават стойности, които биха предизвикали опасни напрежения в несвързаните пластове.

Асфалтобетонови пластове

На фиг. 7.1 е представена графиката за избор на коефициента на пласт от пълтен асфалтобетон с непрекъсната зърнометрия на база неговия модул на еластичност (E_{AC}) при 20°C – a_1 . Трябва да се обърне специално внимание при стойности на модула на еластичност по-високи от 3100 MPa. Въпреки че асфалтобетони с по-високи стойности на модула на еластичност са по-корави и с по-голямо съпротивление на огъване, те са с по-ниско съпротивление на термични пукнатини и пукнатини вследствие умора.



Модул на еластичност на асфалтобетон при 20°C , E_{AC} , MPa

Фиг. 7.1. Графика за избор коефициент на пласта за пълтен асфалтобетон на база модула на еластичност

Основни пластове от несвързани зърнести материали

На фиг. 7.2 е представена графиката за избор на коефициента на пласта от несвързани зърнести материали - α_2 , в зависимост от стойностите на показателя CBR и модула на еластичност на материала, предвиден за изпълняване на този пласт. Зависимостите са определени на база резултатите от AASHO Road Test:

$$\alpha_2 = 0,14$$

$$E_{BS} = 206,8 \text{ MPa}$$

$$CBR \approx 100 \%$$

Ако е известна стойността на модула на еластичност на материала, може да се използва следното уравнение за определяне на α_2 :

$$\alpha_2 = 0,249 \left(\log_{10} \frac{1000}{6,8948} E_{BS} \right) - 0,977 \quad (7.4)$$

Стойността на модула на еластичност на материала в пластовете за основи зависи от напрегнатото състояние, при което работи материала, и се дава от уравнението:

$$E_{BS} = k_1 \theta^{k_2} \quad (7.5)$$

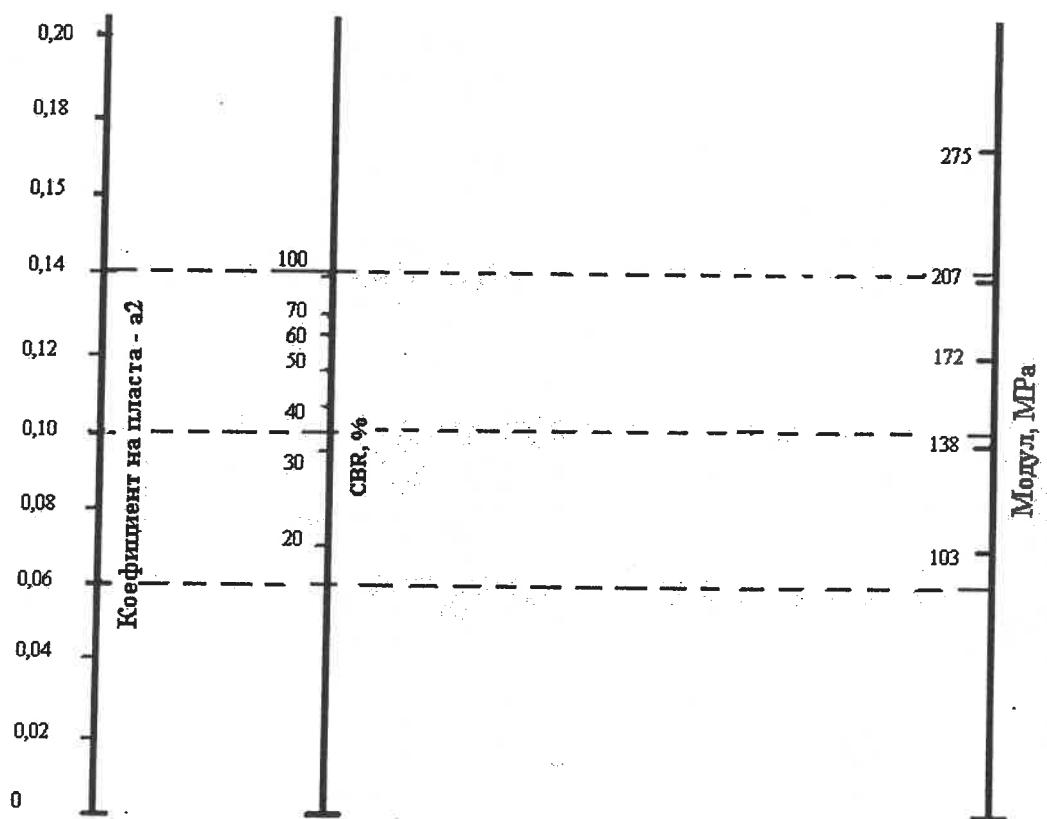
Където: θ – напрегнатото състояние, или сума от главните напрежения $\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3$ (MPa);

k_1, k_2 – регресионни константи, чиито стойности зависят от типа на материала.

Типични стойности на регресионните константи са:

$k_1 = 400$ до 1100

$k_2 = 0,5$ до $0,7$



Фиг. 7.2. Коефициент на пласта за основен пласт от зърнести несвързани материали – a_2 , в зависимост от различни якостни характеристики

При провеждане на AASHO Road Test стойностите на модула на еластичност (E_{BS} в MPa) за основния пласт са дадени в таблица 7.2.

Таблица 7.2

МОДУЛ НА ЕЛАСТИЧНОСТ НА МАТЕРИАЛА В ОСНОВНИЯ ПЛАСТ, МПа

СЪДЪРЖАНИЕ НА ВЛАГА	УРАВНЕНИЕ	НАПРЕГНАТО СЪСТОЯНИЕ (МПа)			
		$\theta=0,0345$	$\theta=0,0689$	$\theta=0,1379$	$\theta=0,2068$
Сух	$1092,5 \cdot \theta^{0,6}$	144,9	219,5	332,8	424,4
Влажен	$546,1 \cdot \theta^{0,6}$	72,4	109,7	166,4	212,2
Мокър	$437,0 \cdot \theta^{0,6}$	57,9	87,8	133,1	169,8

Беше отбелоязано, че стойността на E_{BS} зависи не само от съдържанието на влага, но и от напрегнатото състояние (θ). Напрегнатото състояние в основния пласт е различно за различни стойности на носимоспособността на земната основа и различни дебелини на покритието. Типични стойности, които се използват при оразмеряването са следните:

Таблица 7.3

НАПРЕГНАТО СЪСТОЯНИЕ В ОСНОВНИЯ ПЛАСТ, МПа

ДЕБЕЛИНА НА АСФАЛТОВИТЕ ПЛАСТОВЕ • см	ПОЧВА В ЗЕМННАТА ОСНОВА МОДУЛ НА ЕЛАСТИЧНОСТ, (МПа)		
	20,7	51,7	103,4
по-малко от 5	0,1379	0,1723	0,2068
5 – 10	0,0689	0,1034	0,1379
10 – 15	0,0345	0,0689	0,1034
Повече от 15	0,0345	0,0345	0,0345

При междинни стойности на модула на еластичност на почвата в земната основа се интерполира.

Удачно е разработването на собствени зависимости за характерните материали, които се използват при изпълняване на огъваеми настилки ($M_R = k_1 \theta^{k_2}$), като използва AASHTO T 274. При липса на такива данни могат да се използват данните в таблица 7.3.

Подосновни пластове от несвързани зърнести материали

На фиг. 7.3 е дадена графиката за избор на коефициента за подосновен пласт от несвързани зърнести материали – a_3 , на база лабораторно определяне на показателя CBR или на модула на еластичност на материала, предвиден за изпълняване на този пласт. Зависимостите са определени след анализ на резултатите от AASHO Road Test:

$$a_3 = 0,11$$

$$E_{BS} = 103,4 \text{ MPa}$$

$$CBR \approx 30 \%$$

Таблица 7.4

ХАРАКТЕРНИ СТОЙНОСТИ ЗА k_1 И k_2 ЗА НЕСВЪРЗАНИ МАТЕРИАЛИ ЗА ОСНОВНИ И ПОДОСНОВНИ ПЛАСТОВЕ

СЪДЪРЖАНИЕ НА ВЛАГА	k_1	k_2
(a) Основен пласт		
Сух	820 ÷ 1400	0,5 – 0,7
Влажен	540 ÷ 820	0,5 – 0,7
Мокър	250 ÷ 540	0,5 – 0,7
(б) Подосновен пласт		
Сух	820 ÷ 1100	0,4 – 0,6
Влажен	540 ÷ 820	0,4 – 0,6
Мокър	200 ÷ 540	0,4 – 0,6

Коефициентът на пласта се определя по уравнението:

$$a_3 = 0,227 \left(\log_{10} \frac{1000}{6,8948} E_{SB} \right) - 0,839 \quad (7.6)$$

Стойността на E_{SB} се влияе от напрежнатото състояние по начин, подобен на този за материали за основни пластове. Типичните стойности за k_1 са в границите 200 до 820, докато стойностите на k_2 са в границите от 0,4 до 0,6. Стойностите, характерни за AASHO Road Test, са дадени в таблица 7.5.

Таблица 7.5

МОДУЛ НА ЕЛАСТИЧНОСТ НА МАТЕРИАЛА В ПОДОСНОВНИЯ ПЛАСТ, MPa

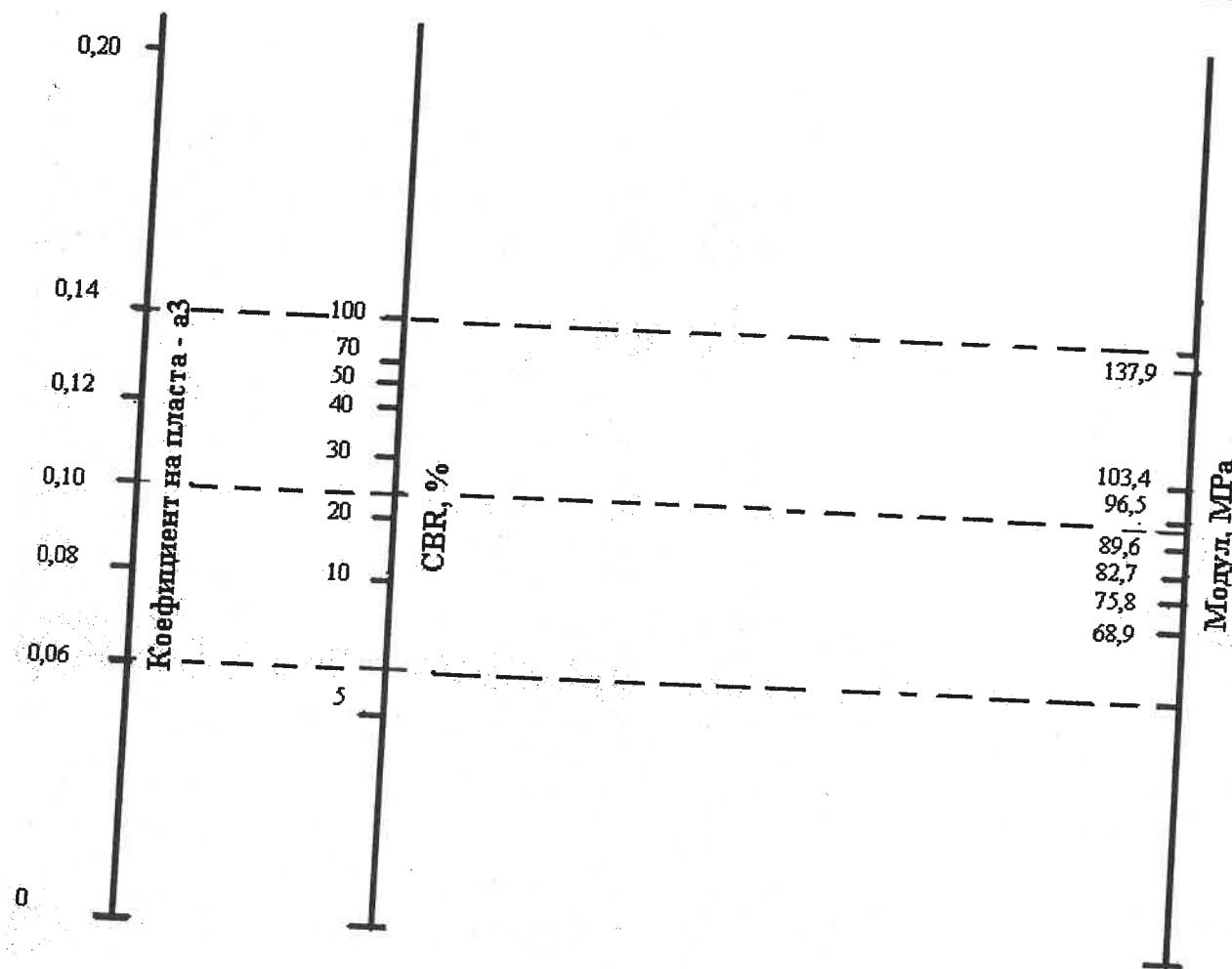
СЪДЪРЖАНИЕ НА ВЛАГА	ЗАВИСИМОСТ	НАПРЕГНАТО СЪСТОЯНИЕ, (MPa)		
		$\theta = 0,0345$	$\theta = 0,0517$	$\theta = 0,0689$
Влажен	$M_R = 737,5 \cdot \theta^{0,6}$	97,8	124,7	148,2
Мокър	$M_R = 628,2 \cdot \theta^{0,6}$	83,3	106,2	126,2

Също както за материалите за основни пластове, и за материалите за подосновни пластове могат да се използват стойностите от таблица 7.5.

Напрегнатите състояния, които могат да се използват при избор на стойност на модул на подосновен пласт с дебелина между 15 и 30 см, са следните:

Таблица 7.6

НАПРЕГНАТО СЪСТОЯНИЕ В ПОДОСНОВНИЯ ПЛАСТ, МПА	
СУМАРНА ДЕБЕЛИНА НА АСФАЛТОБЕТОНОВИТЕ ПЛАСТОВЕ, см	НАПРЕГНАТО СЪСТОЯНИЕ Θ , (МПА)
по-малко от 5	0,0689
5 – 10	0,0517
повече от 10	0,0345

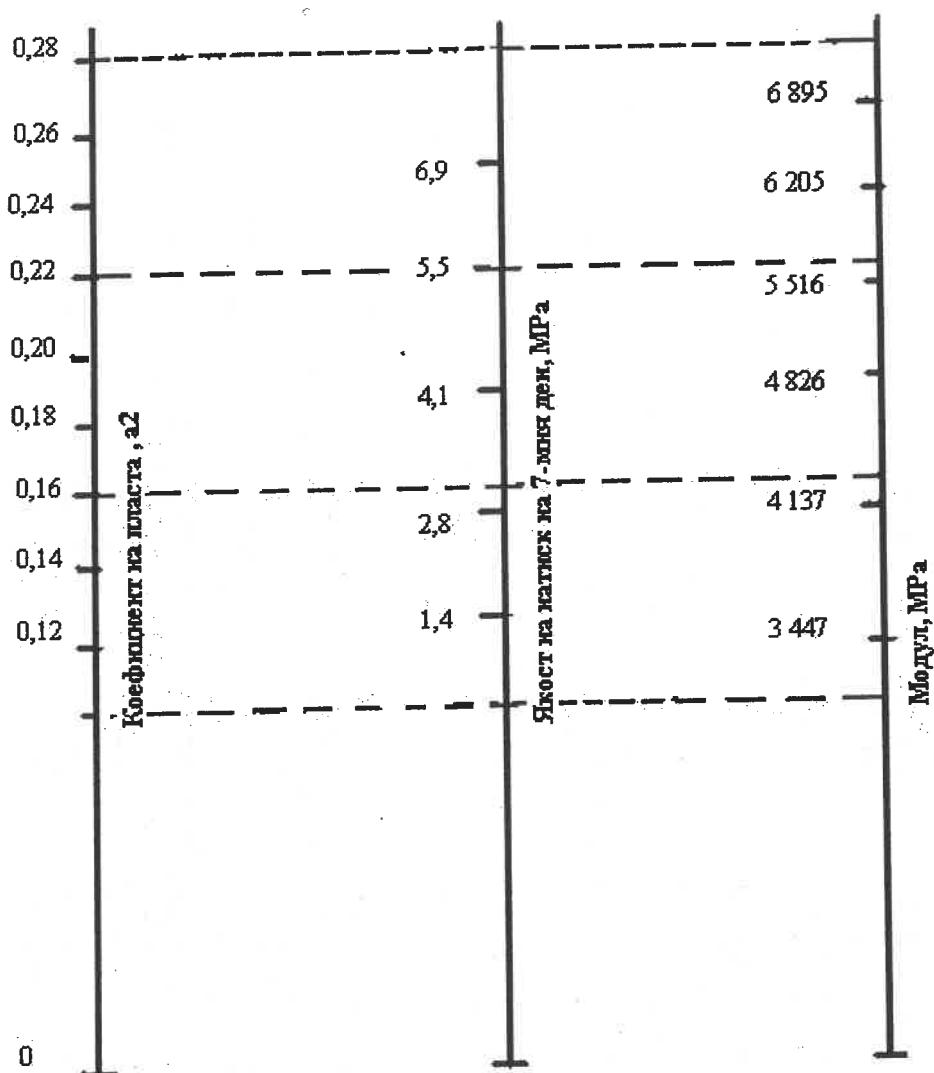


Фиг. 7.3. Коефициент на пласта за подосновен пласт от зърнести несвързани материали – a_3 , в зависимост от различни якостни характеристики

Основни пластове от зърнести материали, обработени с цимент

На фиг. 7.4 е показана графиката, която да се използва при избор на коефициент на пласт за основен пласт от зърнести материали, обработени с цимент – a_2 . Трябва да се

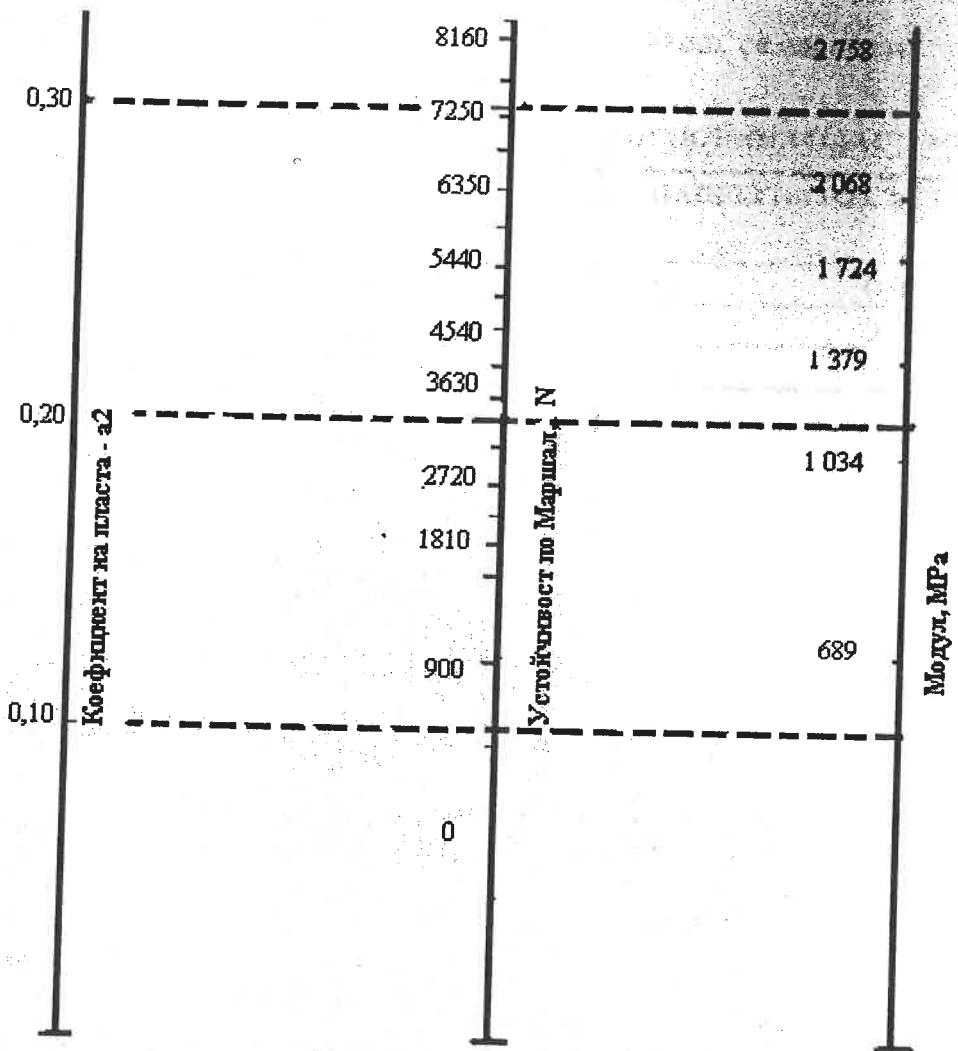
познава модулът на еластичност - E_{SB} , или алтернативно якостта на натиск на 7-мия ден (ASTM D1633).



Фиг. 7.4. Коефициент на пласт за основен пласт от зърнести несвързани материали, стабилизириани с цимент – a_2 , в зависимост от различни яростни характеристики

Основни пластове от асфалтови смеси

На фиг. 7.5 е показана номограма за избора на коефициент на пласта - a_2 , за основни пластове от асфалтови смеси. На база модула на еластичност, E_{BS} , или като алтернатива устойчивостта по Маршал (AASHOT 245, ASTM D 1559).



Фиг. 7.5. Коефициент на пласта за основен пласт от зърнести несвързани материали, обработени с битум – a_2 , в зависимост от различни якостни характеристики

7.2.4.2. Отводняване

Входните данни за отчитане въздействията на качеството на отводняването върху прогнозното състояние на настилките се определя от проектанта. Той трябва сам да прецени какво качество се постига при конкретните условия на отводняване. В таблица 7.7 са дадени най-общи дефиниции, отговарящи на различни качества на отводняването на пътната конструкция.

Таблица 7.7

**ВРЕМЕ ЗА ОТТИЧАНЕ НА ВОДА ОТ КОНСТРУКЦИЯТА
СПОРЕД КАЧЕСТВОТО НА ОТВОДНЯВАНЕТО**

КАЧЕСТВО НА ОТВОДНЯВАНЕТО	ВОДА СЕ ОТСТРАНЯВА В РАМКИТЕ НА
Отлично	2 часа
Добро	1 ден
Средно	1 седмица
Лошо	1 месец
Много лошо	(няма оттичане на водите)

За сравнение, добре е да се знае, че условията за отводняване при AASHO Road Test са приети за средни, т.е. водата се оттича в рамките на една седмица.

Влиянието на очакваното качество на отводняването се отчита посредством включване на допълнителни коефициенти за отводняване на пластовете - m_i , в уравнението за изчисляване на приведената дебелина едновременно с коефициента на пласта (a_i) и дебелината (h_i):

$$SN = a_1 h_1 + a_2 h_2 m_2 + a_3 h_3 m_3 \quad (7.7)$$

Определянето на необходимата дебелина на пласта посредством приведената дебелина е описано подробно в точка 7.2.5.

В таблица 7.8 са представени препоръчелните стойности на m_i в зависимост от качеството на отводняването и частта от годината, през която настилката ще бъде в състояние близко до водонаситеното. Очевидно е, че последното зависи от средногодишната стойност на валежите и преобладаващите условия на отводняване. Като база за сравнение, стойността на m_i за условията на AASHO Road Test е 1,0 за всички несвързани зърнести минерални материали.

Таблица 7.8

ПРЕПОРЪЧИТЕЛНИ СТОЙНОСТИ НА m_i ЗА МОДИФИЦИРАНЕ НА КОЕФИЦИЕНТИТЕ НА ПЛАСТОВЕТЕ ЗА НЕСТАБИЛИЗИРАНИ МАТЕРИАЛИ ЗА ОСНОВНИ И ПОДОСНОВНИ ПЛАСТОВЕ

КАЧЕСТВО НА ОТВОДНЯВАНЕТО	ЧАСТ ОТ ГОДИНАТА, ПРЕЗ КОЯТО ПЪТНАТА КОНСТРУКЦИЯ Е В СЪСТОЯНИЕ БЛИЗКО ДО ВОДОНАСИТЕНОТО			
	< 1%	1÷5%	5÷25%	>25%
Отлично	1,40-1,35	1,35-1,30	1,30-1,20	1,20
Добро	1,35-1,25	1,25-1,15	1,15-1,00	1,00
Средно	1,25-1,15	1,15-1,05	1,00-0,80	0,80
Лошо	1,15-1,05	1,05-0,80	0,80-0,60	0,60
Много лошо	1,05-0,95	0,95-0,75	0,75-0,40	0,40

Тези стойности се прилагат само за отчитане на качеството на отводняването за нестабилизираните основни и подосновни пластове. Въпреки че доброто отводняване подобрява и поведението на стабилизираните материали, влиянието му в никакъв случай не е толкова значително, както при нестабилизираните материали.

7.2.5. Индекс за моментно състояние на годност

Стойностите на индекса за моментно състояние на годност – PSI , са в границите от 0 до 5, като 5 е най-високото ниво. За оразмеряване на пътната конструкция е необходимо да се избере както първоначална, така и крайна стойност на PSI – т.е. в края на оразмерителния период.

Първоначалната стойност на PSI – p_0 , показва каква е оценката на Потребителя за качеството на возене веднага след завършване на строителството. Стойността, установена за AASHO Road Test е 4,2. Тъй като ползваните от строителните фирми методи за строителство и стандарти са различни, препоръчително е установяване на реални първоначални нива на PSI на база конкретните особености.

Стойността на PSI в края на оразмерителния период – p_t , е най-ниската приемлива стойност, преди да се яви необходимост от обновяване на покритието или реконструкция за конкретния клас път. За пътища от висок клас се препоръчват стойности на PSI в края на оразмерителния период 2,5 или 3, за по-нисък клас пътища – 2. За пътища от нисък клас с относително много слабо натоварване от движението, когато е целесъобразно по икономически причини първоначалните разходи да бъдат ниски, може да се използва стойност 1,5.

Периодът от време, за който една пътна конструкция достига избраната крайна стойност на PSI – p_t , зависи от натоварването на движението и от първоначалната стойност на индекса – p_0 .

След като се установят подходящи стойности за p_0 и p_t , изменението на индекса за целия оразмерителен период се определя по формулата:

$$\Delta PSI = p_0 - p_t \quad (7.8)$$

където: ΔPSI – изменението на PSI за оразмерителния период;

p_0 – първоначална стойност на PSI ;

p_t – стойност на PSI в края на оразмерителния период.

7.3. АЛГОРИТЪМ ЗА ОРАЗМЕРЯВАНЕ

7.3.1. Определяне на необходимия SN

На фиг. 7.6 е показана номограмата за определяне необходимата оразмерителна стойност на приведената дебелина на настилката – SN , за конкретни условия:

- определяне на бъдещото натоварване от движението за оразмерителния период – OH_{AASHTO} (точка 7.2.1);
- сигурността - R (точка 7.2.2), което предполага всички входни данни да бъдат със средни стойности;
- общо стандартно отклонение - So (точка 7.2.2);
- ефективен модул на еластичност при динамично натоварване на материала в земната основа - M_R (точка 7.2.3);
- проектна загуба на работоспособност - $\Delta PSI = p_o - p_t$ (точка 7.2.5).

7.3.2. Избор на дебелина на пластовете

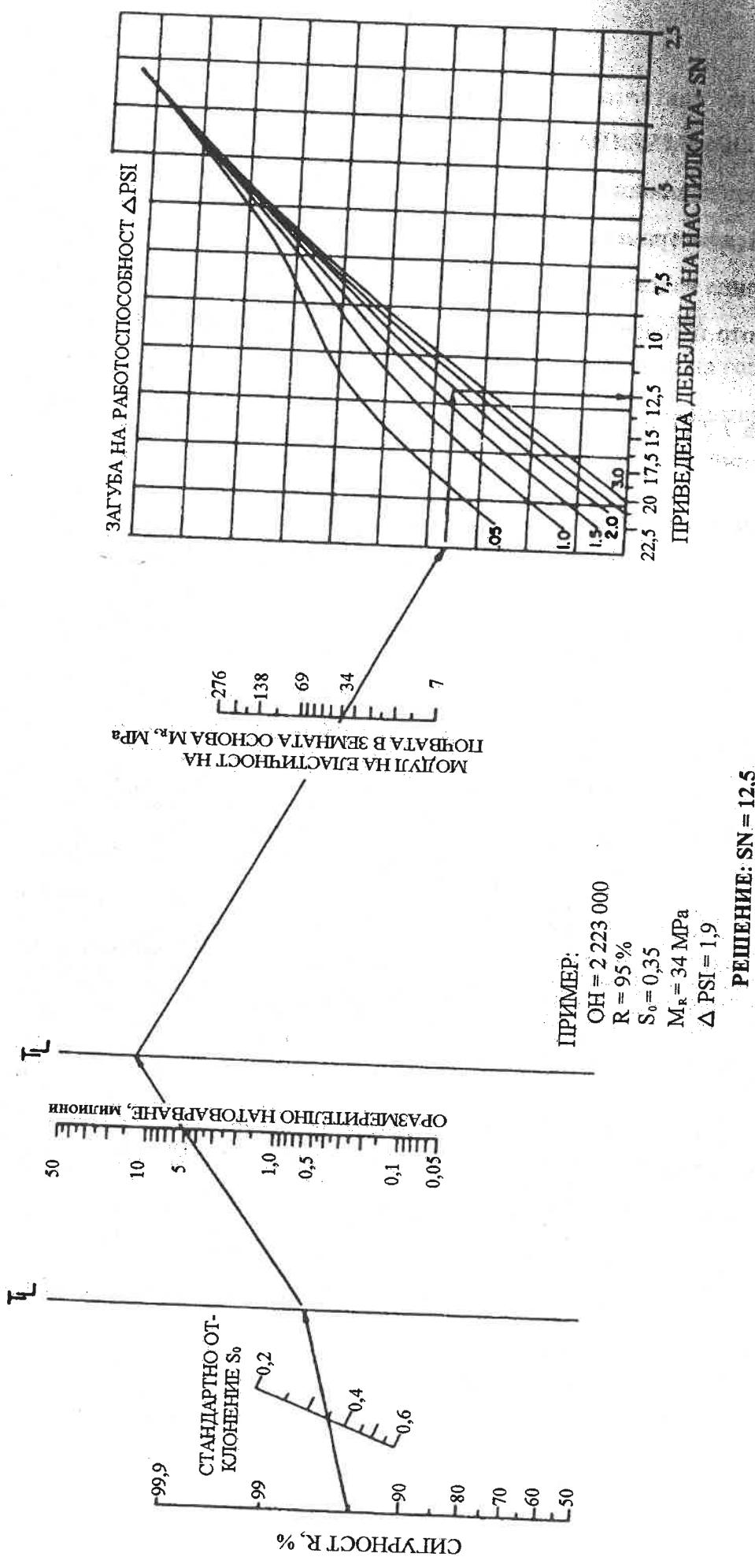
След като се определят стойностите на всички входни данни, от номограмата на фиг. 7.6 се отчита приведената дебелина на конструкцията (SN) за първоначалната конструкция. След това е необходимо да се подберат дебелините на отделните пластове, които ще осигурят търсената работоспособност на настилката. Дебелините на конструктивните пластове се определят с помощта на уравнение (7.7):

$$SN = a_1 h_1 + a_2 h_2 m_2 + a_3 h_3 m_3$$

където: a_1, a_2, a_3 – коефициенти на пластовете: покритие, основен пласт и подосновен пласт;

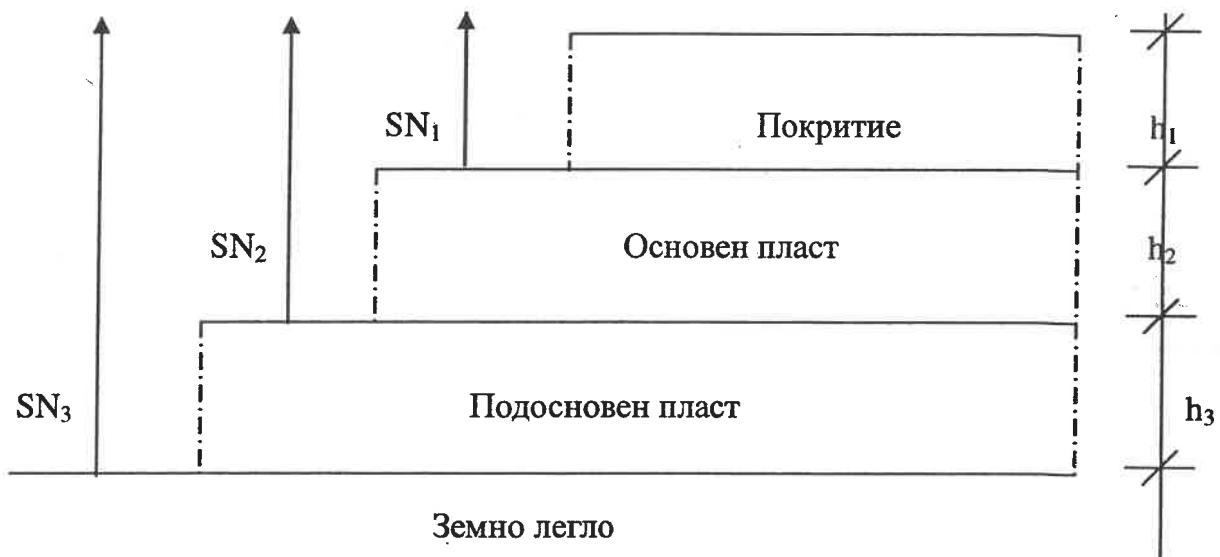
h_1, h_2, h_3 – действителни дебелини на пластовете, см;

m_2, m_3 – коефициент за отводняване на пластовете за основни и подосновни пластове (точка 7.4.2) и се избира от таблица 7.8 в зависимост от качеството на отводняването.



Фиг. 7.6. Номограма за определяне на необходимата оразмерителна стойност на приведената дебелина на настилката - SN

Уравнението за определяне на SN няма единствено решение, съществуват много комбинации от дебелини на пластовете, които биха дали задоволителни решения. Дебелините на пластовете се закръглят с точност 0,5 см. При избора на дебелини на пластовете е необходимо да се вземат предвид съответната икономическа ефективност и да се съобразят строителните ограничения и възможностите при поддържането, за да се избегне получаване на практически неприложими проекти.



Фиг. 7.7. Определяне дебелините на пластовете

$$h_1^* \geq \frac{SN_1}{a_1}$$

$$SN_1^* = a_1 h_1^* \geq SN_1$$

$$h_2^* \geq \frac{SN_2 - SN_1^*}{a_2 m_2}$$

$$h_3^* \geq \frac{SN_3 - (SN_1^* + SN_2^*)}{a_3 m_3}$$

където: a , h , m и SN са дефинирани по-горе в текста, а звездичката означава, че h или SN са действително използвани стойности, които са равни или по-високи от необходимите.

От гледна точка на икономическата ефективност, ако съотношението на стойностите на пласт 1 към пласт 2 е по-ниско от съответното отношение на коефициента

на пластовете умножено с дренажния коефициент. Това е икономически оптималният проект е този, при който се взема основа с минимална дебелина. Изискванията за минимални дебелини на конструктивните пластове са свързани с натоварването от движението и са дадени в таблица 7.9.

Таблица 7.9

МИНИМАЛНИ ДЕБЕЛИНИ НА ПЛАСТОВЕТЕ, см

НАТОВАРВАНЕ ОТ ДВИЖЕНИЕТО, ЕКВИВАЛЕНТЕН БРОЙ ОРАЗМЕРИТЕЛНИ ОСИ – 100 kN	АСФАЛТОВИ ПЛАСТОВЕ	ОСНОВЕН ПЛАСТ ОТ НЕСВЪРЗАНИ ЗЪРНЕСТИ МИНЕРАЛНИ МАТЕРИАЛИ
< 21 100	2,5 (или повърхностна обработка)	12
21 101 – 63 300	5	12
60 301 – 211 000	6	12
211 001 – 844 000	7,5	15
844 001 – 2 954 000	9	15
> 2 954 000	10	15

При изпълнение на повърхностна обработка (единична или двойна) трява да се отчете нейният принос към намаляване проникването на повърхностни води в основния и подосновния пласт. Повърхностните обработки нямат принос към работоспособността на конструкцията – не са конструктивен пласт.

7.3.3. Анализ на многопластова система

Огъваемите настилки са многопластови системи и при оразмеряването им трява да се има предвид. Конструкцията се проектира в съответствие с фигура 7.7. Г. Ръво се изчислява необходимата стойност на SN спрямо модула на еластичност на земното легло. По същия начин се изчисляват необходимите стойности на SN на повърхността на подосновния и основния пласт, като се използват съответните стойности на носимоспособността на всеки от тях. Като се използват разликите между изчислените необходими SN на повърхността на всеки пласт, се изчислява съответната минимална допустима дебелина. Например, за да се определи минималната допустима стойност на приведената дебелина на материала за подосновен пласт от изчислената необходима приведена дебелина, получена над подосновния пласт, се изважда приведена дебелина, получена на повърхността на земното легло. По същия начин се изчисляват и приведените

дебелини за другите несвързани пластове. След това се изчисляват дебелините на съответните пластове по начина, показан на фиг. 7.7.

Трябва да се знае, че този подход не е подходящ за определяне на необходимата приведена дебелина – SN , над подосновния или основния пласт, материалите за които имат модул със стойност по-голяма от 275 MPa. В този случай дебелините на пластовете над “високо” модулния пласт ще бъдат установени на база определяне икономическата ефективност и изискванията за минимални дебелини на пластовете.

7.4. ЕТАПНО ИЗГРАЖДАНЕ

Опитът е показал, че независимо от здравината (или способността за поемане на товари) на огъваемите настилки, може да има максимален оразмерителен период (точка 2.1.1), отговарящ на дадена първоначална конструкция, подложена на едно значително ниво на натоварване от товарно движение. Очевидно, ако анализният период (точка 2.1.1) е 20 години (или повече) и този практически максимален оразмерителен период е по-малък от 20 години, тогава трябва да се предвиди етапно изграждане (т.e. планирана рехабилитация) при анализиране на проекта. Това е още по-точно, ако се провежда икономически анализ разходи за експлоатационния период, когато се оценяват разликите между оразмерителната дебелина на първоначалната конструкция и последващите усилвания. В този случай, където алтернативата етапно изграждане се взема предвид, е важно да се провери ограничението върху минималния оразмерителен период (точка 2.1.1) в рамките на различни предложения за стратегии. Важен момент е задължителното съчетаване на степените на сигурност за всички отделни етапи на стратегията. Например, ако всеки етап от триетапната стратегия (изграждане на настилка и две усилвания, предвидени за оразмерителен период) има степен на сигурност 90 %, общата сигурност на проектната стратегия е $(0,9,0,9,0,9) \cdot 100$ или 72,9 %. Обратното, ако се търси общата сигурност 95 %, то сигурността на всеки един от етапите трябва да бъде $(95\%)^{1/3}$ или 98,3 %.

ПРИМЕР:

Анализният период, който избираме за този пример е 20 години. Оразмерителният период, избран за първоначалната конструкция на настилката, е 15 години, така че трябва да изберем етапно изграждане, т.e. планирана рехабилитация, за да анализираме 20-годишен период.

Движение

На база преброяване на движението и коефициентите за нарастване на движението и коефициента на лентата е определено $OH^{13}_{\text{AASHTO}} = 18,6 \cdot 10^6$ ОО и $OH^{20}_{\text{AASHTO}} = 23,4 \cdot 10^6$ ОО.

Сигурност

Тъй като натоварването от движението е тежко, избираме степен на сигурност 90% за анализния период, което означава за всеки етап осигуряване степен на сигурност $0.90^{1/2} \cdot 100 = 95\%$.

Друг критерий за оценка на сигурността е общото стандартно отклонение, което въпреки че може да се определи въз основа на анализ на вариациите на всички фактори, влияещи на оразмеряването, ще използваме приблизителната стойност, дадена в ръководството $S_0 = 0,35$.

Работоспособност

На база на OH и класификацията на пътя определя стойността на PSI в края на анализния период $p_t = 2,5$.

Първоначалната стойност възприемаме $p_0 = 4,5$, което е характерно за региона – много добро изпълнение.

$$\Delta PSI = p_0 - p_t = 2,1$$

Носимоспособност на земната основа

След лабораторно определяне на CBR се изчислява $CBR_0 = 3,45\%$, което означава $M_{R0} = 34,5$ MPa.

Материали в конструктивните пластове

Пет типа материали ще съставят конструкцията на настилката, чиито характеристики са определени лабораторно.

Асфалтобетон за износващ пласт

$$- E_{AC_1} = 2500 \text{ MPa}$$

Асфалтобетон за долн пласт на покритието

$$- E_{AC_2} = 2000 \text{ MPa}$$

Горен основен пласт от пореста асфалтова смес

$$- E_{BS_3} = 1900 \text{ MPa}$$

Зърнест минерален материал за долн основен пласт

- CBR=100 %

Зърнест минерален материал за подосновен пласт

- CBR= 40 %

Коефициенти на пластовете

Използвайки графиките за определяне на коефициентите на пластовете, определяме:

Асфалтобетон за износващ пласт

- $a_{1,1} = 0,4$

Асфалтобетон за долн пласт на покритието

- $a_{1,2} = 0,37$

Горен основен пласт от пореста асфалтова смес

- $a_{2,1} = 0,27$

Зърнест минерален материал за долн основен пласт

- $a_{2,2} = 0,14$

Зърнест минерален материал за подосновен пласт

- $a_3 = 0,12$

Коефициенти за отводняване на пластовете

Добро отводняване; насили;

$$m_{2,2} = 1,25 \text{ и } m_3 = 1,15$$

Първи етап на конструкцията

Тъй като оразмерителният период е по-малък от анализния, трябва да проектираме усилване след изтичане на времето за първи етап.

Конструкцията за първи етап се определя за носимоспособност на земната основа $M_{R0} = 34,5 \text{ MPa}$; сигурност 95 %; общо стандартно отклонение 0,35; оразмерителна загуба на работоспособност $\Delta PSI = 2,1$ и натоварване от движението $OH^{15}_{AASHTO} = 18,6 \cdot 10^6 \text{ OO}$ за 15 г. Използвайки фиг. 7.6, определяме максималната първоначална приведена дебелина $SN = 12,5 \text{ cm}$.

Определяне конструктивните дебелини за първоначалната конструкция

Решаваме необходимата стойност на SN над материала за основен пласт, като използваме зърнестия несвързан минерален материал за основен пласт, който съгласно графиката на фиг. 7.2 има стойност 207 MPa и съответно получаваме от графиката $SN_1 = 7,75 \text{ cm}$.

Приемаме конструкция на асфалтовата част от настилката

Износващ пласт

4 cm

Долен пласт на покритието	6 см
Горен основен пласт	10 см
Обща дебелина	20 см

определяме средната претеглена стойност на a_1 за асфалтови пластове 0,326 и така получаваме минимална необходима дебелина на асфалтовата част от пътната конструкция

$$h_1 = \frac{SN_1}{a_1} = \frac{7,75}{0,326} = 23,8 \text{ см}$$

Променяме първоначално избраната дебелина

Износващ пласт	4 см
Долен пласт на покритието	6 см
Горен основен пласт	14 см
Обща дебелина	24 см

$$h_1 = \frac{SN_1}{a} = 24,4 \text{ см}$$

Износващ пласт	4 см
Долен пласт на покритието	6 см
Горен основен пласт	15 см
Обща дебелина	25 см

$$h_1 = 24,7 \text{ см.}$$

$$SN_1^* = 25 \cdot 0,314 = 7,8 \text{ см}$$

По същия начин, като използваме фиг. 7.6 и модула на еластичност на подосновния пласт, определяме $SN_2 = 10 \text{ см.}$

$$\begin{aligned} h_2^* &= (SN_2 - SN_1^*) / a_2 m_{2,2} = \\ &= (10 - 7,8) / 0,14 \cdot 1,25 = \\ &= 12,6 \text{ см} \rightarrow 13 \text{ см} \end{aligned}$$

Повтаряме стъпката и получаваме $h_2^* = 15 \text{ см}$

$$SN_2 = 15 \cdot 0,14 \cdot 1,25 = 2,6 \text{ см}$$

и накрая необходимата дебелина на подосновния пласт е:

$$\begin{aligned}
 h_3 &= [SN_3 - (SN_1^* + SN_2^*)] / (a_3 m_3) = \\
 &= [12,5 - (7,8 + 2,6)] / 0,12 \cdot 1,15 = \\
 &= 15,2 \text{ cm} \rightarrow 16 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Определяне на необходимата дебелина за втория етап.

От номограмата на фиг. 7.6 отчитаме необходимата приведена дебелина за $OH^{20}_{AASHTO} = 23,6 \cdot 10^6$ ОО, която е $SN^{20} = 14$ см.

$$h_{Herman} = (SN^{20} - SN^{15}) / a_{1,1} = (14 - 12,5) / 0,4 = 3,75 \text{ cm}$$

След изтичане на оразмерителния период от 15 години по предварителна преценка ще бъде необходимо да се изпълни пласт от плътен асфалтобетон с дебелина 4 см.

При наближаване края на оразмерителния период се прави обследване на повредите, определя се носимоспособността на конструкцията и се прави оценка за необходимата рехабилитация.

РАЗДЕЛ VIII

ОРАЗМЕРЯВАНЕ НА ПЪТНАТА КОНСТРУКЦИЯ ПО МЕТОДА НА БРИТАНСКАТА ПЪТНОИЗСЛЕДОВАТЕЛСКА ЛАБОРАТОРИЯ (TRRL) - Road Note 29

При разработване на този метод за оразмеряване на асфалтови пътни настилки са ползвани резултатите от широкообхватните полеви опити на Британска пътноизследователска лаборатория.

8.1. ПОСЛЕДОВАТЕЛНОСТ НА ДЕЙСТВИЯТА ПРИ ОРАЗМЕРЯВАНЕ

A. Определяне на входните параметри:

- оразмерително натоварване от движението;
- носимоспособност на земната основа;
- избор на материали за конструктивни пластове.

B. Определяне на варианти на конструкцията съобразно зададените входни данни.

V. Проверка на избраните конструкции за осигуряване на земната основа срещу опасно замръзване.

Г. Икономически анализ на отделните решения.

Д. Избор на окончателен проект.

8.2. ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ВХОДНИТЕ ПАРАМЕТРИ

8.2.1. Оразмерително натоварване

Оразмерителното натоварване се определя съгласно раздел III, точка 3.3.

8.2.2. Носимоспособност на земната основа

Характеристики за носимоспособността на земната основа е калифорнийският показател – CBR_0 . Стойностите му се определят съгласно раздел IV. Изпитват се три пробы при ρ_d и W_{opt} за всеки хомогенен участък.

8.2.3. Характеризиране на материалите за конструктивните пластове

Ползването на оразмерителните графики за определяне на конструктивните дебелини на пластовете става след избор на вида на материала за всеки конструктивен пласт.

A. Долен основен пласт

Изпълнява се от зърнести минерални материали и смеси от тях, необработени със свързващи вещества, които по физико-механични показатели и зърнометричен състав трябва да отговаря на действащите Технически спецификации.

Основните пластове от зърнести минерални материали трябва да бъдат уплътнени при $W_{opt} \pm 1,5 \%$ до плътност на скелета не по-малка от $0,98 \text{ mod}\rho_{d,pr}$ съгласно AASHTO T 180 (БДС 17146).

Б. Горен основен пласт

Изпълнява се от минерални материали, стабилизиранi с цимент, асфалтова смес за основи и нестабилизиранi материали.

Основни пластове от стабилизиранi с хидравлични свързващи вещества материали

Смесите за направа на основни пластове, обработени с хидравлични свързващи вещества трябва да отговарят на изискванията, както следва:

- при стабилизация в смесител – на Обща техническа спецификация за основни пластове на пътни настилки от материали, стабилизиранi с цимент и Техническа спецификация 2000 на ИАП;
- при обработка на място с цимент – на “Технологични указания. Основни и подосновни пластове на пътни настилки, стабилизиранi или подобрени с цимент”;
- при обработка на място с вар – на “Технологични указания за обработване на почвите на място с вар за целите на пътното строителство”.

Основните пластове от стабилизиранi с хидравлични свързващи вещества материали и почви трябва да бъдат уплътнени при $W_{opt} \pm 2 \%$ до плътност на скелета не по-малко от $0,98 \text{ mod}\rho_{d,pr}$ AASHTO T 180 (БДС 17146-90).

Основни пластове от несвързани минерални материали

Изпълнява се от зърнести минерални материали и смеси от тях, необработени със свързващи вещества, които по физико-механични показатели и зърнометричен състав трябва да отговарят на действащите технически спецификации.

Основните пластове от зърнести минерални материали трябва да бъдат уплътнени при $W_{opt} \pm 1,5 \%$ до плътност на скелета не по-малка от $0,98 \text{ mod}\rho_{d,pr}$ AASHTO T 180 (БДС 17146-90).

Основни пластове от асфалтови смеси

Физико-механичните показатели на асфалтовите смеси за основни пластове и коефициентът на уплътнение на положения пласт трябва да отговарят на действащите технически спецификации и стандарти.

В. Покритие

Покритието е двупластово и се изпълнява от асфалтови смеси.

При работа с настоящото ръководство не е необходимо да се познава стойността на модула на еластичност при динамично натоварване на асфалтобетона, ако са спазени следните условия:

- асфалтовите смеси по зърнометричен състав и физико-механични показатели отговарят на действащите Технически спецификации;
- коефициента на уплътняване на асфалтовите пластове отговаря на изискванията и действащите Технически спецификации.

8.3. ПРЕДПАЗВАНЕ ОТ ВЪЗДЕЙСТВИЕТО НА КЛИМАТИЧНИТЕ УСЛОВИЯ.

Оразмерителните графики се отнасят за пътна конструкция, предпазена от значително овлажняване и замръзване.

8.4. АЛГОРИТЪМ ЗА ОРАЗМЕРЯВАНЕ

При оразмеряването се ползват оразмерителни графики. От отделна графика се отчитат дебелината на долния основен пласт и към нея е посочено изискването носимоспособност на материалите в пласта. Необходимите дебелини на горния основен пласт и на покритието се отчитат от други графики в зависимост от вида на материала, избран за горния основен пласт. Броят на пластовете и видовете на материалите за тях са посочени в таблица 8.1 и зависят от оразмерителното натоварване.

A. Долен основен пласт

Изпълнява се от зърnest минерален материал. Дебелината на пласта се отчита от фиг. 8.1.

При стойност на показателят $CBR_0 < 2\%$ на почвата в земната основа, което е минималната стойност, дадена на номограмата, дебелината на долния основен пласт се увеличава със 150 mm.

При оразмерително натоварване по-малко от $0,2 \cdot 10^6$ *Оразмерителни оси (OO)* с натоварване 100 kN, необходимата минимална стойност на показателя CBR на преби от смеси от зърнести материали, уплътнени до плътност 98 % от стандартната по AASHTO T 180 (БДС 17146), след 4-дневно киснене на пробата във вода трябва да има стойност не по-малка от 20 %. При по-голяма стойност на оразмерителното натоварване минималната стойност на показателя CBR, определена при тези условия, е 30 %.

При стойност на показателя CBR_0 на земната основа по-висока от минимално необходимата за долн основен пласт, то такъв пласт не се предвижда.

При оразмерително натоварване по-малко от $0,2 \cdot 10^6$ *Оразмерителни оси (OO)* с натоварване 100 kN минималната дебелина на долния основен пласт е 80 mm, а за по-голямо - 150 mm.

Б. Горен основен пласт

Изпълнява се от минерални материали, стабилизириани с цимент, асфалтови смеси и нестабилизириани минерални материали.

При оразмерително натоварване по-малко от $1 \cdot 10^6$ *Оразмерителни оси (OO)* с натоварване 100 kN за горен основен пласт могат да се използват и други материали, чито качества са доказани от местния опит. Тези материали трябва да са мразоустойчиви.

Дебелината на горния основен пласт се отчита от фиг. 8.2 до 8.5 за изброяните по-горе материали в зависимост от оразмерителното натоварване, изразено в *Оразмерителни оси (OO)* с натоварване 100 kN.

Горни основни пластове от зърнести минерални материали и смесите от тях за направа на пътни основи, необработени със свързващи вещества, се изпълняват от материали със стойност на калифорнийския показател за носимоспособност *CBR*, на преби от тях, уплътнени до плътност 98 % от стандартната по AASHTO T 180 (БДС 17146), след 4-дневно киснене на пробата във вода трябва имат стойност не по-малка от 80 %.

Горни основни пластове от зърнести минерални материали, стабилизириани с цимент - циментова стабилизация клас 2, се прилагат при оразмерително натоварване по-малко от $2 \cdot 10^6$ *Оразмерителни оси (OO)* с натоварване 100 kN.

Минималните необходими дебелини на горни основни пластове от зърнест минерален материал, стабилизиран с цимент - циментова стабилизация клас 1 и клас 2, са дадени на фиг. 8.5, а на горни основни пластове от нестабилизиран зърнест минерален материал - на фиг. 8.2.

За оразмерително натоварване по-голямо от $5 \cdot 10^6$ Оразмерителни оси (ОО) с натоварване 100 kN минималната дебелина на покритието (износващ пласт + долн пласт на покритието) е 100 mm. Допълнителната дебелина над 100 mm, отчетена от номограмата, може да се изпълни от асфалтова смес за основи и да се оформи двупластов горен основен пласт, съставен от горен пласт от асфалтова смес за основи и долн пласт от минералбетон, нестабилизириани зърнести минерални материали за горен основен пласт или стабилизириани с цимент зърнести минерални материали.

ЗАБЕЛЕЖКА: При предвиждане на горен основен пласт от асфалтова смес за основи трябва да се има предвид това, че работоспособността на една асфалтова смес с остатъчна порестост 4 % е около два пъти по-голяма от тази на асфалтова смес с остатъчна порестост 6 % и четири пъти по-голяма от тази на асфалтова смес с остатъчна порестост 8 %.

В. Покритие

Дебелините на покритието се отчитат от фиг. 8.2 до 8.5 в зависимост от типа на материала за горен основен пласт и големината на оразмерителното натоварване. В детайли разделянето на покритието на долн и горен пласт е показано в таблица 8.1.

Изиска се покритието да се изпълнява в два пласта. Дебелината на износващия пласт е посочена в таблица 8.1 и зависи от големината на оразмерителното натоварване.

Таблица 8.1
ПРЕПОРЪЧИТЕЛНИ ДЕБЕЛИНИ НА ПОКРИТИЯТА ЗА НОВИ ПЪТНИ КОНСТРУКЦИИ
ОРАЗМЕРИТЕЛНО НАТОВАРВАНЕ, ИЗРАЗЕНО В ОРАЗМЕРИТЕЛНИ ОСИ С НАТОВАРВАНЕ
100 KN

$> 5 \cdot 10^6$	$(1 \div 5) \cdot 10^6$	$(0,2 \div 1) \cdot 10^6$	$< 0,2 \cdot 10^6$
1	2	3	4
<u>Износващ пласт min дебелина 40 mm</u> Пътна асфалтова смес (изключват се пясъчни асфалтови смеси и съставните минерални материали са само трошен камък и шлака)	<u>Износващ пласт min деб. 20 mm</u> Пътна асф. смес	ДВА ПЛАСТА <u>Износващ пласт min деб.20 mm</u> <u>Долен пласт на покритието</u> Пореста асф. смес за долн пласт на покритието	

1	2	3	4
<u>Долен пласт на покритието</u> Плътна асф. смес (съставни материали само трошен камък и шлака)	<u>Долен пласт на покритието</u> Плътна асф. смес	<u>Долен пласт на покритието</u> Пореста асф. смес за долен пласт на покритието	ЕДИН ПЛАСТ Плътна асф. смес 60 mm. Пореста асфалтова смес за долен пласт на покритието (Виж Забележка 2)
Пореста асф. смес за долен пласт на покритието (съставни мин. мат. само трошен камък и шлака)	Пореста асф. смес за долен пласт на покритието		

ЗАБЕЛЕЖКА 1: Асфалтовите смеси са съгласно действащите спецификации.

ЗАБЕЛЕЖКА 2: При изпълняване на покритието от пореста асфалтова смес, върху него се изпълнява повърхностна обработка за осигуряване водоплътността на конструкцията.

ПРИМЕР

Необходимо е да се оразмери пътната конструкция за нов път с оразмерително натоварване $0,8 \cdot 10^6$. *Оразмерителни оси (OO)* с натоварване 100 kN и земна основа с $CBR_0 = 6\%$.

Долен основен пласт: За $CBR_0 = 6\%$ и оразмерително натоварване $0,8 \cdot 10^6$ от фиг. 8.1 отчитаме необходима дебелина нания основен пласт 170 mm и минимална стойност на показателя $CBR = 30\%$.

Горен основен пласт и покритие: За натоварването, което имаме, дебелините на тези пластове са дадени на фиг. 8.2 - 8.5:

1. Горен основен пласт

а) горен основен пласт от плътен асфалтобетон

От фиг. 8.2 отчитаме:

горен основен пласт 90 mm

покритие 75 mm

За покритието се използва комбинацията от материали за пластовете на покритието, дадени в таблица 8.1, колона 3.

б) горен основен пласт от асфалтова смес за основи

От фиг. 8.3. отчитаме:

горен основен пласт 105 mm

покритие 75 mm

За покритието се използва комбинацията от материали за пластове на покритието, дадени в таблица 8.1, колона 3.

в) Горен основен пласт от циментова стабилизация - клас 1

От фиг. 8.4 отчитаме:

горен основен пласт - 160 mm

покритие - 75 mm

Използва се комбинацията от материали за пластове на покритието, дадени в таблица 8.1, колона 3.

г) Горен основен пласт от минералбетон или нестабилизиран зърнест минерален материал

От фиг. 8.5 отчитаме:

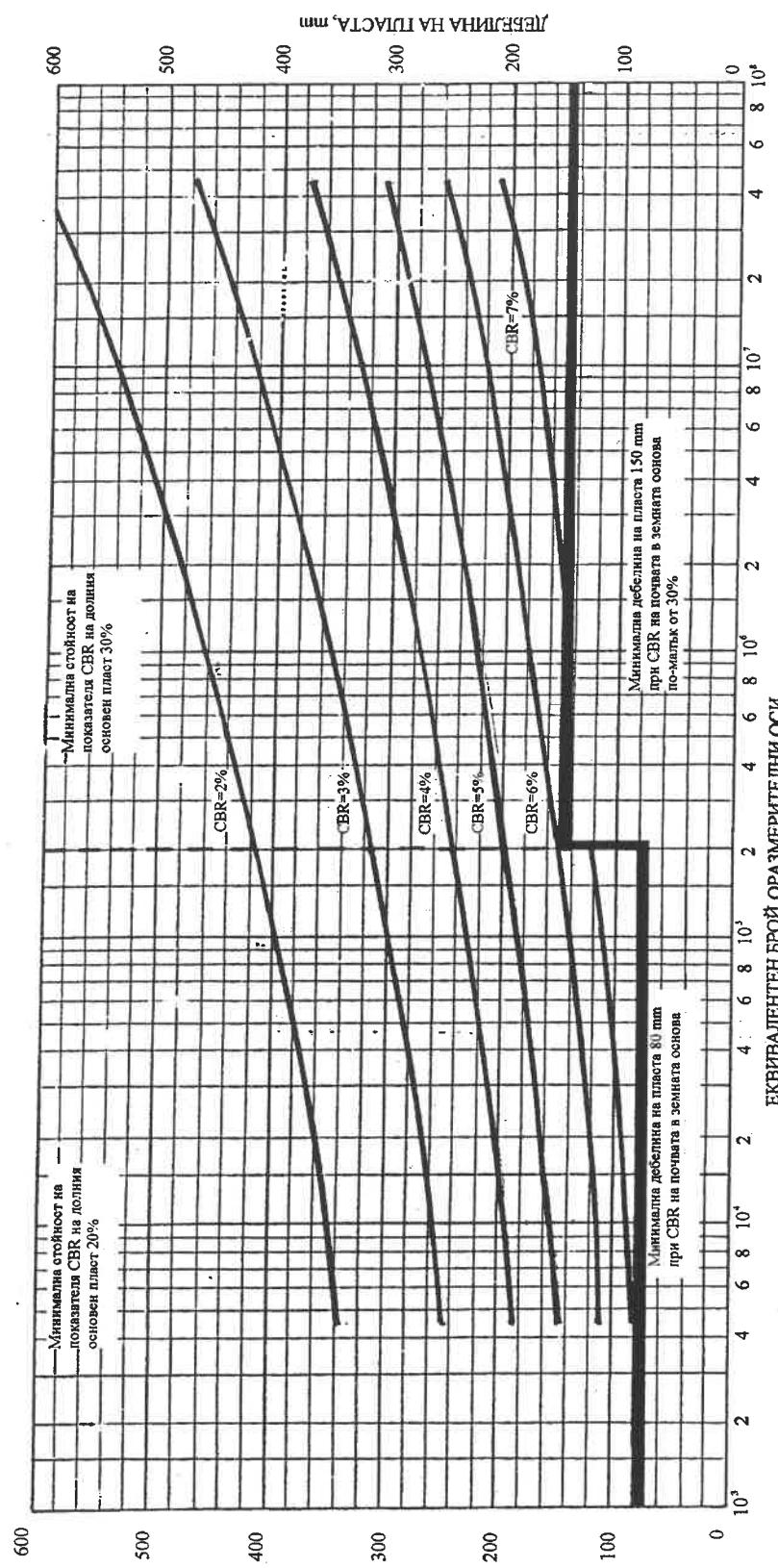
горен основен пласт - 165 mm

покритие - 75 mm

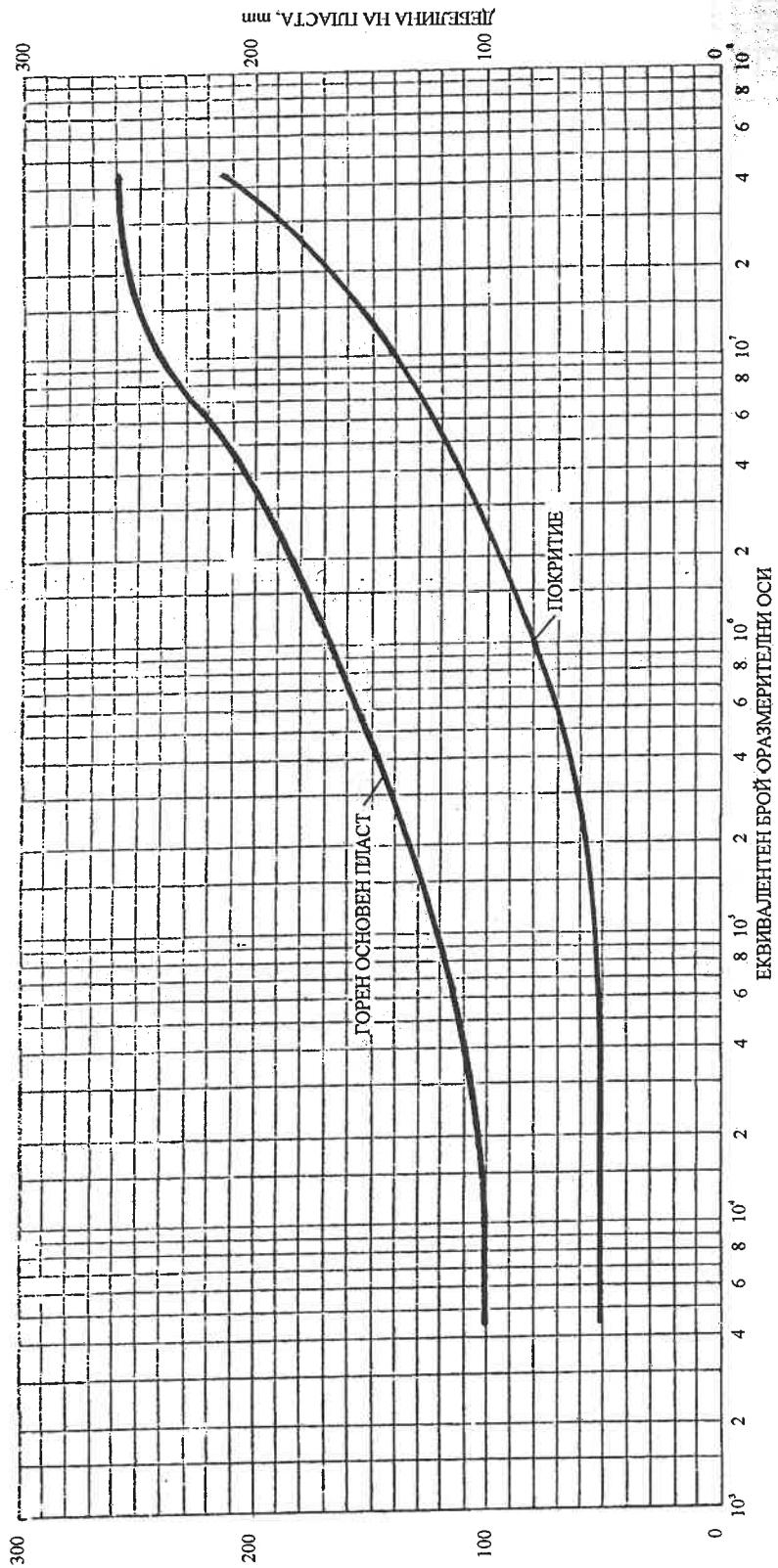
Използва се комбинацията от материали за пластове на покритието, дадени в таблица 8.1, колона 3.

2. Покритие:

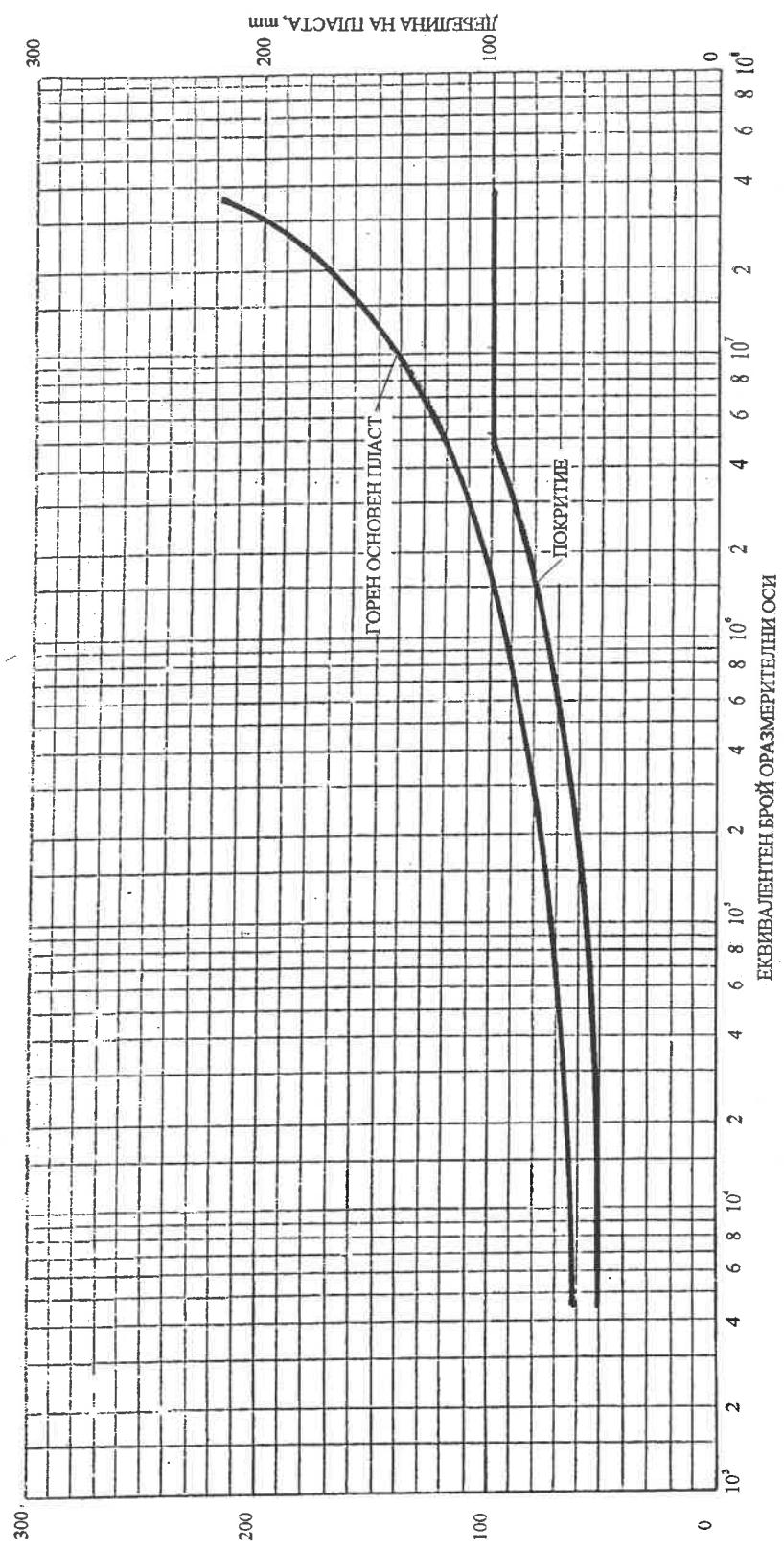
От колона 3 на таблица 8.1 отчитаме минимална дебелина на износващия пласт 20 mm от плътен асфалтобетон и долн пласт на покритието в този случай 60 mm.



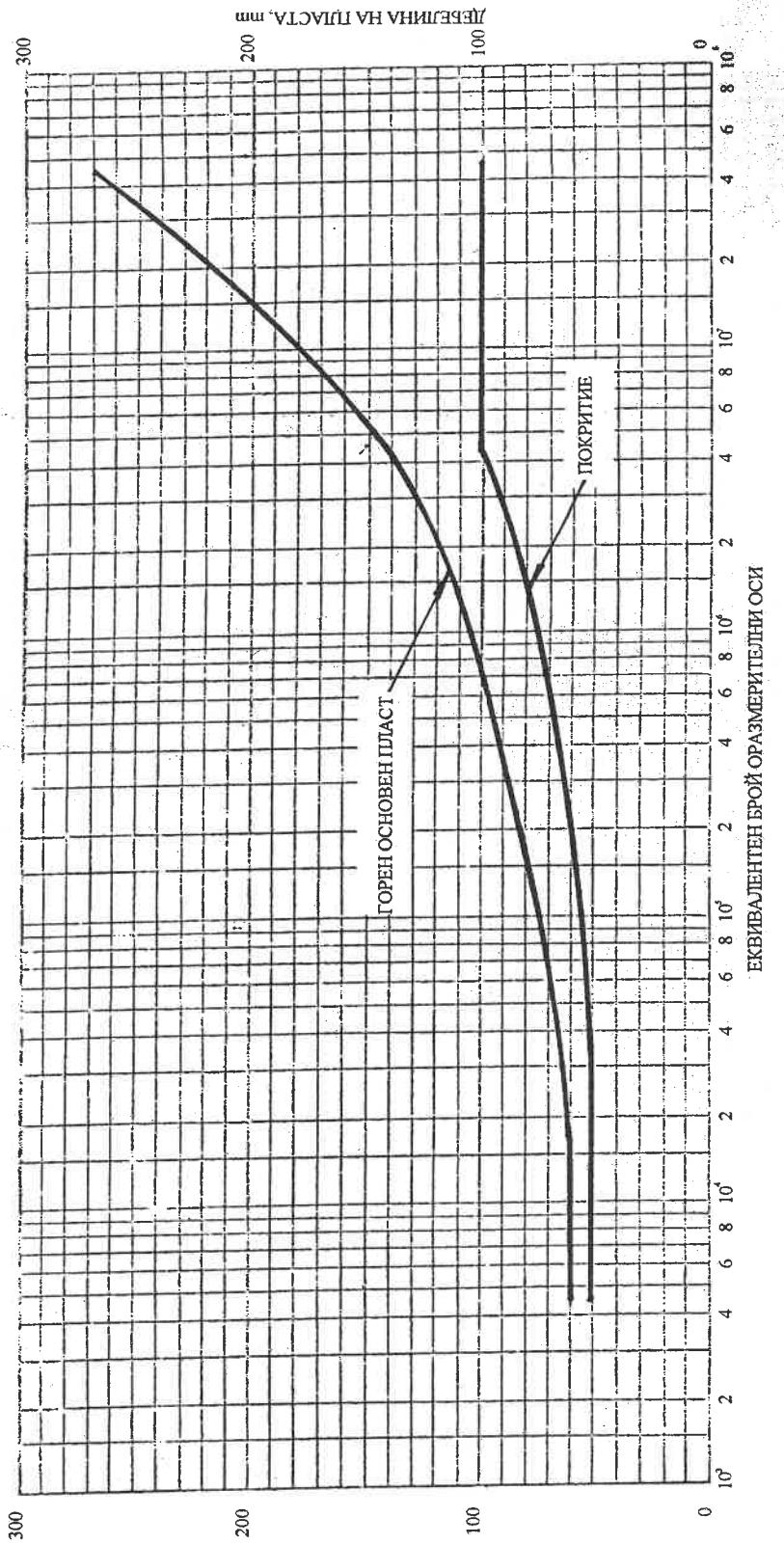
Фиг. 8.1. Дебелина на долнния основен пласт



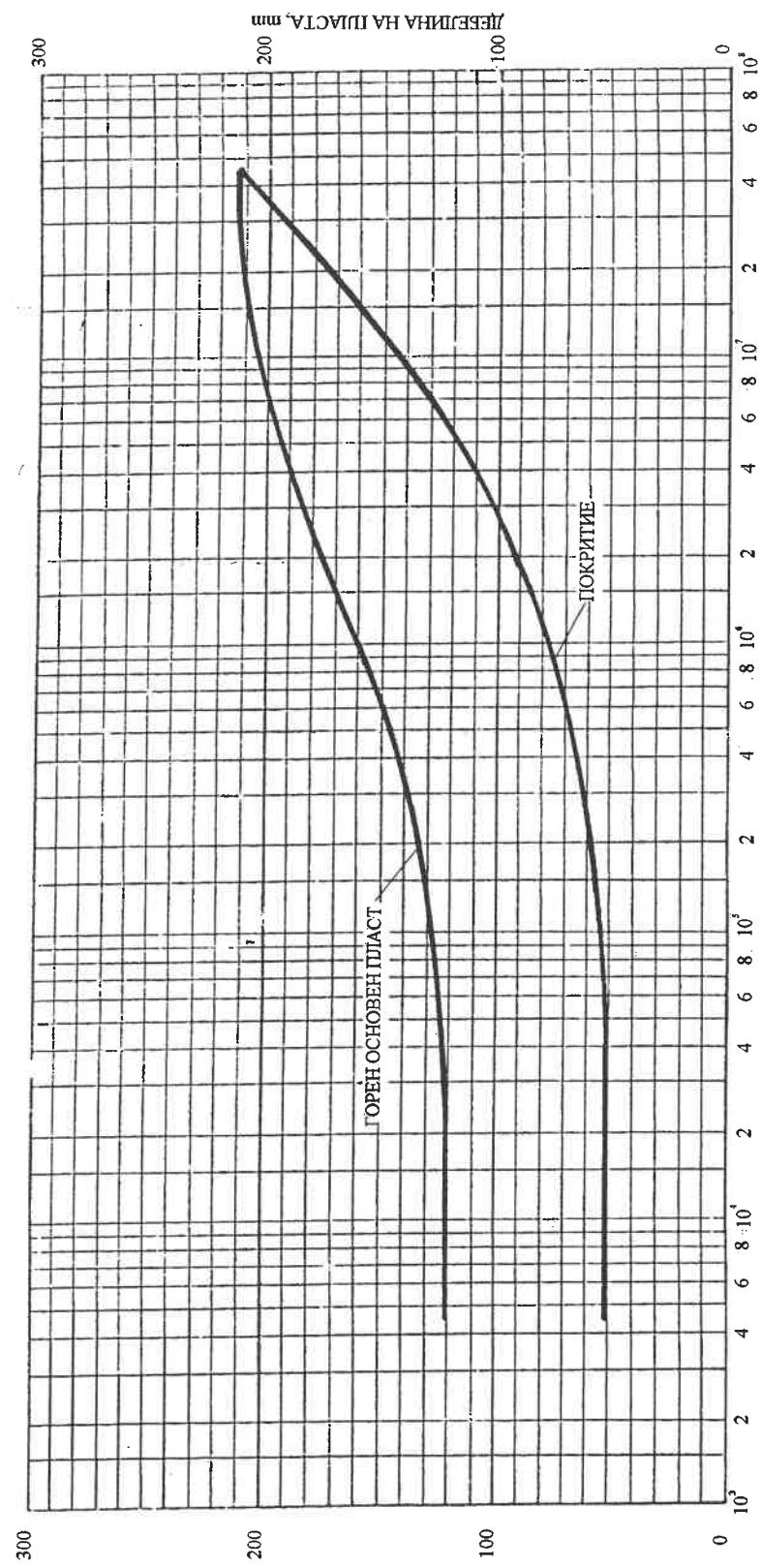
Фиг. 8.2. Дебелина на покритието и горния основен пласт, изпълнен от нестабилизиран зърнест минерален материал



Фиг. 8.3. Дебелина на покритието и горния основен пласт, изпълнен от пътна асфалтова смес



Фиг. 8.4. Дебелина на покритието и горния основен пласт, изпълнен от асфалтова смес за основи



Фиг. 8.5. Дебелина на покритието и горния основен пласт, изпълнен от зърнест минерален материал, стабилизиран с хидравлично свързващо вещество

РАЗДЕЛ IX

ОРАЗМЕРЯВАНЕ НА ПЪТНАТА КОНСТРУКЦИЯ ПО МЕТОДА, БАЗИРАН НА ЕКВИВАЛЕНТНИТЕ МОДУЛИ (на проф. Иванов)

Методът използва решения от теорията на еластичност на многопластови системи, в които са включени емпирични данни и зависимости, получени от лабораторни и полеви изследвания. Пътната настилка, оразмерена по този метод, поема натоварването от всички превозни средства за целия *Оразмерителен период (n)*. Съответстващото на този период натоварване се изразява в еквивалентен брой *Оразмерителни автомобили (OA)*, преминали по *Оразмерителната лента (ОЛ)*. *Оразмерителният период (n)* може да бъде 15 или повече години.

9.1. ПОСЛЕДОВАТЕЛНОСТ НА ДЕЙСТВИЯТА

А. Определяне на входните параметри

- оразмерителна интензивност на движението (*ОИ*);
- необходим еквивалентен модул на еластичност;
- носимоспособност на земната основа;
- избор на материали за пластовете на конструкцията.

Б. Определяне дебелината на конструктивните пластове.

В. Проверка на напреженията на опън.

Г. Проверка на напреженията на срязване.

Д. Проверка на избраните конструкции за осигуряване на земната основа срещу опасно замръзване.

Е. Проект за етапно изграждане на конструкцията.

Ж. Икономически анализ на различни варианти.

З. Избор на окончателен проект.

9.2. ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ВХОДНИТЕ ПАРАМЕТРИ

9.2.1. Оразмерително натоварване

Оценката на автомобилното движение се извършва по метода, изложен в Раздел III.

Показател за натоварването от движението е *Оразмерителната интензивност (ОИ)*.

За всеки конкретен обект (пътен участък) стойностите на коефициента на нарастване на движението се задават от ЦЛПМ въз основа на данните от периодичните преброявания на движението.

На базата на оразмерителната интензивност (*OИ*), получена по формула (3.2), движението на пътния участък, във връзка с оразмеряването на настилката, се характеризира в съгласие с класификацията, показана в таблица 9.1.

Таблица 9.1

КАТЕГОРИЯ НА АВТОМОБИЛНОТО ДВИЖЕНИЕ

Категория на движението	Оразмерителна интензивност <i>OИ</i> , <i>OA</i> /ден	
	<i>OA</i> с осов товар 100 kN	<i>OA</i> с осов товар 115 kN
1. Много леко	до 5	до 3
2. Леко	от 6 до 20	от 4 до 11
3. Средно	от 21 до 100	от 12 до 54
4. Тежко	от 101 до 350	от 55 до 189
5. Много тежко	от 351 до 1000	от 190 до 541
6. Автомагистрала	над 1000	над 542

9.2.2. Необходим еквивалентен модул

Големината на необходимия еквивалентен модул на настилката зависи от стойността на допустимото огъване, която от своя страна зависи от големината на *Оразмерителната интензивност* (*OИ*) на движението и се изчислява по формулата:

$$\varepsilon_{vdon} = \frac{0,285}{\lg(OI) + 1} \quad (9.1)$$

където: ε_{vdon} – допустимо огъване, см;

OИ – оразмерителна интензивност за оразмерителния период, *OA*/ден.

Стойностите на необходимите еквивалентни модули на настилката се изчисляват по формулата:

$$E_n = \frac{p \cdot D}{\varepsilon_{vdon}} \quad (9.2)$$

където: ε_{vdon} – допустимото огъване, см;

$p = 0,620$ MPa и $D = 32,04$ см за *OA* с натоварване на задната ос 100 kN и

$p = 0,633$ MPa и $D = 34,0$ см за *OA* с натоварване на задната ос 115 kN.

чрез заместване във формули (9.2) и (9.1) се получава:

$$E_{n100} = 70 (\lg OI_{100} + 1) \quad (9.3)$$

и при привеждане към оразмерително натоварване, изразено в $OA-115 \text{ kN}$:

$$E_{n115} = 70 + 75 \lg OI_{115} \quad (9.4)$$

9.2.3. Носимоспособност на земната основа

Носимоспособността на земната основа се характеризира чрез модула на еластичност, определен при статично натоварване – E . Изпитването се провежда в лаборатория чрез натоварване на пробата с кръгла щампа съгласно БДС 15560.

$$E_0 = c \cdot E \quad (9.5)$$

където: E_0 – модулът на еластичност, съответстващ на оразмерителното (пролетно) състояние на земната основа, MPa;

E – същият показател, определен в лабораторни условия за една почвена проба, при плътност ρ_d и оптимално водно съдържание W_{opt} , в съответствие с БДС 17146-90 за модифициран Проктор (PM);

c – коефициент, определящ влиянието на хидрологките, хидрогеологките и климатичните условия и се възприема по таблица 4.2.

При невъзможност да се проведе това изпитване се определя показателят CBR , изчислява се CBR_0 и се прилага формула (9.6), която дава зависимостта между него и модула на еластичност:

$$E_0 = 6,5(CBR_0)^{0,65} \quad (9.6)$$

където E_0 е в MPa, а CBR_0 е в %.

За слабо натоварени пътища могат да се използват табличните данни за носимоспособността на земната основа (E_0), дадени в таблици 9.2 и 9.3

Таблица 9.2

ОРИЕНТИРОВЪЧЕН МЕРОДАВЕН E_0 НА СВЪРЗАНИ ПОЧВИ В ЗЕМНАТА ОСНОВА, MPa

ВИД НА ПОЧВАТА В ЗЕМНАТА ОСНОВА (ЗОНА А)	ХИДРОЛОЖКИ УСЛОВИЯ	
	благоприятни	неблагоприятни
1. Глинест пясък	40 – 45	35 – 40
2. Прахов глинест пясък	35 – 45	25 – 35
3. Песъчлива глина и глини, включително прахови	35 – 45	25 – 35

ЗАБЕЛЕЖКА: По-ниските стойности на E_0 се отнасят за по-дребнозърнести пясъци и за прахови глини.

Таблица 9.3

**ОРИЕНТИРОВЪЧЕН МЕРОДАВЕН E_o НА НЕСВЪРЗАНИ ПОЧВИ,
НЕЗАВИСИМО ОТ ХИДРОЛОЖКИТЕ УСЛОВИЯ**

ВИД НА ПОЧВАТА В ЗЕМНАТА ОСНОВА	МОДУЛ E_o , МПа
1. Пясък	80 – 100
2. Баластра, трошляк	100 – 150
3. Скална маса	150

ЗАБЕЛЕЖКА: По-ниските стойности на E_o се отнасят за по-дребнозърнести почви и почви с коефициент на разнозърност ≤ 10 .

9.2.4. Избор на материали за конструктивните пластове

Оразмеряването на пътните настилки освен данни за почвите, изграждащи земната основа на настилката, изиска познаване на физико-механични качества на вложените в конструктивните пластове на настилката материали, дефинирани и установени съгласно действащите български спецификации. Стойностите на меродавните модули на еластичност на материалите в конструктивните пластове са дадени в таблица 9.4

Таблица 9.4

МЕРОДАВЕН МОДУЛ НА ЕЛАСТИЧНОСТ НА МАТЕРИАЛИ ЗА НАСТИЛКИ – E_i

МАТЕРИАЛ В ПЛАСТОВЕ НА ЗАВЪРШЕНА НАСТИЛКА	МЕРОДАВЕН МОДУЛ - E_i МПа
1. Асфалтобетон плътен за износващ пласт	1000 – 1500
2. Асфалтобетон поръзен за долн пласт на покритието	900 – 1000
3. Пореста асфалтова смес за основен пласт	800 – 900
4. Едрозърнеста и среднозърнеста високопореста асфалтова смес за основен пласт	800
5. Дребнозърнеста и пясъчна високопореста асфалтова смес за основен пласт	650
6. Трошен камък или шлака с подбрана зърнометрия	450 – 500
7. Трошен камък – заклинен или отвална шлака	350 – 450
8. Баластра за основи	200 – 300
9. Пясък за основи	100 – 150
10. Трошен камък, баластра стабилизирана с битум на място	400 - 500
11. Трошен камък, баластра, стабилизирана с 3 до 5% цимент: - в смесител - на място	600 400
12. Почва стабилизирана с 6-10% цимент: - в смесител - на място	400 250

ЗАБЕЛЕЖКА: При доказване стойностите на модулите на еластичност не се използват таблични данни.

Основата на настилката се избира съобразно с категорията на движението и наличието на местни материали.

За много леко и леко движение е достатъчна **еднопластова основа** от баластра, трошен камък, шлака или почвена стабилизация. Само при неблагоприятни почвени и хидрологични условия се прави двупластова основа, като горният пласт е от трошен камък, шлака или баластра, стабилизирани със свързващо вещество.

За средно, тежко и много тежко движение основата се прави обикновено двупластова. Горният пласт е от асфалтова смес, а долният от баластра, трошен камък или шлака – несвързани или стабилизирани със свързващи вещества, както и от стабилизирана почва.

Когато долният пласт на основата е от циментова стабилизация, за да се избегне напукване на асфалтовото покритие, горният пласт на основата от асфалтова смес заедно с покритието трябва да имат обща дебелина най-малко 18 см.

При неблагоприятни хидрологични условия долният пласт на основата се прави обикновено от несвързани дрениращи материали – баластра, трошен камък, шлака в качеството си и на дрениращ пласт. Когато долният пласт е от едротрошен камък или отвална шлака, а земната основа е от свързана почва, той се полага върху пласт от дребнозърнеста баластра или трошлияк с дебелина най-малко 10 см.

Препоръчва се земната основа да бъде изградена от несвързани почви до дълбочина 0,50 м при средно, тежко и много тежко движение и до 0,30 м при много леко и леко движение. За да се постигне благоприятно разпределение на напреженията, препоръчва се отношението на еластичните модули на два съседни пласта да не бъде по-голямо от 3,5.

За добро упътняване на конструктивните пластове минималната им дебелина трябва да бъде около 1,5 – 2 пъти по-голяма от максималния размер на зърната на материала, но че по-малка от дебелината в таблица 9.5.

За да се постигне рационално използване на материалите, препоръчва се еквивалентният модул на основа от баластра да не надвишава 120 MPa, а на основа от трошен камък 150 MPa.

Изпълнените конструктивни пластове на настилките трябва да отговарят на следните изисквания:

- материалите, от които са изградени, да отговарят по качество на действащите спецификации;
- ширината b_D на всеки пласт да е по-голяма от ширината b_G на лежащия върху него по-горен пласт най-малко с два пъти неговата дебелина h_G т.e.

$$b_D \geq b_G + 2 h_G$$

- напречният наклон на всеки конструктивен пласт да е равен на напречния наклон на покритието;
- коефициентът на уплътняване да отговаря на изискванията на действащите спецификации.

9.3. АЛГОРИТЪМ ЗА ОРАЗМЕРЯВАНЕ НА ПЪТНАТА НАСТИЛКА

Оразмеряването на пътната настилка по същество е доказване на нейната устойчивост, това се извършва за един или повече варианти на същата, така че да се гарантира икономически най-ефективното решение на нейния проект.

Минималната дебелина на конструктивните пластове се посочва в таблица 9.5.

Таблица 9.5
МИНИМАЛНАТА ДЕБЕЛИНА НА КОНСТРУКТИВНИТЕ ПЛАСТОВЕ

КОНСТРУКТИВЕН ПЛАСТ		МИНИМАЛНА ДЕБЕЛИНА, см
1.	Асфалтобетон за износващ пласт	3
2.	Асфалтобетон за долен пласт на покритието	3
3.	Асфалтобетон порест за основен пласт	4,5
4.	Зърнести минерални материали, обработени (стабилизиранi) с цимент за пътни основи	12
5.	Зърнести минерални материали, необработени със свързващо вещество за пътни основи	15

ЗАБЕЛЕЖКА: При избора на минимални дебелини на конструктивните пластове е необходимо проектантът да се съобрази със спецификацията за конкретния обект.

Устойчивостта на пътната конструкция се установява по следните критерии:
 а) съпротивление при огъване на пътната конструкция като цяло, чрез ограничаване на нейната еластична деформация (ε_y) до определена допустима (оразмерителна) стойност; б) съпротивление при огъване на пътната конструкция чрез ограничаване на работните напрежения на опън в нейните монолитни пластове; в) съпротивление на срязване на земната основа и основните пластове чрез ограничаване на техните работни срязващи напрежения (τ) до определени допустими оразмерителни стойности.

9.3.1. Оразмеряване на пътните настилки по допустимо (оразмерително) огъване

Огъването на пътната конструкция - ε_v е в рамките на допустимата граница, ако е изпълнено неравенството:

$$E_{e,общ}/E_n > 1, \quad (9.7)$$

където: $E_{e,общ}$ - общ еквивалентен модул на повърхността на пътната конструкция, получен след избор на дебелината на пластовете, MPa;

E_n - необходим проектен еквивалентен модул с отчитане на оразмерителната интензивност, MPa.

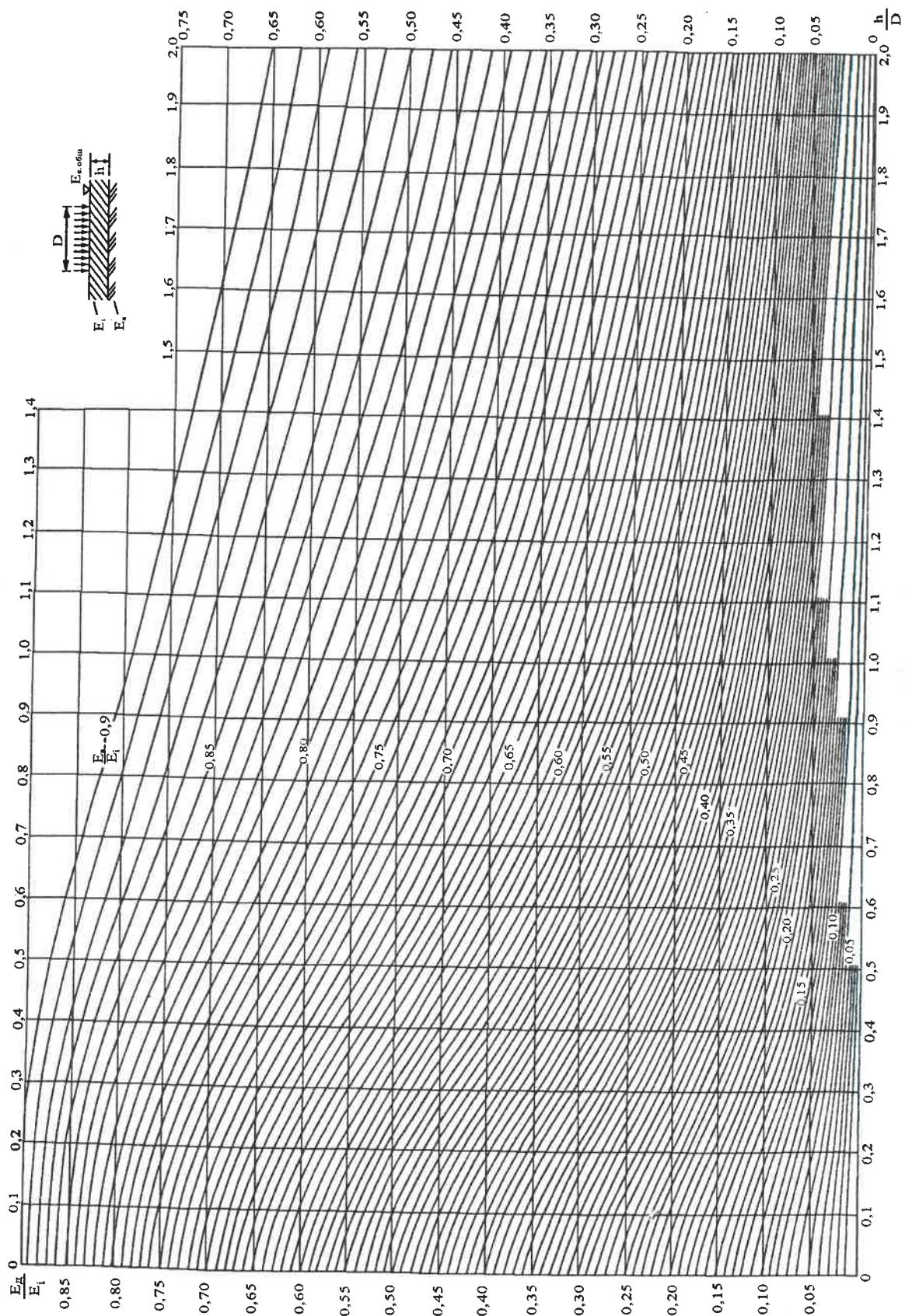
Необходимият проектен еквивалентен модул E_n се определя от таблица 9.6.

Таблица 9.6

НЕОБХОДИМ МОДУЛ НА ЕЛАСТИЧНОСТ

КАТЕГОРИЯ НА ДВИЖЕНИЕТО	<i>OA/ден</i>	ДОПУСТИМО ЕЛАСТИЧНО ОГЪВАНЕ, ε_v см	НЕОБХОДИМ ЕЛАСТИЧЕН МОДУЛ E_n , MPa	
			<i>OA - 100 kN</i>	<i>OA - 115 kN</i>
Много леко	$OI < 5$	0,165	120	130
Леко	$5 < OI < 16$	0,128	155	170
	$17 < OI < 20$	0,125	160	175
Средно	$21 < OI < 75$	0,100	200	215
	$76 < OI < 100$	0,095	210	225
Тежко	$101 < OI < 280$	0,083	240	260
	$281 < OI < 350$	0,081	245	265
Много тежко	$351 < OI < 750$	0,073	270	295
	$751 < OI < 1000$	0,071	280	305
Автомагистрала	$1001 < OI < 3900$	0,062	320	350
	$3901 < OI < 5500$	0,060	330	360

Общият еквивалентен модул на пътната конструкция $E_{e,общ}$ се установява чрез последователно определяне на еквивалентния модул на еластичност на повърхността на всеки конструктивен пласт, като предварително са приети дебелините - h_i , и определени модулите на еластичност - E_i , на материала, изграждащ конструктивния пласт. За целта се използва номограмата на фиг.9.1, която дава връзка между отношението $E_{д}/E_i$ еквивалентния модул на повърхността на долулежащия пласт и модула на еластичност на материала в пласта, отношението h/D - дебелината на пласта и диаметъра на отпечатъка на сдвоеното колело на оразмерителния автомобил върху повърхността на настилката и отношението $E_{e,общ}/E_i$ - общия еквивалентен модул на повърхността на двупластова система и модула на



Фиг.9.1. Изчисляване дебелината на конструктивните пластове

еластичност на пласта. При последователното изчисляване на еквивалентните модули на повърхността на пластовете от долу до горе, като се започне от ниво земна основа и се стигне до повърхността на пътната конструкция, за всеки конструктивен пласт се възприемат модули на еластичност съгласно данните в таблица 9.4 или лабораторно получени стойности за всеки пласт. Минималните допустими дебелини на конструктивните пластове от технологична гледна точка са дадени в таблица 9.5. За улеснение на оразмеряването на пътната конструкция общата дебелина на конструктивните пластове от асфалтови смеси предварително се възприемат с ориентировъчни дебелини в зависимост от необходимия (проектния) модул на еластичност, както следва:

E_h , MPa	до 195	195-265	265-320	320-360	360-410
Дебелина, см	4-6	6-8	8-12	12-18	18-25

При неудовлетворяване на изискването на неравенство (9.7) изчисленията се повтарят при увеличаване на дебелината на отделни или на всички конструктивни пластове и/или при влагане на материали с по-голяма носимоспособност.

9.3.2. Проверка на опънните напрежения в монолитните пластове

Възникващите при огъване на настилката опънни напрежения в нейните монолитни конструктивни пластове под въздействието на подвижни многократно повтарящи се натоварвания от меродавните автомобили, предизвикват образуване на пукнатини в тези пластове. Ограничаването им се осигурява, ако е изпълнено неравенството:

$$\sigma_{don}/\sigma_R > 1 \quad (9.8)$$

където: σ_{don} - допустимото опънно напрежение в материала, изграждащ монолитния конструктивен пласт, MPa;

σ_R - максималното работно опънно напрежение в разглеждания монолитен конструктивен пласт, MPa.

Допустимото опънно напрежение при огъване σ_{don} на конструктивния монолитен пласт се установява съгласно таблица 9.7.

Таблица 9.7

ДОПУСТИМИ ОПЪННИ НАПРЕЖЕНИЯ σ_{don} , МПа

ВИД НА МАТЕРИАЛА В ПЛАСТА	КАТЕГОРИЯ НА ДВИЖЕНИЕТО		
	МНОГО ЛЕКО И ЛЕКО ДВИЖЕНИЕ	СРЕДНО И ТЕЖКО ДВИЖЕНИЕ	МНОГО ТЕЖКО ДВИЖЕНИЕ
1. Асфалтобетон за износващ пласт	2,5	2,0	1,5
2. Асфалтобетон за долн пласт на покритието	1,5	1,2	1,0
3. Пореста асфалтова смес за основен пласт	1,2	1,0	0,8
4. Високопореста смес за основен пласт	1,0	0,8	0,6
5. Стабилизация с битум	0,5	0,3	0,2
- в смесител	0,4	0,2	0,15
- на място			
6. Стабилизация с цимент, вар, пепел	0,5	0,3	0,2
- в смесител	0,4	0,2	0,15
- на място			

При определяне на максималното работно опънно напрежение при огъване σ_R в разглеждания монолитен конструктивен пласт са възможни два случая: 1) монолитният конструктивен пласт е покритие на настилката от износващ и долн пласт, изпълнени от асфалтобетон. В този случай се използва номограмата на фиг.9.2, като многопластовата пътна конструкция се свежда до двупластова, съгласно формула (9.10). Номограмата дава връзка между относителната дебелина - H/D , на покритието, отношението на средната претеглена стойност на модула на еластичност за материалите в покритието към общия еквивалентен модул на повърхността на частта от конструкцията, разположена непосредствено под покритието - E_{cp}/E_D (кривите в номограмата) и максималното работно напрежение на опън - $\bar{\sigma}_R$, на материала в покритието при натоварване на повърхността на същото с товар $p = 1 \text{ MPa}$; 2) монолитният конструктивен пласт е междинен пласт в пътната настилка, изпълнен от асфалтови смеси или от зърнести минерални материали, стабилизиранi с цимент, разположен непосредствено под покритието на настилката и над долния основен пласт на същата, изпълнен от зърнести минерални материали, необработени със свързващо вещество. В този случай се прилага номограмата на фиг. 9.3, като многопластовата пътна конструкция се свежда до трипластова (съгласно формула 9.10), в която най-горният пласт е покритието, средният пласт е разглежданият междинен пласт от асфалтови смеси или от зърнести минерални материали, стабилизиранi с цимент, а долният пласт на трипластовата

система е основата от необработени със свързващо вещество зърнести минерални материали. Номограмата в посочената фигура дава връзка между относителната дебелина на двата горни пласта от трипластовата система - $(h_1 + h_2)/D$, отношението на средната претеглена стойност на модула на еластичност в покритието и модула на еластичност на междинния пласт - E_{cp}/E_i (кривите от номограмата), отношението на модула на еластичност на междинния пласт и еквивалентния модул на повърхността на основата, непосредствено под междинния пласт - E/E_D (правите в номограмата) и максималното работно напрежение на опън - $\bar{\sigma}_R$, на материала в разглеждания междинен пласт за натоварване на повърхността на настилката $p = 1 \text{ MPa}$. Стойността на максималното работно напрежение на опън при огъване - $\bar{\sigma}_R$, в монолитния конструктивен пласт (покритие или междинен пласт), за натоварване, съответстващо на сдвоеното колело на оразмерителния автомобил, се получава по формулата:

$$\bar{\sigma}_R = 1,15 p \bar{\sigma}_k \quad (9.9)$$

където: p - оразмерителната стойност на натоварването на повърхността на настилката, равно на $0,620 \text{ MPa}$, за оразмерителен автомобил с осов товар 100 kN на задната ос, съответно $0,633 \text{ MPa}$ за оразмерителен автомобил с осов товар 115 kN на задната ос;

$\bar{\sigma}_R$ - стойността на опънното напрежение в разглеждания монолитен конструктивен пласт за натоварване на повърхността на настилката $p = 1 \text{ MPa}$, в съгласие с фиг. 9.2 или фиг. 9.3.

$1,15$ - коефициент за отчитане динамичното натоварване.

При ползване на номограмите във фигури 9.2 и 9.3 изчисляването на средната претеглена стойност на модулите на еластичност за няколко съседни пласта за получаване на E_{cp} се извършва по формулата:

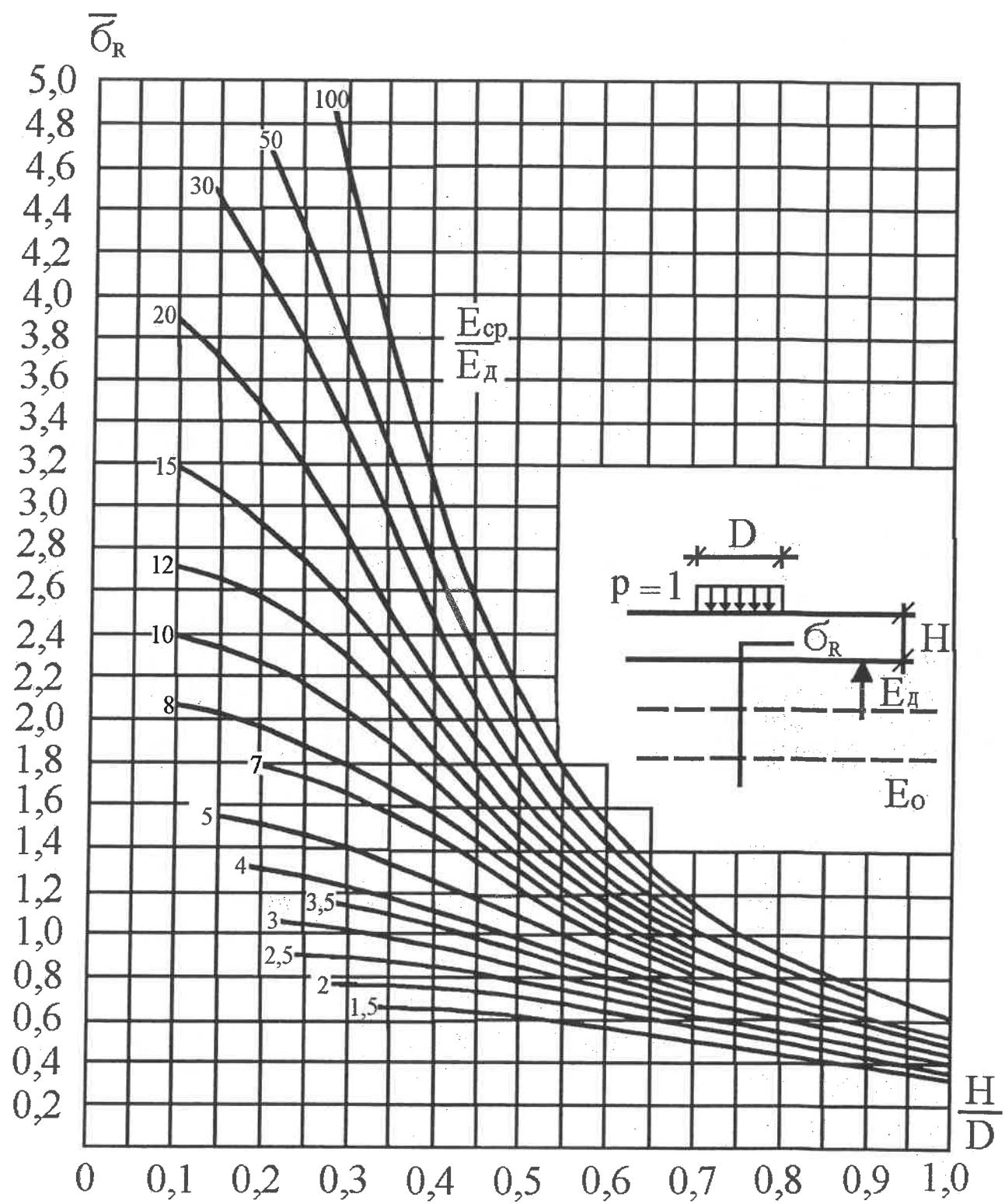
$$E_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \quad (9.10)$$

където: n - брой на конструктивните пластове;

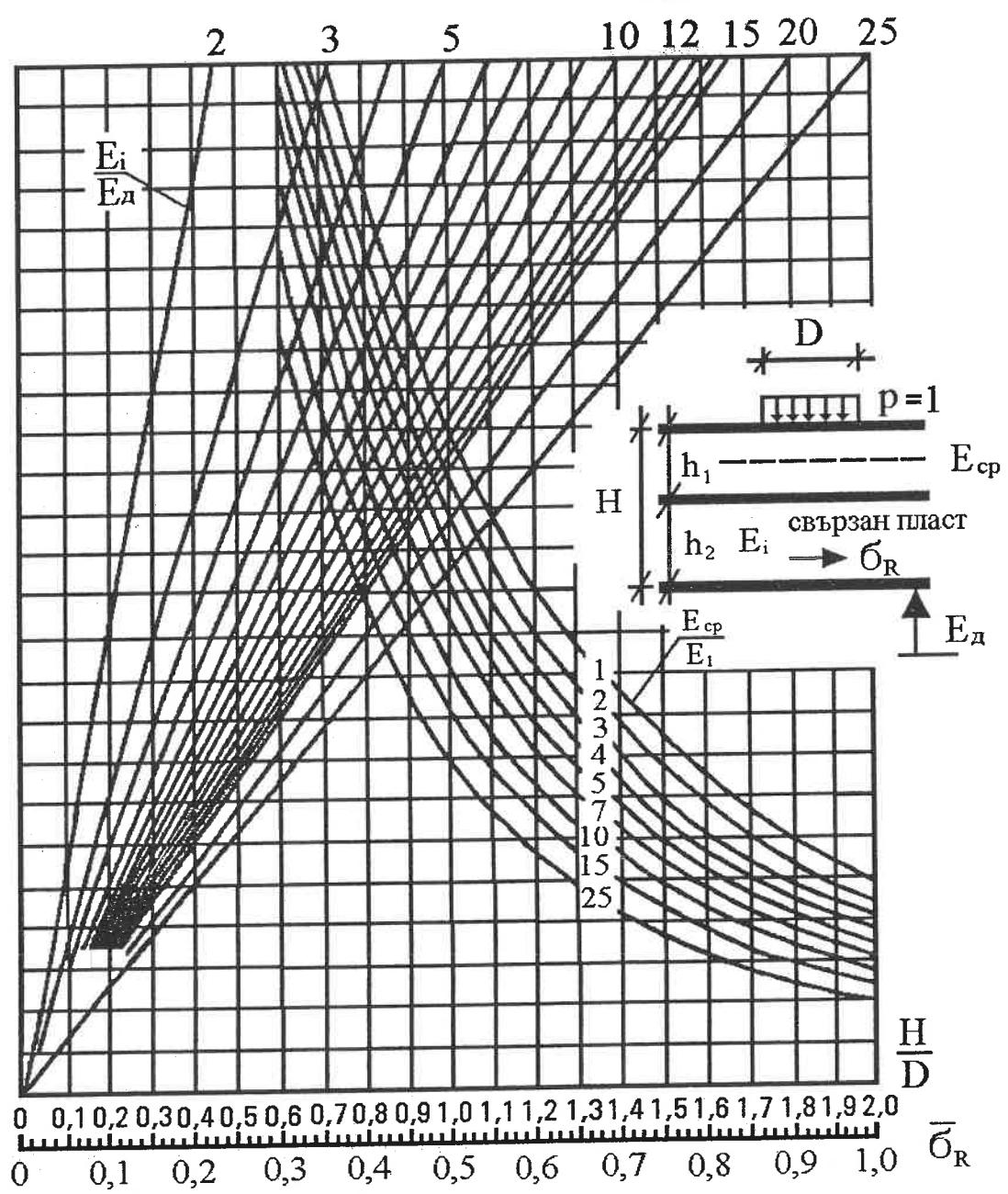
E_i - модул на еластичност на i -тия конструктивен пласт;

h_i - дебелината на i -тия конструктивен пласт.

Всички модули на еластичност на материалите, участващи в номограмите на фигури 9.2 и 9.3 и във формула (9.10) се приемат съгласно данните в таблица 9.4 или се използват лабораторно определени стойности.



Фиг.9.2. Определяне опънното напрежение в долнния пласт на покритието



Фиг. 9.3. Определяне опънното напрежение в междинен монолитен пласт от пътната конструкция

9.3.3. Проверка на срязващите напрежения

A. Проверка на срязващите напрежения в земната основа

Допустимите срязващи напрежения в земната основа се проверяват чрез условието:

$$\tau_\mu + \tau_b \leq K \cdot C = \tau_{don} \quad (9.11)$$

където:

τ_μ - максималното активно срязващо напрежение в земната основа, причинено от оразмерителния товар;

τ_b - активно срязващо напрежение в земната основа вследствие собственото тегло на настилката;

C - сцепление на почвата в земната основа;

K - комплексен коефициент, отчитащ особеностите на конструкцията на настилката от таблица 9.8.

Определянето на τ_μ става посредством номограмата на фиг. 9.4, когато земната основа е изградена от свързани почви (глиnest пясък, песъчлива глина, глина) и посредством номограмата на фиг. 9.6, когато земната основа е изградена от несвързани почви (пясъци).

За по-точно отчитане на малките стойности на τ_μ се използват номограмите на фиг. 9.5 и 9.7, съответстващи на фиг. 9.4 и 9.6.

В тези номограми при дадени отношения на H/D , E_{cp}/E_0 и ϕ' се определя отношението τ_μ/p и от него τ_μ по формулата:

$$\tau_\mu = p \cdot \left(\frac{\tau_\mu}{p} \right) \quad (9.12)$$

където: p - 0,620 MPa за осово натоварване 100 kN и на 0,633 MPa за осово натоварване 115 kN.

Означенията в номограмите са следните:

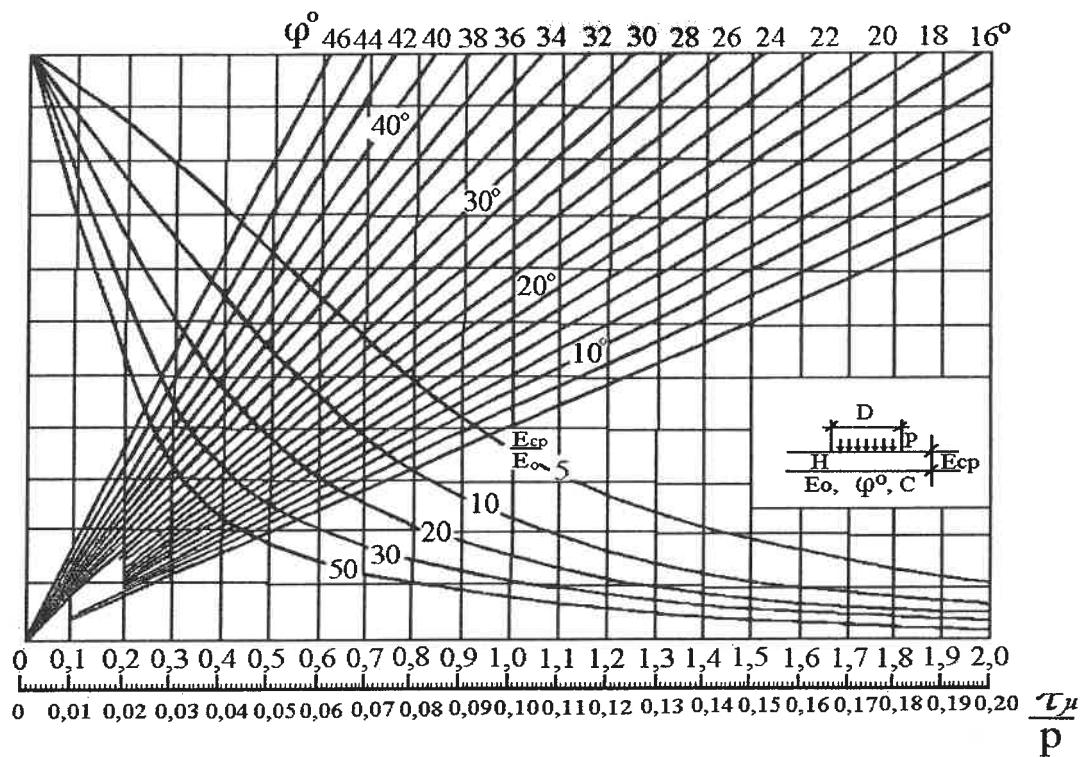
H – общата дебелина на настилката;

D – диаметър на контактната площ;

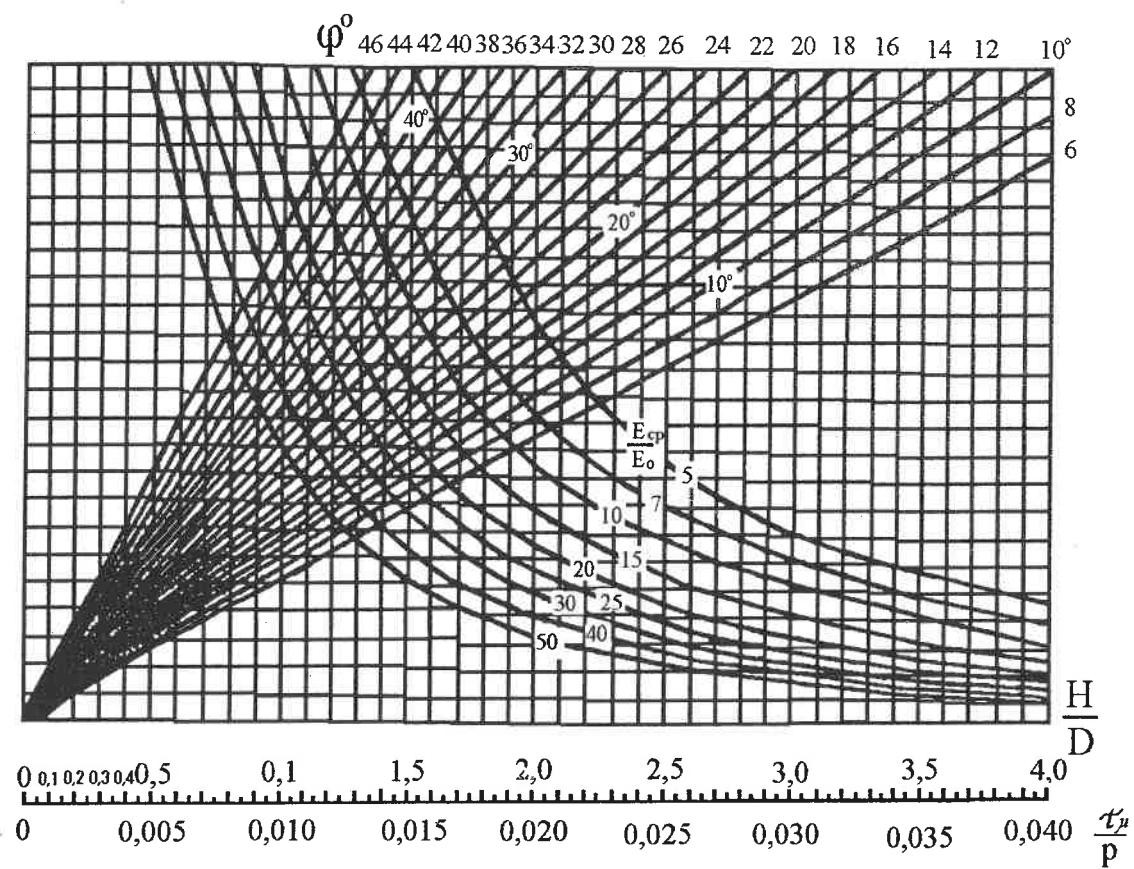
E_{cp} – средна претеглена стойност на модула на еластичност, изчислен по формулата (9.10);

E_0 – модул на еластичност на почвата;

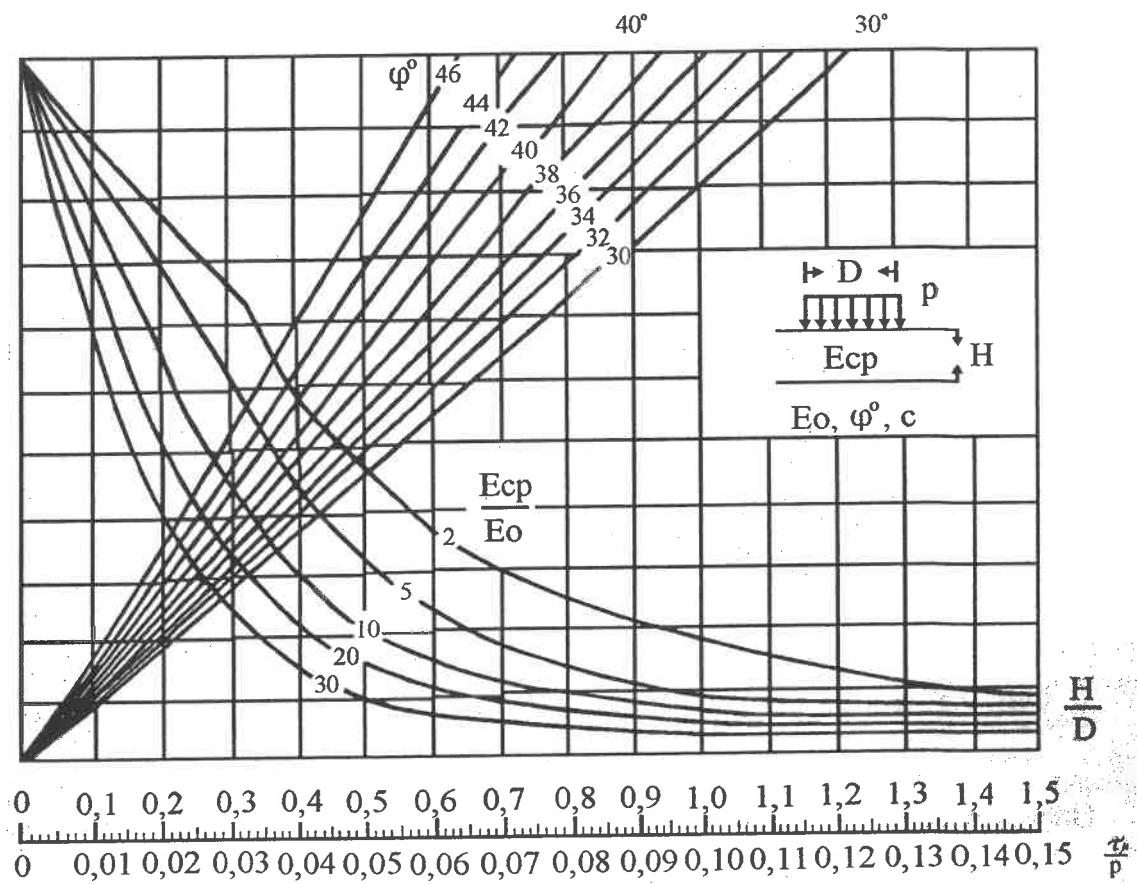
C и ϕ' – сцепление и ъгълът на вътрешното триене на почвата в земната основа, определени лабораторно или избрани ориентировъчно от таблица 9.9.



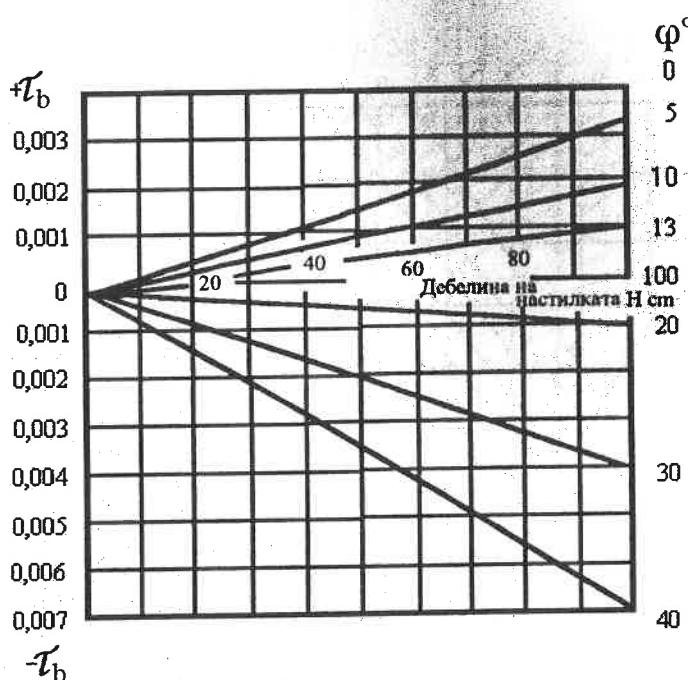
Фиг. 9.4. Определяне τ_μ за свързани почви



Фиг. 9.5. Определяне на τ_μ за свързани почви при високи стойности на τ_μ



Фиг. 9.7. Определяне на τ_μ за несвързани почви при малки стойности на τ_μ



Фиг. 9.8. Определяне големината на активното напрежение на срязване в земната основа вследствие собствено тегло на настилката

Определянето на τ_b става посредством графиката на фиг. 9.8, като се съблюдава същият знак + или -.

Комплексният коефициент K се изчислява по формулата:

$$K = \frac{K_1 \cdot K_2}{d \cdot f} \cdot \frac{1}{K_3} \quad (9.13)$$

където:

d – коефициент, който отчита динамичното въздействие на автомобилните колела и има стойност 1,15;

f – коефициент, който отчита условията в граничната площ между настилката и земната основа. При наличие на връзка между тях, какъвто е случаят при земна основа от свързани почви (фиг. 9.4 и 9.5), $f = 0,65$, а за несвързани почви (фиг. 9.6 и 9.7) $f = 1,15$;

K_1 – коефициент, който отчита снижението на якостта на срязване на почвите вследствие динамичната действие на автомобилите (тиксотропия и др.) и има стойност 0,6;

K_2 – коефициент, който отчита нееднородните условия, при които работи настилката (таблица 9.8);

K_3 – коефициент, който отчита експлоатационните изисквания към настилката (таблица 9.8).

Таблица 9.8

КОМПЛЕКСЕН КОЕФИЦИЕНТ К

КАТЕГОРИЯ НА ДВИЖЕНИЕТО	много леко и леко	средно	тежко	много тежко
$K_2 =$	1,0	0,9	0,8	0,65
$K_3 =$	0,8	0,9	1,0	1,0
За свързани почви $C = 0,015 - 0,019 \text{ MPa}$	$K = 1,0$	0,80	0,64	0,52
За пясъци $C = 0,005 - 0,003 \text{ MPa}$	$K = 0,56$	0,45	0,36	0,30

Таблица 9.9

ОРИЕНТИРОВЪЧНИ СТОЙНОСТИ НА ϕ^0 И C ЗА ПОЧВИ И МАТЕРИАЛИ

ВИД НА ПОЧВАТА И МАТЕРИАЛА	ϕ^0	C MPa	ЗАБЕЛЕЖКА
1. Глинест пясък прахов, песъчлива глина, глина	13 – 21	0,010 – 0,026	по-ниските стойности са при неблагоприятни хидрологични условия
2. Глинест пясък - дребнозърнест - едрозърнест	33 – 35 40	0,008 – 0,012 0,005 – 0,008	по-ниските стойности са при неблагоприятни хидрологични условия
3. Пясък - прахова - дребнозърнест - среднозърнест - едрозърнест	36 38 40 43	0,005 – 0,008 0,005 – 0,008 0,005 – 0,008 0,005 – 0,008	по-ниските стойности са при неблагоприятни хидрологични условия
4. Баластра, съдържаща: - зърна над 5 mm повече от 50%, и зърна под 0,10 mm по-малко от 9% - зърна над 5 mm повече от 30%, и зърна под 0,10 mm по-малко от 12%	45 35	0,002 – 0,05 0,02 – 0,05	по-ниските стойности са при неблагоприятни хидрологични условия
5. Почви, стабилизираны с течни битуми и катрани: - глинести пясъци - песъчливи, глини и прахови глинести пясъци	25 – 35 15 – 25	0,02 – 0,035 0,02 – 0,035	по-високите стойности при стабилизация в смесител, а по-ниските – на място

ЗАБЕЛЕЖКА: Точните стойности на ϕ^0 и C за конкретна почва или материал могат да бъдат определени лабораторно.

В случай, че при проверката сумата $(\tau_u + \tau_b)$ надвиши с повече от 5% стойността ($K.C$), следва да се увеличи общата дебелина на настилката или отношението $E_{cp} : E_0$ чрез подходящи промени в конструкцията на настилката.

Б. Проверка на срязващите напрежения в пластовете на основата

Напрежението на срязване в пластовете на основата се проверяват само когато движението е средно или по-висока категория и те са изградени от баластра, пясък или стабилизиирани с течни битуми и катрани, материали и почви.

Проверката се извършва по същия начин, както за земната основа (точка А), със следните разлики:

- величината H е сума от дебелините на всички пластове, лежащи над изследвания пласт;
- E_{cp} се заменя с еквивалентния E -модул на повърхността на същия пласт;
- под свързани почви в номограмите (фиг. 9.4 и 9.5) и в табл. 9.8 се разбират и материали, свързани с битум и др.

ПРИМЕР

Да се проектира пътна настилка в Северна България за тежко движение $OИ = 275 OA/\text{ден}$, земна основа от опасна при замръзване песъчлива глина с меродавен модул 30 MPa, при неблагоприятни хидрологични условия.

Оразмеряване на конструктивните пластове:

Необходимият еквивалентен модул на настилката (формула 9.3) е:

$$E_H = 70 (\lg 275 + 1) = 241 \text{ MPa}$$

Тъй като в близост на пътя има баластрена кариера, избрана е следната конструкция (таблица 9.4):

Износващ пласт – асфалтобетон	$h_1 = 4 \text{ cm}, E_1 = 1200 \text{ MPa}$
Долен пласт на покритието – асфалтобетон	$h_2 = 4 \text{ cm}, E_2 = 1000 \text{ MPa}$
Горен основен пласт –	
Пореста асфалтова смес	$h_3 = 5 \text{ cm}, E_3 = 700 \text{ MPa}$
Баластра	$h_4 = 47 \text{ cm}, E_4 = 250 \text{ MPa}$
Общо	60 cm

Оразмеряването се извършва посредством номограмата на фиг. 9.2 отгоре надолу, с цел да се определи необходимата дебелина на баластрената основа.

Асфалтобетон плътен – износващ пласт $E_{e1} = E_H = 241 \text{ MPa}$

$$E_{e1} : E_1 = 235 : 1200 = 0,200;$$

$$h_1 : D = 4 : 32,04 = 0,125;$$

От номограмата на фиг.9.2 се отчита

$$E_{e2} : E_1 = 0,180, \text{ откъдето } E_{e2} = 0,180 \cdot 1200 = 216 \text{ MPa}$$

Асфалтобетон за долн пласт на покритието

$$E_{e2} : E_2 = 216 : 1000 = 0,216;$$

$$h_1 : D = 0,125;$$

От фиг. 9.2 се отчита $E_{e3}/E_2 = 0,196$, откъдето $E_{e3} = 0,196 \cdot 1000 = 196 \text{ MPa}$.

Порест асфалтобетон

$$E_{e3} : E_3 = 196 : 700 = 0,280;$$

$$h_3 : D = 5 : 32,04 = 0,156;$$

От фиг. 9.2 се отчита $E_{e4} : E_3 = 0,245$, откъдето

$$E_{e4} = E_D = 0,245 \cdot 700 = 171,5 \text{ MPa}.$$

Съгласно т. 9.2.4 еквивалентният деформационен модул върху баластрената основа не бива да надвишава 120 MPa, което налага да се удебели горният основен пласт от асфалтова смес. При $h_3 = 14 \text{ cm}$ и се получава $E_{e4} = 118 \text{ MPa}$.

Баластра

$$E_{e4} : E_4 = 118 : 250 = 0,472; E_{e5} : E_4 = E_0 : E_4 = 30 : 250 = 0,12;$$

От фиг. 9.2 се отчита $h_4 : D = 1,49$ и $h_4 = 1,49 \cdot 32,04 = 47,8 \text{ cm}$.

Резултатите от оразмеряването по т. 9.3.1 са дадени в таблицата:

ВИД НА МАТЕРИАЛА В ПЛАСТОВЕТЕ	Прието $h_i, \text{ cm}$	Оразмерено $h_i, \text{ cm}$	E_i MPa	E_{ei} MPa
1. Износващ пласт	4	4	1200	235
2. Долен пласт на покритието	4	4	100	207
3. Горен основен пласт – пореста асфалтова смес	5	14	700	186
4. Баластра	47	48	250	120
5. Земна основа	-	-	30	30
	H = 60 cm	H = 70 cm		

В случай, че се замени баластрената основа с два пласта стабилизирана с цимент почва в смесител и на място, ще се получи:

a) Почва, стабилизирана с цимент в смесител

Избрано $h_4 = 18 \text{ cm}$ и $E_4 = 400 \text{ MPa}$

$$E_{e4} : E_4 = 120 : 400 = 0,30; h_4 : D = 18 : 32,04 = 0,561$$

От фиг. 9.2 се отчита $E_{e5} : E_4 = 0,15$, откъдето $E_{e5} = 0,15 \cdot 400 = 60 \text{ MPa}$.

б) Почва, стабилизирана с цимент на място

Избрано $E_s = 250 \text{ MPa}$;

$$E_{e5} : E_s = 60 : 250 = 0,24; E_0 : E_s = 30 : 250 = 0,12$$

От фиг. 9.2 се отчита $h_5 : D = 0,47$ и $h_5 = 0,47 \cdot 32,04 = 15 \text{ cm}$.

Проверката на срязващите напрежения в земната основа с данните от табл. 9.10 се извършва съгласно т. 9.3.3, А, както следва:

$$H = 70 \text{ cm}; \frac{H}{D} = \frac{70}{32,04} = 2,18;$$

$$E_{cp} = \frac{1}{70} (4 \cdot 1200 + 4 \cdot 1000 + 14 \cdot 700 + 48 \cdot 250)$$

$$E_{cp} = \frac{30600}{70} = 437 \text{ MPa}$$

Земна основа от песъчлива глина е $E_0 = 30 \text{ MPa}$.

$$\varphi = 15^\circ \text{ и } C = 0,015 \text{ MPa}; \frac{E_{cp}}{E_o} = \frac{437}{30} = 14,5.$$

От фиг. 9.6 отчитаме $\tau_\mu : p = 0,010$

$$\tau_\mu = 0,62 \cdot 0,010 = 0,0062$$

От фиг. 9.8 отчитаме $\tau_b = 0$

От табл. 9.8 коефициентът $K = 0,64$; $\tau_{don} = K \cdot C = 0,64 \cdot 0,015 = 0,0096 \text{ MPa}$;

$$\tau_\mu + \tau_b = 0,0062 \tau_{don}.$$

Проверката на срязващото напрежение в основата от баластра се извършва съгласно т. 9.3.3, Б, както следва:

Баластра с $\varphi = 45^\circ$ и $C = 0,03 \text{ MPa}$ (по табл. 9.9)

$$H = 22 \text{ cm}, E_{cp} = \frac{1}{22} (4 \cdot 1200 + 4 \cdot 1000 + 14 \cdot 700);$$

$$\frac{H}{D} = \frac{20}{32,04} = 0,624; E_{cp} = 845 \text{ MPa}; E_d = 120 \text{ MPa}$$

$$\frac{E_{cp}}{E_d} = \frac{845}{120} = 7,04$$

От фиг. 9.4 отчитаме $\tau_\mu : p = 0,03$; $\tau_\mu = 0,62 \cdot 0,03 = 0,0186 \text{ MPa}$

$$\tau_b = 0,0015 \text{ MPa}; \tau_\mu + \tau_b = 0,0186 - 0,0015 = 0,0171 \text{ MPa};$$

кофициентът K от таблица 9.8 е $K = 0,64$,

$$\tau_{don} = K \cdot C = 0,64 \cdot 0,03 = 0,0192 \text{ MPa}$$

$$\tau_u + \tau_b = 0,0171 < \tau_{don}$$

Проверката на опънните напрежения в долната повърхност на покритието се извършва съгласно т.9.3.2, както следва:

Асфалтобетон за долн пласт на покритието $\sigma_{don} = 1,2 \text{ MPa}$; $E_d = 196 \text{ MPa}$.

$$H = 8 \text{ cm}, E_{cp} = \frac{1}{8} (4.1200 + 4.100) = \frac{8800}{8} = 1100 \text{ MPa}$$

$$\frac{H}{D} = \frac{8}{32,04} = 0,250; E_{cp} : E_d = \frac{1100}{196} = 5,6 \text{ MPa};$$

От фиг.9.2 отчитаме $\bar{\sigma}_r = 1,53$

$$1,15 \cdot p \cdot \bar{\sigma}_r = 1,15 \cdot 0,62 \cdot 1,53 = 1,09 < 1,20 \text{ MPa}.$$

Горен основен пласт

$E_3 = 700 \text{ MPa}$; $\sigma_{don} = 0,8 \text{ MPa}$; $E_d = 118 \text{ MPa}$

$$H = 4 + 4 + 14 = 22 \text{ cm}; E_{cp} = \frac{4.1200 + 4.1000}{8} = \frac{8800}{8} = 1100 \text{ MPa}.$$

$$E_{cp} : E_3 = 1100 : 700 = 1,57 \quad E_3 : E_d = \frac{700}{118} = 5,93$$

$$\frac{H}{D} = \frac{22}{32,04} = 0,69$$

От фиг. 9.2 $\bar{\sigma}_r = 0,82$

$$1,15 \cdot p \cdot \bar{\sigma}_r = 1,15 \cdot 0,62 \cdot 0,82 = 0,58 < \sigma_{don} = 0,8 \text{ MPa}.$$

Циментова стабилизация

a) в смесител; $\sigma_{don} = 0,3 \text{ MPa}$; $E_4 = 400 \text{ MPa}$; $h = 18 \text{ cm}$

$$H = 4 + 4 + 14 + 18 = 40 \text{ cm}, \quad E_{cp} = (4 \cdot 1200 + 4 \cdot 1000 + 14 \cdot 700) : 22$$

$$H : D = 40 : 32,04 = 1,24; \quad E_{cp} = 845 \text{ MPa}$$

$$E_{cp} : E_4 = 845 : 400 = 2,11; \quad E_4 : E_d = \frac{400}{60} = 6,67;$$

От фиг. 9.2 $\bar{\sigma}_r = 0,26$

$$1,15 \cdot p \cdot \bar{\sigma}_r = 1,15 \cdot 0,62 \cdot 0,26 = 0,19 < \sigma_{don} = 0,8 \text{ MPa.}$$

б) на място; $\sigma_{don} = 0,2 \text{ MPa}$; $E_5 = 250 \text{ MPa}$; $h_5 = 15 \text{ cm}$

$$H = 40 + 15 = 55 \text{ cm}, \quad E_{cp} = \frac{1860 + 18 \cdot 400}{40} = \frac{25800}{40} = 645 \text{ MPa.}$$

$$H : D = 55 : 32,04 = 1,72; \quad E_{cp} : E_5 = 645 : 250 = 2,58$$

$$E_5 : E_d = 250 : 30 = 8,33;$$

От фиг. 9.2 $\bar{\sigma}_r = 0,18$

$$1,15 \cdot p \cdot \bar{\sigma}_r = 1,15 \cdot 0,62 \cdot 0,18 = 0,128 < 0,2 \text{ MPa.}$$

От проверката на напреженията се вижда, че срязващите напрежения в горния основен пласт са близо два пъти по-ниски от допустимите, което позволява да се намали нейната дебелина. Това би довело обаче до увеличение на срязващото напрежение в баластрената основа, което е много близко до допустимото. Следователно остава конструкция от таблицата в примера.

9.4. ЕТАПНО ИЗГРАЖДАНЕ

При бързо нарастване на товарното движение ($p > 5\%$) е целесъобразно настилката да се изгражда в два етапа, при което се намаляват първоначалните капиталовложения и се нагажда по-добре конструкцията на настилката към нарастващото движение.

При двуетапно изграждане проектирането на конструкцията се решава по следниве два начина.

I НАЧИН:

Оразмерява се настилката за целия оразмерителен период - n .

Намалява се получената дебелина на основата с 4 до 8 см – това е конструкция в I етап.

Определя се намаленият еквивалентен модул на конструкцията - E_e по начина, описан в т.9.3.1.

$$E_e = 70 (1 + \lg OI^*_{100}), \text{ или } \lg 10 \cdot OI^*_{100} = \frac{E_e}{70}$$

Определя се съответната оразмерителна интензивност.

Определя се продължителността на първи етап – n' по приблизителната формула

$$n' = 1,2 \cdot \frac{n}{OI} \cdot OI'$$

Същият подход се прилага и при изразяване

$$E_n = 70 + 75 + \lg OI_{115}$$

$$\lg OI_{115} = \frac{E_n - 70}{75}$$

В края на първи етап се проучва наново развитието на движението, проверява се състоянието на настилката и се взема решение за необходимото усилване и повишаване на общия еквивалентен модул до първоначално изчисления или съобразно нарастването на движението през следващия етап.

ПРИМЕР 1

Оразмерена е настилката за $n = 15$ год., $OI_{15} = 350$ ОА/ден, изразена в ОА с основ товар 100 kN и $E_n = 240 \text{ MPa}$ със следната конструкция:

Двупластово покритие - 8 см,

Горен основен пласт от пореста асфалтова смес - 15 см,

Долен основен пласт

Баластра - 40 см.

В I етап настилката се изгражда с еднопластов асфалтобетон 4 см вместо двупластов 8 см, при което еквивалентният модул се намалява на $E_e = 212 \text{ MPa}$,

$$\lg OI' = \frac{212}{70} - 1 = 3,028 - 1 \rightarrow OI' = 133 \text{ OA/ден.}$$

Продължителността на I етап се очаква да бъде:

$$n' = 1,2 \frac{15 \cdot 133}{350} \cong 7 \text{ год.}$$

II НАЧИН:

Оразмеряване на настилката за целия оразмерителен период.

Приема се продължителността на I етап, обикновено 5 до 10 години.

Определя се очакваната интензивност на движението за този период – n' по формулата:

$$OI = OI \left(1 + \frac{p}{100} \right)^q$$

Определя се необходимият еквивалентен модул за първи етап по формулата:

$$E_e = 70 \left(1 + \lg \frac{n`OI_{100}}{n} \right)$$

$$E_e = 70 + 75 \lg \left(\frac{n`}{n} OI_{115} \right)$$

Дебелината на асфалтовите пластове се намалява така, че общият модул на настилката да спадне до E_e . Това е конструкцията за I етап.

ПРИМЕР 2

Оразмерена е настилката за периода 1996 - 2010 г. $n = 15$ год. През 1990 г. $OI_0 = 150$; $p = 7\%$; $q = 12,5$ год. $OI_{115} = 350$ ОА/ден и $E_o = 240$ MPa със същата конструкция, както горния пример и OI изразена в OA с осов товар 100 kN.

- Приема се проектен период 1996 – 2000 г.; $n` = 5$ год.; за периода 1991 - 2000 г.; $q` = 5+2,5 = 7,5$ год.

- Определя се $OI_5 = 150 \left(1 + \frac{7}{100} \right)^{7,5} 250$ OA/ден.

- Определя се $OI = 70 \left[1 + \lg \left(\frac{5}{15} \cdot 250 \right) \right] = 205$ MPa.

В I етап конструкцията на настилката се изгражда с горен основен пласт 10 см вместо 15 см, при което еквивалентният модул спада на $E_e = 205$ MPa.

Във втория етап след 5 год., се повишава общият модул на настилка от 205 на 240 MPa, като се положи още един пласт асфалтобетон с дебелина 5 см.

РАЗДЕЛ X

ИЗЧИСЛЯВАНЕ НА НЕОБХОДИМОТО УСИЛВАНЕ НА СЪЩЕСТВУВАЩИ ПЪТНИ КОНСТРУКЦИИ

10.1. ОБЩИ ПОЛОЖЕНИЯ

Методът за изчисляване на необходимото усилване на настилката се базира на хипотезата за еластично поведение на цялата пътна конструкция, т.е. че деформациите на изграждащите я пластове са реверсивни и може да се прилага теорията на еластичността.

Нуждата от усилване се доказва при ремонт на пътищата чрез съпоставяне на фактическата носимоспособност на конструкцията с необходимата за перспективното натоварване. За целта се съпоставя фактическият еквивалентен модул на пътната конструкция с необходимия за съответното движение.

10.2. ОПРЕДЕЛЯНЕ НА НЕОБХОДИМИЯ ЕКВИВАЛЕНТЕН МОДУЛ

Определянето на необходимия еквивалентен модул се извършва в зависимост от движението по формулата:

$$E_n = \frac{p \cdot D}{0,285} (\lg OI + 1) \quad (10.1)$$

където: E_n – необходим общ еквивалентен модул, MPa;

p – натоварването върху настилката в контактната площ на автомобилната гума ($p = 6,2$ за Дефлектографа на Лакроа);

D – редуцираният в кръг диаметър на отпечатъка ($D = 16,02$ за Дефлектографа на Лакроа);

OI – определената оразмерителна интензивност, изразена в преминали *Оразмерителни Автомобили [OA]* с натоварване 100 kN на задната ос на ден през предвидения оразмерителен период.

10.3. ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ФАКТИЧЕСКИЯ ЕКВИВАЛЕНТЕН МОДУЛ

Определянето на фактическия еквивалентен модул се извършва въз основа на резултатите от измерване на огъването с Гредата на Бенкелман или Дефлектографа на Лакроа (съгласно “Методика за измерване и оценка на носимоспособността на пътните настилки”).

Изчисляването на фактическия еквивалентен модул се извършва по формулата:

$$E_0 = \frac{p \cdot D}{\varepsilon_v} \quad (10.2)$$

където: ε_v – оразмерителното огъване на настилката.

p – натоварването върху настилката в контактната площ на автомобилната гума ($p = 0,62$ за Дефлектографа на Лакроа), MPa;

D – диаметър на редуцирания в кръг на отпечатък ($D = 16,02$ за Дефлектографа на Лакроа), см.

10.4. ОБРАБОТКА НА РЕЗУЛТАТИТЕ ОТ ИЗМЕРВАНЕ НА ОГЪВАНЕТО

10.4.1. Определяне на меродавната стойност на огъването

Меродавната стойност на огъването отговаря на стойност на огъването, измерен в периода на най-силно овлажняване (рано напролет) с Гредата на Бенkelман при температура, измерена на 40 mm дълбочина на настилката 20°C и тегло на натоварващото колело $50 \pm 2,5 \text{ kN}$. Меродавната стойност на огъването се определя за всяка една от измерените стойности по формулата:

$$\varepsilon_v = \varepsilon_{vb20} \cdot K_T \cdot K_k \quad (10.3)$$

където: ε_{vb0} – меродавна стойност на огъването за температура 20°C , $\text{mm} \cdot 10^{-2}$;

ε_{vb20} – огъването, измерено с Гредата на Бенkelман или приведено към него и преизчислено за температура 20°C , $\text{mm} \cdot 10^{-2}$;

K_T – корекционен коефициент при тегло различно от $50 \pm 2,5 \text{ kN}$;

K_k – корекционен коефициент за неподходящ период на измерване.

A. Корекция при товар, отклоняващ се от стандартния

При започване на измерването чрез проверена везна се контролира натоварването на задната ос на всяко колело поотделно. Ако по изключение този товар е извън нормативната стойност, измереното огъване може да бъде коригирано с корекционен коефициент за товар K_T .

$$K_T = \frac{60}{P_x + 10} \quad (10.4)$$

където: P_x – товар на едно колело от задната ос

$$\varepsilon_{v100} = K_T \cdot \varepsilon_{vx} \quad (10.5)$$

където: ε_{v100} – огъването при 100 kN осов товар;

ε_{vx} – измереното огъване при товар P_x .

Пневматичното налягане по време на измерването трябва да се поддържа постоянно.

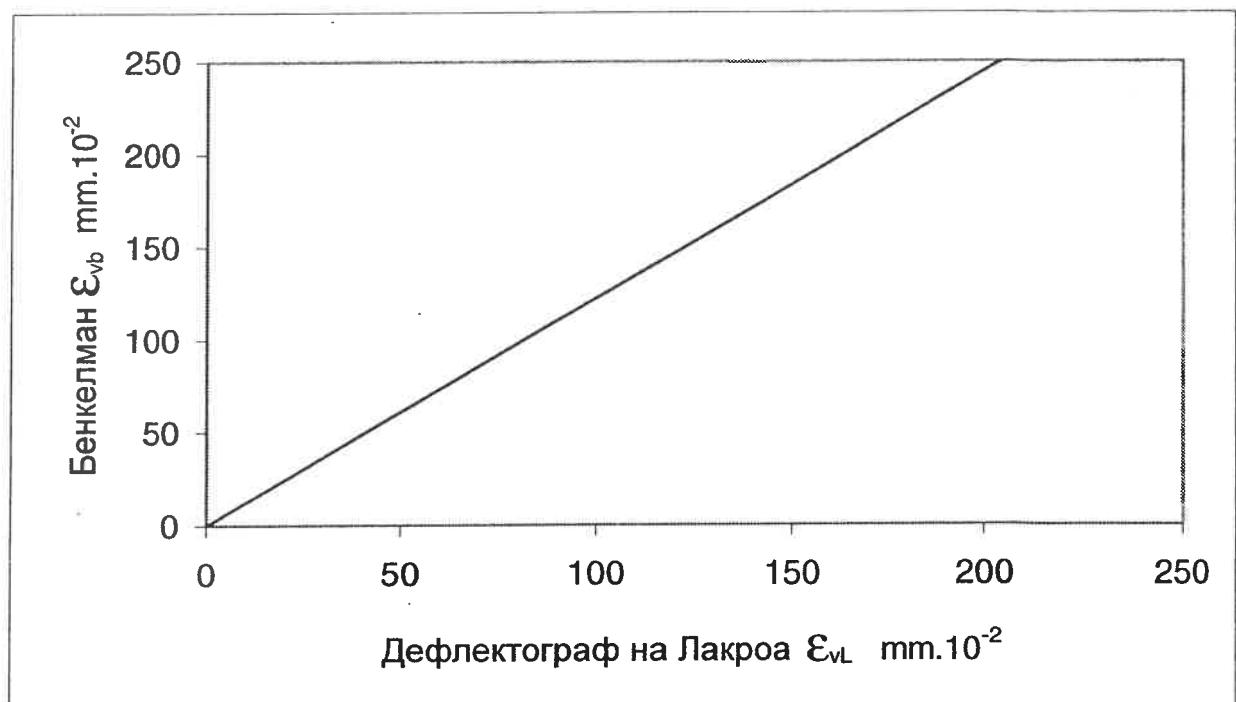
Б. Коригиране на огъването, измерено с Дефлектограф на Лакроа

В случай, че измерването на огъването се извършва с Дефлектографа на Лакроа, резултатите е необходимо да се приведат към огъвания, измерени с Гредата на Бенkelман, като за целта се използва зависимостта, дадена във фигура 10.1 и фигура 10.2:

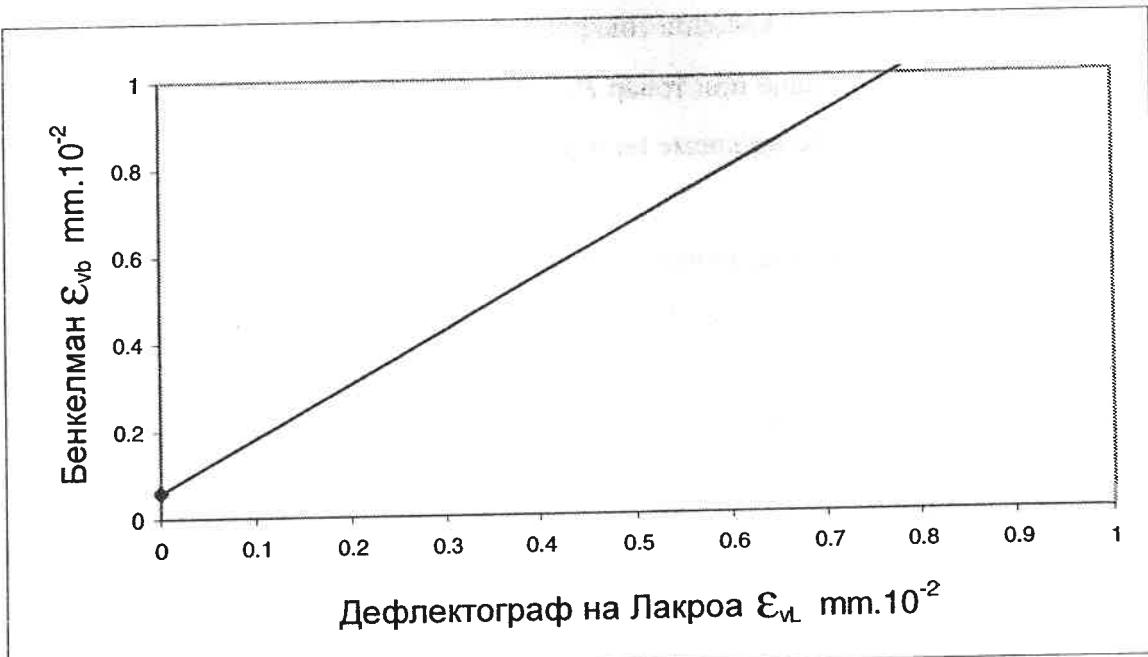
$$\varepsilon_{vb} = 0,059 + 1,221 \cdot \varepsilon_{vL} \quad (10.6)$$

където: ε_{vL} – огъването, измерено с Дефлектографа на Лакроа, $\text{mm} \cdot 10^{-2}$;

ε_{vb} – огъването, измерено с Гредата на Бенkelман, $\text{mm} \cdot 10^{-2}$



Фиг 10.1. Привеждане на резултатите от измерване с Дефлектограф на Лакроа към такива с греда на Бенkelман



Фиг 10.2. Привеждане на резултатите от измерване с Дефлектограф на Лакроа към такива с греда на Бенкелман при малки стойности на огъванията

В. Корекция на измервания, извършени при температура различна от 20°C

Температурата на настилката, измерена с термометър на дълбочина 40 mm, трябва да бъде в интервал между 5°C и 30°C. Ако температурата е различна от 20°C, то измереното огъване трябва да се преизчисли, като за целта може да се използва приближителната формула:

$$\mathcal{E}_{vb20} = \mathcal{E}_{vbt} + (20 - t) \quad (10.7)$$

където: \mathcal{E}_{vb20} – огъването при стандартна температура 20°C, измерено или приведено към Гредата на Бенкелман, mm . 10⁻²;

\mathcal{E}_{vbt} – огъването, измерено при температура t° , mm . 10⁻²;

t – температура на асфалтовия пласт на дълбочина 40 mm.

Точната корекция на влиянието на температурата в зависимост от дебелината на асфалтовия пласт, целостта му и уреда, с който е проведено измерването, може да се извърши с графиките, дадени на фигури 10.3, 10.4 и 10.5.

Г. Корекционен фактор за неподходящ период на измерване

В случай, че се наложи измерване на огъването на настилката извън периода на най-малката носимоспособност, получените стойности трябва да се коригират с коефициент K_k , който е по-голям от 1.

Корекционният коефициент K_k се определя по формулата:

$$K_k = \frac{\varepsilon_{vb0}}{\varepsilon_{vb}} \quad (10.8)$$

където: ε_{vb0} – огъването, измерено в периода на размразяване на настилката, $\text{mm} \cdot 10^{-2}$;

ε_{vb} – огъването, измерено в неподходящия период, $\text{mm} \cdot 10^{-2}$.

За целта е необходимо в характерни и точно репериирани места да се измери огъването в момента на размръзването и в следващия период.

Ако не са правени такива измервания на огъванията, корекционният коефициент може да се оцени приблизително, като се вземат предвид следните фактори:

$K_k = 1,1$ за настилки, запазили целостта на покритието, обезпечени срещу замръзване в благоприятни климатични и хидрологични условия.

$K_k = 1,4$ за настилки, запазили целостта на покритието с основни пластове от несвързани материали, с малка или средна чувствителност на замръзване в благоприятни климатични и хидрологични условия.

$K_k = 1,8$ за настилки с напукана повърхност, с основни пластове от замърсени несвързани материали, чувствителни на замръзване в неблагоприятни климатични и хидрологични условия.

При силно повредени настилки в неблагоприятни климатични условия корекционният коефициент трябва да се определи чрез измерване.

10.4.2. Определяне на оразмерителната стойност на огъването

А. Статистическа обработка на резултатите

Чрез измерванията и след първичната обработка се получават голям брой стойности на меродавното огъване, които могат да бъдат обработени по методите на математическите статистики.

Чрез обработката трябва да се изчислят:

- Средната стойност на огъването по формулата:

$$\varepsilon_{vbcp} = \frac{\sum (1-N) \varepsilon_{vm}}{N} \quad (10.9)$$

където: ε_{vcp} – средна стойност на огъването, $\text{mm} \cdot 10^{-2}$;
 ε_{vm} – меродавна стойност на огъването, $\text{mm} \cdot 10^{-2}$;
 N – броят на получените резултати.

- Средно квадратично отклонение по формулата:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (\varepsilon_{vm} - \varepsilon_{vcp})^2}{N - 1}} \quad (10.10)$$

Ако отделни стойности на ε_{vm} са два пъти по-големи или три пъти по-малки от средната стойност, те не се вземат предвид при изчисленията.

Б. Определяне на хомогенните отсечки от участъка

Изчислените стойности на меродавните огъвания, средната стойност на огъванията и средното квадратично отклонение дават възможност измереният участък да бъде разделен на хомогени отсечки по отношение на носимоспособността така, че за обикновени пътища да бъде изпълнено условието:

$$K_v = \frac{\sigma}{\varepsilon_{vcp}} \leq 0,35 \quad (10.11)$$

за автомагистрали:

$$K_v = \frac{\sigma}{\varepsilon_{vcp}} \leq 0,20 \quad (10.12)$$

където: K_v – коефициент на вариация.

При разделянето на хомогени отсечки се приема минимална дължина от 100 м. Хомогенните отсечки при измерване под лявата и дясната гума се определят от по-малката дължина.

В. Определяне на оразмерителното огъване на настилките

След разделяне на участъка на хомогени отсечки следва да се пристъпи към определянето на оразмерителното огъване по формулата:

$$\varepsilon_{v0} = \varepsilon_{vcp} + 2\sigma \quad (10.13)$$

Така получената стойност на оразмерителното огъване е определяща за изчисляване на необходимото усилване за дадената хомогенна отсечка така, че да се обезпечи необходимата носимоспособност за дадено натоварване от движението.

10.5. ОРАЗМЕРЯВАНЕ НА НЕОБХОДИМОТО УСИЛВАНЕ

Оразмеряването на необходимото усилване се базира на теорията на еластичността за двупластова конструкция при допустима деформация под въздействието на сдвоено колело на оразмерителния автомобил. Допустимата деформация (ε_{v0}) се определя по емпиричната формула:

$$\varepsilon_{v0} = \frac{0,285}{\lg OI_0 + 1} \quad (10.14)$$

където: OI_0 – оразмерителната интензивност за определения оразмерителен период.

Ориентировъчните данни за ε_{v0} и E_n в зависимост от интензивността на движението са дадени в раздел IX, таблица 9.6.

За оразмеряване на необходимото усилване на настилката се използват меродавните модули на еластичност на материалите. Стойностите им са дадени в раздел IX, таблица 9.4.

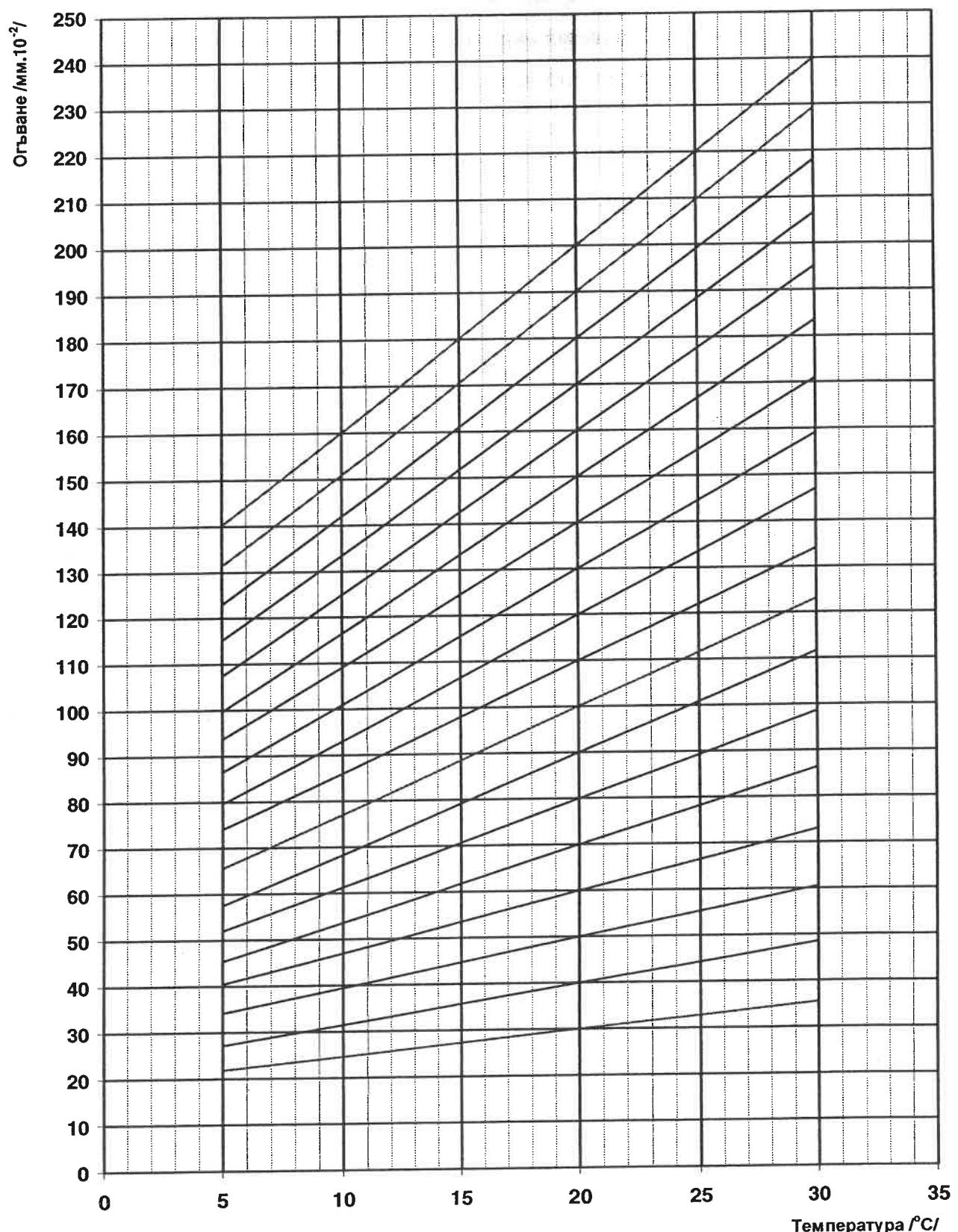
Оразмеряването на необходимото усилване се състои в избор на подходящи пластове, които, изградени върху съществуващата настилка, обезпечават достигането до необходимия еквивалентен модул – E_n . Извършва се в следния ред:

А. Определянето на дебелината на необходимите еластични пластове става при използването на номограмата от раздел IX, фиг. 9.2.

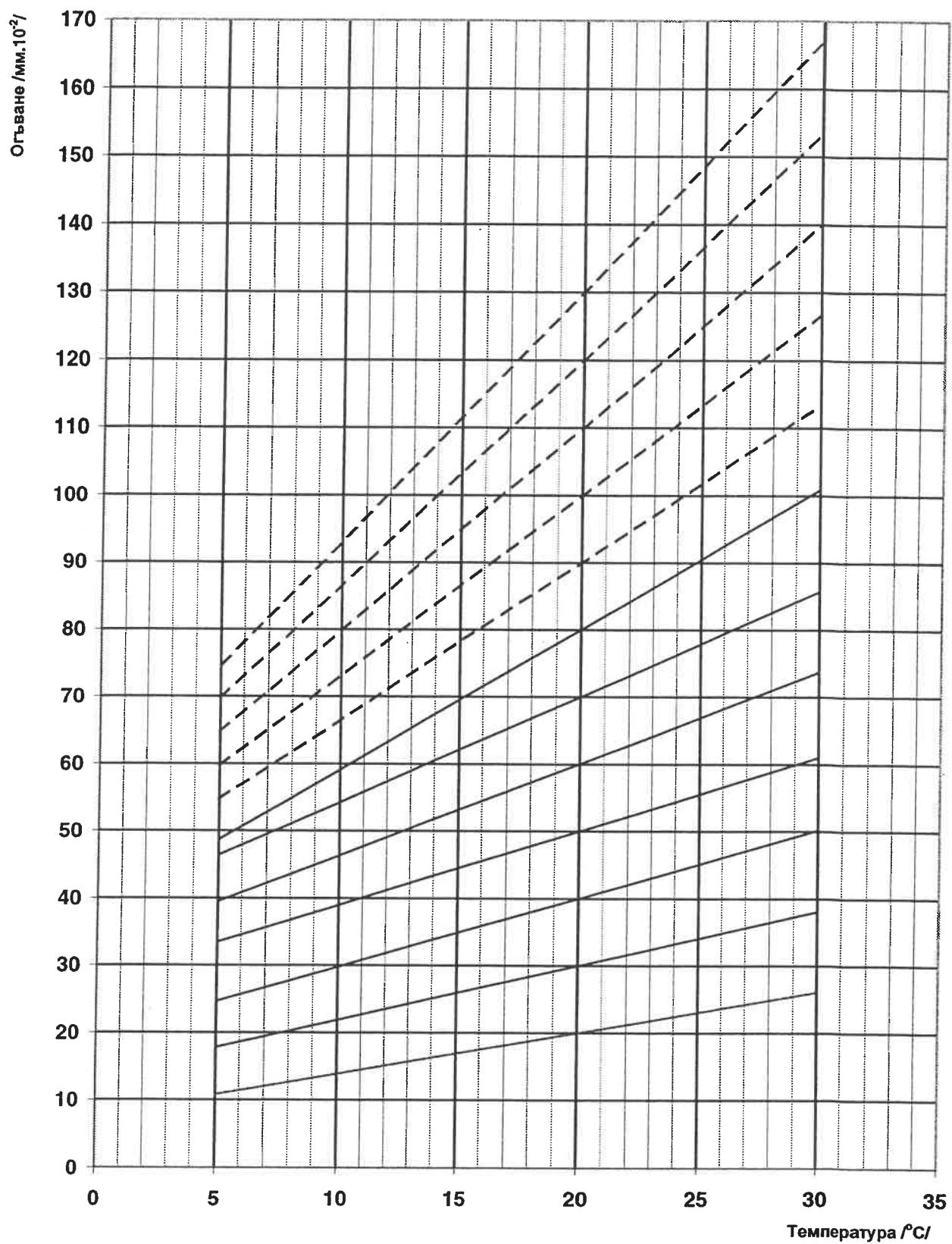
Номограмата свързва пет величини, като всяка от тях може да бъде определена, когато са известни останалите четири. В случая са известни фактическият еквивалентен модул E_ϕ (отговаря на E_d от номограмата), D - отпечатъкът на гумата, E_i – меродавният модул на еластичност на материала и избираме различни дебелини h_i на отделните усилващи пластове.

Б. Оразмеряването на настилката става отдолу нагоре, тъй като е известен фактическият еквивалентен модул и се стреми към необходимия.

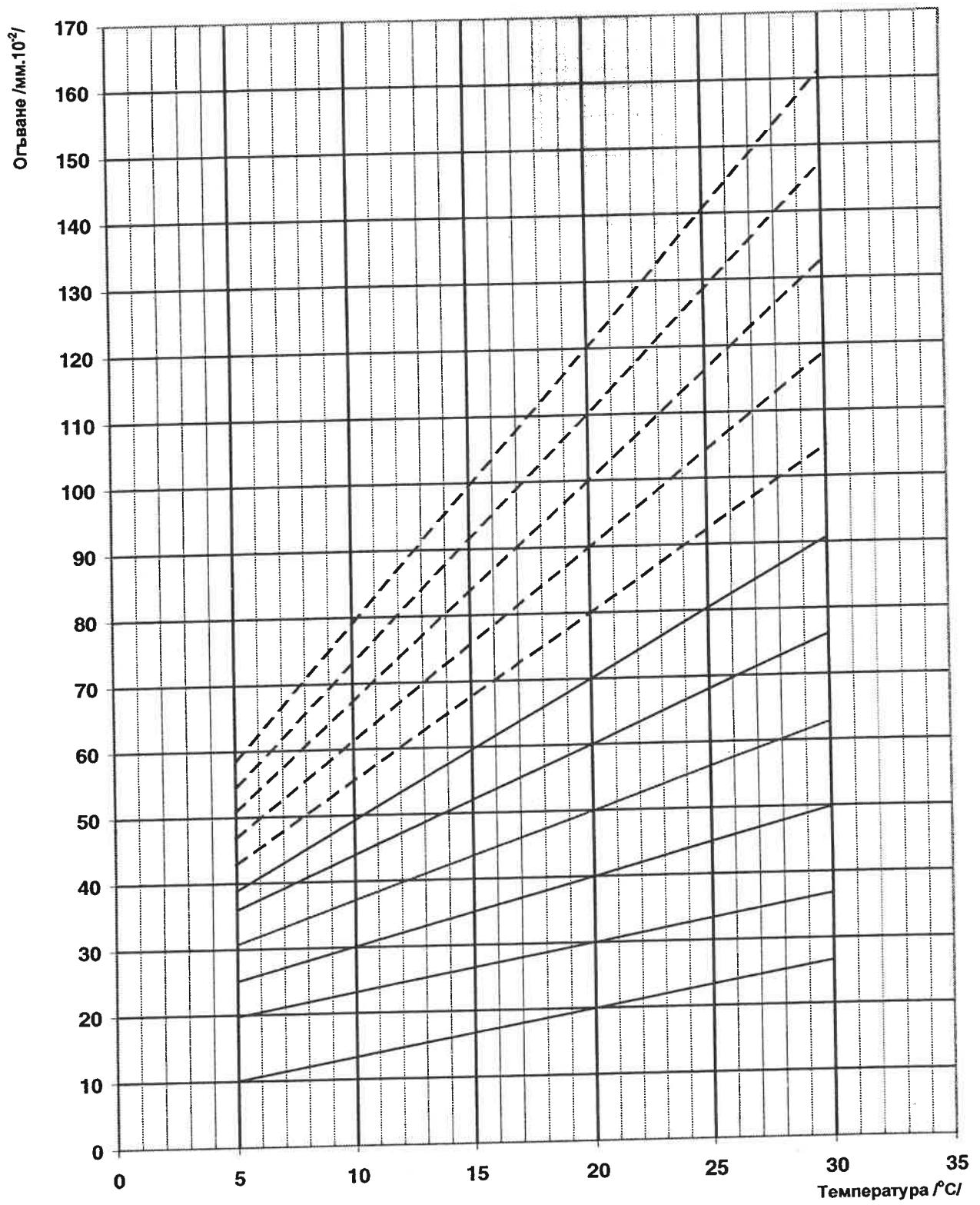
В. Изграждането на асфалтови пластове с дебелина по-голяма от 20 см в много случаи е икономически неизгодно и следва да се търси друго решение или реконструкция на цялата пътна конструкция, или включване на усилващи пластове от несвързан материал.



Фиг. 10.3 Графика за отчитане влиянието на температурата върху носимоспособността при измерване на огъването с Гредата на Бенкелман за асфалтови пластове с дебелина по-малка от 16 см. и напукани асфалтови настилки



Фиг.10.4 Графика за отчитане на влиянието на температурата върху носимоспособността при измерване с Гредата на Бенкелман за асфалтови пластове с дебелина от 16 до 20 см.



Фиг.10.5 Графика за отчитане на влиянието на температурата върху носимоспособността при измерване на огъването с Гредата на Бенкелман за асфалтови пластове с дебелина по-голяма от 20 см.

РАЗДЕЛ XI

ИКОНОМИЧЕСКИ АНАЛИЗ

11.1. ОСНОВНИ ПОЛОЖЕНИЯ

В този раздел е изложена методиката за икономически анализ на алтернативни технически решения, свързани с проектирането на пътната настилка за определен участък от пътя. Използван е методът на "ОСЪВРЕМЕНЕНите РАЗНОВРЕМЕННИ РАЗХОДИ", при които се определя "НЕТНИят ИКОНОМИЧЕСКИ ЕФЕКТ" от замяна на едно техническо решение с друго.

В този метод пътищата се разглеждат като инвестиции на средства и в анализа са включени много фактори, които влияят върху стойността на пътя за целия период на анализа.

11.2. ОСНОВНИ ТЕРМИНИ

ПЕРИОД НА АНАЛИЗА – времето, за което се провежда икономическият анализ.

Периодът на анализа най-често е равен на проектния период, т.е. периодът от време до първия основен ремонт или реконструкция, или периодът до първия среден ремонт. Но в зависимост от поставените цели той може да бъде по-кратък или по-дълъг, като включва и условия за периодично пренастилане и възстановяване на настилката, което може да удължи експлоатационния живот на пътната конструкция до 30 или 50 години.

ФАКТОР ЗА ОСЪВРЕМЕНЯВАНЕ СТОЙНОСТТА НА РАЗХОДИТЕ корекционен коефициент, чрез който се привеждат всички разходи, които ще бъдат направени в бъдеще, към стойността им в момента на вземане на решение или в определена година в бъдеще. Определя се по формулата:

$$for_{i,t} = \frac{1}{(1+i)^t} \quad \text{или} \quad for_{i,n} = \frac{1}{(1+i)^n} \quad (11.1)$$

където:

i - коефициент за осъвременяване на разходите, който се посочва от инвеститора;

n - продължителност на анализния период - години;

t - броят години, за които се изразходва сумата.

ОСТАТЬЧНА СТОЙНОСТ - под този термин трябва да се разбира остатъчната стойност на последното пренастилане на съществуващата конструкция. Базира се на предпоставката, че последното пренастилане ще удължи експлоатационния живот на настилката и след периода, който се анализира. Определя се по формулата:

$$OC = (1 - (Y/X)) PP_{j,t} \quad (11.2)$$

където:

Y - годините, изминали от последното пренастилане до края на анализния период;

X - очакваната увеличена работоспособност на настилката в години в резултат на пренастилане;

$PP_{j,t}$ - разходи, необходими за последния ремонт на настилката, за вариант j в годината t .

11.3. СЪЩНОСТ НА МЕТОДА

Методът на ОСЪВРЕМЕНЕНАТА СТОЙНОСТ НА РАЗХОДИТЕ, като метод за икономическа оценка на алтернативни варианти на пътни настилки, се състои в привеждането на стойността на всички разходи, които ще бъдат направени през анализния период - разходи на потребителя, разходи за ремонт и експлоатация, до стойността им в момента на вземане на решение. Това се постига чрез съответния ФАКТОР ЗА ОСЪВРЕМЕНЯВАНЕ СТОЙНОСТТА НА РАЗХОДИТЕ.

A. Определяне на осъвременената стойност на разходите

При определяне на осъвременената стойност на разходите трябва да се включат всички разходи, които се налага да бъдат направени през анализния период на настилката. За тази цел се използва следният израз:

$$OCP_{j,n} = (\Pi KB)_j + (\sum_{t=0/n}) \phi_{op_{i,t}} [PP_{j,t} + PE_{j,t} + P\Pi_{j,t}] - (OC)_{j,n} \phi_{op_{i,n}} \quad (11.3)$$

където:

$OCP_{j,n}$ - осъвременени стойности на разходите за вариант j за период на анализа n години;

$(\Pi KB)_j$ - първоначални капитални вложения за вариант j , те представляват сбор от всички строителни разходи, стойността на материалите, разходите за авторски надзор, за маркировка и сигнализация и за оформяне на цялата сервитутна ивица, лв/км;

$(\Sigma_{t=0/n})$ - сума от 0 до n години;

$PP_{j,t}$ - разходи за ремонт във вид на капитални вложения, лв/км. В тази стойност се включват бъдещи пренастилания, промяна на надлъжните наклони или частично изместване на осовата линия, наложени поради влошаване на експлоатационните качества на пътя, т.е. това са разходите, направени за удължаване на експлоатационния живот на настилката;

$PE_{j,t}$ - разходи за експлоатация за вариант j за годината t , лв/км. Това са разходите, направени за поддържане на експлоатационните качества на настилката и прилежащите ѝ банкети и дренажи.

$RP_{j,t}$ - разходи за потребителя при вариант j за годината t , лв/км, които включват:

- разходи за експлоатация на превозните средства - зависят от средния пробег и представляват сума от стойността на горивото, маслото, гумите и амортизацията на превозните средства, дължаща се на пробега;
- време за пропътуване - общият брой на пропътуваните часове за един вид превозно средство, умножен със себестойността на 1 час пропътувано време (обикновено е различна за леки коли и камиони);

- средна стойност на пътнотранспортните произшествия - броят на пътнотранспортните произшествия – PTP , умножен със средната стойност на едно PTP ;
- неудобства за пътуващите - допълнителни разходи, които се дължат на влошени експлоатационни качества или временно затваряне на пътя за движение поради извършване на ремонтни работи;

$фор_{i,t}$ - фактор за осъвременяване стойността на разходите при коефициент за осъвременяване на разходите i и t години, където $t < n$;

$фор_{i,n}$ - фактор за осъвременяване на разходите при коефициент за осъвременяване на разходите i и години n ;

$(OC)_{j,n}$ - остатъчна стойност, ако има такава за вариант j в края на анализния период, п година.

Б. Определяне на нетния икономически ефект

НЕТЕН ИКОНОМИЧЕСКИ ЕФЕКТ - разликата между осъвременените стойности на разходите за осъществяване на всеки един от сравняваните варианти за съответния анализен период. Определя се по формулата:

$$HIE_{k,j} = OCP_{j,n} - OCP_{k,n} \quad (11.4)$$

където: $HIE_{k,j}$ - представлява нетният икономически ефект от замяна на вариант k с вариант j ;

$OCP_{j,n}$ - осъвременената стойност на разходите за вариант j за периода на анализ за n години;

$OCP_{k,n}$ - осъвременената стойност на разходите за вариант k за периода на анализ n години.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ТЕРМИНИ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

АНАЛИЗЕН ПЕРИОД – Период от време, за който се правят икономически сравнения на алтернативни проектни решения. Анализният период не трябва да се смесва с оразмерителния период.

АСФАЛТОВО ПЪТНО ПОКРИТИЕ – Частта от пътната настилка, която лежи върху пътната основа и се състои от един или два пласта с предназначение да поеме приските въздействие на превозните средства и атмосферните фактори, и да осигури плавно и безопасно движение.

ДИНАМИЧЕН МОДУЛ НА ЕЛАСТИЧНОСТ – Модул, който е определен в резултат на прилагането върху асфалтово пробно тяло на синусоидално натоварване. Представлява отношението между амплитудите на синусоидалното напрежение и съответната еластична осова деформация.

МОДУЛ НА ЕЛАСТИЧНОСТ ПРИ НАТОВАРВАНЕ НА ИНДИРЕКТЕН ОПЪН – Модул, определен в резултат на прилагане по образувателната на Маршалово пробно тяло от асфалтова смес циклично натоварване.

МОДУЛ НА КОРАВИНАТА – Модул, определен за асфалтови призматични пробни тела при статично или циклично натоварване.

ЕКВИВАЛЕНТЕН БРОЙ ОРАЗМЕРИТЕЛНИ ОСИ – Броят на оразмерителните оси, които имат еднакво въздействие върху настилката с това на известна конфигурация на оси с различно натоварване.

ЗЕМНА ОСНОВА – Състои се от предварително подгответи почви, върху които се изгражда пътната настилка.

МЕТОДИ ЗА ОЦЕНКА НА МАТЕРИАЛИТЕ – Механични изпитвания за определяне на оразмерителните характеристики:

- (1) Метод CBR. Изпитване за оценка на основните и подосновните пластове и земната основа за целите на оразмеряването на пътната настилка.
- (2) Метод за определяне на динамичния модул на еластичност. Метод за оценка на материалите за целите на оразмеряването на пътните настилки.
- (3) Метод за определяне модула на еластичност при индиректен опън. Метод за оценка на асфалтовите смеси за целите на оразмеряването на пътните настилки.
- (4) Метод за определяне модула на еластичност при статично натоварване. Метод за оценка на основните и подосновните пластове и земната основа за целите на оразмеряването на настилката.
- (5) Метод за определяне модула на коравината при статично натоварване. Метод за оценка на асфалтовите смеси за целите на оразмеряването.

- (6) Метод за определяне модула на коравината при циклично натоварване. Метод за оценка на асфалтовите смеси за целите на оразмеряването.
- (7) Метод за определяне устойчивостта на асфалтовите смеси. Метод за оценка на асфалтовите смеси за основи за целите на оразмеряването.

МОДУЛ НА ЕЛАСТИЧНОСТ НА ЗЕМНАТА ОСНОВА ПРИ ДИНАМИЧНО НАТОВАРВАНЕ – Модулът на еластичност на земната основа се определя при многократно натоварване в условията на триаксиален натиск на почвени преби, представлява отношението между амплитудата на повтарящото се осово напрежение към тази на съответната еластична деформация.

ОРАЗМЕРИТЕЛНО НАТОВАРВАНЕ – Еквивалентен брой оразмерителни оси, които се очаква да преминат по оразмерителната лента до края на оразмерителния период.

ОРАЗМЕРИТЕЛНА ЛЕНТА – Лентата, върху която се очаква да премине ОН.

ОРАЗМЕРИТЕЛЕН ПЕРИОД – Времето, в години, от въвеждането на настилката в експлоатация до първия ремонт, който цели увеличаване на работоспособността ѝ.

ОРАЗМЕРИТЕЛНА ДЕБЕЛИНА – Общата дебелина на пластовете от асфалтови смеси и стабилизираните и нестабилизиирани основни и подосновни пластове, която се определя в процеса на проектиране.

ПОДОБРЕНА ЗЕМНА ОСНОВА – Всеки пласт или пластове от подбран или подобрен материал, разположен между естествената почва и пътната конструкция.

ПЛАНИРАНО ЕТАПНО ИЗГРАЖДАНЕ – Такова строителство на пътища, при което съгласно проекта, след изминаване на известен период от време след изграждането на конструкцията, върху нея се полага нов асфалтов пласт.

ПРОБА – Извадка от един обем, приет да представлява целия обем.

ПОДОСНОВЕН ПЛАСТ – Част от пътната настилка, която лежи върху земната основа, изпълнява се по необходимост и има мразозащитни дрениращи, капилярапрекъсващи, изравнителни функции.

ПОЧВА – Утайки или други неконсолидирани натрупвания на твърди частици, получени в резултат на физическото или химическото разпадане на скалите, които може да съдържат или да не съдържат органично вещество.

ПЪТНА ОСНОВА – Част от конструкцията на пътната настилка, която лежи между подосновния пласт или земната основа или пътното покритие и се

състои от един или няколко пласта с предназначение да намалят напреженията в по-долу лежащите пластове.

ПЪТНА НАСТИЛКА – Комбинацията от подосновни, основни пластове и пластове от покритието, изпълнена върху земната основа с цел да поеме и преразпредели натоварването от моторните превозни средства.

СЛУЧАЙНА ПРОБА – Проба, взета по предварително установлен план, който дава възможност да бъде избран всеки елементарен обем на общия обем.

РАБОТОСПОСОБНОСТ НА ПЪТНАТА НАСТИЛКА – Броят на преминалите през оразмерителния период автомобили, приведен към еквивалентен брой оразмерителни оси за оразмерителната лента на движение.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ИЗПОЛЗВАНИ ОЗНАЧЕНИЯ

AASHTO	- American association of state highway and transportation officials Американска асоциация на щатските пътни и транспортни служители
OA	- оразмерителен автомобил;
OO	- оразмерителна ос;
MA_i	- меродавни автомобили от един клас;
MI_i	- меродавна интензивност за меродавен автомобил от един клас;
PI_i	- приведена интензивност;
PKK_i	- преводен коефициент за класа;
OИ	- оразмерителна интензивност;
OL	- оразмерителна лента;
PL	- показател на лентата;
n	- оразмерителен период;
PK_i	- прогнозен коефициент;
q	- периодът от годината на преброяване на движението до средата на оразмерителния период;
p_i	- средното годишно нарастване интензивността на меродавните автомобили;
$modK_{pr}$	- степен на уплътняване по метода модифициран Проктор;
$mod\rho_{d,pr}$	- стандартна модифицирана плътност;
ρ_d	- проектна плътност на скелета;
M_R	- модул на еластичност при динамично натоварване на почви от земна основа;
E	- модул на еластичност при статично натоварване на почви от земната основа;
CBR	- калифорнийски показател за носимоспособност;
CBR_0	- оразмерителна стойност на калифорнийски показател за носимоспособност на почви от земната основа;
k	- бездименсионен коефициент на водно-топлинния режим на земната основа;
W	- водно съдържание, формирано от зимната парова миграция;
W_L	- граница на протичане;

<i>C</i>	- коефициент, отразяващ влиянието на хидрологките и климатичните условия;
<i>I_p</i>	- показател на пластичност;
<i>R₀</i>	- топлинно съпротивление;
<i>h_i</i>	- дебелина конструктивен пласт;
<i>λ_i</i>	- коефициент на топлопроводност на материала в съответния пласт;
<i>z</i>	- замръзваща дълбочина на пътната конструкция;
<i>z</i>	- замръзваща дълбочина на почвата, от която е изградена земната основа, при условията на открито поле;
<i>m</i>	- бездименсионен коефициент;
<i>λ_{зп}</i>	- коефициент на топлопроводност на почвата, непосредствено под настилката;
<i>λ_{он}</i>	- коефициент на топлопроводност на почвата, непосредствено под настилката в условията на открито поле;
<i>M_{R0}</i>	- оразмерителна стойност на модула на еластичност при динамично натоварване на почвата в земната основа;
<i>W_{opt}</i>	- оптимално водно съдържание;
<i>OH₁^e</i>	- оразмерително натоварване за първи етап;
<i>OH₂^e</i>	- оразмерително натоварване за втори етап;
<i>PSI</i>	- индекс за моментно състояние на годност;
<i>OH_{AASHTO}</i>	- оразмерително натоварване от движението, изчислено за номограмата на AASHTO;
<i>M</i>	- преведен коефициент за товарите за преизчисляване на оразмерителното натоварване, изчислено съгласно раздел III в <i>OH_{AASHTO}</i> ;
<i>R</i>	- степен на сигурност;
<i>F_R</i>	- коефициент на сигурност;
<i>E_{BS}</i>	- модул на еластичност при динамично натоварване на материала в подосновния пласт;
<i>E_{SB}</i>	- модул на еластичност при динамично натоварване на материала в основния пласт;
<i>E_{AC}</i>	- модул на еластичност при динамично натоварване на материала за пластове от асфалтобетон;
<i>SN</i>	- приведена дебелина на конструкцията;

a_i	- коефициент на пласта за $i^{\text{-тия}}$ пласт;
m_i	- коефициент за отводняване на пласта за $i^{\text{-тия}}$ пласт;
p_0	- първоначална стойност на индекса за моментно състояние на годност – PSI;
p_t	- крайна стойност на индекса за моментно състояние на годност – PSI;
ΔPSI	- $\Delta PSI = p_0 - p_t$;
$\varepsilon_{\text{вdon}}$	- допустима еластична деформация на настилката;
E_h	- необходим проектен модул на еластичност на настилката;
D	- диаметър на редуцирания в кръг отпечатък на колело;
p	- натоварване върху настилката в контактната площ на автомобилната гума;
E_0	- оразмерителна стойност на модула на еластичност при статично натоварване на почвата в земната основа;
$E_{eобщ}$	- общ модул на еластичност на пътната конструкция;
E_{di}	- еквивалентен модул на еластичност на повърхността под $i^{\text{-тия}}$ пласт;
E_{ei}	- еквивалентен модул на еластичност на повърхността на $i^{\text{-тия}}$ пласт;
E_i	- меродавен модул на еластичност на материалите в пластовете;
$\sigma_{\delta\text{on}}$	- допустимо опънно напрежение в материала, изграждащ монолитния конструктивен пласт, MPa;
σ_R	- максимално работно опънно напрежение в разглеждания монолитен конструктивен пласт, MPa;
$\bar{\sigma}_R$	- максимално работно напрежение на опън в разглеждания монолитен конструктивен пласт при натоварване;
τ_μ	- максимално активно срязващо напрежение в земната основа, причинено от оразмерителния товар;
τ_b	- активно срязващо напрежение в земната основа вследствие собствено тегло на настилката;
C	- сцепление на почвата в земната основа;
K	- комплексен коефициент, отчитащ особеностите на конструкцията на настилката;

K_1	- коефициент, който отчита снижението на якостта на сръзване на почвите вследствие динамичното въздействие на автомобилите;
K_2	- коефициент, който отчита нееднородните условия, при които работи настилката;
K_3	- коефициент, който отчита експлоатационните изисквания към настилката;
d	- коефициент, който отчита динамичното въздействие на автомобилните колела;
f	- коефициент, който отчита условията в граничната площ между настилката и земната основа;
E_ϕ	- фактически модул на еластичност на повърхността на настилката;
K_T	- корекционен коефициент за тегло при определяне меродавната стойност на огъването на настилката;
K_K	- корекционен коефициент за неподходящ период на измерване при определяне меродавната стойност на огъване на настилката;
ε_{v100}	- огъването при 100 kN осов товар;
ε_{vx}	- измерено огъване при товар P_x ;
ε_{vL}	- огъването, измерено с Дефлектографа на Лакроа;
ε_{vb}	- огъването, измерено с Гредата на Бенkelман;
ε_{vb20}	- огъването при стандартна температура 20°C , измерено или приведено към Гредата на Бенkelман;
ε_{vbt}	- огъването при температура $t^\circ\text{C}$, измерено или приведено към Гредата на Бенkelман;
t	- температурата на асфалтовия пласт на дълбочина 40 mm при измерване на огъването;
ε_{vbo}	- огъването, измерено в периода на размразяване на настилката;
ε_{vb}	- огъването, измерено в неподходящ период;
ε_{vcpr}	- средна стойност на огъването;
N	- брой на получените резултати;
σ	- средно квадратично отклонение;
K_v	- коефициент на вариация;

- ε_{vo} - оразмерително еластично огъване;
- OC - остатъчна стойност;
- $PP_{j,t}$ - разходи, необходими за последния ремонт на настилката за вариант j в година t ;
- $OCP_{j,n}$ - осъвременени стойности на разходите за вариант j за период на анализа n години;
- $(ПКВ)_j$ - първоначални капитални вложения за вариант j , те представляват сбор от всички строителни разходи, стойността на материалите, разходите за авторски надзор, за маркировка и сигнализация и за оформяне на цялата сервитутна ивица, лв/км;
- $(\Sigma_{t=0/n})$ - сума от 0 до n години;
- $PP_{j,t}$ - разходи за ремонт във вид на капитални вложения, лв/км. В тази стойност се включват бъдещи пренастилания, промяна на надлъжните наклони или частично изместване на осовата линия, наложени поради влошаване на експлоатационните качества на пътя, т.е. това са разходите, направени за удължаване на експлоатационния живот на настилката;
- $PE_{j,t}$ - разходи за експлоатация за вариант j за годината t , лв/км. Това са разходите, направени за поддържане на експлоатационните качества на настилката и прилежащите ѝ банкети и дренажи.
- $RП_{j,t}$ - разходи за потребителя при вариант j за годината t , лв/км, които включват:
 - разходи за експлоатация на превозните средства - зависят от средния пробег и представляват сума от стойността на горивото, маслото, гумите и амортизацията на превозните средства, дължаща се на пробега;
 - време за пропътуване - общият брой на пропътуваните часове за един вид превозно средство, умножен със себестойността на 1 час пропътувано време (обикновено е различна за леки коли и камиони);
 - средна стойност на пътнотранспортните произшествия - броят на пътнотранспортните произшествия – $ПТП$, умножен със средната стойност на едно $ПТП$;
 - неудобства за пътуващите - допълнителни разходи, които се дължат на влошени експлоатационни качества или временно затваряне на пътя за движение поради извършване на ремонтни работи;

- $фор_{i,t}$ - фактор за осъвременяване стойността на разходите при коефициент за осъвременяване на разходите i и t години, където $t < n$;
- $фор_{i,n}$ - фактор за осъвременяване на разходите при коефициент за осъвременяване на разходите i и години n ;
- $(OC)_{j,n}$ - остатъчна стойност, ако има такава, за вариант j в края на анализния период, n година.
- $НИЕ_{k,j}$ - представлява нетният икономически ефект от замяна на вариант k с вариант j ;
- $OCP_{j,n}$ - осъвременената стойност на разходите за вариант j за периода на анализ за n години;
- $OCP_{k,n}$ - осъвременената стойност на разходите за вариант k за периода на анализ n години.

**ЦЕНТРАЛНА ЛАБОРАТОРИЯ ПО ПЪТИЩА И МОСТОВЕ
ИЗПЪЛНИТЕЛНА АГЕНЦИЯ „ПЪТИЩА“**

**РЪКОВОДСТВО ЗА ОРАЗМЕРЯВАНЕ
НА АСФАЛТОВИ НАСТИЛКИ**

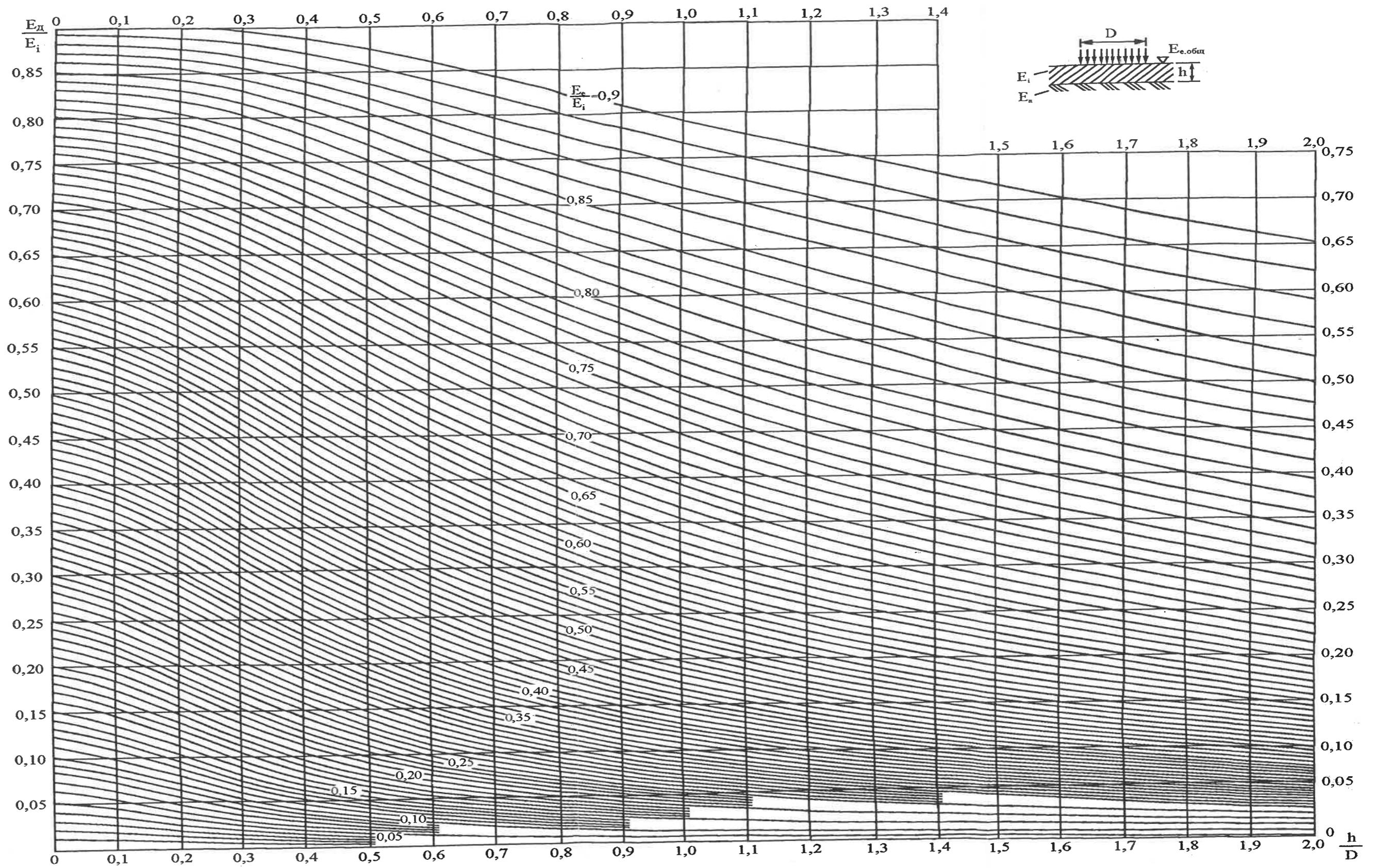
Първо издание

Автори:

н.с. инж. Весела Филипова
ст.н.с. инж. Венелин Бойдев
н.с. инж. Валентин Манчев

**Предпечатна подготовка:
Рекламна агенция „Пътища“ ЕООД**

**Печат:
„Артик 2001“**



Фиг. 9.1. Изчисляване дебелината на конструктивните пластове