МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА СССР

ИНСТРУКЦИЯ
ПО
НАЗНАЧЕНИЮ КОНСТРУКЦИЙ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД НЕЖЕСТКОГО ТИПА

ВСН-46-60

Минтрансстрой СССР

АВТОТРАНСИЗДАТ
Москва 1961

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА СССР

Утверждена
Министерством транспортного
строительства СССР
27 октября 1960 г.
Приказание № 556—П.

ИНСТРУКЦИЯ
ПО
НАЗНАЧЕНИЮ КОНСТРУКЦИЙ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД НЕЖЕСТКОГО ТИПА

ВСН-46-60

Минтрансстрой СССР

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МИНИСТЕРСТВА АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА
И ШОССЕЙНЫХ ДОРОГ РСФСР
Москва 1961

В Инструкции излагаются методы расчета и указания по конструированию одежд нежесткого типа на внегородских дорогах общего пользования (кроме дорог специального назначения).

Инструкция разработана в Союздорнии (авторы ст. научные сотрудники А. М. Кривисский, Н. А. Пузаков и А. Я. Тулаев) под общей редакцией проф. Н. Н. Иванова и проф. В. Ф. Бабкова.

Графики для определения толщины слоев дорожной одежды (приложение 3) составлены инж. И. Н. Гуковым.

Министерство транспортного строительства СССР	Ведомственные строительные нормы Инструкция по назначению конструкций дорожных одежд нежесткого типа	ВСН-46-60 Минтрансстрой СССР Взамен Инструкции по назначению конструкций дорожных одежд нежесткого типа ВИ-103-57

ВВЕДЕНИЕ

Создание прочной и в то же время экономичной конструкции дорожной одежды возможно лишь в том случае, если будут правильно учтены все основные, влияющие на работу дорожной одежды факторы, как природные, так и эксплуатационные, т. е. состав, интенсивность и режим движения, а также предъявляемые к одежде требования в смысле ровности, долговечности и др.

В настоящей Инструкции, разработанной на основе результатов проводившихся в СССР в течение ряда лет исследований, а также обобщения опыта эксплуатации дорог, излагаются основные методы учета при проектировании главнейших факторов, влияющих на работу нежесткой дорожной одежды.

Излагаемый в настоящей Инструкции метод расчета толщины нежестких дорожных одежд основан на закономерностях работы под нагрузкой грунтов и материалов, не переходящих в условиях эксплуатации в текучее состояние. Нельзя поэтому обосновывать расчетом конструкции, не отвечающие этому требованию, например: уложенные на заниженное земляное полотно, устроенное из неблагоприятных грунтов, в условиях избыточного увлажнения и опасного зимнего вспучивания; одежды, в состав которых входят недостаточно водоустойчивые материалы, и др.

В связи с изложенным в настоящей Инструкции ограничены условия применения расчета прочности дорожной одежды, а также значительно расширены указания по ее конструированию.

При конструировании и расчете прочности одежд очень важно правильно назначить расчетные характеристики — модули деформации грунта земляного полотна и конструктивных слоев дорожной одежды.

От того, насколько правильно назначены расчетные модули деформации, непосредственно зависит прочность, долговечность и экономичность создаваемой конструкции. Расчетные значения модулей зависят не только от состава и свойств грунта и материалов, но в большинстве случаев от условий увлажнения и дренирования, режима промерзания и оттаивания отдельных конструктивных

Внесена Государственным всесоюзным дорожным научно-исследовательским институтом (Союздорнии)	Утверждена Министерством транспортного строительства СССР 27 октября 1960 г. Приказание № 556—П	Срок введения 1 января 1961 г.

элементов дороги. Поэтому при назначении расчетных модулей деформации наряду с природными условиями, составом и свойствами грунтов и материалов необходимо учитывать также их расположение и условия работы в дорожной конструкции.

Приводимые в таблицах значения модулей деформации не могут, конечно, учесть все многообразие условий на огромной территории Советского Союза. Поэтому наряду с табличными значениями модулей деформации грунтов и материалов в приложении Инструкции приводятся основные методы определения расчетных величин модулей деформации грунтов и материалов.

Для определения требуемой прочности (требуемого модуля деформации) дорожной одежды важно правильно учесть интенсивность и состав перспективного движения на сооружаемой или реконструируемой дороге. Практика дорожного строительства последних лет между тем показывает, что движение на дорогах, особенно с капитальными и усовершенствованными покрытиями, уже спустя несколько лет после постройки в ряде случаев значительно превышает запланированное на перспективный период. В результате прочность запроектированных конструкций оказывается не достаточной.

Поэтому, чтобы по дорогам можно было пропускать нагрузки, превышающие расчетные, в Инструкцию ввели минимальные значения требуемых модулей деформации одежды на дорогах разных категорий.

Опыт эксплуатации построенных и реконструированных в последние годы дорог, а также испытания прочности одежд на дорогах с помощью передвижных прессов показали, что фактическая прочность одежд в весенний период, даже на участках с одинаковыми конструкциями, материалами и однородными природными условиями, не всегда одинакова. Поэтому в Инструкции, в формуле для определения требуемого модуля деформации одежды, введен коэффициент запаса на неоднородность условий работы одежды, больший единицы.

В Инструкции не рассматривается вопрос о выборе типа покрытия. Тип покрытия назначают с учетом категории дороги и требуемых эксплуатационных качеств и обосновывают технико-экономическими расчетами.

При расчете прочности нежестких одежд по предлагаемой методике учитываются только вертикальные нагрузки от колеи транспортных средств, воспринимаемые всей дорожной конструкцией в целом. В расчете не учитываются горизонтальные силы, под действием которых может быть нарушена устойчивость покрытий, а также не рассматривается возможность образования при высоких температурах местных деформаций на покрытиях, устроенных с применением органических вяжущих материалов. Для предупреждения указанных деформаций должен быть соответствующим образом подобран состав материалов покрытий и обеспечено надежное сцепление покрытия с основанием.

Наряду с использованием настоящей Инструкции в качестве руководства для проектирования нежестких одежд при строитель-

стве и реконструкции дорог излагаемая в Инструкции методика расчета прочности нежестких одежд может быть с успехом использована также и для решения целого ряда вопросов, возникающих в процессе эксплуатации дорог. Так, например, с помощью расчета прочности могут быть выявлены слабые участки на эксплуатируемых дорогах и обоснованы мероприятия по их усилению, установлен размер и состав движения, которое можно пропустить по отдельным участкам эксплуатируемых дорог в неблагоприятный период года, и обоснованы мероприятия, связанные с ограничением движения.

Инструкция содержит лишь главные положения и основные расчетные зависимости, указывающие пути создания рациональных конструкций нежестких одежд на автомобильных дорогах. Для полноценного решения задачи должны быть подробно изучены и учтены все особенности местных условий, а также обобщен опыт работы дорог различных конструкций в районе проектирования.

В процессе дальнейших исследований должны получить более глубокое обоснование отдельные зависимости, учитываемые пока в расчетах путем введения эмпирических коэффициентов, полученные на основании обобщения экспериментальных данных и производственного опыта (значения коэффициента повторности, относительных расчетных прогибов и др.). Надо также систематически уточнять значения расчетных модулей деформации грунта земляного полотна и материалов конструктивных слоев одежды.

Результаты исследований и наблюдений, способствующие дальнейшему улучшению методики расчета и позволяющие уточнить расчетные характеристики грунтов и материалов, следует направлять в адрес Союздорнии: Москва, В-35, Софийская набережная, 34.

Раздел I
ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

§ 1. Нежесткой дорожной одеждой называется сооружаемая на проезжей части дороги многослойная конструкция, отдельные слои которой обладают сравнительно малым сопротивлением изгибу.

§ 2. В нежесткой дорожной одежде различают следующие конструктивные слои.

Покрытие — верхний слой дорожной одежды, непосредственно воспринимающий усилия от ходовых частей транспортных средств и подвергающийся воздействию атмосферных факторов. Покрытие должно быть износостойким (обладать достаточным сцеплением).

Тип и состояние покрытия определяют главнейшие транспортно-эксплуатационные качества дороги: безопасность и возможную скорость движения, расход топлива и межремонтный пробег автомобилей, долговечность и санитарно-гигиенические характеристики дорожной одежды и пр. Покрытия поэтому устраивают обычно из более прочных материалов, чаще всего с применением органических вяжущих.

Покрытие может состоять из слоя износа, эпизодически возобновляемого в процессе эксплуатации, и основного слоя, который укладывают на основание в один или несколько приемов в зависимости от принятой технологии строительства.

Основание — несущая часть дорожной одежды, обеспечивающая совместно с покрытием передачу усилий на подстилающий слой либо на грунт земляного полотна. Основание устраивают из каменных, гравийных материалов, различных отходов промышленности и других местных материалов, а также из укрепленных вяжущими грунтов. Основание может состоять из нескольких слоев, причем верхние слои, непосредственно подстилающие покрытие, устраивают из более прочных материалов.

В состав дорожной одежды в необходимых случаях входят подстилающие слои из песка и других местных материалов, которые выполняют одновременно функции дренирующих, морозозащитных, выравнивающих, противозаиливающих и других конструктивных слоев.

Дорожную одежду укладывают на хорошо уплотненное земляное полотно, устроенное таким образом, чтобы не было избыточного увлажнения подстилающего одежду грунта.

В отдельных случаях в дорожной одежде может и не быть четко выраженного деления на покрытие, основание и подстилающий слой, и вся одежда может состоять из одного слоя, например, простейшие конструкции из гравийных, щебеночных и других материалов.

§ 3. Конструирование дорожной одежды заключается в выборе материалов для отдельных конструктивных слоев, назначении числа слоев и их размещении в конструкции, определении толщины каждого слоя, а также назначении необходимых изолирующих и дренажных устройств в соответствии с местными климатическими, грунтовыми и гидрологическими условиями.

Правильно сконструированная дорожная одежда должна обладать требуемой прочностью и работоспособностью и в то же время быть наиболее экономичной в данных условиях.

При выборе конструкции дорожной одежды необходимо учитывать техническую категорию дороги, состав и интенсивность перспективного движения, климатические и гидрологические условия, свойства грунтов, обеспеченность района дорожно-строительными материалами, а также характер работ (новое строительство, реконструкция) и возможную технологию их производства.

Запроектированная конструкция должна обеспечивать возможность в максимальной степени механизировать работы по сооружению дорожной одежды и выполнять их поточным методом.

Разработку конструкции одежды, особенно в сложных грунтово-гидрологических условиях, следует вести совместно с назначением конструкции земляного полотна, поскольку эти два элемента дороги являются единым связанным комплексом.

При выборе конструкции одежды необходимо подробно учитывать и использовать опыт работы одежд на существующих дорогах в районе проектирования.

§ 4. Последовательность решения отдельных вопросов при разработке конструкции дорожной одежды обычно такова:

1) определяют требуемую прочность (модуль деформации) одежды;

2) проектируют конструкцию дорожной одежды на каждом участке и устанавливают расчетные значения модулей деформации грунта и конструктивных слоев;

3) рассчитывают прочность запроектированных конструкций и уточняют толщину отдельных слоев.

Раздел II

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРЕБУЕМОЙ ПРОЧНОСТИ ОДЕЖДЫ

§ 5. Требуемый модуль деформации одежды устанавливают исходя из условия, чтобы накапливающаяся под действием повторных нагрузок деформация одежды не достигала критической вели-

чины, при которой покрытие разрушается либо образуются недопустимые по условиям движения по дороге неровности.

Требуемый модуль деформации одежды назначают с учетом категории дороги, состава и интенсивности перспективного движения, а также типа покрытия и рассчитывают по формуле (либо определяют по графику, рис. 1)

$$E_{тр} = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{p}{\lambda} K\mu, \qquad (1)$$

где $E_{тр}$ — требуемый эквивалентный модуль деформации одежды, *кг/см²*;

p — удельное давление на одежду от колеса расчетного автомобиля, *кг/см²*;

λ — допускаемая относительная деформация покрытия, выражаемая в относительных величинах (отношение вертикального смещения *l см* к диаметру *D см* круга, равновеликого по площади следу колеса расчетного автомобиля (§ 6, табл. 1);

K — коэффициент, учитывающий повторность воздействия и динамичность нагрузок от движения, определяемый в соответствии с указаниями § 8;

μ — коэффициент запаса на неоднородность условий работы одежды, принимаемый: для одежд с капитальными покрытиями $\mu = 1{,}2$; для одежд с усовершенствованными облегченными покрытиями $\mu = 1{,}10$. Для одежд с покрытиями переходного типа, допускающих несложное усиление и исправление ремонтом, коэффициент запаса на неоднородность условий работы одежды не вводится ($\mu = 1$).

Таблица 1

Категория дорог	Тип покрытий	Наименование покрытий	Допускаемая относительная деформация
I—II	Усовершенствованные капитальные	Асфальтобетонные	0,035
III—IV	Усовершенствованные облегченные	Щебень, гравий, обработанные вязким вяжущим	0,040
		Гравий, обработанный жидким вяжущим	0,045
IV—V	Переходные	Щебеночные, а также мостовые из булыжного и колотого камня	0,050
		Грунтовые, укрепленные цементом	0,040
		Гравийные, а также из грунта, обработанного жидким битумом или дегтем	0,060

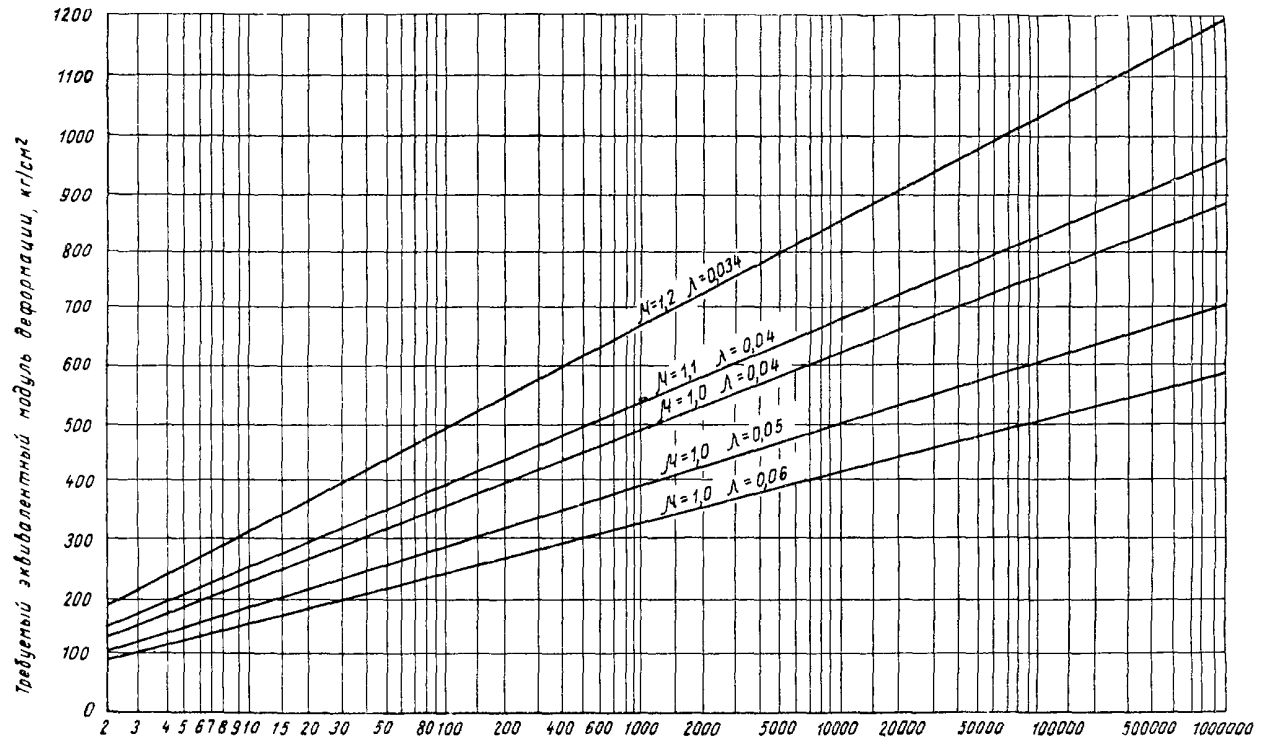


Рис. 1. График для определения требуемого модуля деформации одежды

§ 6. При определении требуемой прочности (требуемого модуля деформации) нежестких одежд по формуле (1) величины допускаемых относительных деформаций λ следует принимать в зависимости от типа покрытий по табл. 1.

§ 7. Воздействие на одежду автомобилей разных марок с различными нагрузками на колесо и удельными давлениями на покрытие учитывается путем приведения фактического состава и интенсивности движения N к расчетной интенсивности движения $N_р$, выраженной в количестве расчетных автомобилей.

В качестве расчетного автомобиля, согласно НиТУ 128—55, принимается автомобиль по схеме Н-13 Норм подвижных вертикальных нагрузок для расчета искусственных сооружений на автомобильных дорогах (Н 106—53). Расчетное удельное давление колеса p этого автомобиля равно 5 *кг/см*^{2}; диаметр круга, равновеликого площади следа колеса, $D = 34$ *см*.

В расчете на этот автомобиль определяют приведенную интенсивность движения при назначении требуемой прочности одежды (§ 5) и рассчитывают прочность одежды (§ 15). Проектная или фактическая интенсивность движения N, выраженная количеством автомобилей различных марок, приводится к расчетной $N_р$, т. е. к числу расчетных автомобилей Н-13 с помощью графика (рис. 2). Для этого по графику последовательно определяют число расчетных автомобилей Н-13, эквивалентное количеству автомобилей каждой марки в составе перспективного движения, после чего суммируют полученные результаты.

Приведенным на рис. 2 графиком пользуются следующим образом: из точки на горизонтальной оси, соответствующей числу автомобилей той или иной марки в составе фактического или перспективного движения, проводят вертикальную линию до пересечения с наклонной прямой, соответствующей автомобилю данной марки. Из этой точки проводят горизонтальную линию до пересечения с наклонной прямой, соответствующей расчетному автомобилю Н-13. Полученную точку пересечения вертикальной линией сносят на горизонтальную ось, где читают эквивалентное количество расчетных автомобилей.

Характеристика автомобилей разных марок приведена в табл. 2.

§ 8. Коэффициент, учитывающий повторность воздействия и динамичность нагрузки K, принимается равным

$$K = 0{,}5 + 0{,}65 \lg (\gamma N_р), \qquad (2)$$

где γ — коэффициент, учитывающий повторяемость нагрузок в зависимости от ширины проезжей части (числа полос движения);

$N_р$ — расчетная приведенная интенсивность движения в обоих направлениях.

Выражение (2) получено экспериментально на основании изучения работы дорог с двухполосной проезжей частью; при этом

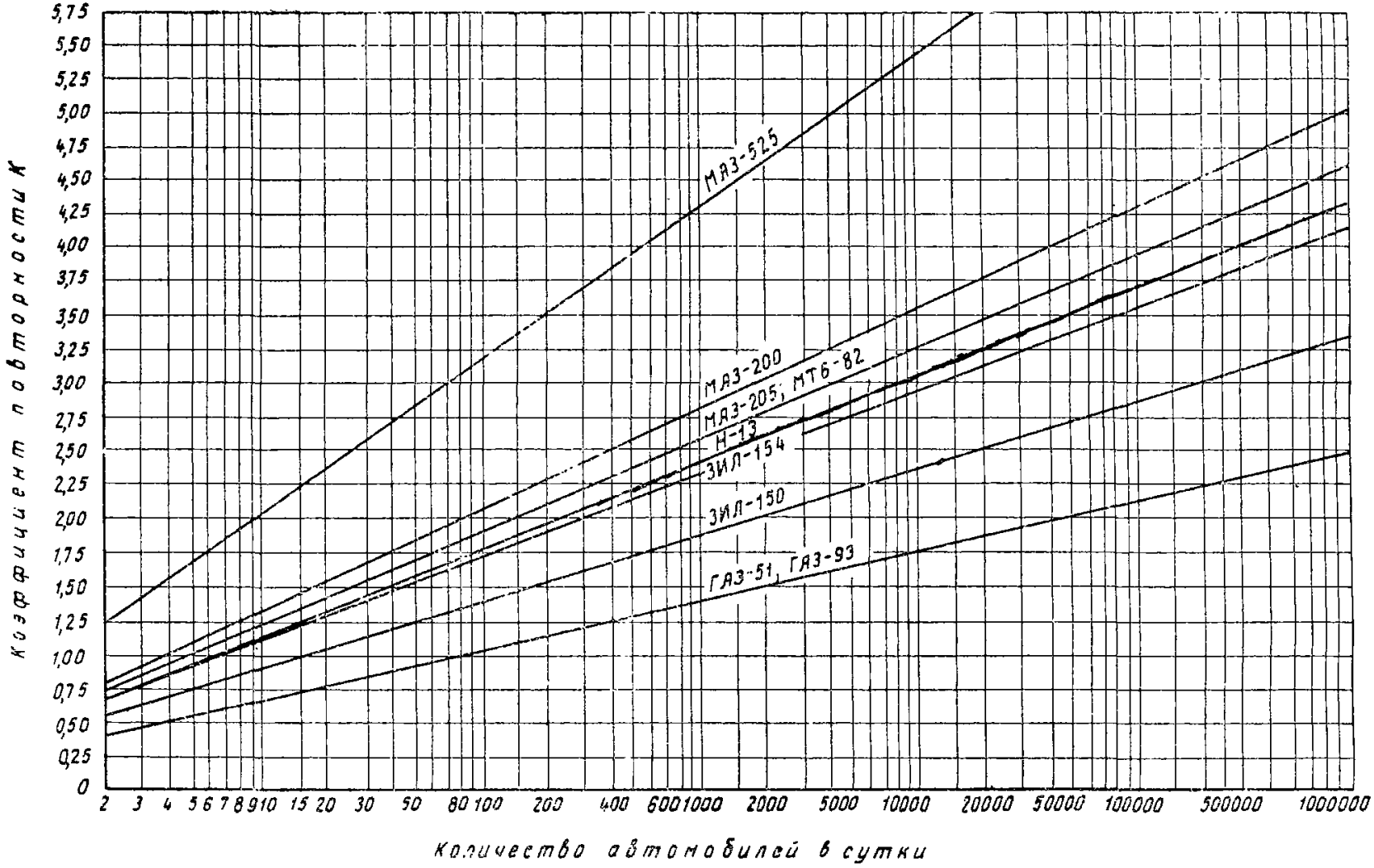


Рис. 2. График для приведения интенсивности движения к расчетной Н-13

$\gamma = 1$ *. На дорогах с однополосной проезжей частью, когда движение в обоих направлениях сосредоточивается на одной полосе, совпадение проходов колес по одному следу возрастает примерно в 2 раза; поэтому в этом случае в выражении (2) величину γ следует принимать равной 2. При четырехполосной проезжей части γ равняется 0,75. Расчетную приведенную интенсивность движения устанавливают с учетом перспективных размеров и состава движения, определяемых на основании данных экономических изысканий на следующие сроки: для покрытий переходного типа — 5 лет, для усовершенствованных облегченных покрытий — 10 лет, для покрытий капитального типа — 15 лет.

Таблица 2

Марка автомобилей	Размеры шин	Общая нагрузка P на ось, *кг*	Расчетное удельное давление на одежду p*, *кг/см²*	Площадь следа колеса, *см²*	Расчетный диаметр следа колеса D, *см*	Группа по грузоподъемности
ГАЗ-51	7,5×20	3750	3,9	480	25	Легкие до 2,5 *т*
ГАЗ-93	7,5×20	3850	3,9	493	25	
ЗИЛ-585	9×20	5450	4,2	674	29	Средние от 3 до 4,5 *т*
ЗИЛ-150	9×20	6020	4,4	683	29,5	
ЗИЛ-154	12×20	6920	6	576	27	
Троллейбус МТБ 82	11×20	8700	5,75	756	31	Тяжелые от 5 до 7 *т*
МАЗ-205	12×20	8390	6	700	30	
ЯАЗ-210	12×20	2×8980	6	748	31	
Расчетный автомобиль Н-13	—	9100	5	—	34	
МАЗ-200	12×20	9770	6	813	32	Очень тяжелые более 7 *т*
МАЗ-525	17×32	31540	5,5	2870	55	

* p—расчетное удельное давление на покрытие взято по нормам внутреннего давления в шинах и увеличено на 10% для учета влияния жесткости шин.

Для расчета принимают среднесуточную интенсивность движения в неблагоприятный в отношении увлажнения земляного полотна (обычно весенний) период года. Однако при ярко выраженной сезонности перевозок рекомендуется проверять на перспективную интенсивность движения в период наибольшего движения.

Если невозможно достоверно установить сезонную интенсивность движения на перспективный период, расчет ведется на перспективную суточную интенсивность движения, среднюю за весь год.

* Значения K при $\gamma = 1$ могут быть получены для соответствующего значения N_p по графику рис. 2.

§ 9. Независимо, однако, от результатов расчета по формуле (1) требуемые модули деформации одежды не должны приниматься ниже величин, указанных в табл. 3 (при расчетном автомобиле Н-13).

Таблица 3

Категория дороги	Тип покрытий		
	усовершенствованные капитальные	усовершенствованные облегченные	переходные
	Модуль деформации, *кг/см²*		
I	700	—	—
II	600	600	—
III	560	500	—
IV	—	380	300
V	—	—	300

Раздел III
КОНСТРУИРОВАНИЕ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ

§ 10. Конструкции дорожной одежды разрабатывают для участков с одинаковыми расчетными значениями модулей деформации земляного полотна, близкими по свойствам грунтами, однородными условиями в отношении обеспеченности дорожно-строительными материалами.

Для каждого такого участка сначала намечают схему конструкции одежды с покрытием заданного типа[1]. На схеме показывают расположение конструктивных слоев из разных материалов и предварительно намечают толщину отдельных слоев. В дальнейшем толщину каждого слоя уточняют при расчете прочности одежды.

При выборе конструкции одежды необходимо правильно учитывать весь комплекс местных условий и требований, предъявляемых к одежде в отношении ее прочности, долговечности, возможности последующего усиления и совершенствования, технологичности конструкции и т. д. Для сооружения одежды должны быть наиболее целесообразно использованы имеющиеся местные материалы, с тем чтобы наряду с обеспечением требуемой прочности и долговечности была достигнута наименьшая стоимость одежды и минимальные затраты труда и энергии на ее строительство и последующее содержание.

Невозможно дать исчерпывающие рекомендации по выбору конструкции одежды, которые предусматривали бы все многообразие встречающихся в практике условий. Ниже в § 11 приводят-

[1] Тип покрытия назначают в зависимости от категории дороги и требуемых эксплуатационных качеств и обосновывают технико-экономическими расчетами.

ся лишь основные положения, которыми следует руководствоваться при конструировании нежесткой дорожной одежды.

§ 11. Количество слоев, вид материалов для каждого из них и сочетание толщин слоев при разработке конструкции одежды заданной прочности назначают с таким расчетом, чтобы в результате была получена надежная в эксплуатации и наиболее экономичная в данных условиях конструкция. При этом должны быть учтены следующие основные требования.

1. Верхние слои основания под усовершенствованные покрытия, воспринимающие значительные давления от временных нагрузок, следует сооружать из достаточно прочных материалов, обладающих сравнительно высоким модулем деформации как в сухом, так и во влажном состоянии.

Как показал учет опыта службы дорог, построенных за последние годы, для обеспечения надлежащего формирования асфальтобетонных покрытий в процессе постройки и последующей нормальной работы их в эксплуатации модули деформации материала верхнего слоя оснований должны быть не ниже:

при однослойных асфальтобетонных покрытиях 1000 *кг/см*²
» двухслойных » » 800—900 »

Кроме того, должно быть обеспечено хорошее сцепление покрытия с основанием.

В связи с изложенным верхний слой оснований под асфальтобетонные покрытия следует устраивать из щебня, обработанного или не обработанного вяжущими материалами; подобранных гравийных смесей (как правило, с добавкой дробленого материала), не обработанных либо обработанных органическими вяжущими или цементом; каменных мостовых (если по местным условиям это оказывается целесообразным), а в III—IV климатических зонах — также из укрепленного цементом грунта.

Верхние слои оснований под усовершенствованные облегченные покрытия следует устраивать из материалов с модулем деформации не ниже 700 *кг/см*², исключая покрытия из черных щебеночных смесей, приготавливаемых горячим способом с вязкими вяжущими, для которых модуль деформации материала основания должен быть не ниже 800 *кг/см*².

2. Для сооружения нижних слоев оснований, а также одежд на дорогах IV—V категорий могут широко применяться разнообразные естественные и местные материалы и отходы промышленности, а также укрепленные грунты.

Учитывая, что при большой разнице модулей деформации соседних слоев в верхнем слое возможны трещины, желательно, чтобы отношение модулей деформации рядом расположенных конструктивных слоев не превышало 2,5—3,5 и было тем меньше, чем тоньше верхний слой.

Нецелесообразно укладывать в дорожную одежду материалы с расчетным модулем деформации менее 1,5 $E_{осн}$, где $E_{осн}$ — эквивалентный модуль деформации нижележащих слоев либо подсти-

лающего грунта. Такие конструкции, как правило, неэкономичны.

3. Для получения наиболее экономичной конструкции дорогие, требующие значительных затрат на добычу, переработку либо приготовление и особенно дальнепривозные материалы следует использовать в минимально необходимом количестве, укладывая их слоями возможно меньшей толщины. Требуемая прочность одежды должна достигаться за счет увеличения толщины нижних подстилающих слоев, сооружаемых из местных материалов или стабилизированных грунтов.

Однако толщина отдельных слоев должна быть достаточной для того, чтобы обеспечивались надлежащее формирование слоя и надежная его работа в эксплуатации. В табл. 4 приводятся минимальные конструктивные толщины слоев из разных материалов.

Таблица 4

Материалы	Минимальная толщина слоя, *см*
Холодный мелкозернистый асфальтобетон (дегтебетон) . .	1,5
Асфальтобетон (дегтебетон), укладываемый в горячем состоянии (в зависимости от крупности скелета)	3—5
Щебеночные и гравийные материалы, обработанные вяжущим по способу смешения	5
Укрепленный грунт:	
при укреплении органическими вяжущими по способу смешения на дороге	6
то же, в установке	4
при укреплении цементом или известью	10
Щебеночные и гравийные материалы, необработанные:	
на песке	13—15
на прочном (каменном или из стабилизированного грунта) основании:	
для щебня	8
для гравийного материала	10

Не следует без особой необходимости увеличивать число конструктивных слоев. Нужно иметь в виду, что дополнительные затраты, вызванные усложнением технологического процесса и увеличением числа операций при сооружении дорожной одежды, могут в ряде случаев превысить экономию на стоимости материалов от введения в конструкцию дополнительного слоя. Из этих же соображений нужно стремиться конструировать одежды по возможности из материалов, не требующих большого числа операций для их укладки и формирования и позволяющих возможно более полно механизировать и индустриализировать строительные процессы.

4. При конструировании усовершенствованных покрытий следует предусматривать мероприятия по укреплению краев проезжей части (укрепление обочин, устройство бордюров и пр.).

5. При конструировании одежд, подлежащих в дальнейшем

усилению и совершенствованию в связи с предполагаемым ростом движения, рекомендуется обеспечивать требуемую на первой стадии прочность за счет увеличения толщины нижних слоев, ограничиваясь устройством тонкослойных покрытий. Это даст возможность усилить одежду в дальнейшем без перестройки и с минимальной потерей ценности последней.

6. В случае укладки крупнопористых материалов (щебень, камень и др.) на глинистый, суглинистый или пылеватый грунт земляного полотна должны предусматриваться противозаиливающие слои, исключающие проникание грунта при его увлажнении в слой крупнопористого материала. Слои можно устраивать из песка, мелкого шлака, высевок, стабилизированного грунта и других материалов, не переходящих в пластичное состояние при увлажнении. Толщина слоев назначается по конструктивным соображениям, но не менее 5 *см*.

7. Следует стремиться конструировать одежду по возможности таким образом, чтобы водопроницаемость материалов конструктивных слоев возрастала сверху вниз. Если это условие выполнить нельзя (например, при устройстве нижних слоев дорожной одежды из грунтов, укрепленных вяжущими и др.), нужно использовать водоустойчивые материалы и принимать необходимые меры для отвода воды из промежуточных слоев.

8. Для отвода воды, поступающей в дорожную одежду с поверхности, а также перераспределяющейся при промерзании и накапливающейся в результате передвижения влаги в жидком и парообразном состояниях, следует вводить в конструкцию одежды подстилающие слои из хорошо фильтрующих материалов. Подстилающие слои из фильтрующих материалов должны, как правило, устраиваться во II—III климатических зонах при грунтах В и Г (см. табл. 8), а в неблагоприятных условиях увлажнения и в грунтах Б.

В других климатических зонах и на дорогах низших категорий подстилающие слои из дренирующих материалов следует назначать в неблагоприятных условиях увлажнения дорожной одежды и земляного полотна с учетом опыта службы в аналогичных условиях одежд на существующих дорогах. Из дренирующего слоя должен быть обеспечен надежный отвод воды. Подстилающий слой из фильтрующих материалов учитывается при расчете прочности одежды.

Раздел IV

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ ВЕЛИЧИН МОДУЛЕЙ ДЕФОРМАЦИИ ГРУНТОВ И МАТЕРИАЛОВ

§ 12. Правильное назначение расчетных модулей деформации материалов конструктивных слоев одежды и грунта земляного полотна имеет решающее значение при проектировании и оценке прочности дорожных одежд.

Существует несколько методов установления расчетных величин модулей деформации грунтов и материалов:

1) непосредственное определение модулей деформации в расчетный период года в полевых условиях с помощью передвижных прессов;

2) определение модулей деформации путем испытания грунтов и материалов при расчетном состоянии в лаборатории и на полигонах;

3) установление модулей деформации на основании учета службы ранее построенных дорог;

4) назначение модулей деформации грунтов и материалов по таблицам, приведенным в этой Инструкции (табл. 5 и таблицы 9—15 приложения 1).

В зависимости от объекта и стадии проектирования используются различные методы назначения расчетных величин модулей деформации.

Расчетные значения модулей деформации грунтов в различных климатических зонах в зависимости от конструкции земляного полотна приведены в табл. 5.

При новом строительстве расчетные величины модулей деформации земляного полотна назначают по табл. 5, причем принятые в проекте величины модулей обосновывают с учетом местных климатических грунтовых и гидрологических условий для проектируемой конструкции земляного полотна, намечаемых способов его возведения и уплотнения. На стадии рабочего проектирования на основании непосредственных испытаний законченного земляного полотна могут быть внесены коррективы в принятые величины модулей деформации грунтов.

При реконструкции или капитальном ремонте существующих дорог расчетные величины модулей деформации грунтов устанавливают по возможности путем непосредственных испытаний передвижным прессом характерных участков существующей дороги в неблагоприятный в отношении увлажнения дороги период года (приложение 2-А). Если указанные испытания выполнить нельзя, расчетные значения модулей деформации назначают, ориентируясь на табличные значения модулей с корректировкой их данными о состоянии и условиях работы существующей дороги под движением (приложение 2-В).

Модули деформации грунтов, приведенные в табл. 5, справедливы для тех случаев, когда земляное полотно построено в соответствии с требованиями НиТУ. Однако расчетные значения модулей деформации грунтов не могут быть нормированы в неблагоприятных условиях увлажнения, когда конструкция земляного полотна не отвечает требованиям НиТУ. В этих случаях при проектировании дорожной конструкции должны предусматриваться специальные мероприятия, обеспечивающие стабильность подстилающего одежду грунта и предупреждающие недопустимое зимнее вспучивание одежды (см. § 22).

§ 13. При назначении расчетных модулей деформации грунта земляного полотна по табл. 5 должны учитываться местные кли-

Таблица 5

Тип местности по характеру и степени увлажнения (по табл. 7)	Группа грунтов по табл. 8	Модули деформации грунтов, $кг/см^2$, в различных климатических зонах							
		зона II		зона III		зона IV		зона V	
		в насыпях, соответствующих НиТУ	в нулевых отметках и выемках	в насыпях, соответствующих НиТУ	в нулевых отметках и выемках	в насыпях, соответствующих НиТУ	в нулевых отметках и выемках	в насыпях, соответствующих НиТУ	в нулевых отметках и выемках
1	А	150—200	120—150	170—220	150—170	200—225	170—200	240—260	220—250
	Б	120—160	90—120	150—180	120—150	160—200	150—180	190—220	160—190
	В	110—150	80—110	140—160	110—140	150—190	130—160	190—220	150—180
	Г	90—110	75—90	120—150	100—120	130—160	120—130	160—190	140—180
2	А	120—150	60—80	130—165	80—110	140—170	100—140	150—200	120—150
	Б	80—100	—*	100—125	65—80	120—140	90—120	130—160	100—120
	В	75—85	—	90—115	—*	110—130	75—90	130—150	90—120
	Г	70—80	—	85—105	—	90—120	—*	125—140	85—110
3	А	115—140	—	120—150	—	130—160	—	140—180	—*
	Б	75—95	—	90—120	—	100—130	—	120—160	—
	В	70—90	—	85—110	—	90—120	—	120—140	—
	Г	60—75	—	80—90	—	85—110	—	110—135	—

* При проектировании дорог должны быть предусмотрены специальные мероприятия для обеспечения устойчивости одежды и предупреждения опасного зимнего вспучивания (§ 22).

матические условия, физико-механические свойства и другие особенности грунтов, условия поверхностного водоотвода, режим грунтовых вод, а также конструкция земляного полотна и условия его возведения и уплотнения на отдельных участках дороги.

По климатическим условиям территория Советского Союза делится на зоны с примерными географическими границами, приведенными в табл. 6 и на карте рис. 3.

Таблица 6

№ зоны	Характеристика	Примерные географические границы зоны
I	Зона вечной мерзлоты	Включает в себя зоны тундры, лесотундры и северо-восточную часть лесной зоны. Расположена севернее линии Мончегорск—Поной—Несь—Ошкурья—Сухая—Тунгуска—Канск—госграница и Биробиджан—Де-Кастри
II	Зона избыточного увлажнения	К югу от границы I зоны (включает зону лесов) до линии: Львов—Житомир—Тула—Горький—Ижевск—Кыштым—Томск—Канск и далее на участке Биробиджан—Де-Кастри южнее I зоны до границы с Китайской Народной Республикой
III	Зона переменного увлажнения	Включает лесостепную зону к югу от II зоны до линии Кишинев—Кировоград Белгород—Куйбышев—Магнитогорск—Омск—Бийск—Туран. Кубань и западная часть Сев. Кавказа также относятся к III зоне
IV	Зона недостаточного увлажнения	К югу от границы III до границы V зоны, включает в себя степную зону
V	Зона засушливая	К юго-востоку от линии Джульфа—Степанакерт—Буйнакск—Кизляр—Сталинград и далее южнее на 200 *км* линии Уральск—Актюбинск—Караганда до северного побережья озера Балхаш. Включает пустынную и пустынно-степную зоны с распространением засоленных грунтов

Примечание. Черноморское побережье, Предкавказские степи, за исключением Кубани и западной части Северного Кавказа, относятся к IV зоне, горные области выше 1000 *м*, а также малоизученные районы могут относиться к той или иной зоне в зависимости от конкретных местных природных условий, учитываемых в каждом случае отдельно.

Помимо деления СССР по климатическим условиям с севера на юг, рекомендуется при назначении модулей деформации грунтов земляного полотна учитывать различия скорости промерзания внутри зон при переходе с запада на восток, где климат становится более континентальным, уменьшается количество осадков и

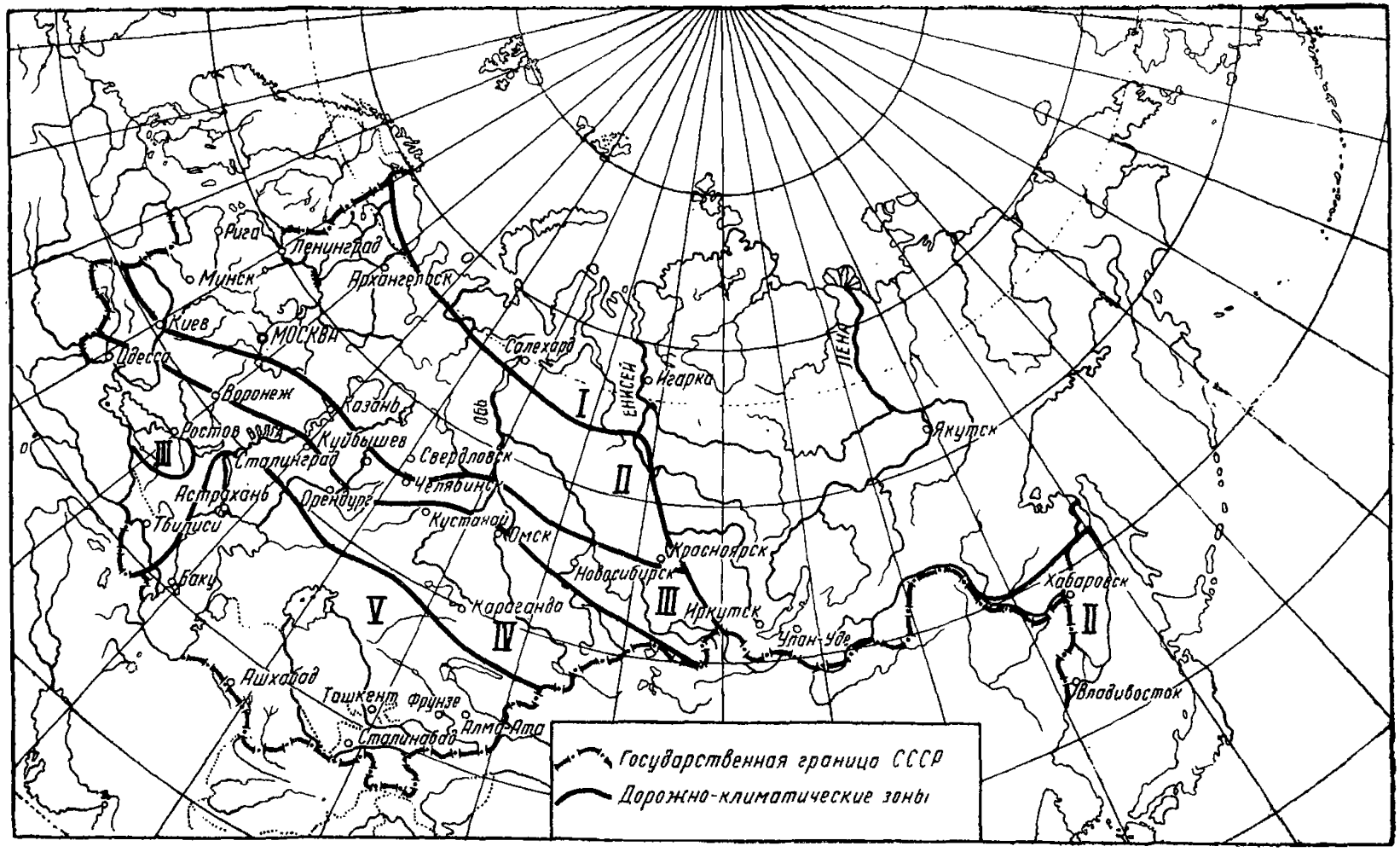


Рис. 3. Схема деления территории СССР на климатические зоны

возрастает скорость промерзания грунтов. Меньшие значения расчетных модулей деформации (см. табл. 5) могут быть отнесены к западным областям данной климатической зоны, большие — к восточным.

Примерная граница западных и восточных областей может быть принята по рекам Северной Двине и Волге.

Внутри каждой зоны отдельные участки относятся к одному из следующих трех типов местности по характеру и степени увлажнения (табл. 7).

Таблица 7

№ типа	Тип местности по характеру и степени увлажнения	Признаки увлажнения
1	Сухие места без избыточного увлажнения	Поверхностный сток обеспечен. Верховодка или грунтовые воды залегают от поверхности земли глубже, чем указано в НиТУ, в отношении возвышения бровки полотна над уровнем грунтовых вод. Почвы без признаков заболачивания. Пески независимо от условий стока (кроме мелких и пылеватых)
2	Сырые места с избыточным увлажнением в отдельные периоды	Поверхностный сток не обеспечен, но грунтовые воды не оказывают существенного влияния. Весной и осенью появляется застой воды на поверхности. Почвы с признаками поверхностного заболачивания
3	Сырые места с постоянным избыточным увлажнением	Верховодка или грунтовые воды залегают от поверхности земли на глубине менее, чем указано в НиТУ, в отношении возвышения бровки полотна над уровнем грунтовых вод. Почвы торфяные, оглеенные, с признаками заболачивания или солончаки. Постоянно орошаемые территории засушливой зоны, с высоким уровнем грунтовых вод и возможностью подтопления земляного полотна оросительными водами

Тип увлажнения местности по табл. 7 устанавливают при изысканиях на основании оценки условий притока и отвода воды, положения уровня грунтовых вод и их режима, а также по признакам оглеения, заболачивания и типа растительности в соответствии с указаниями, приведенными в общих правилах производства изысканий автомобильных дорог. Грунты разделяются на группы в соответствии с табл. 8.

Расчетные значения модулей деформации грунтов назначаются с учетом конструкции земляного полотна. Так, например, в ранее приведенной табл. 5 показаны значения модулей деформации для

двух разновидностей конструкции полотна: 1) насыпи с возвышением бровки земляного полотна над уровнем грунтовых вод и над поверхностью земли, удовлетворяющим требованиям НиТУ 128—55 и 2) выемки, а также земляное полотно в нулевых отметках и насыпях, не удовлетворяющих требованиям этих НиТУ (последние могут быть в основном лишь при реконструкции существующих дорог).

Таблица 8

Группа грунтов	*Наименование*
А	Супеси легкие и оптимальные смеси*
Б	Пески пылеватые, супеси тяжелые
В	Легкие и тяжелые суглинки, глины
Г	Супеси пылеватые и тяжелые пылеватые, суглинки легкие пылеватые и тяжелые пылеватые

* Пески крупные, средние и мелкие отнесены к материалам (табл. 13 приложения 1). Грунт относится к той или иной группе при мощности слоя, однородного по гранулометрическому составу, не менее 0,8 *м*.

Во всех случаях предусматривается уплотнение грунта до степени плотности, требуемой НиТУ.

Для высоких насыпей (высотой более 3 *м*) модуль деформации грунта следует назначать независимо от типа местности, как для насыпей, соответствующих НиТУ при 1-м типе увлажнения местности.

При надлежащем обосновании можно повышать модули деформации грунтов до 30% по сравнению с указанными для насыпей в табл. 5 в городских условиях при сплошной застройке, усовершенствованных покрытиях, обеспеченном водоотводе и ливневой канализации.

В V климатической зоне при водонепроницаемом покрытии модули деформации грунтов могут быть повышены при надлежащем обосновании до 50%.

§ 14. Расчетные значения модулей деформации материалов конструктивных слоев одежды назначают с учетом вида, свойств и расположения материалов в конструкции. Расчетные значения модулей деформации материалов приведены в приложении 1.

Расчетные значения модулей деформации материалов, особенно содержащих в своем составе пылевато-глинистую фракцию (гравийные, несортированный щебень и т. п.), а также различных местных материалов с невысокой прочностью, в большой степени зависят не только от свойств материалов и состава смесей, но и от условий увлажнения и дренирования их в конструкции. В связи с этим для таких материалов в таблицах даются достаточно широкие пределы значений модулей деформации (табл. 9—15 в приложении 1). Проектировщик обязан, учитывая конкретные особенности применяемых материалов и условий работы их в дорожной

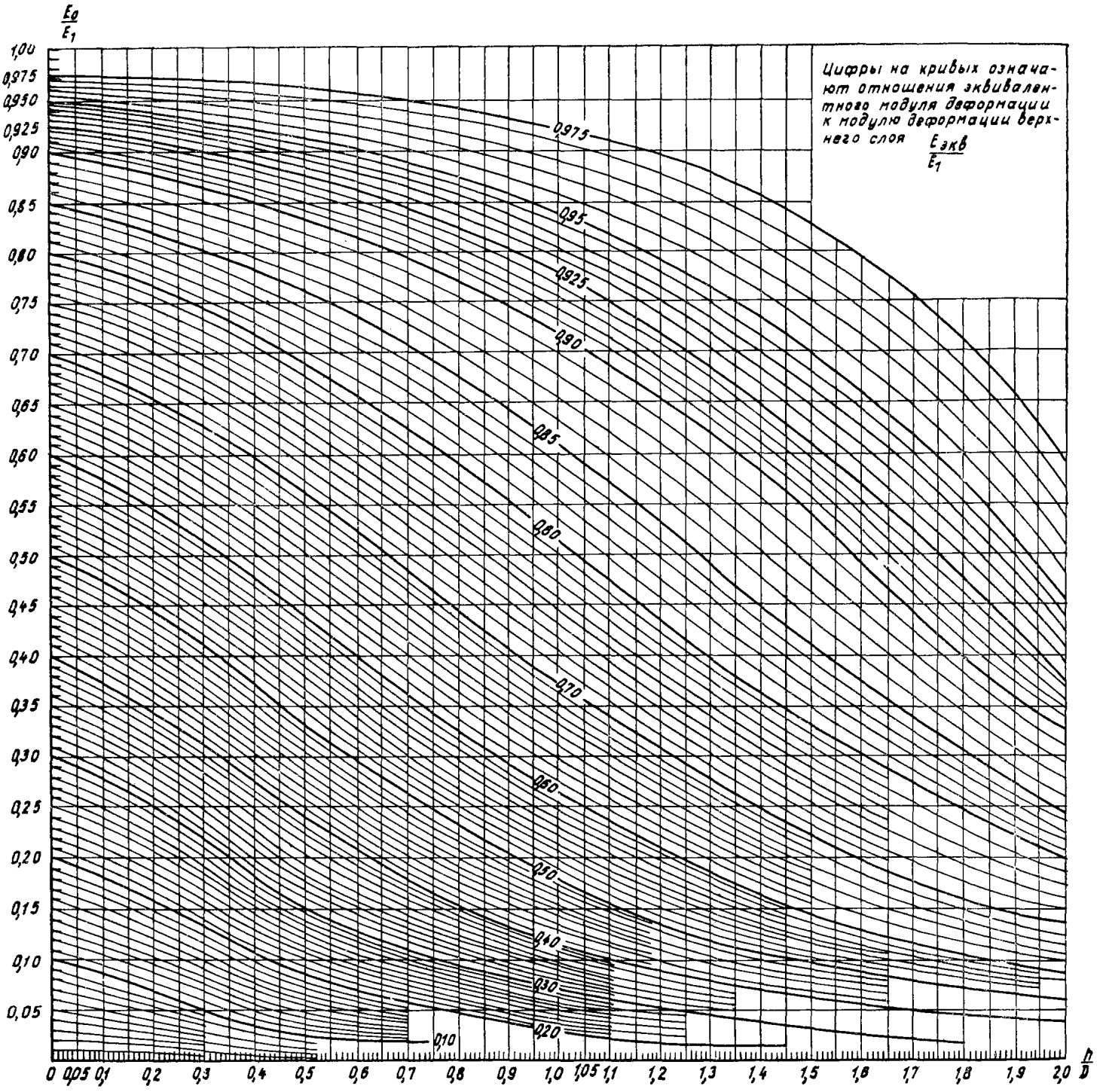


Рис. 5. Номограмма для расчета дорожной одежды

конструкции с точки зрения увлажнения, дренирования, промерзания и т. д., сознательно назначать и обосновывать в каждом отдельном случае расчетные модули деформации конструктивных слоев.

Раздел V
РАСЧЕТ ПРОЧНОСТИ ОДЕЖДЫ

§ 15. Толщина отдельных конструктивных слоев одежды уточняется расчетом. При этом должно быть достигнуто равенство между эквивалентным модулем деформации проектируемой конструкции и требуемым модулем деформации одежды, установленным с учетом интенсивности и состава перспективного движения (§ 5).

Эквивалентный модуль деформации многослойной одежды определяют на основании зависимости (3) для эквивалентного модуля деформации двухслойной системы

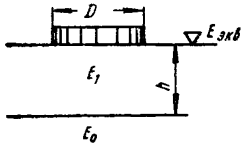


Рис. 4. Расчетная схема двухслойной системы

$$E_{экв} = \frac{E_0}{1 - \frac{2}{\pi}\left(1 - \frac{1}{n^{3,5}}\right)\operatorname{arctg} n \frac{h}{D}}, \qquad (3)$$

где $E_{экв}$ — эквивалентный модуль деформации двухслойной системы (рис. 4);

E_0 — модуль деформации основания;

E_1 — модуль деформации верхнего слоя;

$$n = \sqrt[2,5]{\frac{E_1}{E_0}};$$

D — диаметр круга, равновеликого следу колеса расчетного автомобиля;

h — толщина слоя.

Для упрощения расчетов по уравнению (3) построена номограмма, приведенная на рис. 5, а также графики, помещенные в приложении 3.

Зная отношения $\frac{E_0}{E_1}$ и $\frac{h}{D}$, по номограмме или графикам путем графического построения можно найти отношение $\frac{E_{экв}}{E_1}$ и, умножив его на E_1, определить эквивалентный модуль двухслойной системы $E_{экв}$. Либо, зная отношения $\frac{E_0}{E_1}$ и $\frac{E_{экв}}{E_1}$, можно найти отношение $\frac{h}{D}$ и после умножения на D получить необходимую

толщину слоя h. Наконец, зная отношения $\frac{E_{экв}}{E_1}$ и $\frac{h}{D}$, можно найти отношение $\frac{E_0}{E_1}$ и определить модуль деформации подстилающего слоя E_0.

При расчете многослойных конструкций, состоящих из нескольких слоев h_1, h_2, h_3, имеющих соответственно модули деформации E_1, E_2 и E_3 (рис. 6), расчет приходится вести последовательно, рассматривая каждый раз пару смежных слоев. При этом в зависимости от поставленной задачи можно расчет вести сверху вниз, когда известен эквивалентный модуль деформации конструкции и необходимо определить модуль деформации подстилающего грунта E_0 или толщину нижнего слоя h_1, либо снизу вверх, когда нужно найти эквивалентный модуль деформации многослойной конструкции $E_{экв}$.

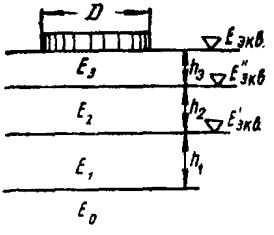


Рис. 6. Расчетная схема многослойной дорожной одежды

В последнем случае расчет ведется следующим образом. Рассматривая слой h_1 и основание, имеющие модули деформации E_1 и E_0, по номограмме (см. рис. 5) для известных $\frac{h_1}{D}$ и $\frac{E_0}{E_1}$ находим отношение $\frac{E_{экв}}{E_1}$ и после умножения на E_1 — эквивалентный модуль двухслойной системы $E'_{экв}$. После этого рассматриваем слой h_2, лежащий на основании с эквивалентным модулем $E'_{экв}$, и находим эквивалентный модуль $E''_{экв}$ и т. д. Аналогичным образом ведут расчет и сверху вниз.

В сложных случаях для отдельных участков разрабатывают два или более вариантов конструкции дорожной одежды и на основании сравнения выбирают наилучший.

Раздел VI

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУИРОВАНИЯ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ДОРОГ

§ 16. При реконструкции (а также при капитальном ремонте) дорог приходится учитывать уже имеющуюся на дороге одежду, которую целесообразно в наибольшей степени использовать в новой конструкции. Это усложняет конструирование и требует от проектировщика большой инициативы в выборе наиболее рациональной в каждом отдельном случае схемы усиления и усовершенствования существующей одежды. Но зато здесь проектировщик располагает значительно более достоверными, чем при новом строи-

тельстве, данными о расчетных характеристиках грунтов земляного полотна и отдельных конструктивных слоев одежды. Эти сведения он получает на основании оценки прочности и условий работы дорожной одежды на существующей дороге, т. е. при определенной интенсивности и составе движения.

§ 17. В процессе изысканий должны быть собраны данные, подробно характеризующие по участкам реконструируемой дороги грунтовые и гидрогеологические условия местности, условия поверхностного водоотвода, конструкцию земляного полотна и дорожной одежды, а также состояние последней.

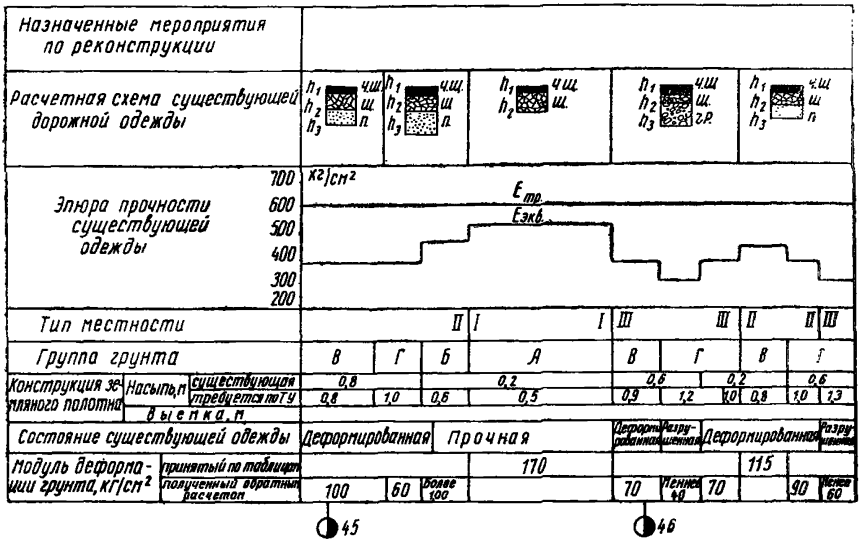


Рис. 7. Эпюра прочности дорожной одежды

Необходимо иметь также подробную характеристику состава и свойств материалов отдельных конструктивных слоев одежды. Должны быть выяснены условия работы одежды за ряд последних лет при существующем движении в периоды избыточного увлажнения дороги (весенние деформации, их характер, повторяемость по годам и др.).

Крайне полезно иметь, кроме того, данные испытаний одежды и земляного полотна передвижным прессом в неблагоприятный период характерного года (приложение 2-А).

На основании этих данных составляется эпюра прочности существующей одежды (рис. 7).

§ 18. При составлении эпюры прочности выделяют участки, имеющие однородную конструкцию одежды проезжей части, и для каждого из них составляют осредненную расчетную схему конструкции. При этом нельзя объединять участки с различными по составу и свойствам материалами конструктивных слоев, а также

участки, на которых толщина отдельных слоев отличается от осредненной схемы более чем на 10%. Если толщина одежды неодинакова по ширине проезжей части, за расчетное рекомендуется принимать сечение, расположенное посередине ближайшей к оси проезжей части полосы наката, т. е. при двухполосной проезжей части примерно в 0,6—0,85 *м* от оси автомобильной дороги.

После этого назначают расчетные модули деформации отдельных конструктивных слоев одежды с учетом вида и свойств материала каждого слоя, а также расположения его в конструкции (см. приложение 1).

На участках, где конструкция земляного полотна отвечает требованиям НиТУ, а также на участках с достаточно удовлетворительными грунтово-гидрологическими условиями, для которых в табл. 5 приводятся расчетные значения модулей деформации грунта земляного полотна, назначают модули деформации подстилающих одежду грунтов. После чего рассчитывают эквивалентный модуль деформации существующей одежды (§ 15) применительно к параметрам принятого при проектировании расчетного автомобиля. Полученные расчетом эквивалентные модули деформации дорожной одежды наносят на эпюру прочности (см. рис. 7).

На участках с неблагоприятными грунтово-гидрологическими условиями и заниженным земляным полотном, для которых в табл. 5 не приводится расчетных значений модулей деформации грунтов или не имеется данных непосредственных испытаний пробными нагрузками, можно ориентировочно оценить прочность существующей одежды расчетным методом на основании данных о работе одежды при существующем движении (приложение 2-В).

Полученные расчетом (либо непосредственным испытанием) значения модулей деформации одежды также наносят на эпюру прочности. Зная величину эквивалентного модуля деформации существующей одежды, а также состав и свойства материалов конструктивных слоев, можно рассчитать (§ 15) модуль деформации подстилающего грунта.

На участках с прочной одеждой, для которых устанавливать модули можно только расчетом, получаются не абсолютные значения модулей деформации одежды и подстилающего грунта, а лишь предельные значения. Так, в случае прочной одежды получается, что модули деформации выше установленных расчетом. Это соответствующим образом указывают на эпюре прочности дорожной одежды (см. рис. 7).

§ 19. В процессе составления эпюры прочности на отдельных участках может быть обнаружено несоответствие между фактическим состоянием одежды (условиями работы под движением в неблагоприятный период года) и ее прочностью (величиной эквивалентного модуля), рассчитанной на основании табличных значений модулей деформации грунтов и материалов. В этих случаях, используя материалы изысканий, а при необходимости и путем проведения дополнительных подробных обследований и испытаний, следует установить причину такого расхождения. Так, может оказаться, что не были учтены дополнительные источники увлаж-

нения земляного полотна и одежды (например, выход водоносных горизонтов на склонах, необеспеченный отвод воды из корыта и т. п.) либо, наоборот, переоценена степень увлажнения, модули деформации отдельных конструктивных слоев назначены без достаточного учета свойств материалов, состояния и расположения слоя в конструкции и т. д.

§ 20. После того, как уточнены значения эквивалентных модулей деформации существующей одежды, на эпюру прочности наносят величину требуемого модуля деформации одежды $E_{тр}$, рассчитанного в соответствии с указаниями § 14, и назначают мероприятия по реконструкции одежды на каждом отдельном участке. Эти мероприятия могут быть различны в зависимости от типа покрытия, конструкции и состояния существующей одежды, степени необходимого ее усиления, условий увлажнения земляного полотна, обеспеченности района дорожно-строительными материалами и ряда других факторов. Здесь возможны четыре случая:

1) усиления существующей одежды не требуется;
2) существующую одежду усиляют путем утолщения;
3) существующую одежду полностью перестраивают;
4) сооружают новую одежду (на участках обходов, спрямлений, подъемки полотна и т. д.).

На каждом участке должно быть найдено наиболее экономичное и надежное решение. В необходимых случаях для сравнения разрабатывают несколько вариантов реконструкции.

Чтобы не усложнять работы по реконструкции дороги, нужно стремиться назначать однотипную конструкцию усиления одежды на участках возможно большего протяжения. Во всяком случае длина таких участков не должна быть менее 200 *м*.

§ 21. На местности с 1-м типом увлажнения (см. табл. 7), а также на участках, где возвышение бровки существующего земляного полотна над поверхностью земли и уровнем грунтовых вод отвечает требованиям НиТУ, имеющуюся одежду используют чаще всего как основание, и на ней создают новое покрытие с укладкой в необходимых случаях промежуточного слоя из достаточно водоустойчивых и прочных материалов для того, чтобы обеспечить требуемый модуль всей конструкции.

Расчет прочности ведется по номограмме, приведенной на рис. 5, при этом эквивалентный модуль деформации существующей одежды принимают за модуль основания E_0.

Лишь в тех случаях, когда разница между требуемым модулем деформации и эквивалентным модулем существующей одежды достаточно велика, вследствие чего слой утолщения получается весьма значительным, целесообразно создать новую конструкцию, используя материал существующей одежды. Конструирование одежды в этом случае ведется в соответствии с указаниями раздела III Инструкции.

§ 22. В сложных грунтово-гидрологических условиях (2-й и 3-й типы увлажнения местности), когда возвышение бровки земляного полотна над поверхностью земли и уровнем грунтовых вод или верховодки не отвечает требованиям НиТУ, конструкция дорож-

ной одежды должна назначаться не только на основании расчета прочности, но и исходя из условия предохранения одежды и земляного полотна от избыточного увлажнения и от пучения при промерзании.

Следует иметь в виду, что расчет прочности одежды в этих условиях не гарантирует получения надежных результатов, так как значения модулей деформации избыточно увлажненного грунта земляного полотна становятся неопределенными (в табл. 5 значения модулей для этих условий не приводятся). Кроме того, сам метод расчета, основанный на закономерностях работы под нагрузкой грунта и материалов, находящихся в упруго-пластичном состоянии, в этих условиях оказывается неприменимым.

В этих условиях вопросы конструирования земляного полотна и дорожной одежды должны решаться совместно, как единое целое, с учетом всех особенностей водно-теплового режима на каждом отдельном участке. При назначении конструкции дороги должны быть в первую очередь предусмотрены надежные мероприятия, предупреждающие избыточное увлажнение верхней части земляного полотна и связанное с этим снижение несущей способности подстилающего одежду грунта. Такими мероприятиями могут быть:

1. Сооружение земляного полотна в насыпях, отвечающих требованиям НиТУ в отношении возвышения бровки над поверхностью земли и горизонтом грунтовых вод.

При этом должны быть рассмотрены варианты сооружения насыпей из местных и привозных более устойчивых грунтов или материалов, учитывая, что применение последних позволит уменьшить объем земляных работ, снизить толщину одежды и в то же время повысить надежность работы дороги.

В случаях, когда это оказывается возможным, следует рассмотреть также вариант устройства изолирующей прослойки, чтобы снизить высоту насыпи.

На участках реконструируемой дороги, где земляное полотно поднимается и сооружается новая дорожная одежда, конструирование и расчет последней ведут так же, как при новом строительстве.

2. На участках с близким к поверхности залеганием грунтовых вод, когда сооружение насыпей требуемой высоты по тем или иным причинам невозможно или нецелесообразно, а также в выемках следует заменять грунт в основании дорожной одежды стабильными материалами.

При этом мощность стабильного слоя, не изменяющегося в объеме и не утрачивающего значительно несущую способность при увлажнении, должна быть, считая от поверхности покрытия, во II и III климатических зонах не менее 1,2—0,8 *м* и в IV—V климатических зонах 0,8—0,6 *м*. Бо́льшие значения следует принимать для дорог высших категорий.

3. В тех случаях, когда на местности 2-го и 3-го типов увлажнения конструкция земляного полотна не полностью отвечает требованиям НиТУ, однако на основании многолетних данных о работе одежды не установлено деформаций под движением в неблагопри-

ятный период года и расчетом (либо по табл. 5) получен модуль деформации подстилающего грунта не менее 60 *кг/см*^{2}, существующая одежда может быть использована как основание с необходимым усилением ее для получения требуемого модуля деформации всей конструкции дорожной одежды.

Однако проектирование усиления существующей одежды следует выполнять после принятия мер по осушению земляного полотна (углубление канав, применение дренажа). В этом случае при пылеватых и пылеватых суглинистых грунтах на дорогах с асфальтобетонным покрытием, во избежание опасных неравномерных поднятий одежды зимой, общая толщина слоя материалов, не подверженных изменению в объеме при промерзании, должна быть не менее 0,8 *м* во II и 0,5 *м* в III климатических зонах.

Варианты усиления существующей одежды либо ее перестройки выбирают также на основании технико-экономического сравнения.

§ 23. Когда в конструкции одежды на дорогах I—III категорий во II—III климатических зонах при неблагоприятных грунтах (см. § 11, п. 8) отсутствует подстилающий слой из дренирующих материалов, должны быть предусмотрены мероприятия для предупреждения проникания под проезжую часть воды с поверхности путем укрепления или обработки битумом обочин, прокладки рубероида и т. п. Конденсационную и другую воду, скапливающуюся в основании, отводят путем устройства дренажных воронок, заполненных крупнопористым материалом, трубчатых дрен и т. д.

Надежный отвод воды из корыта должен быть обеспечен и при уширении проезжей части.

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ РАСЧЕТНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ МОДУЛЕЙ ДЕФОРМАЦИИ МАТЕРИАЛОВ В КОНСТРУКЦИЯХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

А. Значения модулей деформации материалов, принимаемые независимо от условий увлажнения

Таблица 9

№ п/п	Наименование материалов	Модули деформации, $кг/см^2$
1	Асфальтобетонные (дегтебетонные) покрытия:	
	а) верхний слой	2600 –3000
	Примечания: 1. Меньшие значения принимаются при мелкозернистых смесях, бóльшие — при крупнозернистых.	
	2. Сюда же относятся плотные битумоминеральные смеси, приготовленные по типу асфальтобетонных.	
	б) нижний слой	2100—2400
	Примечание. Меньшие значения принимаются при каменных материалах 3 марки и гравийных материалах, бóльшие — при каменных материалах 1—2 марки.	
2	Песчаный асфальтобетон	2400
3	Грунтасфальт	1800
	Примечание к пп. 1—3. Если на эксплуатируемых асфальтобетонных покрытиях есть мелкая сетка трещин, значение E снижается на 50%.	
4	Щебень, обработанный вязким битумом смешением в установке и укладываемый по принципу заклинки, из каменных пород 1—2 марки	2200
	То же, из каменных пород 3 марки	1500
5	Щебеночный материал из каменных пород 1—2 марки, обработанный органическим вяжущим по способу пропитки	2000
	То же, из каменных пород 3 марки	1500
6	Покрытия и основания из сортированного щебня, устраиваемые по принципу заклинки из каменных пород 1—2 марки и кислых металлургических шлаков	1300
	То же, из каменных пород 3 марки	1100
	Примечание. Для щебня из известняков 3 марки в случае отсутствия подстилающего слоя из дренирующих материалов значение модуля деформации снижается на 20—30%.	
7	Мостовые из булыжного или колотого камня высотой 16—18 *см*	1500—1700
8	Пакеляж высотой не менее 16 *см*	1700—1900
	Примечание к пп. 6 и 7. Бóльшие значения E принимаются в случае применения каменных пород или кислых металлургических шлаков 1 и 2-й марок, меньшие — при каменных породах 3-й марки	
9	Основания из основных, однородных по качеству металлургических шлаков с подбором гранулометрического состава и применением искусственной шлаковой или естественной доменной муки (находящейся в отвалах)	900—1200

Продолжение табл. 9

№ п/п	Наименование материалов	Модули деформации, $кг/см^2$
	Примечание. Бóльшие значения принимаются при применении искусственной шлаковой муки, меньшие — естественной доменной муки.	
10	Основания из основных, однородных по качеству металлургических шлаков без подбора гранулометрического состава	600—700
11	Усовершенствованные мостовые из брусчатки или мозаики	2500—2800

Б. Значения модулей деформации материалов, зависящие от условий увлажнения

1. Гравийные и щебеночные материалы, обработанные вяжущими

Таблица 10

Наименование материалов	Вид вяжущих материалов и способ обработки	Модули деформации, $кг/см^2$, в климатических зонах	
		IV—V	II—III
Подобранные смеси из гравийных и щебеночных материалов, отвечающие по составу и свойствам требованиям Т. П., не ниже 2 марки	Обработанные вязким битумом или дегтем горячим способом, смешением в установке	1800—2000	
	Обработанные битумом или дегтем смешением в установке холодным способом	1600	1400
	Обработанные жидким битумом или дегтем смешением на дороге	1200—1400	1000—1200
	Обработанные цементом смешением на дороге	1600—1800	1200—1400

Примечания: 1. Меньшие значения E относятся к гравийному материалу, бóльшие — к щебеночному.

2. При обработке вяжущим материалов из каменных пород и гравийных материалов 3—4 марок значения E снижаются соответственно на 25—30%, а при каменных материалах 5 марки — на 40%.

3. Для материалов, обработанных цементом, меньшие значения E принимаются при 4% цемента, большие при 6%. При применении вместо цемента извести I сорта (ГОСТ 1174—41) значения E снижаются на 30%. В случае приготовления смеси в мешалках с принудительным перемешиванием значения E повышаются на 20%.

4. При обработке цементом гравийных и грунтощебеночных материалов, не отвечающих по составу требованиям Т. П., но содержащих зерна размером свыше 5 *мм* не менее 20% и пылевато-глинистых частиц не свыше 10%, приводимые значения E снижаются на 30—40%.

2. Гравийные материалы и несортированный щебень

Таблица 11

Наименование материалов	Содержание фракций, %, размером				Модули деформации, $кг/см^2$, в климатических зонах		
	крупнее 25 *мм*	крупнее 2 *мм*	мельче 0,05 *мм*	с числом пластичности смеси мельче 0,5 *мм*	IV—V	III	II
Материалы из каменных пород не ниже 3 марки	Более 45	Более 85	До 3	До 4	900—1000	800—900	800—900
	Более 30	Более 70	До 7	До 4	700—800	650—750	600—700
	Более 20	Более 60	До 10	До 6	600—700	550—650	500—600
	Более 15	Более 50	До 12	До 6	500—600	450—500	—

Примечания: 1. Меньшие значения E относятся к гравийному материалу, бóльшие — к щебеночному.

2. Две нижние смеси рекомендуется применять только в IV—V климатических зонах.

3. Для материалов 4 марки значения E снижаются на 20%.

4. В случае, когда по процентному содержанию отдельных фракций материал относится к разным группам, значение E принимается равным промежуточному между этими группами с учетом имеющегося опыта применения этих материалов и результатов испытаний.

5. В таблице приведены значения E для материалов, хорошо уплотненных укаткой до достижения монолитного состояния на земляном полотне, отвечающем требованиям НиТУ 128—55, с принятием необходимых мер для предупреждения взаимопроникания материалов основания и подстилающего грунта.

В сырых местах при насыпях, не удовлетворяющих НиТУ, значения E снижаются на 30% для изверженных пород и на 55% для известняковых пород.

6. При наличии в материале фракций размером свыше 2 *мм* менее 50% и частиц мельче 0,05 *мм* не более 7% величина E принимается равной промежуточному значению из указанных в настоящей таблице и табл. 13 для крупнозернистых песков.

7. В случаях, когда число пластичности части смеси мельче 0,5 *мм* достигает 8%, значение E снижается на 20%.

8. Модуль деформации E снижается на 15%, если фракции размером мельче 0,05 *мм* содержится в материале до 15%, и на 25%, если эта фракция в материале достигает 20%.

9. Если есть дренирующий подстилающий слой, значения E материалов оснований могут быть повышены во II и III климатических зонах на 10% и в IV—V зонах на 20%.

3. Различные местные материалы, применяемые для устройства оснований и подстилающих слоев

Таблица 12

№ п/п	Наименование материалов	Модуль деформации, $кг/см^2$, в климатических зонах	
		II—III	IV—V
1	Мостовые или пакеляж из каменных пород: 4-й марки	800	1200
	5-й марки	—	800
2	Топливные шлаки: а) из высококалорийных углей (типа донецких антрацитов, кузнецких и карагандинских) с содержанием пористого кускового оклинкеризованного материала не менее 75% и зерен менее 2 *мм* не свыше 20%	400—500	600—700
	б) из бурых углей типа подмосковных или черемховских с содержанием золы и несгоревшего угля, а также зерен размером менее 2 *мм* не более 30% и капиллярной влагоемкостью в уплотненном состоянии до 50%	200—250	250—400
3	Слабые по прочности немергелистые третичные известняки с содержанием щебенок размером свыше 2 *мм* в количестве не менее 80%	300—500	600—700
4	Слабые по прочности мергелистые известняки с пределом прочности при сжатии в водонасыщенном состоянии не менее 75 $кг/см^2$ и несодержащих частиц размером 2 *мм*	—	300—400
5	Слабые песчаники с пределом прочности при сжатии не менее 75 $кг/см^2$ . . .	—	400—500
6	Дресва: а) изверженных горных пород с содержанием более 50% кварцевых зерен, слюды и глины не свыше 5% (по весу) . .	350—450	500—600
	б) осадочных немергелистых известняков с содержанием отдельностей размером свыше 2 *мм* в количестве не менее 90%	—	600—700
7	Ракушка с объемным весом 0,9—1,2 $т/м^3$ при полной влагоемкости мелочи, прошедшей через сито в 1 *мм*, не больше 30% по весу и содержанием глины не более 5% (по весу)	—	350—400
	Горелые породы отвалов угольных шахт: а) с плотным камневидным сложением, износом кусков до 15%, объемным весом не менее 2,0 $т/м^3$ (не менее 85% материала должно иметь объемный вес не менее 2,3 $т/м^3$)	500—600	700—800
	б) с губчатым или ноздреватым сложением (чаще всего встречаемым в районе шахт, где добывается полуантрацит), с износом от 15 до 25%	—	350—450

Примечания: 1. Приводимые значения модулей даются для участков с земляным полотном, отвечающим НиТУ 128—55. В сырых местах при насыпях, не отвечающих НиТУ 128—55, значения модулей снижаются на 30%.

2. Бо́льшие значения E принимаются соответственно для III и V климатических зон и меньшие для II и IV.

3. При обработке материалов органическими вяжущими, цементом или известью расчетное значение модулей деформации устанавливают путем сопоставления полученных результатов с результатами испытания более изученных обработанных вяжущими материалов — щебня, гравийного материала, грунта (см. таблицы 10, 14, 15).

4. Значения износа указаны при испытании в стандартном барабане без шаров.

Таблица 13

Разновидности песков	Модули деформации, *кг/см²*	
	При отсыпке полотна из песков слоем не менее $h_к$+0,5 *м* (считая от низа каменного основания)	При укладке песка в корыте с обеспеченным отводом из него воды
Крупные	400—450	350—400
Средние	350—400	250 - 300
Мелкие	300—350	150—200

Примечания: 1. Бо́льшие значения модулей относят к IV—V климатическим зонам, меньшие —ко II—III зонам.

2. Высота капиллярного поднятия $h_к$ для крупнозернистых песков равна 10—15 *см*, для среднезернистых — 15—25 *см* и для мелкозернистых — 25—40 *см*.

В. Значения модулей деформации грунтов, укрепленных вяжущими материалами

1. Грунты, укрепленные цементом

Таблица 14

Наименование грунтов	Количество цемента, % от веса грунта			
	6	8	10	12
	Модули деформации, *кг/см²*			
Оптимального гранулометрического состава	600	900	1200	1400
Супеси легкие, тяжелые и пылеватые	500	700	1000	1200
Супеси тяжелые, пылеватые, суглинки всех разновидностей	400	600	800	900

Примечания: 1. Приведенные в таблице значения модулей деформации относятся к II—V климатическим зонам при земляном полотне, отвечающем требованиям НиТУ 128—55.

2. Значения E даны для грунтов, укрепленных цементами марки не ниже 400 при использовании для перемешивания фрез и грейдеров. В случае применения однопроходных грунтосмесительных машин, обеспечивающих высокое качество перемешивания смеси и точную дозировку минерального вяжущего, значения E могут быть повышены при дозировках не свыше 8% до 30%, а при бо́льших дозировках до 50%.

3. При применении для укрепления грунтов цемента марки 300 значения E понижаются на 25%.

4. В III—V климатических зонах при обеспеченном водоотводе от полотна для укрепления грунтов можно использовать известь I—II сорта (ГОСТ 1174—41). Значения E в этом случае снижаются на 30% по сравнению с приводимыми для цементогрунтов.

2. Грунты, укрепленные органическими вяжущими

Таблица 15

Наименование грунтов	Количество вяжущего, % от веса минеральной смеси			
	6	8	10	12
	Модули деформации, $кг/см^2$			
Оптимального гранулометрического состава	700	800	—	—
Супеси легкие, тяжелые и пылеватые	—	700	800	—
Супеси тяжелые, пылеватые, суглинки всех разновидностей	—	—	600	700

Примечания: 1. Значения модулей деформации даны для III—IV климатических зон. Во II климатической зоне значения E следует снижать на 15%. В V климатической зоне значения E могут быть повышены на 20%.

2. В таблице приводятся значения E для случая, когда перемешивание на дороге производится с помощью фрез и грейдеров; если смеси приготовляются в мешалках с принудительным перемешиванием, значения модулей деформации могут быть повышены на 20%.

3. Приведенные в таблице значения модулей деформации характеризуют конструктивные слои из грунтов, укрепленных жидкими битумами и дегтями, прослужившие не менее одного года в качестве покрытий под непосредственным воздействием движения. При сроке службы менее одного года значения модулей, приведенные в таблице, уменьшаются на 25—30%. При сроке службы свыше 2—3 лет и хорошем состоянии покрытия из укрепленного грунта значения модулей деформации в III—V климатических зонах могут быть повышены на 40—50%.

МЕТОДЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ МОДУЛЕЙ ДЕФОРМАЦИИ ГРУНТОВ И МАТЕРИАЛОВ КОНСТРУКТИВНЫХ СЛОЕВ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ

Модуль деформации выражает сопротивление грунта или материала дорожной одежды деформированию под действием нагрузки.

Располагая полученными из опыта данными об осадках штампа при разных удельных давлениях, значение модуля деформации грунта или материала дорожной одежды можно получить по формуле

$$E = \frac{p}{\lambda} \ кг/см^2, \qquad (4)$$

где p — удельное давление на штамп при относительной деформации λ;

λ — относительная деформация; $\lambda = \frac{l}{D}$ (l — полная осадка штампа диаметром D).

Зависимость между величиной вертикального давления на штамп и его погружением в грунт или одежду, как правило, не бывает линейной. Поэтому значения модулей деформации получаются неодинаковыми для разных нагрузок на штамп и осадок последнего.

В зависимости от типа и конструкции одежды, а также расположения в ней испытываемого материала величину относительной деформации λ при определении расчетного модуля деформации принимают для: дорожных одежд (см. табл. 1) — 0,035—0,060; материалов конструктивных слоев оснований — 0,020—0,040; грунтов земляного полотна — 0,010—0,020.

А. Непосредственное определение модулей деформации в полевых условиях

Модули деформации грунтов уже построенного земляного полотна или дорожной одежды на существующих дорогах, подлежащих реконструкции или капитальному ремонту, можно получить посредством пробных нагружений с помощью передвижного пресса. Следует иметь в виду, что в этом случае значения модулей деформации относятся лишь к моменту испытаний, поэтому для получения расчетных значений модулей испытания следует проводить в период, наиболее неблагоприятный для работы дорожной конструкции.

Испытания дорожных одежд пробным нагружением можно выполнить с помощью специального передвижного пресса либо для этой цели может быть использовано более простое оборудование, состоящее из гидравлического или механического домкрата, манометра (или мездозы — в случае применения механического домкрата), набора штампов и индикаторов для замера осадок штампа. В процессе испытаний домкрат упирают в раму груженого автомобиля или прицепа либо в балку, подведенную под раму двух автомобилей или прицепов (рис. 8). Желательно на период испытаний блокировать рессоры автомобилей. Применяемая для испытания установка должна иметь мощность пресса, достаточную для нагрузок, превышающих расчетные в 2—3 раза.

Осадки штампа замеряют с помощью двух индикаторов (обычно мессур), установленных вдоль диаметра штампа на равном расстоянии от его центра. За истинное вертикальное смещение центра штампа принимается полусумма отсчетов по индикаторам. Этим исключается влияние на замеры осадок возможных перекосов штампа в процессе испытания. Индикаторы надежно закрепляют на жесткой реперной балке, точки опоры которой должны быть удалены не менее чем на два диаметра от штампа. Это делают для того, чтобы осадки покрытия при испытании не вызывали ощутимых осадок реперной балки. С этой же целью, чтобы разгрузка опор установки в процессе испытания не влияла на замеры осадок штампа, опоры установки (колеса автомобиля или прицепов) должны быть удалены от опор реперной балки и штампа не менее чем на два диаметра последнего.

Дорожные одежды пробным нагружением с помощью передвижного пресса испытывают следующим образом.

1. Штамп расчетного диаметра устанавливают на поверхности покрытия и нагружают ступенями до тех пор, пока не будет достигнута относительная деформация, не меньшая расчетной для одежд с покрытием данного типа (см. табл. 1). Так как в качестве расчетного в настоящее время принимается автомобиль Н-13, то диаметр штампа для испытания одежд должен быть равен 34 *см*. Величину каждой ступени нагрузки выбирают таким образом, чтобы для достижения расчетной деформации требовалось 3—4 ступени нагрузки. Каждую ступень нагрузки выдерживают до практически полной стабилизации осадки (не более 0,05 *мм* за пятиминутный интервал); при этом записывают показания индикаторов, после чего дается следующая нагрузка.

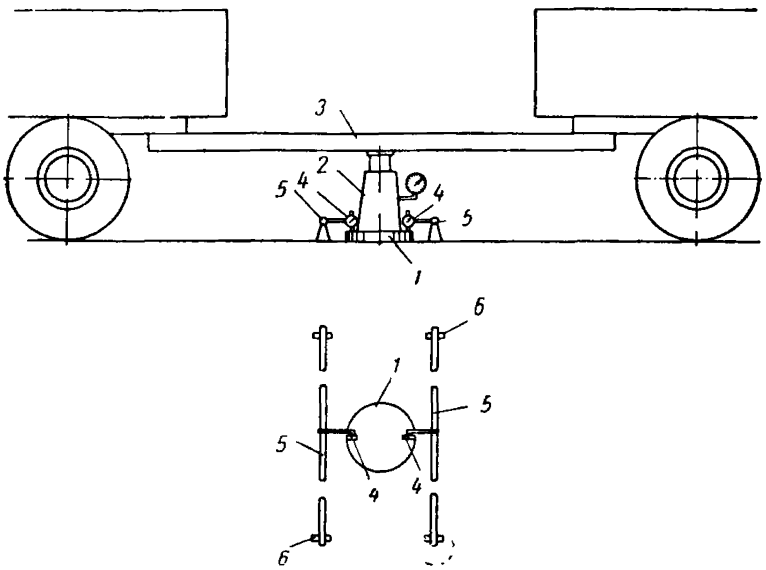


Рис. 8. Схема передвижного пресса:
1 — штамп; *2* — домкрат; *3* — упорная балка; *4* — мессуры; *5* — балки для крепления мессур; *6* — опоры балок

Для того чтобы накопить данные о величине модулей упругости грунтов, материалов и дорожных одежд, целесообразно все испытания пробным нагружением производить с разгрузкой после каждой ступени либо через две ступени. Значение длительных модулей упругости вычисляют по величине восстанавливающейся деформации.

На основании полученных данных строят кривую зависимости относительной осадки от удельного давления и по ней устанавливают величину удельного давления, соответствующую расчетной относительной деформации. Эквивалентный модуль деформации одежды вычисляют по формуле

$$E_{од} = \frac{\pi p}{2\lambda} \ кг/см^2, \qquad (5)$$

где p — удельное давление на штамп, *кг/см²*, соответствующее расчетной относительной деформации;

$\frac{\pi}{2}$ — коэффициент, учитывающий многослойность конструкции.

2. Рядом с местом, где производилось испытание (на расстоянии примерно 1,5—2,0 *м* от него) одежду вырубают до подстилающего грунта. В образовавшийся шурф диаметром около 1,25 *м* непосредственно на грунт земляного полотна устанавливают штамп диаметром 50—75 *см*. Штамп нагружают ступенями до достижения относительной осадки $\lambda_0 = 0{,}01—0{,}02$. Величину каждой ступени

выбирают с таким расчетом, чтобы для достижения необходимой относительной осадки требовалось 3—4 ступени нагрузки. На основании полученных данных строят кривую зависимости относительной осадки от удельного давления (рис. 9) и по ней устанавливают величину удельного давления p_0, соответствующую расчетной относительной осадке λ_0. Модуль деформации грунта земляного полотна вычисляют по формуле

$$E_0 = \frac{p_0}{\lambda_0} \ кг/см^2. \qquad (6)$$

При назначении расчетной относительной осадки следует придерживаться низших пределов ($\lambda_0 = 0{,}01$) для одежд с усовершенствованными покрытиями и высших ($\lambda_0 = 0{,}02$) для переходных покрытий, а также для сравнительно тонких одежд, общая толщина которых не превышает диаметра следа расчетного автомобиля. При тонкослойных покрытиях из обработанного органическими вяжущими грунта, для которых относительный расчетный прогиб $\lambda = 0{,}06$ (см. табл. 1), следует принимать $\lambda_0 = 0{,}03$.

3. На основании результатов испытаний одежды пробным нагружением могут быть получены также приближенные значения модулей деформации материалов отдельных конструктивных слоев. Для этого одежду испытывают штампом расчетного диаметра послойно. После испытания на поверхности покрытия последнее удаляют и штамп устанавливают на верхний слой основания и т. д. — до подстилающего слоя.

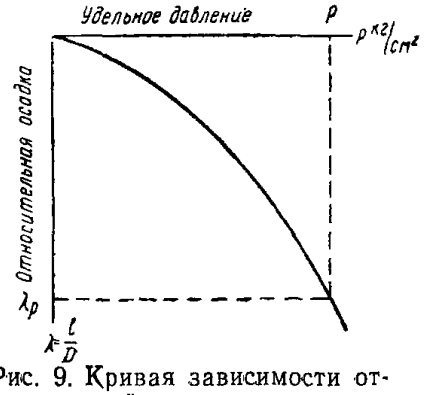


Рис. 9. Кривая зависимости относительной осадки от удельного давления

На основании полученных данных по формуле (5) вычисляют эквивалентные модули деформации на поверхности каждого конструктивного слоя одежды. Зная эквивалентный модуль деформации нижележащих слоев E_0 и эквивалентный модуль на поверхности вышележащего слоя $E_{экв}$, а также толщину этого слоя h, можно по формуле (3) или подбором по номограммам приложения 3 найти приблизительное значение модуля деформации материала данного конструктивного слоя.

При испытании пробным нагружением штамп должен плотно прилегать по всей площади к поверхности испытываемого конструктивного слоя или грунта. Нужно учитывать, что при неплотном прилегании штампа кривая вдавливания будет искажена, особенно в области малых осадок, что может привести к значительному занижению вычисляемых значений модулей деформации. Поэтому перед установкой штампа поверхность следует тщательно выровнять, не нарушая структуры материала. В отдельных случаях может потребоваться подливка под штамп быстротвердеющего цементного раствора, россыпь тонким слоем (1—2 *мм*) просеянного через сито с отверстиями в 1 *мм* песка и др.

При испытаниях одежд и грунтов пробным нагружением должны подробно фиксироваться толщина, состав и свойства материалов отдельных конструктивных слоев одежды, а также состав, свойства, состояние и условия увлажнения грунта земляного полотна. Эти данные нужны для проектирования реконструкции или капитального ремонта дороги; кроме того, они очень ценны как материал для уточнения табличных значений расчетных модулей деформации. Толщину отдельных конструктивных слоев замеряют при вскрытии одежды. При этом одновременно характеризуют состав материалов, состояние (степень монолитности, влажность и др.) каждого слоя и отбирают образцы для лабораторных определений состава и свойств материалов. В земляном полотне закладывают шурф на глубину не менее 1,0 *м* от основания одежды и берут пробы по горизонтам для определения естественной и характерных влажностей, гранулометрического состава, а также объемного веса и оптимальной плотности грунта. Одновременно с этим фиксируют состояние покрытия, конструкцию земляного полотна, а также условия увлажнения дороги на участке, где проводилось испытание.

Б. Определение модулей деформации путем испытания грунтов и материалов в лаборатории и на полигонах

Достаточно точные значения расчетных модулей деформации могут быть получены этим методом только в том случае, если грунт или материал испытывают при той влажности и структуре, которые они имеют в дорожной конструкции в наиболее неблагоприятный период ее службы. Отобрать образцы с ненарушенным сложением именно в этот период чрезвычайно трудно, а в ряде случаев (например, при новом строительстве) вовсе невозможно. Поэтому приходится испытывать грунты и материалы на образцах, искусственно уплотненных и увлажненных. Это обстоятельство вносит определенную условность и заставляет рассматривать полученные в лаборатории и на полигонах значения модулей деформации как относительные, используя их главным образом для сопоставления различных грунтов или степени их уплотнения. Так, в частности, путем испытания образцов одного и того же грунта при разных плотностях можно установить влияние уплотнения на величину модуля деформации. Сопоставляя результаты испытания образцов различных по составу и свойствам грунтов, можно судить об относительных значениях их модулей деформации.

Однако для районов и условий, для которых уже имеются полученные на основании многолетних наблюдений данные о значениях расчетных (наиболее неблагоприятных в данных условиях) влажностей и плотностей грунтов и материалов в дорожной конструкции, испытания в лаборатории и на полигонах при этих же влажностях и плотностях могут дать достаточно близкие к реальным условиям результаты при грунтах, однородных по глубине.

1. Определение модулей деформации грунтов в лаборатории

Образцы грунтов для определения модуля деформации испытывают в лаборатории путем вдавливания штампа на рычажном прессе с фиксацией получающейся зависимости деформации от давления.

Образцы приготавливают путем послойного уплотнения до расчетной плотности при расчетной влажности (либо до принятых для сопоставления плотностей и влажностей) грунта в металлической цилиндрической форме, диаметр которой должен быть не менее четырех, а высота слоя грунта — не менее трех диаметров штампа.

Так как штамп для испытания применяется диаметром 4—5 *см*, то размеры формы должны быть 15 × 15 — 20 × 15 *см*.

Грунт, находящийся в форме, уплотняют либо трамбованием (в 3—4 приема), либо под прессом до достижения расчетной плотности в каждом слое. После приготовления образца форму с грунтом выдерживают во влажном эксикаторе не менее суток, чтобы обеспечить более равномерное распределение влаги в образце и восстановление структуры пленок связанной воды, в той или иной степени нарушенной в процессе уплотнения грунта.

Перед испытанием образца верхний слой грунта толщиной 1—2 *см* удаляют. Для того, чтобы облегчить эту операцию, необходимо иметь форму со съемной, разрезанной по образующей надставкой (рис. 10). Образец уплотняют на 1—2 *см* выше поверхности основной формы и вместе с надставкой выдерживают в эксикаторе.

Перед испытанием надставку снимают и излишек грунта срезают заподлицо с поверхностью основной формы туго натянутой тонкой проволокой.

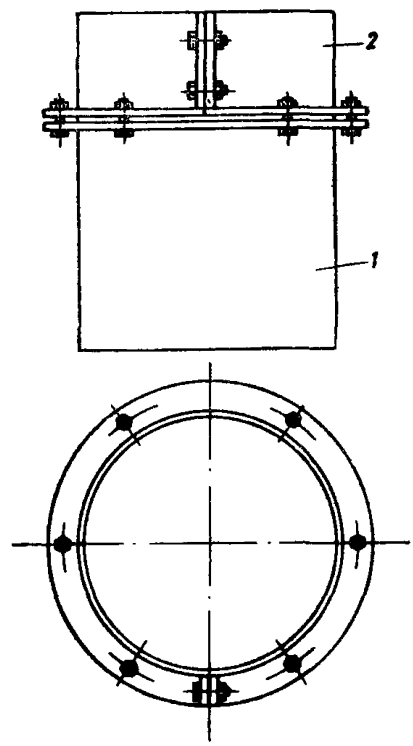


Рис. 10. Форма со съемной надставкой:
1 — форма; *2* — надставка

Посередине образца устанавливают круглый штамп с заплечиками, в которые упираются ножки мессур, фиксирующих осадки (рис. 11). При этом штамп должен плотно прилегать к поверхности образца.

Штамп на рычажном прессе нагружают ступенями с выдерживанием каждой ступени нагрузки до практически полной стабилизации осадки (разница отсчетов по мессурам должна быть не более 0,01 *мм* за 5 мин.). После этого делают отсчеты по мессурам и дают следующую ступень нагрузки. За величину осадки штампа принимается полусумма разностей отсчетов по двум мессурам. Количество ступеней нагрузки должно быть 3—4 до достижения относительной деформации, равной 0,03. По данным испытания строят зависимость величины относительной деформации от удельного давления (см. рис. 9) и на основании этой зависимости по формуле (6) вычисляют значения модулей деформации при относительной осадке штампа $\lambda = 0{,}01$, 0,02 или 0,03. В ответственных случаях проводят два или более параллельных испытаний.

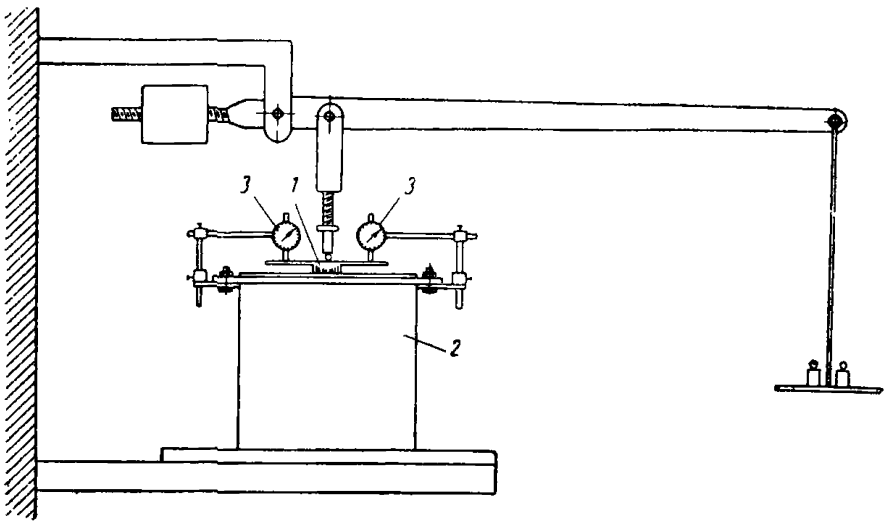


Рис. 11. Схема установки штампа и мессур:
1 — штамп; *2* — форма с образцом грунта; *3* — мессуры

Аналогичным образом могут быть определены в лаборатории модули деформации гравийных, грунтощебеночных и других материалов, имеющих размер зерен не крупнее 15—20 *мм*, из которых в лабораторных условиях могут быть приготовлены образцы, приближающиеся по структуре к состоянию материала в конструктивных слоях одежды.

При испытании вдавливанием штампа несвязных грунтов нужно давать пригрузку вокруг штампа около 0,05 *кг/см*^{2}.

При испытании материалов, содержащих крупные зерна, диаметр штампа должен не менее чем в 4 раза превышать размер зерна. Соответственно необходимо увеличить размеры формы для приготовления образцов.

2. Определение модулей деформации материалов на полигонах

Модули деформации крупноскелетных материалов, а также материалов, для надлежащего формирования которых необходимо применять катки и другие специальные уплотняющие средства, вдавливанием штампа можно определить лишь путем проведения испытания на крупных монолитах, создаваемых в условиях, приближающихся к производственным.

Послойным уплотнением материала получают монолит высотой 1,0—1,2 *м* с размерами в плане не менее 1,5 × 1,5 *м*, который, будучи соответствующим образом увлажнен, испытывают вдавливанием штампа, близкого к расчетному диаметру 25—35 *см*, с фиксацией получающейся зависимости деформации от давления.

Если специальной установки нет, необходимый для испытания монолит может быть получен путем послойного уплотнения материала в котловане, отрытом в плотном грунте. В этом случае нагрузку на штамп передают с помощью передвижного пресса для испытания покрытий либо передвижной испытательной установки.

Испытываемый материал укладывают и уплотняют в котловане послойно в соответствии с требованиями ТП. По окончании загрузки котлована материал при необходимости увлажняют и на его выровненную поверхность устанавливают круглый штамп диаметром 25—35 *см*. Штамп должен плотно прилегать к поверхности испытываемого материала. При испытании крупнопористых каменных материалов, особенно прочных пород, целесообразно поверхность смазать жестким цементным раствором с применением глиноземистого цемента. Штамп устанавливают на цементную смазку. В этом случае испытание может быть начато не ранее чем через сутки, когда цементный раствор в достаточной степени затвердеет. Поверхность может быть выровнена также песком, рассыпаемым слоем небольшой толщины.

Штамп нагружают ступенями, с выдерживанием каждой ступени нагрузки до практически полной стабилизации осадки (разность отсчетов по мессурам не более 0,05 *мм* за 5 мин.), после чего дают следующую ступень нагрузки.

Осадку штампа замеряют мессурами, укрепленными на реперной балке, опоры которой должны быть удалены от штампа на расстояние не менее двух диаметров.

Величину каждой ступени нагрузки выбирают таким образом, чтобы для достижения расчетной относительной осадки требовалось 3—4 ступени.

По данным испытания строят зависимость относительной осадки от удельного давления (см. рис. 9) и на основании этой зависимости по формуле (6) рассчитывают значение модуля деформации испытываемого материала при расчетной для данных условий величине относительной деформации λ.

В. Установление модулей деформации грунта земляного полотна расчетным путем на основании данных о службе дорожной одежды под движением

Этим методом могут быть получены предельные значения модулей деформации грунта земляного полотна, а также дорожной одежды на эксплуатируемых дорогах в тех случаях, когда имеются данные за ряд лет об условиях работы одежды под воздействием движения в неблагоприятные периоды года.

Значения модулей деформации на отдельных участках устанавливают в данном случае с использованием основных зависимостей существующего метода расчета нежестких одежд. Прежде всего на основании данных о работе одежды на отдельных участках при имеющемся движении устанавливают предельную величину эквивалентного модуля деформации существующей одежды по формуле

$$E_{\text{од}} = \frac{\pi p\,[0{,}5 + 0{,}65 \lg (\gamma N)]}{2\lambda}, \qquad (7)$$

где N — приведенная к расчетному автомобилю интенсивность движения на дороге в неблагоприятный период года;

p — удельное давление на одежду от расчетного автомобиля;

λ — расчетная относительная деформация, принимаемая по табл. 1 (§ 6);

γ — коэффициент, учитывающий повторяемость нагрузок (§ 8). Фактические значения модуля деформации одежды на отдельных участках будут больше модулей, полученных расчетом по формуле (7), если на этих участках за период службы одежды не отмечено каких-либо деформаций, обусловленных недостаточной прочностью конструкций, и в свою очередь будут меньше модулей, полученных расчетом по формуле (7), если в отдельные годы имелись деформации, указывающие на недостаточную прочность конструкции при существующем движении.

После того как установлены предельные значения эквивалентных модулей деформации одежды для имеющихся на отдельных участках конструкций одежды назначают расчетные модули деформации материалов конструктивных слоев с учетом состава и свойств материалов и условий увлажнения их в конструкции (приложение 1), после чего модуль деформации подстилающего одежду грунта

E_0 определяют по формуле (3) или находят по номограмме, приведенной на рис. 5.

Полученные таким образом минимальные значения модулей деформации одежды и подстилающего грунта на участках с прочной конструкцией могут быть использованы при проектировании усиления или перестройки одежды, однако они могут быть использованы только в том случае, если не имеется других, более надежных данных, указывающих на то, что модули деформации грунтов в рассматриваемых условиях могут быть приняты выше значений модулей, определенных по формуле (7).

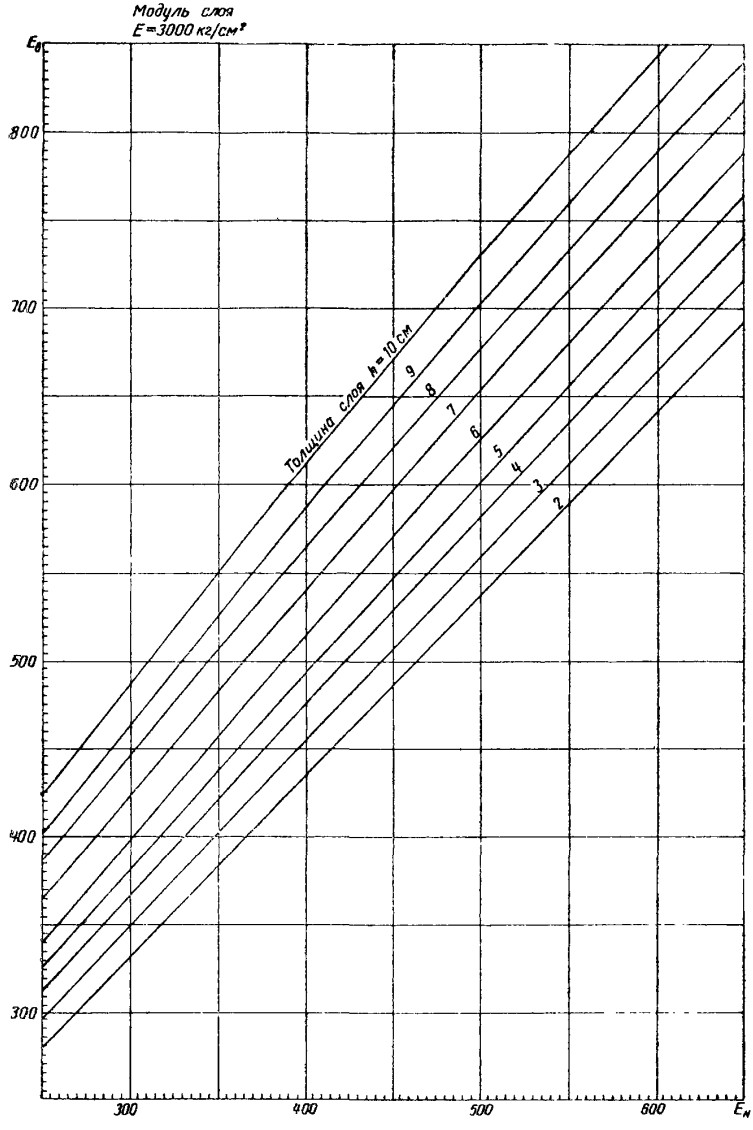
Что касается значений модулей деформации грунтов, полученных расчетом на деформировавшихся участках, они могут быть использованы лишь в качестве контрольных цифр при установлении расчетных модулей другими методами.

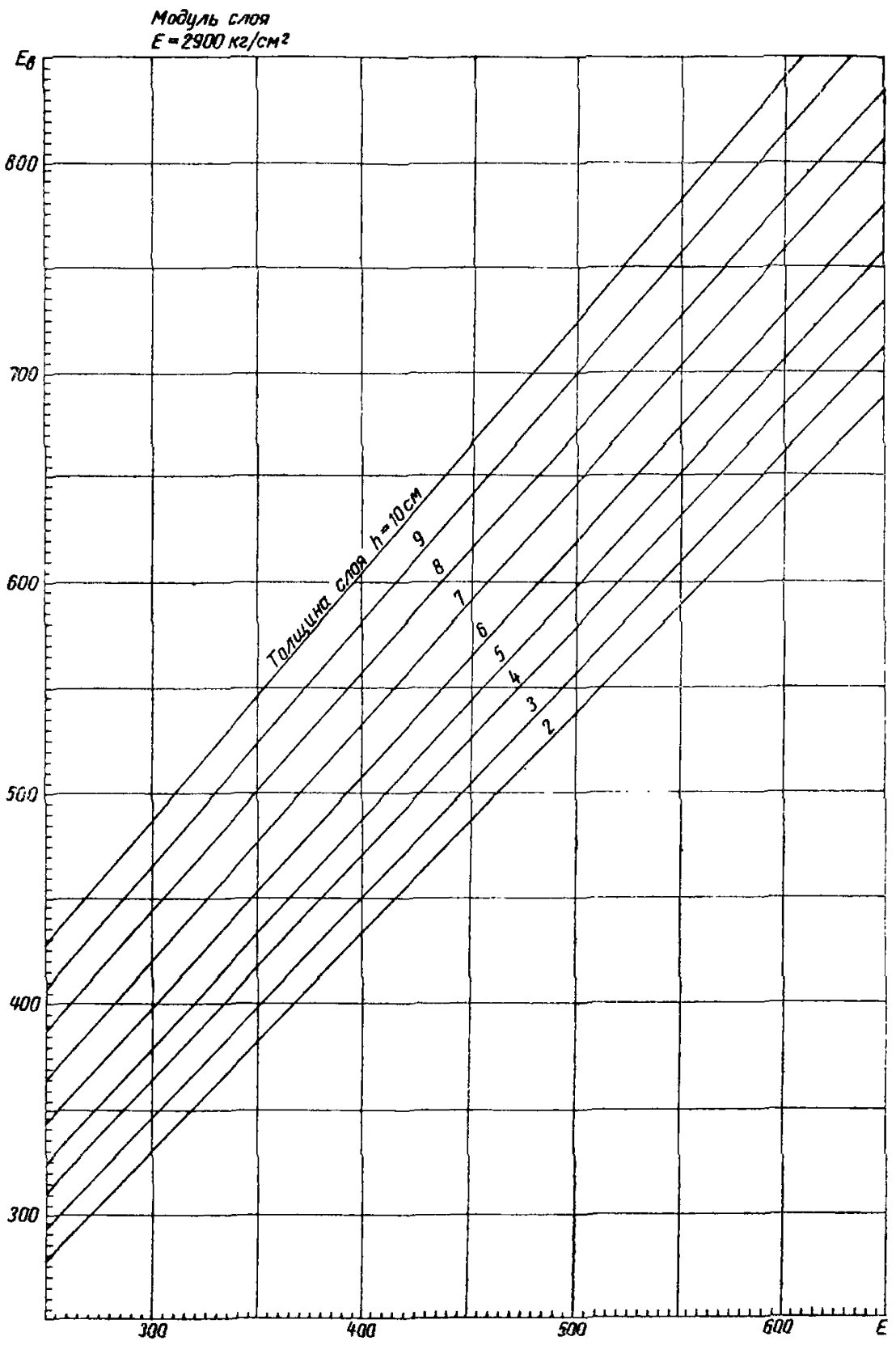
Чем за большее число лет имеются данные, характеризующие состояние одежды и условия ее работы под движением в неблагоприятные периоды года, а также состав и интенсивность движения в эти периоды, тем надежнее получаемые расчетом предельные значения модулей деформации одежды и грунта земляного полотна. При этом для расчета следует использовать данные за год (или годы), когда одежда работала хуже всего при наименьшем движении.

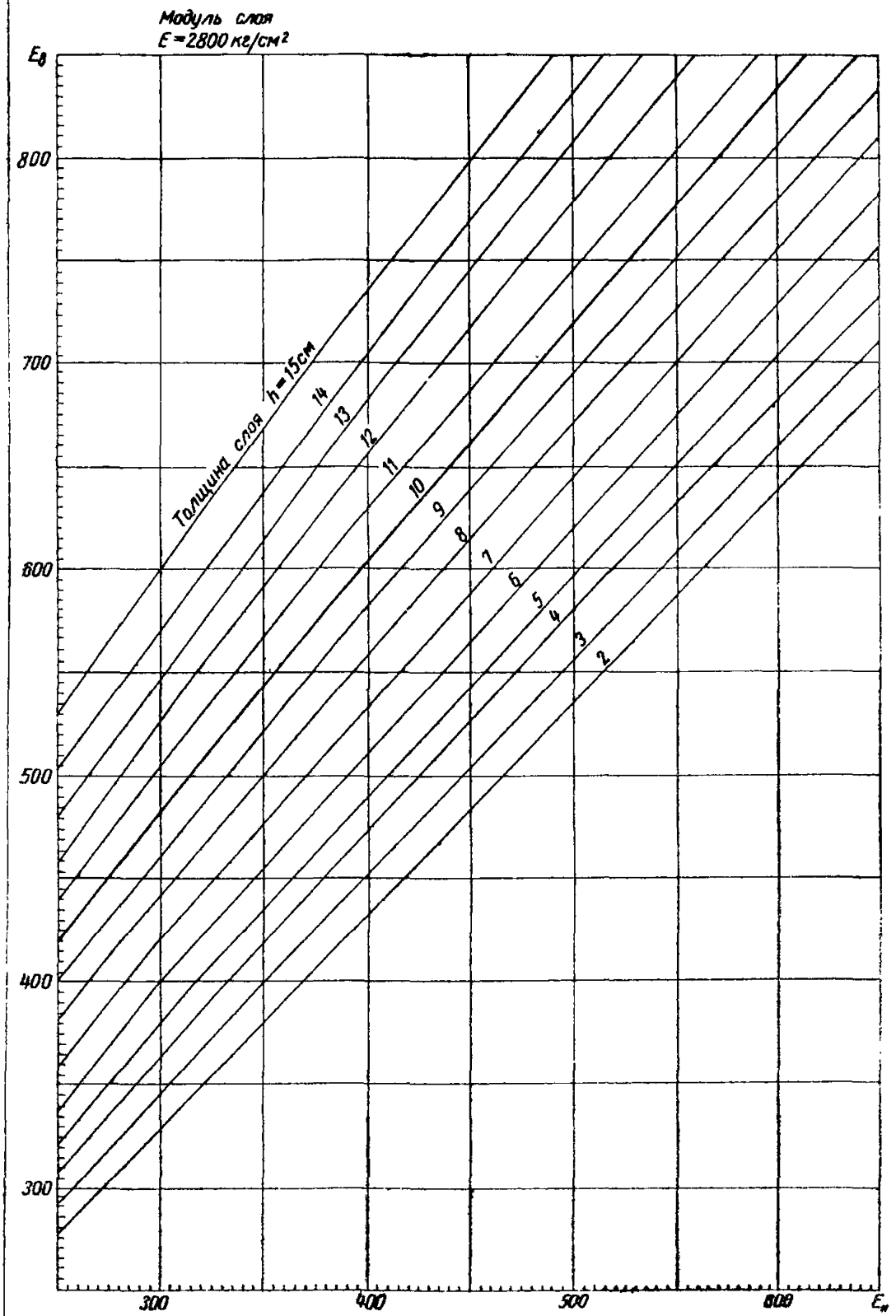
Не следует пользоваться для установления предельных значений модулей деформации указанным методом, когда данные о работе существующей одежды под движением имеются за срок значительно меньший, чем срок между капитальными ремонтами проектируемой одежды. Тем более нельзя использовать значения модулей деформации, когда эти данные относятся к годам с заведомо благоприятным водно-тепловым режимом земляного полотна в данной местности. Нельзя также пользоваться указанным методом расчета, особенно для установления модулей деформации грунта земляного полотна, в тех случаях, когда деформации под движением обусловлены в основном недостаточной устойчивостью во влажный период одного из конструктивных слоев одежды.

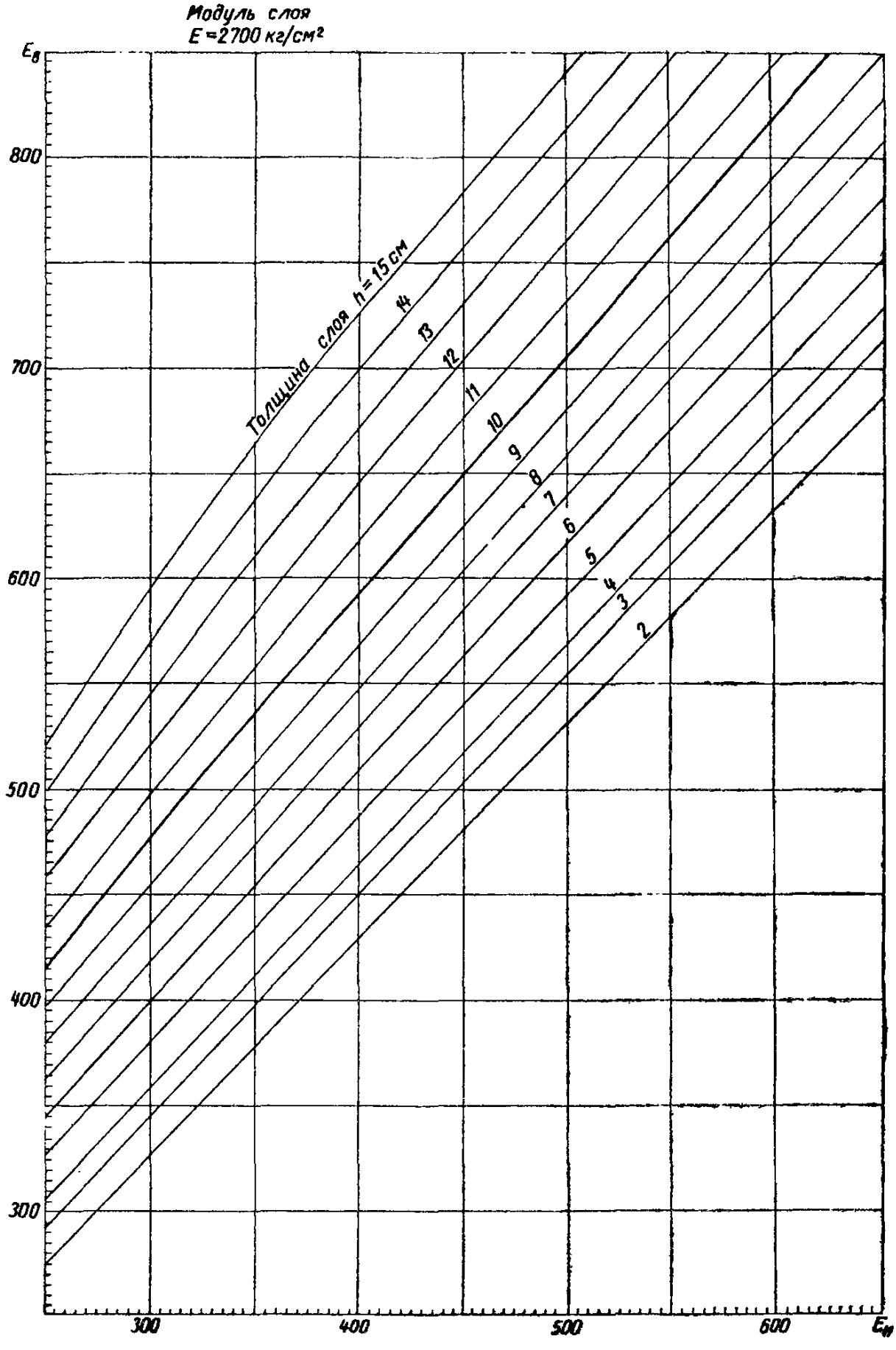
ГРАФИКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОЛЩИНЫ СЛОЕВ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ

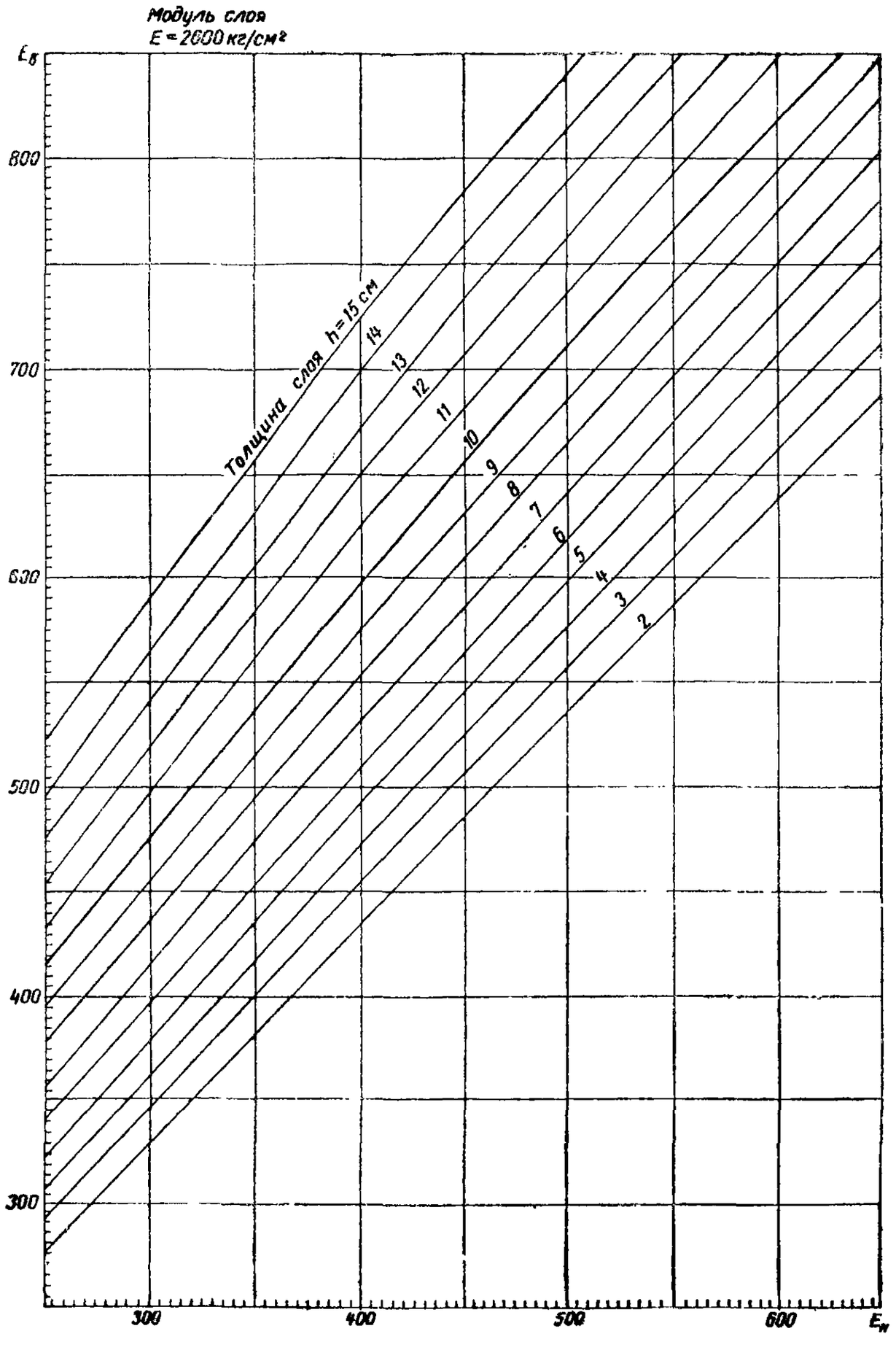
Нагрузка Н-13

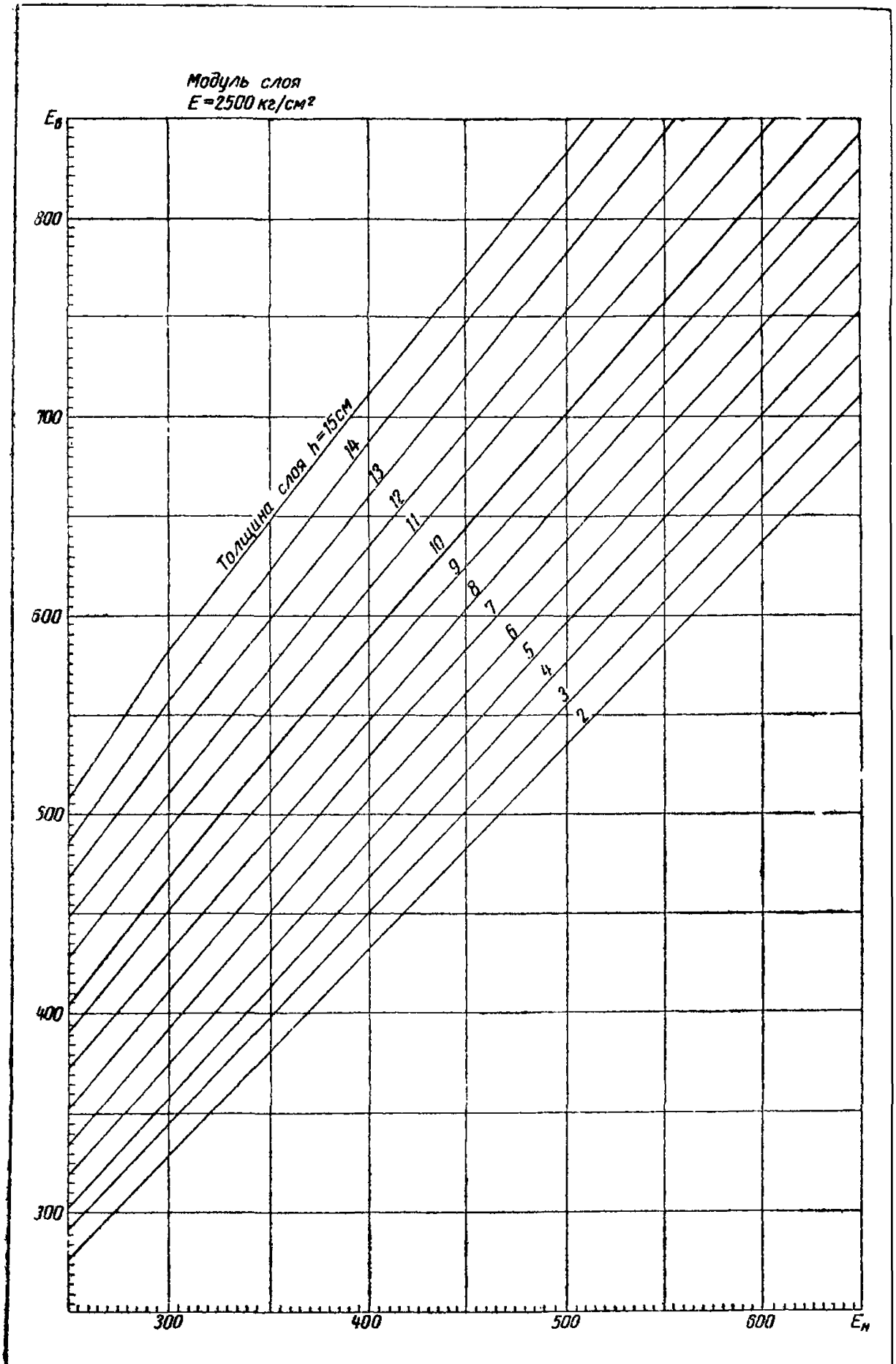


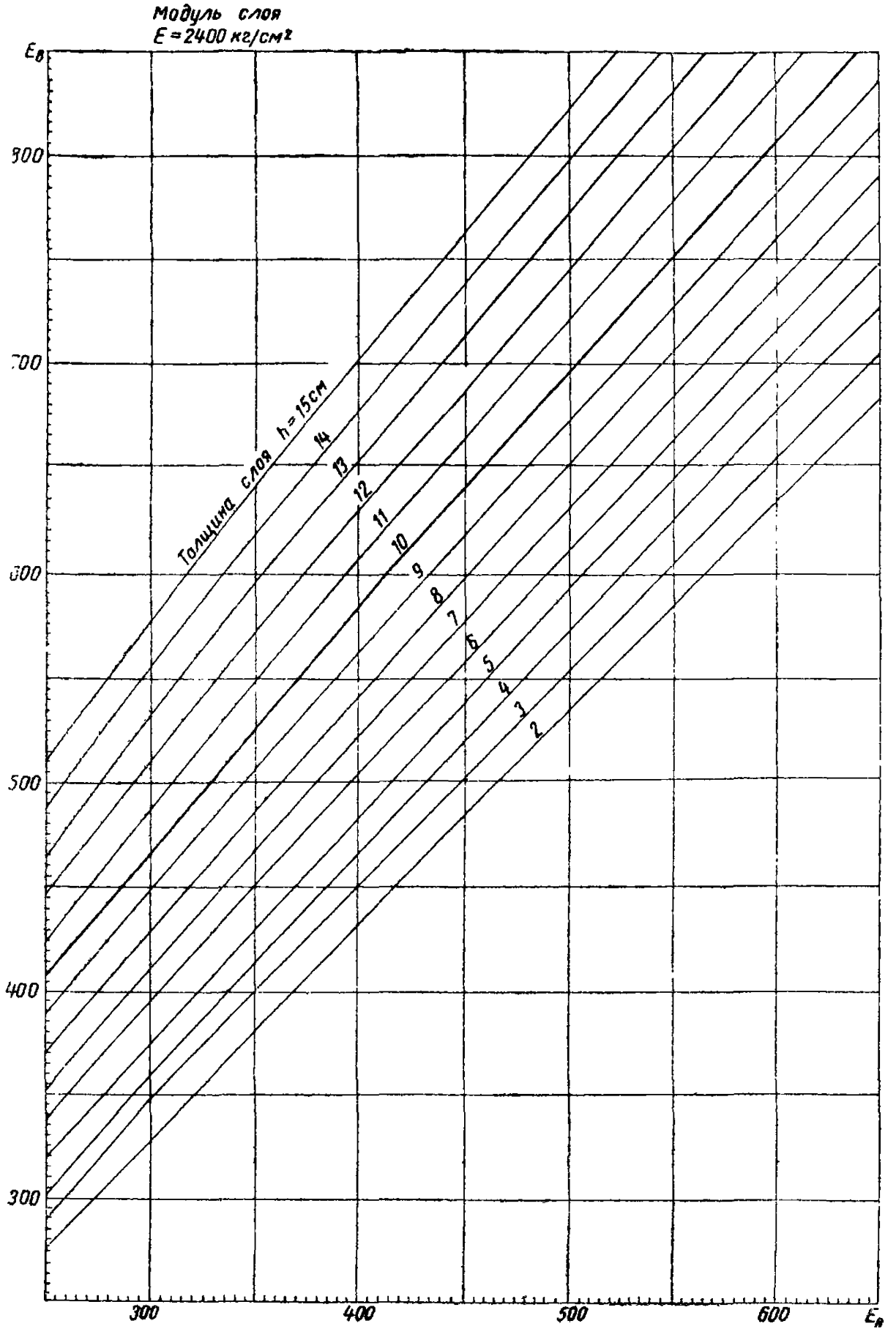

Модуль слоя
E = 2900 кг/см²
Eв
800
700
600
500
400
300
Толщина слоя h = 10 см
9
8
7
6
5
4
3
2
300
400
500
600
E

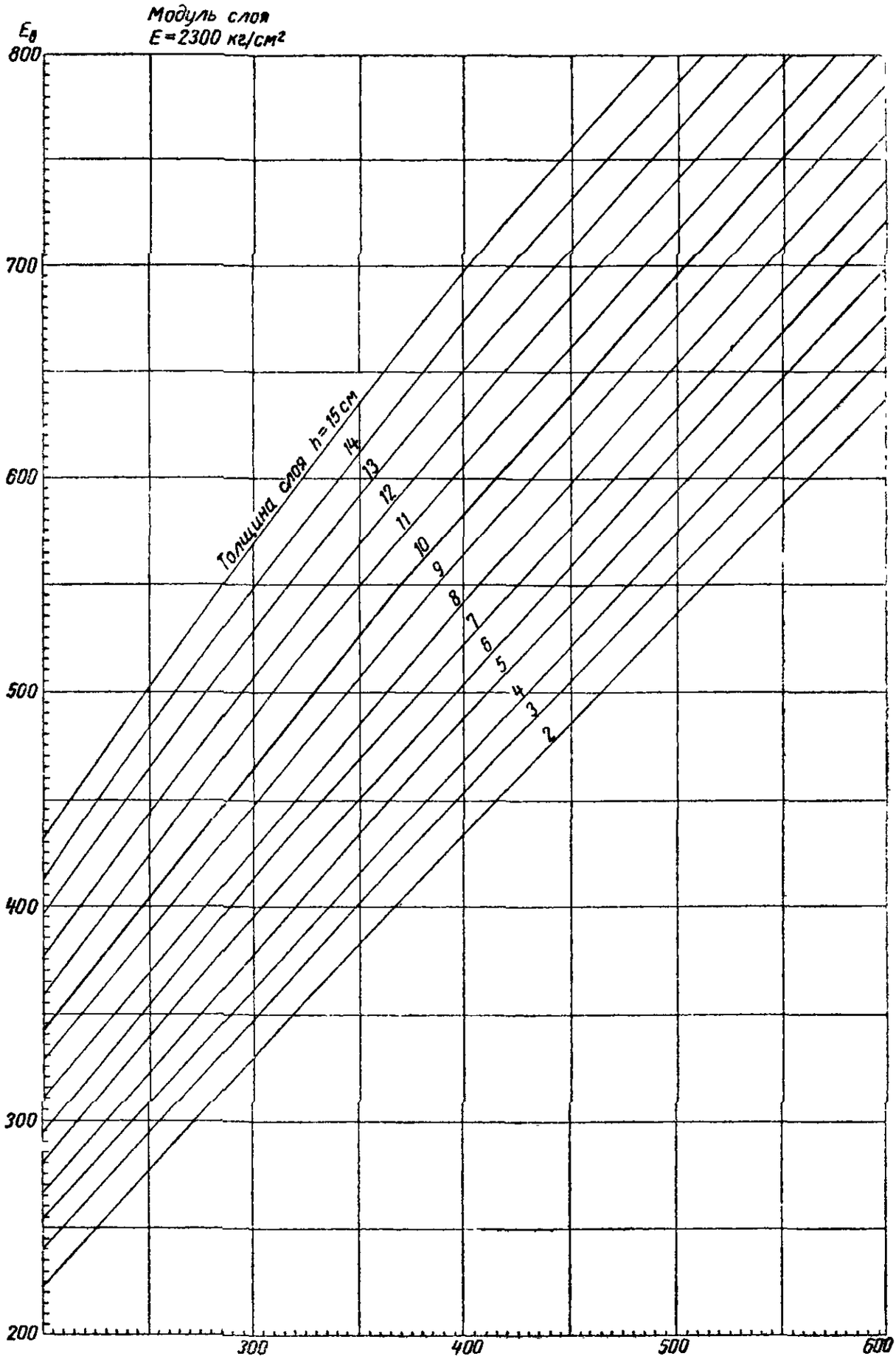

Модуль слоя
E = 2800 кг/см²
E_0
800
700
600
500
400
300
Толщина слоя h = 15см
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
300
400
500
600
$E_н$

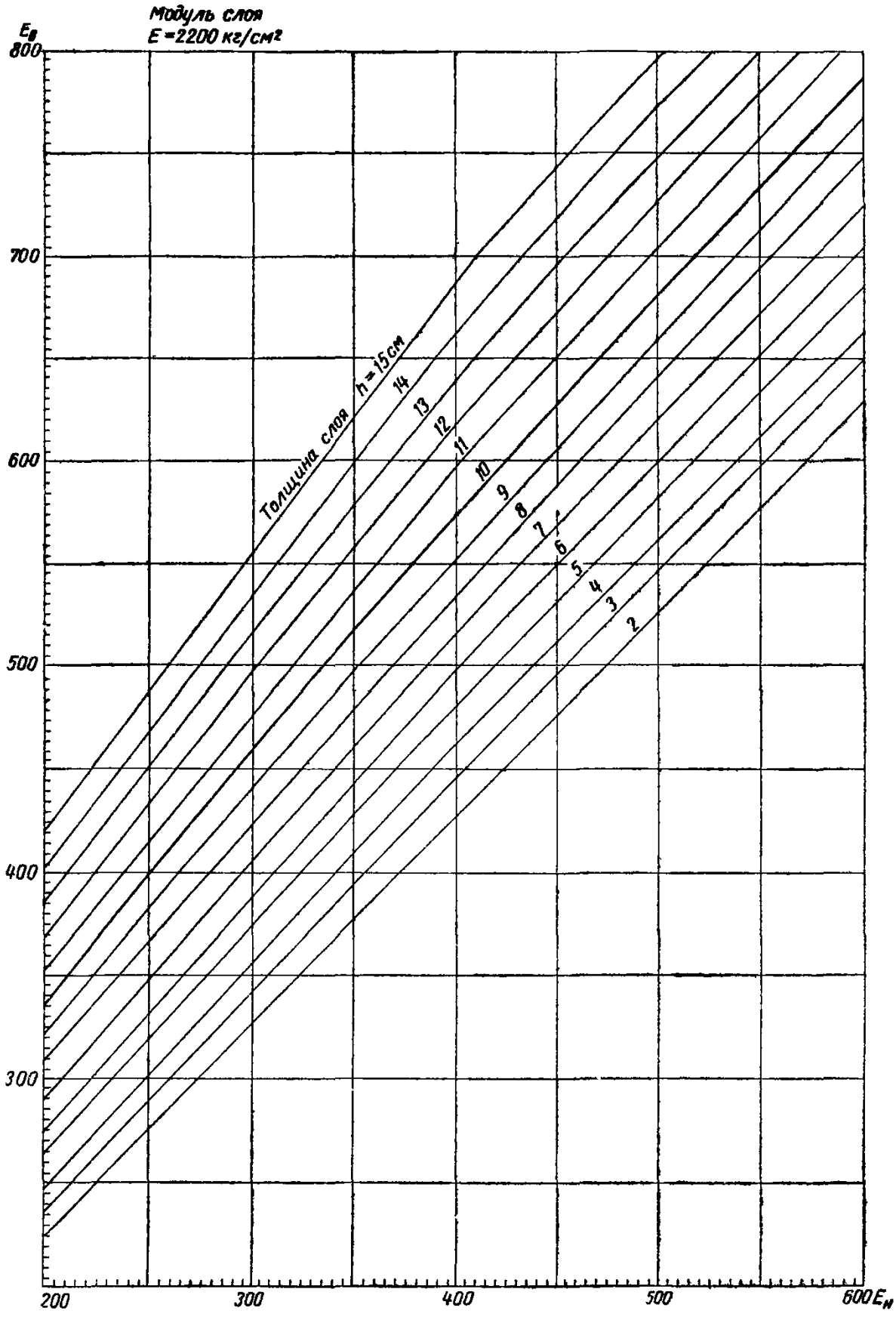

Модуль слоя
E=2700 кг/см²
$E_в$
800
700
600
500
400
300
Толщина слоя h=15 см
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
300
400
500
600
$E_н$

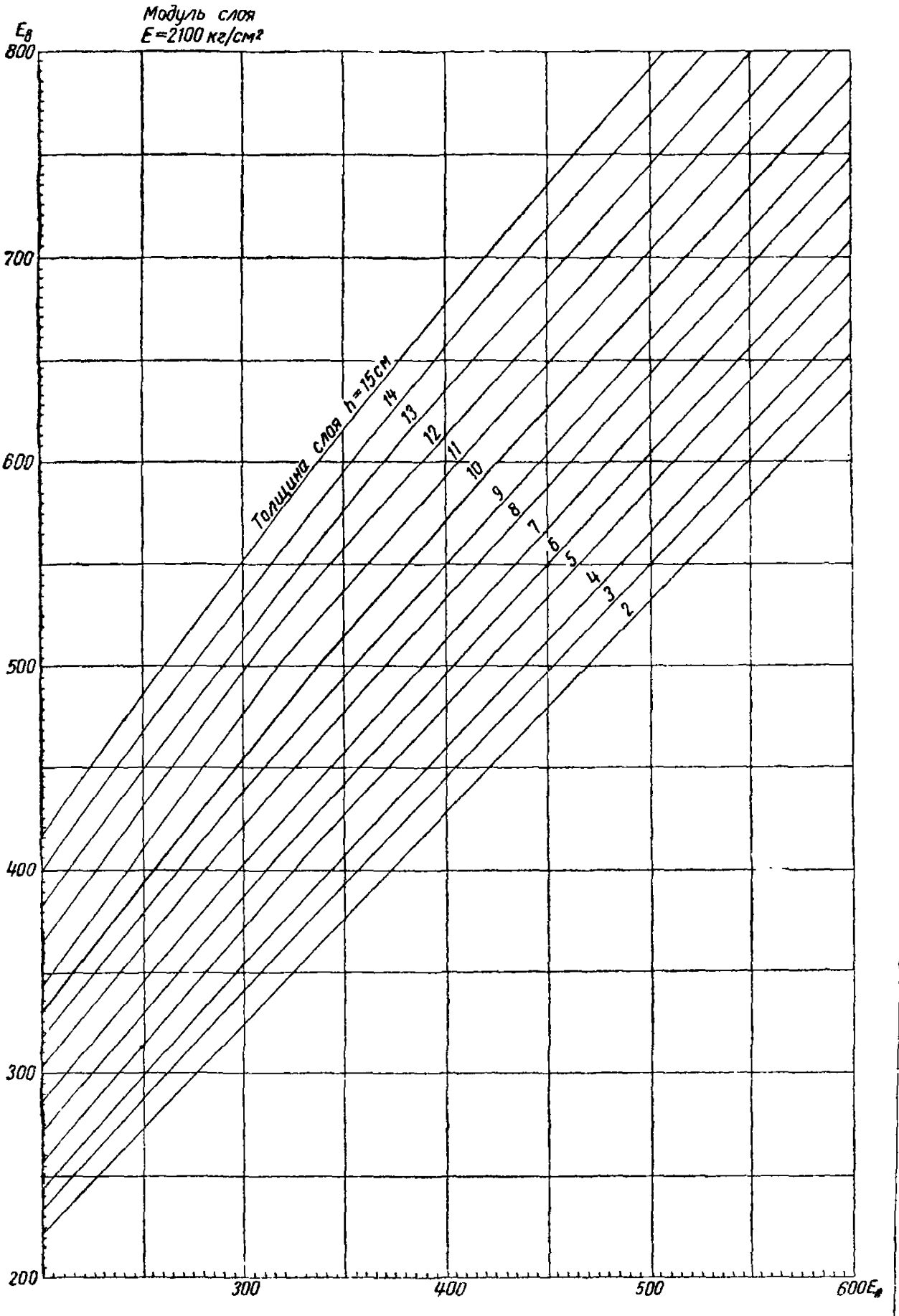

Модуль слоя
E = 2600 кг/см²
$E_в$
800
700
600
500
400
300
Толщина слоя h=15 см
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
300
400
500
600
$E_н$

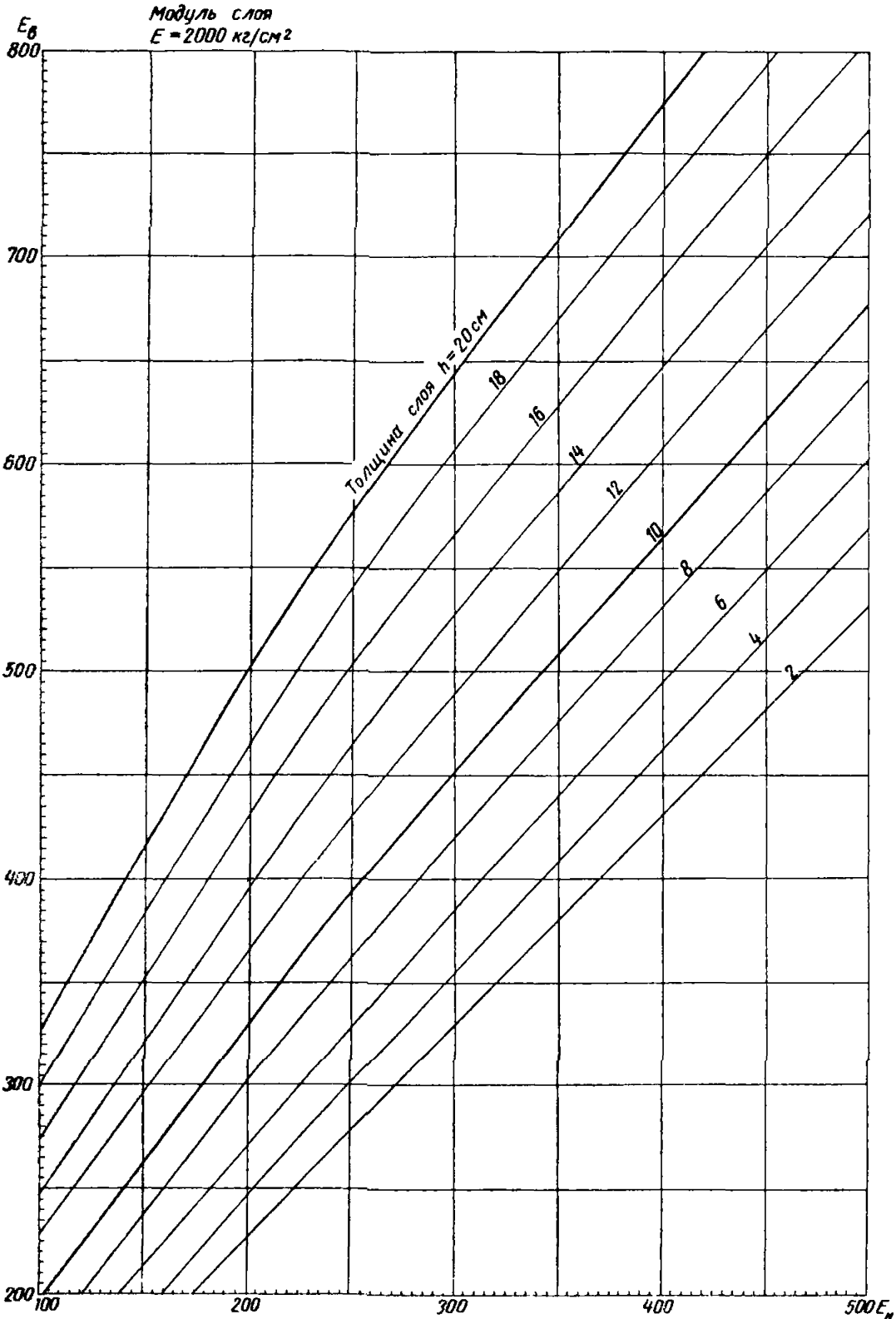

Модуль слоя
E=2500 кг/см²
$E_в$
800
700
600
500
400
300
Толщина слоя h=15см
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
300
400
500
600
$E_н$

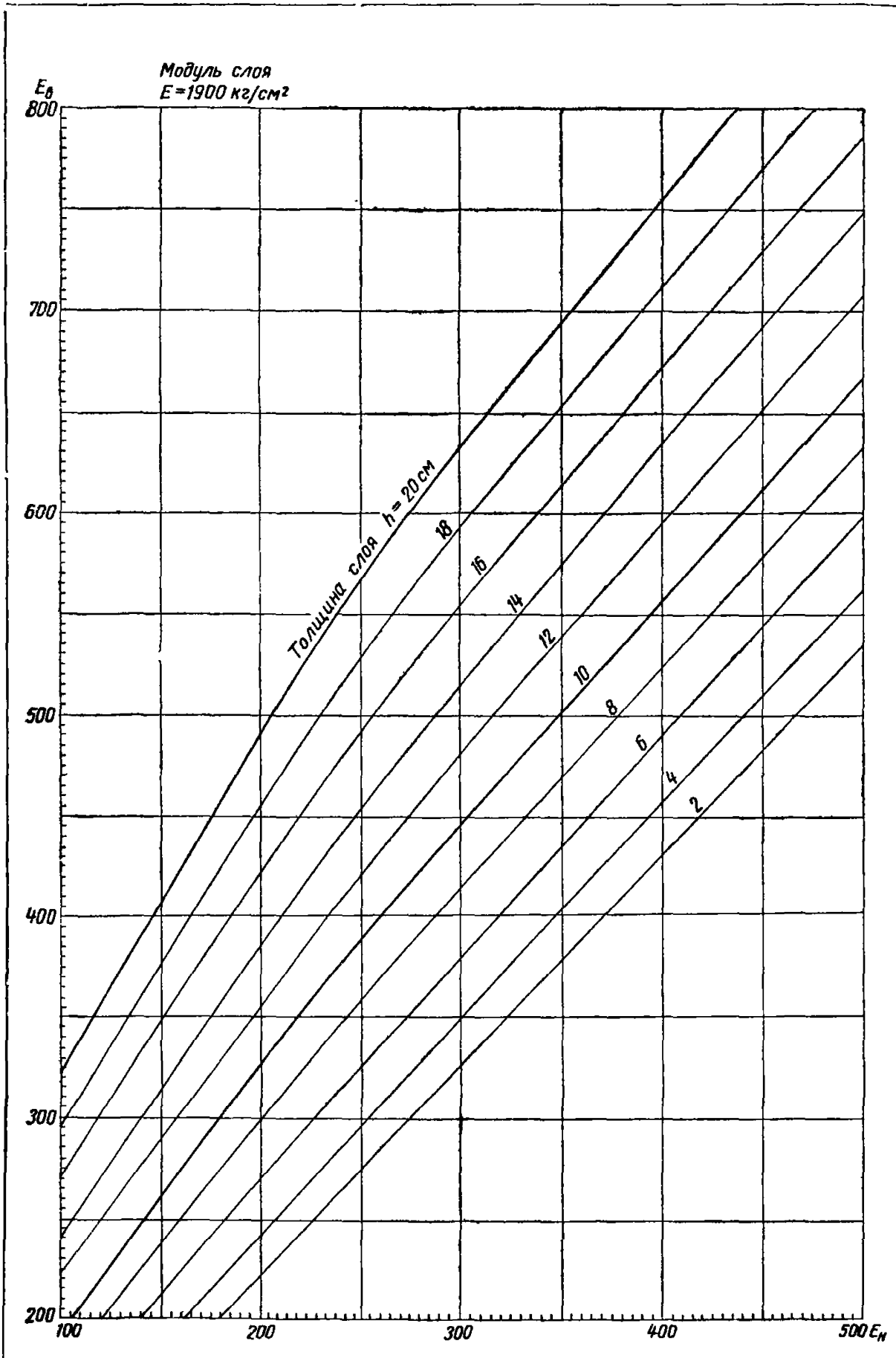

Модуль слоя
E = 2400 кг/см²
E_0
900
700
500
400
300
Толщина слоя h=15см
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
300
400
500
600
E_n

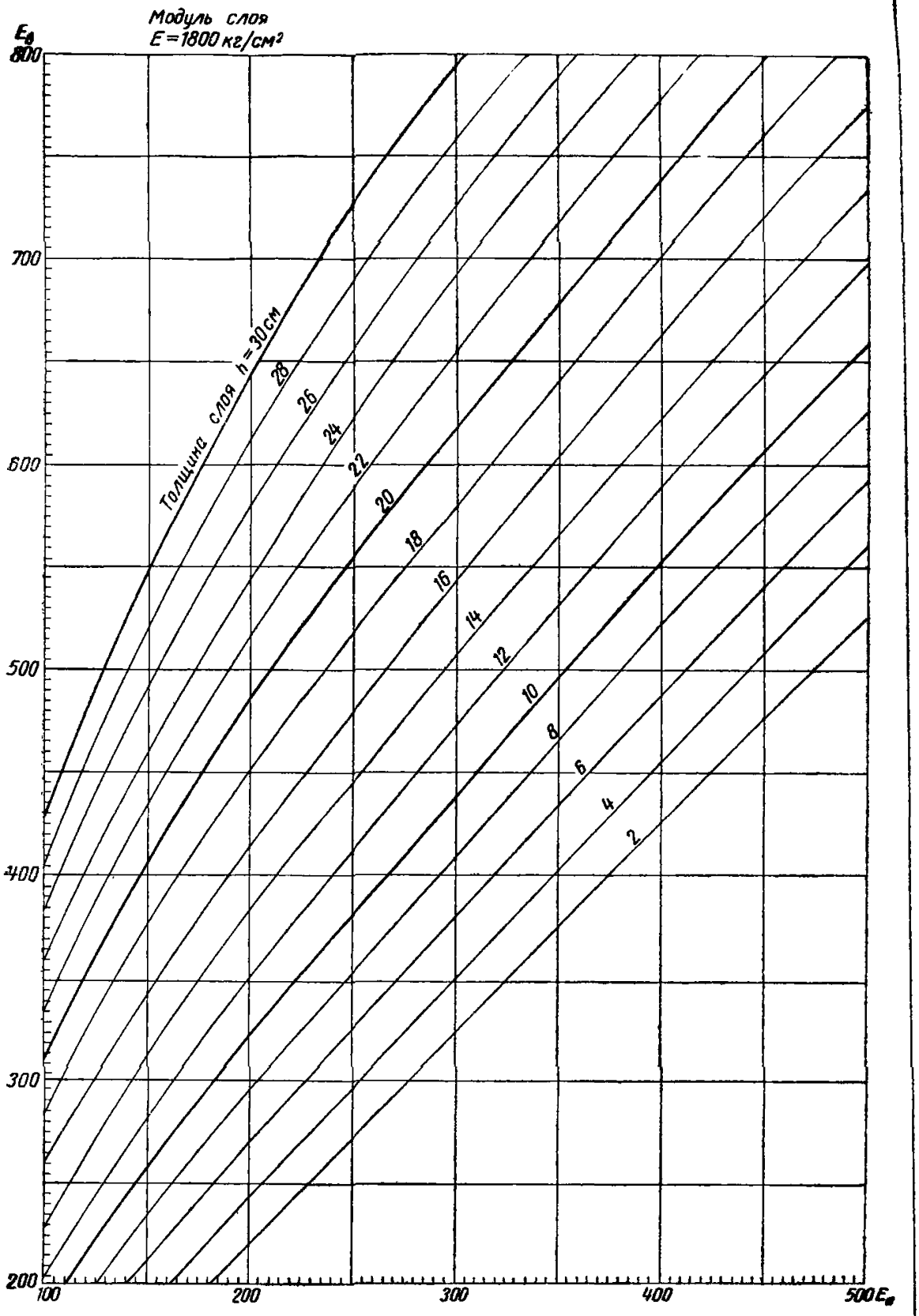

Модуль слоя
E=2300 кг/см²
E_0
800
700
600
500
400
300
200
300
400
500
600
Толщина слоя h=15см
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2

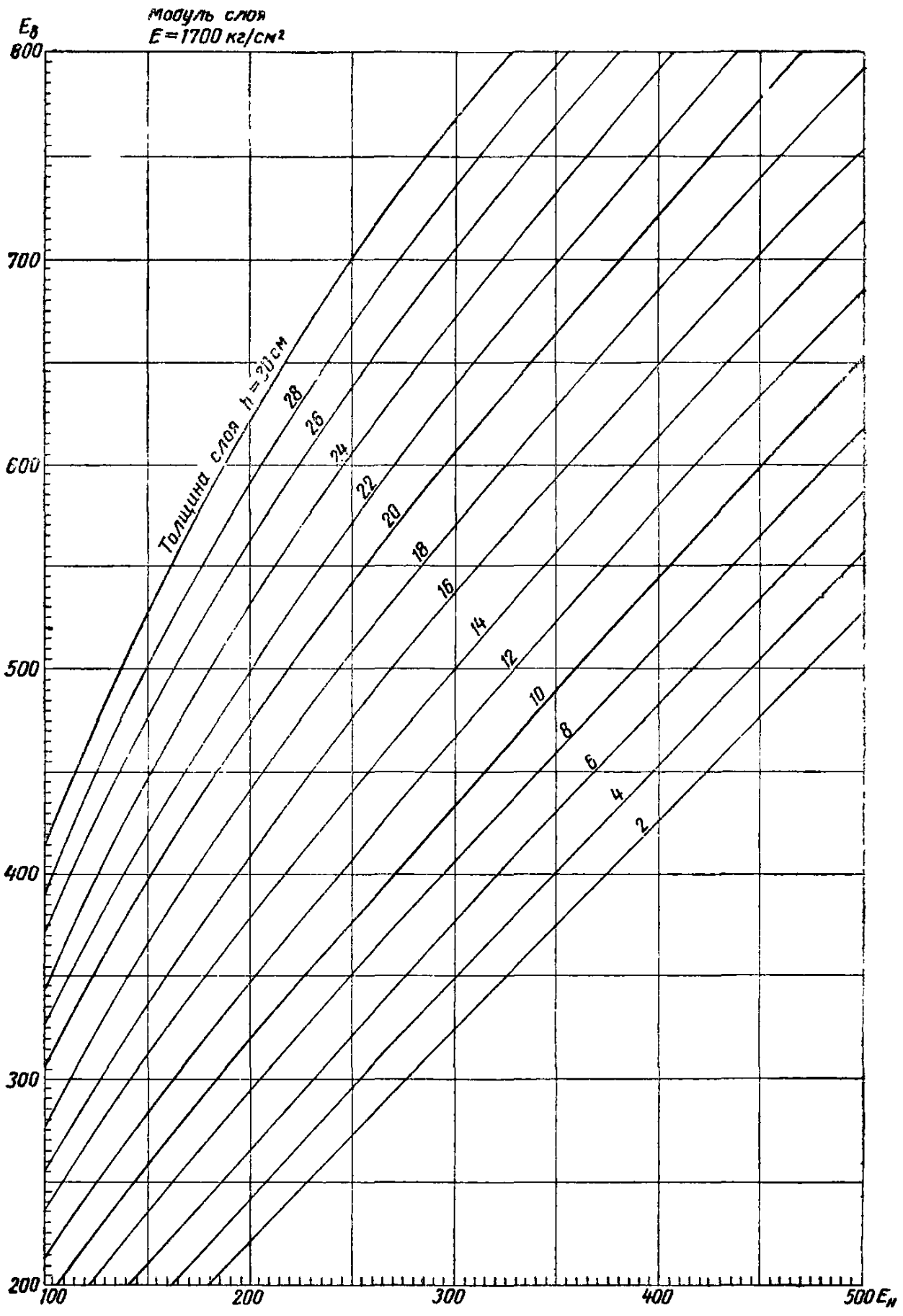

Модуль слоя
E=2200 кг/см²
$E_в$
800
700
600
500
400
300
Толщина слоя h=15см
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
200
300
400
500
600
$E_н$

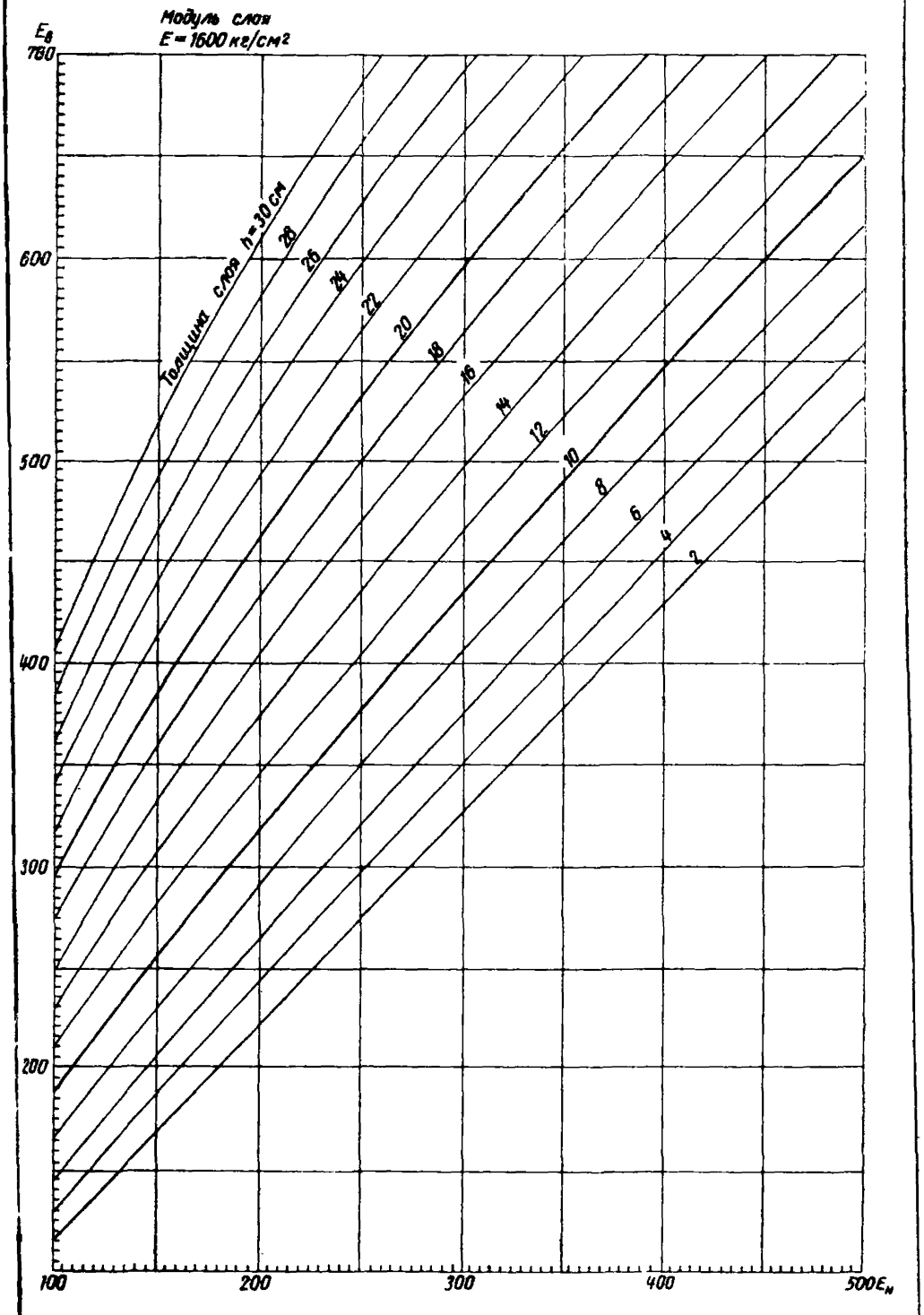

Модуль слоя
E=2100 кг/см²
$E_в$
800
700
600
500
400
300
200
300
400
500
600
$E_н$
Толщина слоя h=15см
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2

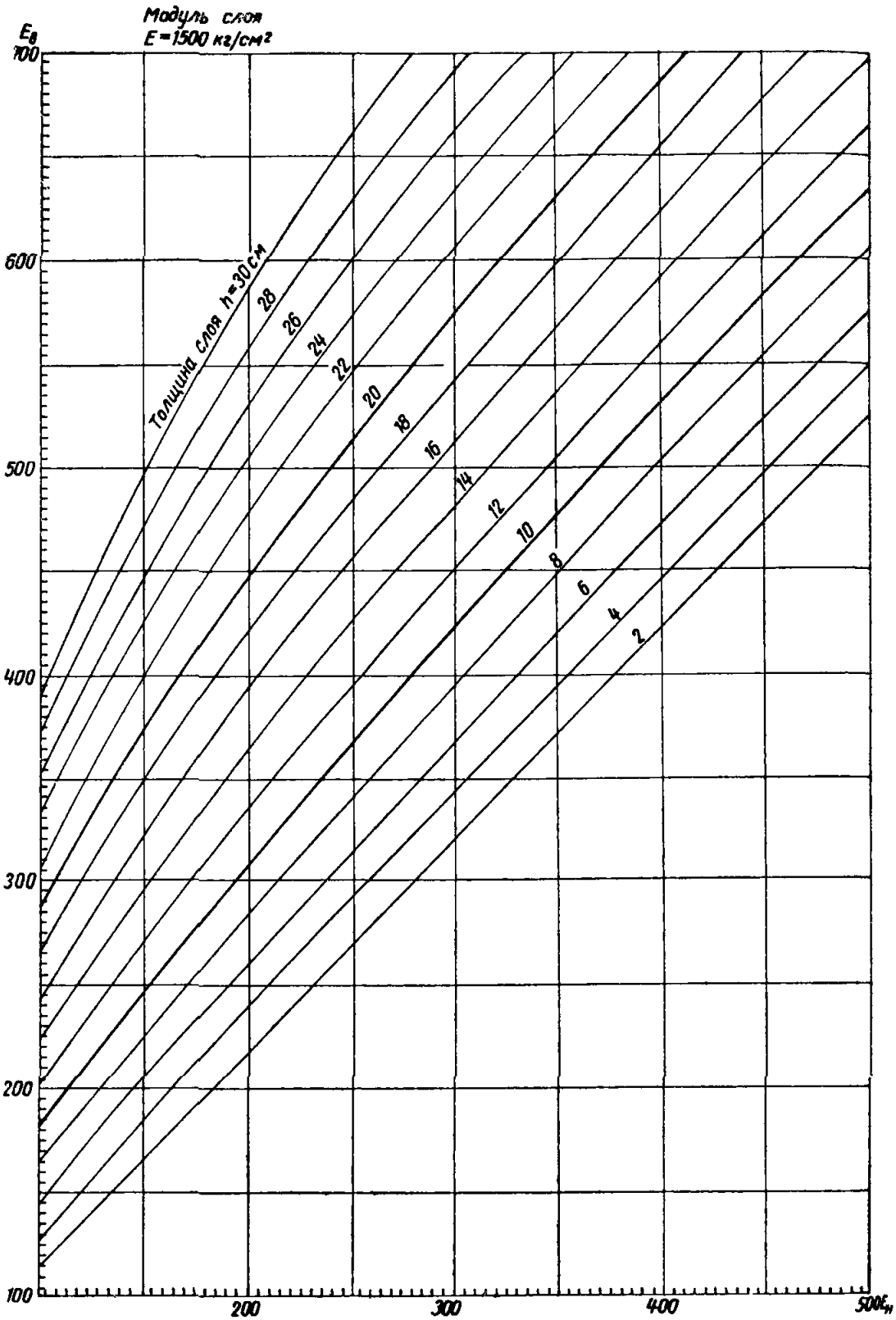

Модуль слоя
E = 2000 кг/см²
$E_в$
800
700
600
500
400
300
200
100
200
300
400
500
$E_н$
Толщина слоя h=20см
18
16
14
12
10
8
6
4
2

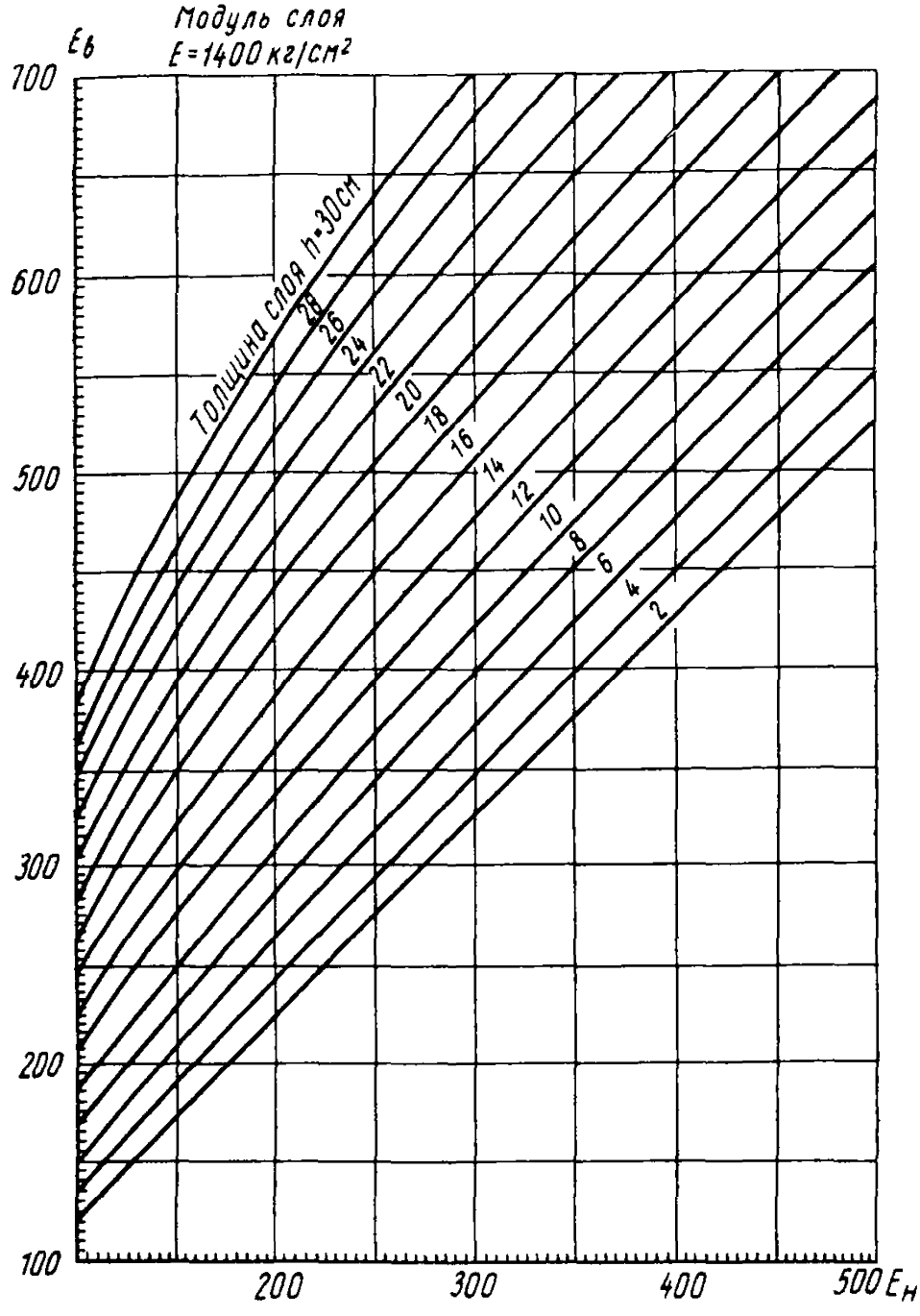

Модуль слоя
E=1900 кг/см²
E_0
800
700
600
500
400
300
200
100
200
300
400
500
$E_н$
Толщина слоя h=20 см
18
16
14
12
10
8
6
4
2

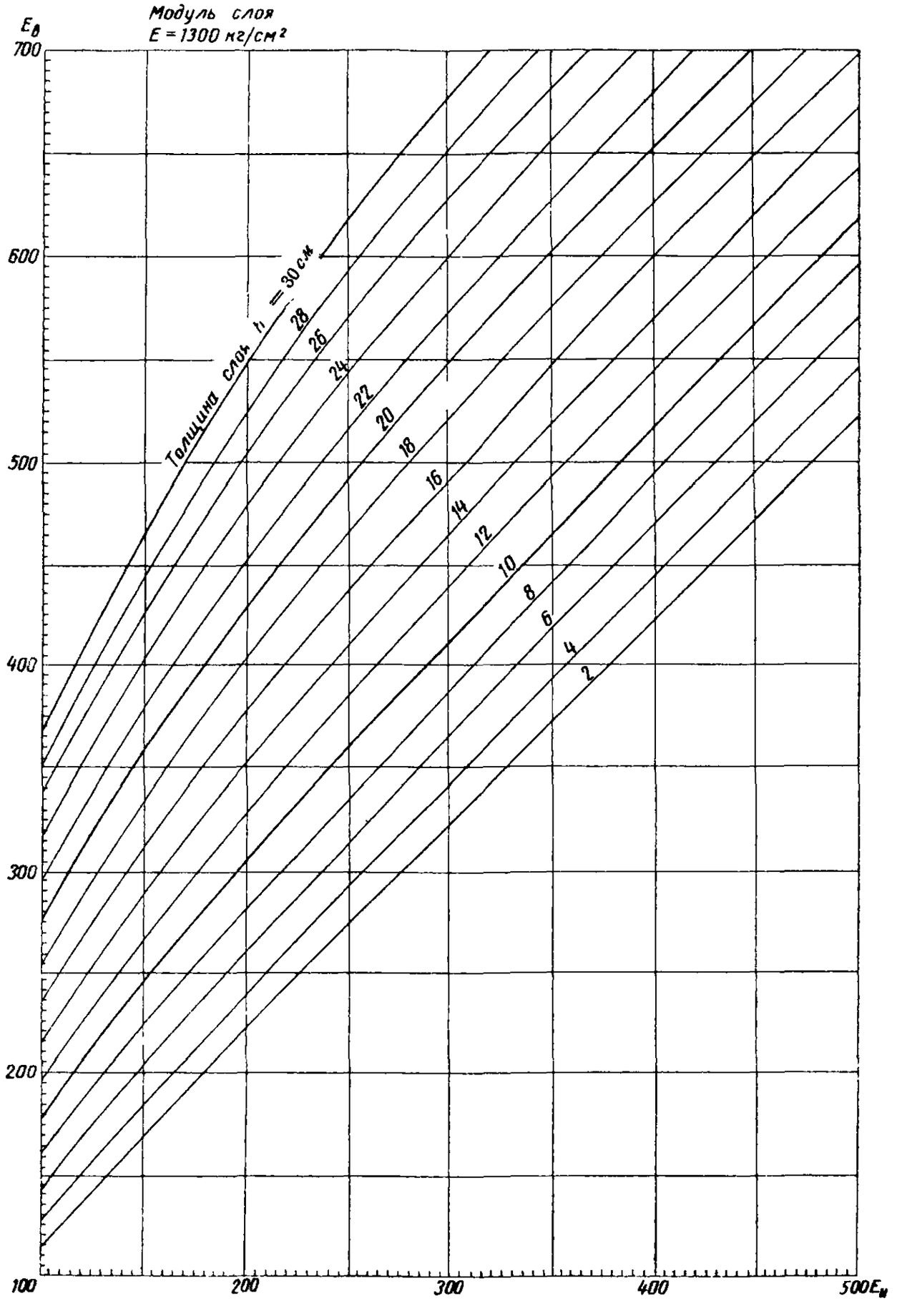

Модуль слоя
E=1800 кг/см²
Eд
800
700
600
500
400
300
200
100
200
300
400
500 Eд
Толщина слоя h=30см
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2

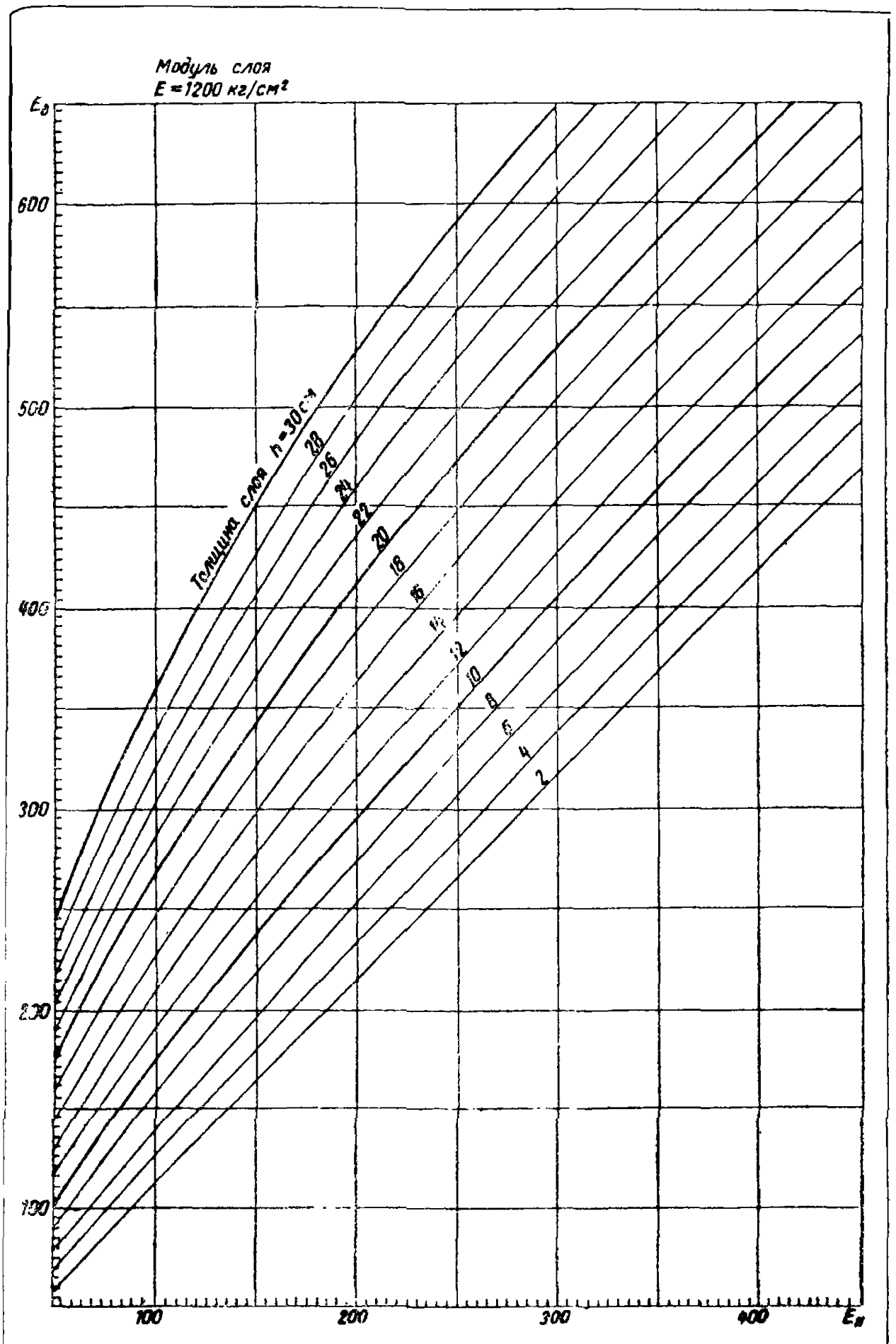

Модуль слоя
E=1700 кг/см²
$E_в$
800
700
600
500
400
300
200
Толщина слоя h=30 см
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
100
200
300
400
500 $E_н$

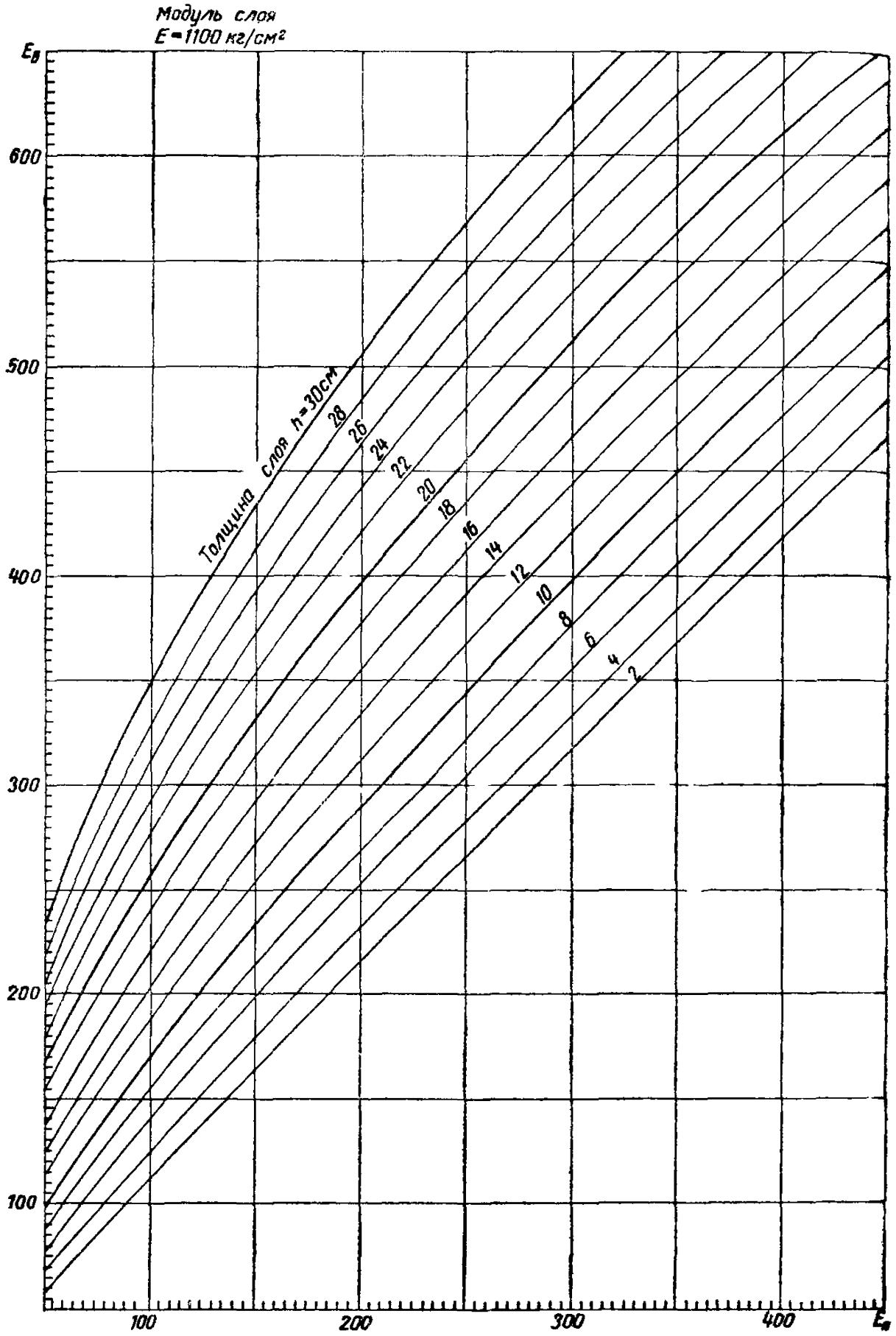

Модуль слоя
E = 1600 кг/см²
$E_в$
760
600
500
400
300
200
100
200
300
400
500 $E_н$
Толщина слоя h = 30 см
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2

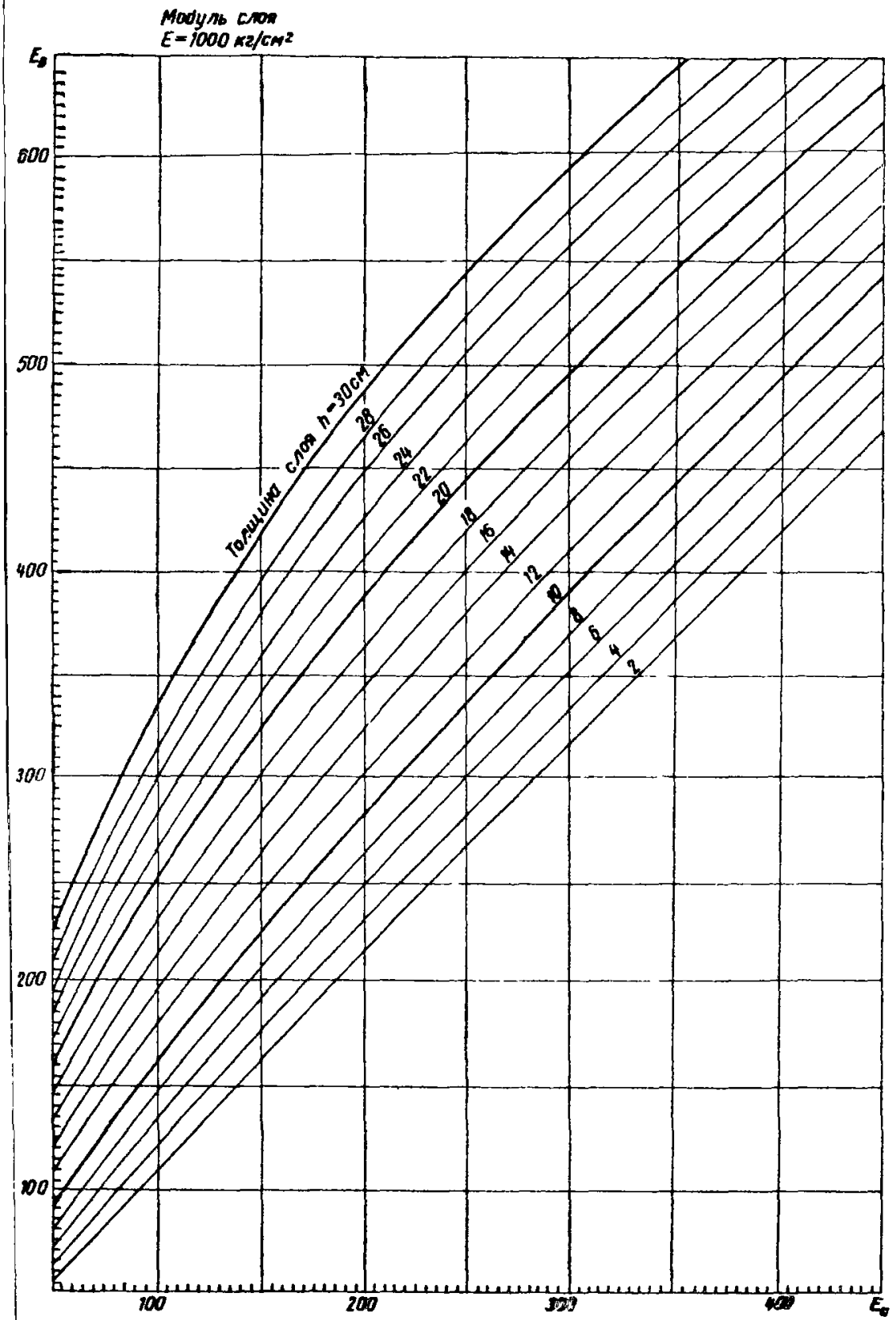

Модуль слоя
E=1500 кг/см²
$E_в$
100
600
500
400
300
200
100
200
300
400
500
Толщина слоя h=30 см
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2

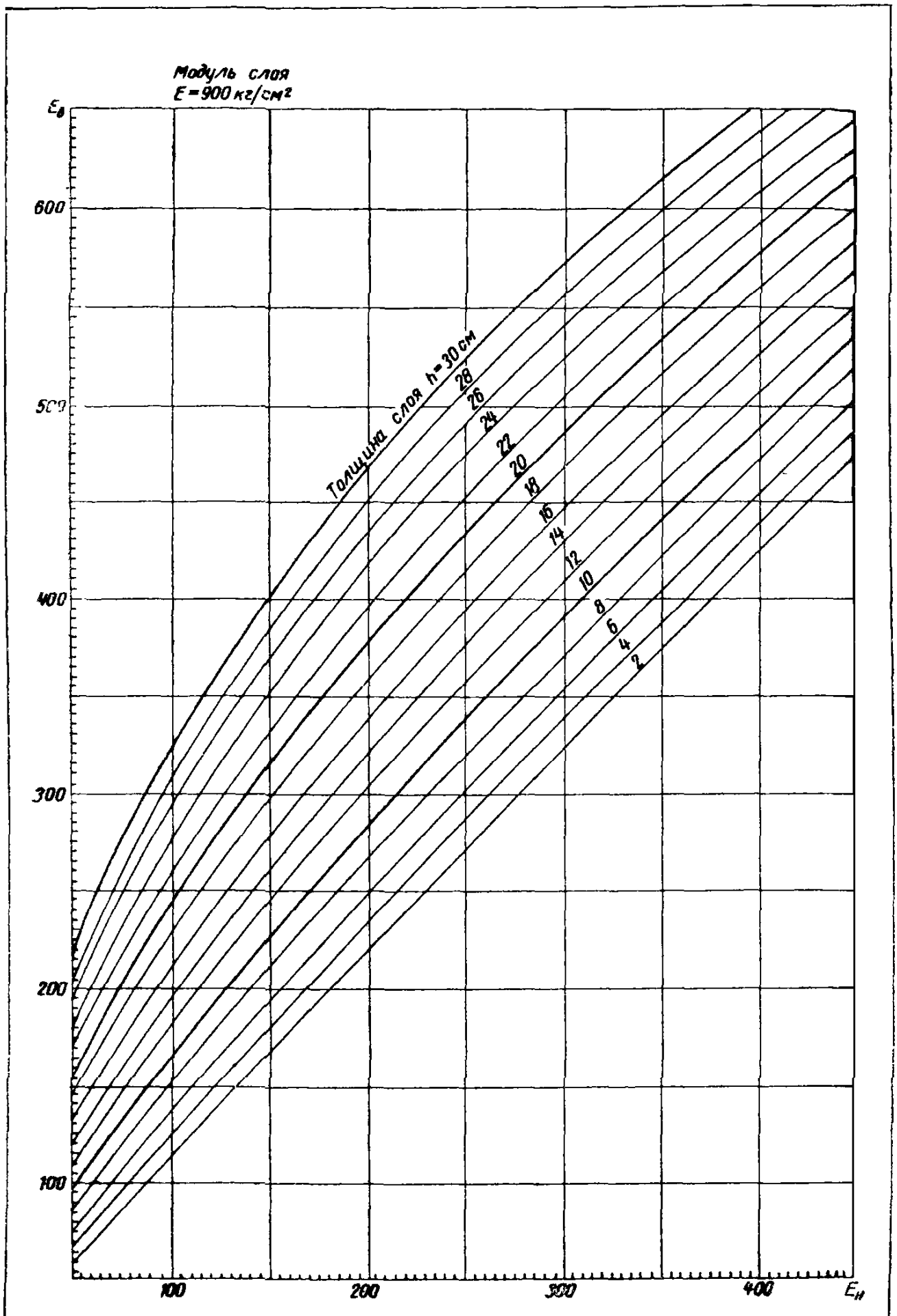

Модуль слоя
E=1400 кг/см²
Eб
700
600
500
400
300
200
100
Толщина слоя h=30см
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
200
300
400
500
Eн

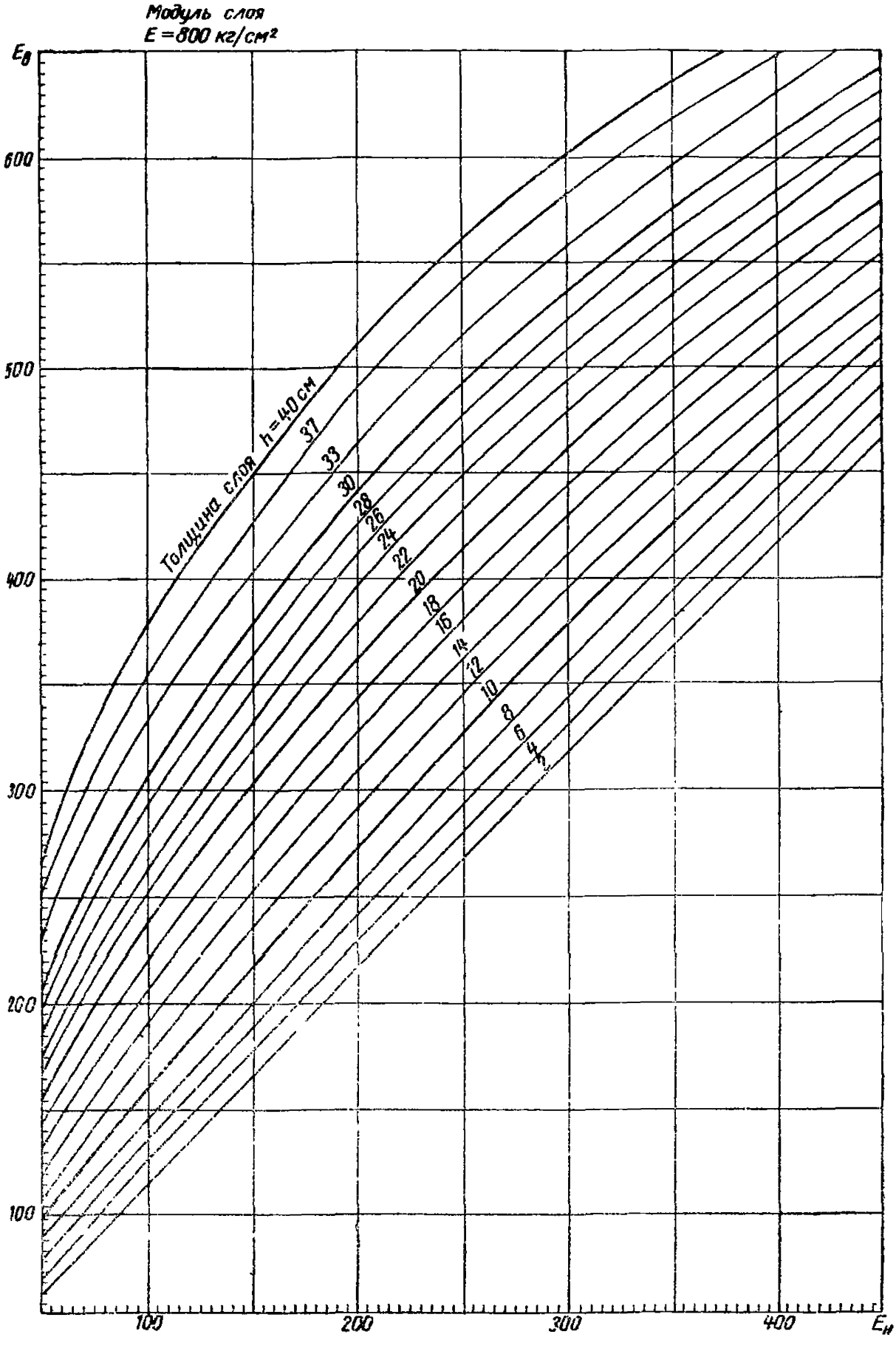

Модуль слоя
E = 1300 кг/см²
E_0
700
600
500
400
300
200
100
200
300
400
500 $E_н$
Толщина слоя h = 30 см
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2

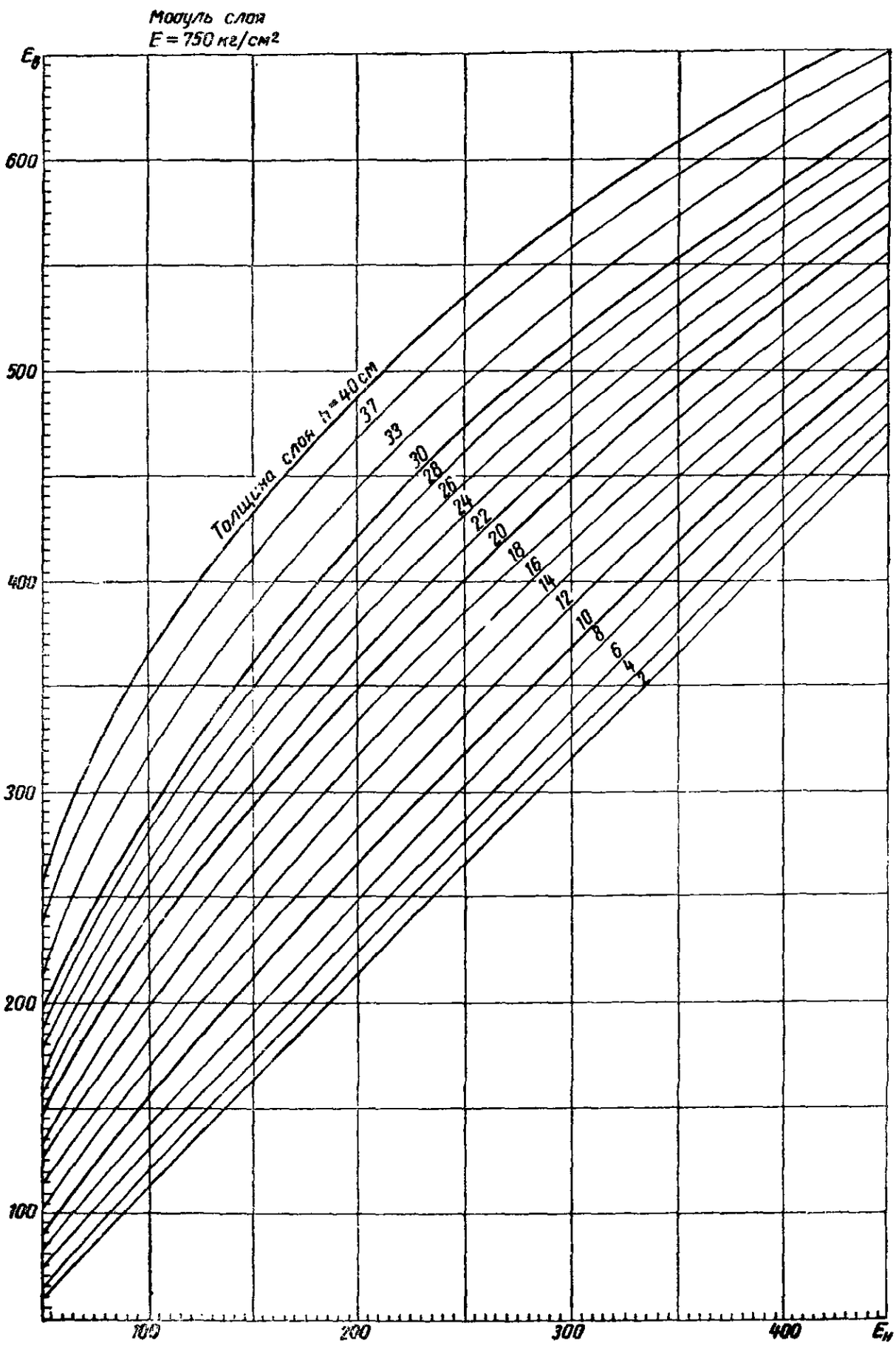

Модуль слоя
E=1200 кг/см²
$E_д$
600
500
400
300
200
100
Толщина слоя h=30 см
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
100
200
300
400
$E_н$

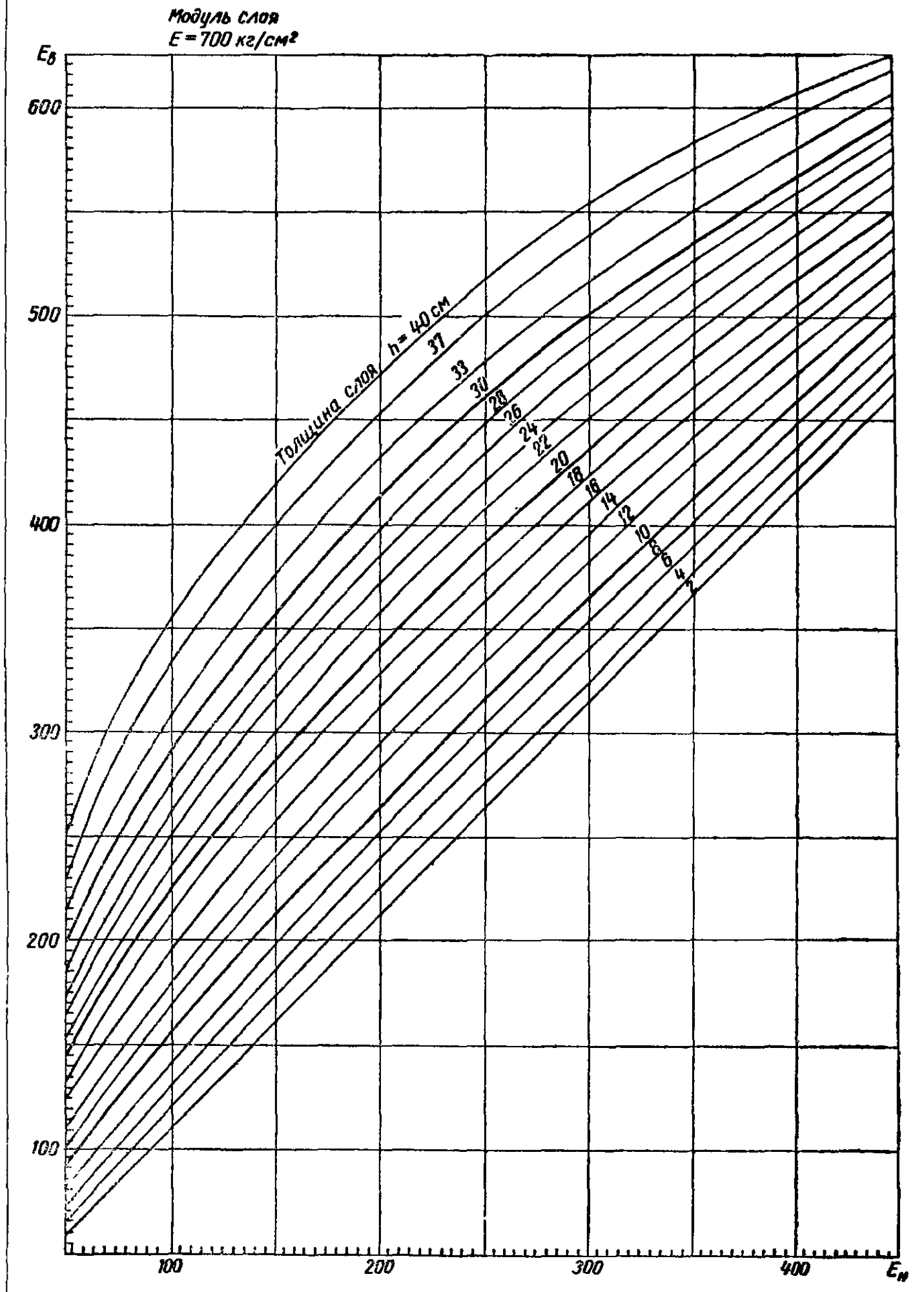

Модуль слоя
E=1100 кг/см²
$E_в$
600
500
400
300
200
100
Толщина слоя h=30см
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
100
200
300
400
$E_н$

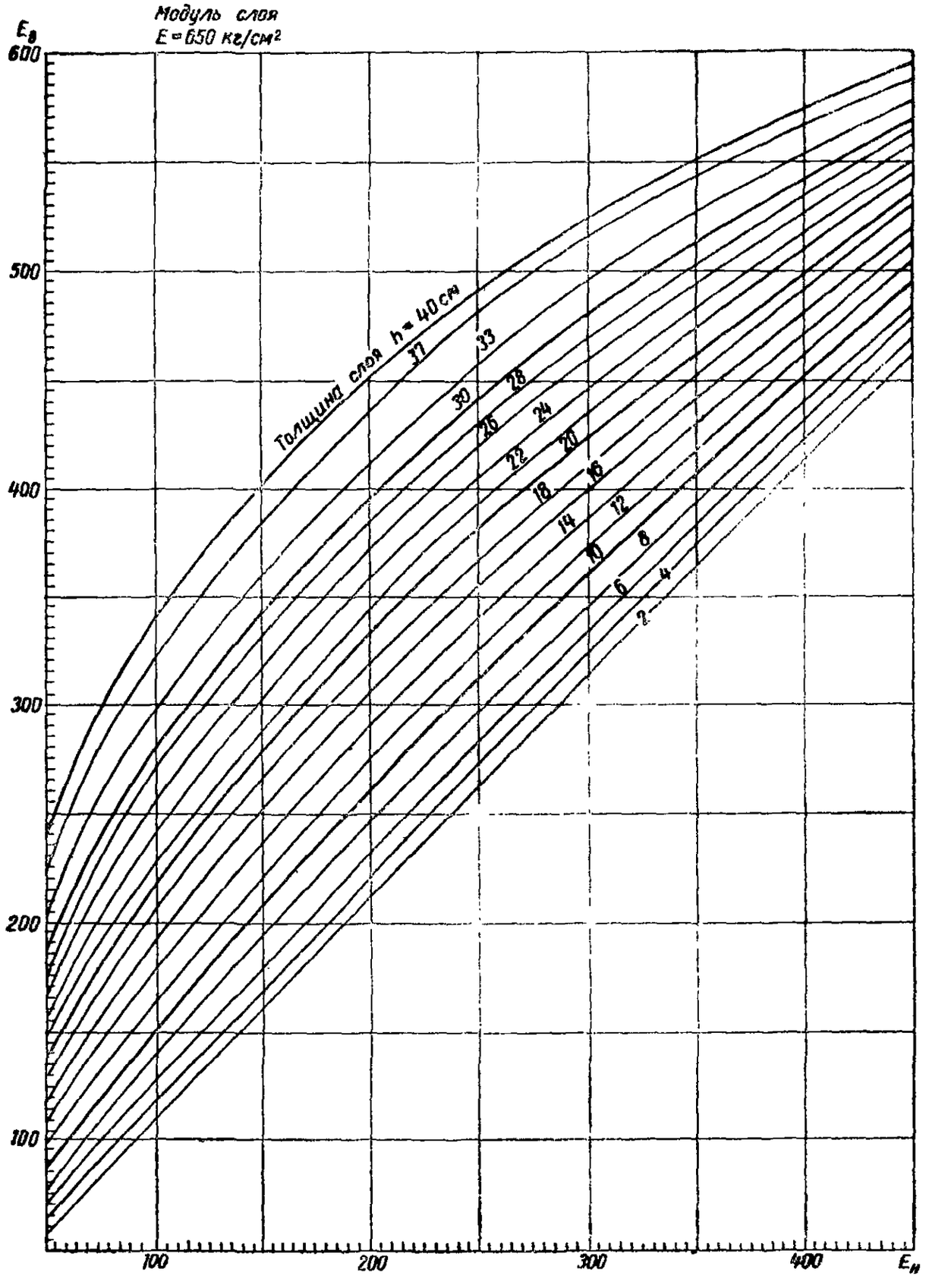

Модуль слоя
E=1000 кг/см²
E_0
600
500
400
300
200
100
Толщина слоя h=30см
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
100
200
300
400
E_0

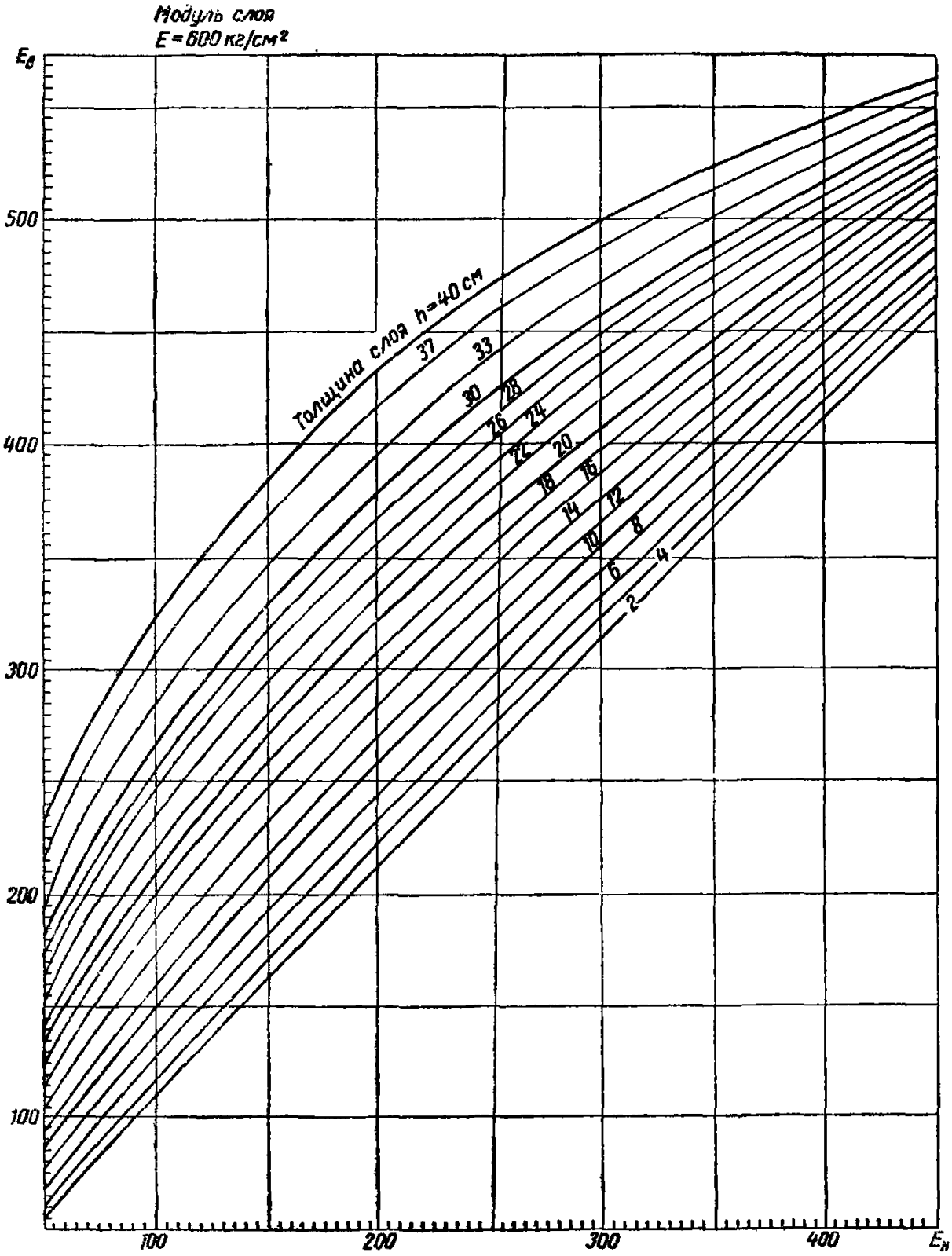

Модуль слоя
E = 900 кг/см²
E_0
600
500
400
300
200
100
Толщина слоя h = 30 см
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
100
200
300
400
$E_н$

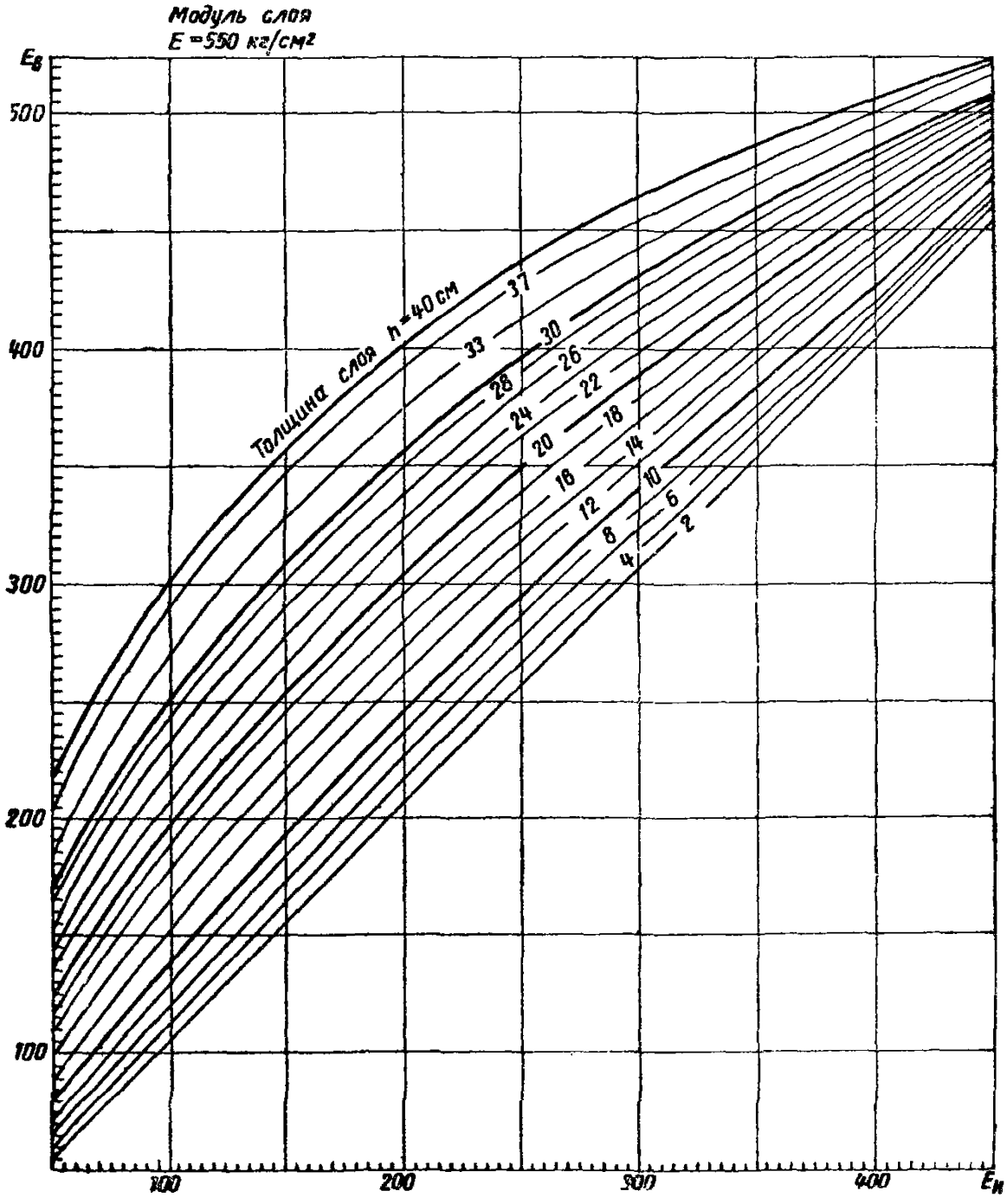

Модуль слоя
E=800 кг/см²
$E_в$
600
500
400
300
200
100
Толщина слоя h=40 см
37
33
30
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
100
200
300
400
$E_н$

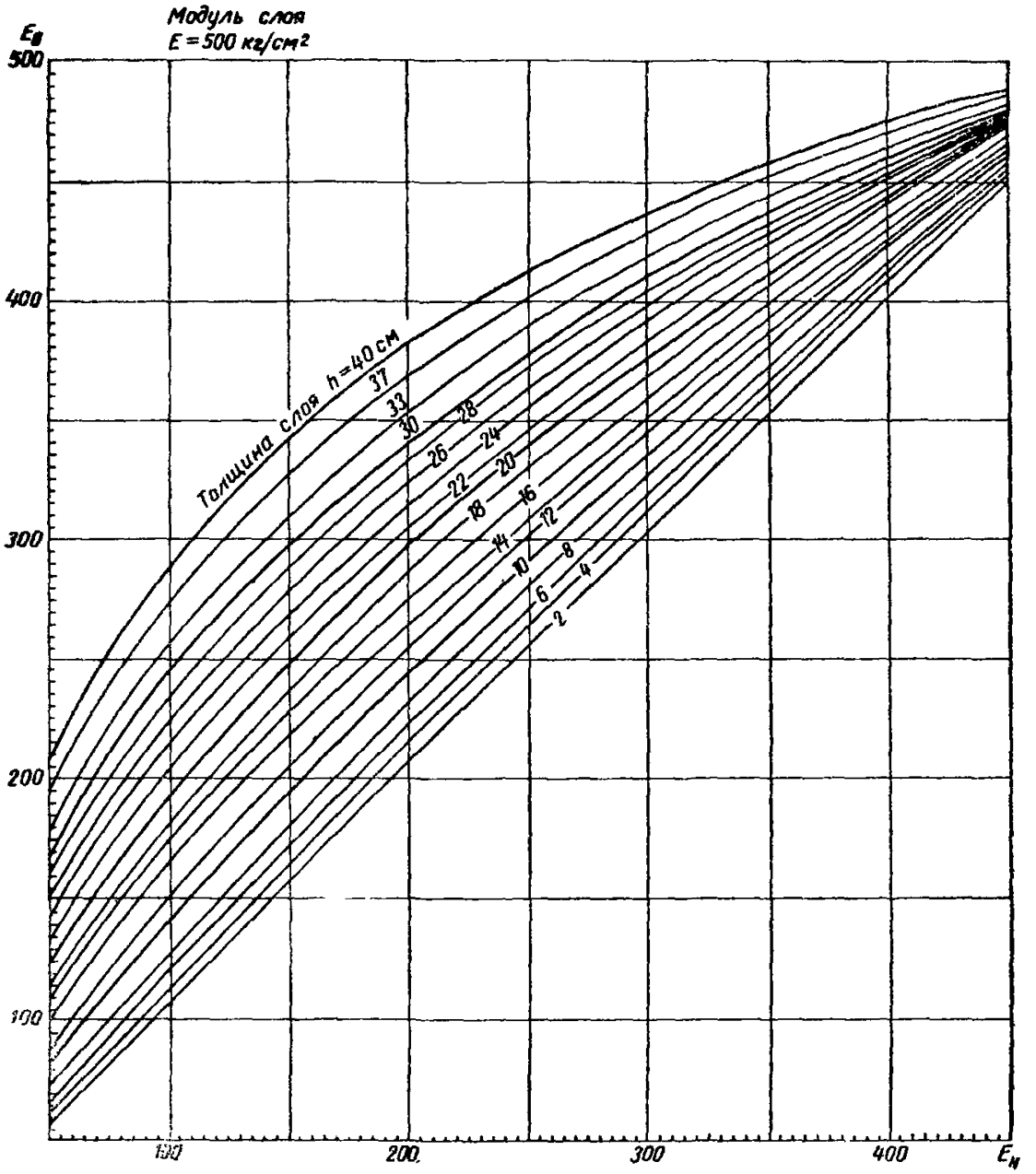

Модуль слоя
E = 750 кг/см²
$E_в$
600
500
400
300
200
100
Толщина слоя h = 40 см
37
33
30
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
100
200
300
400
$E_н$

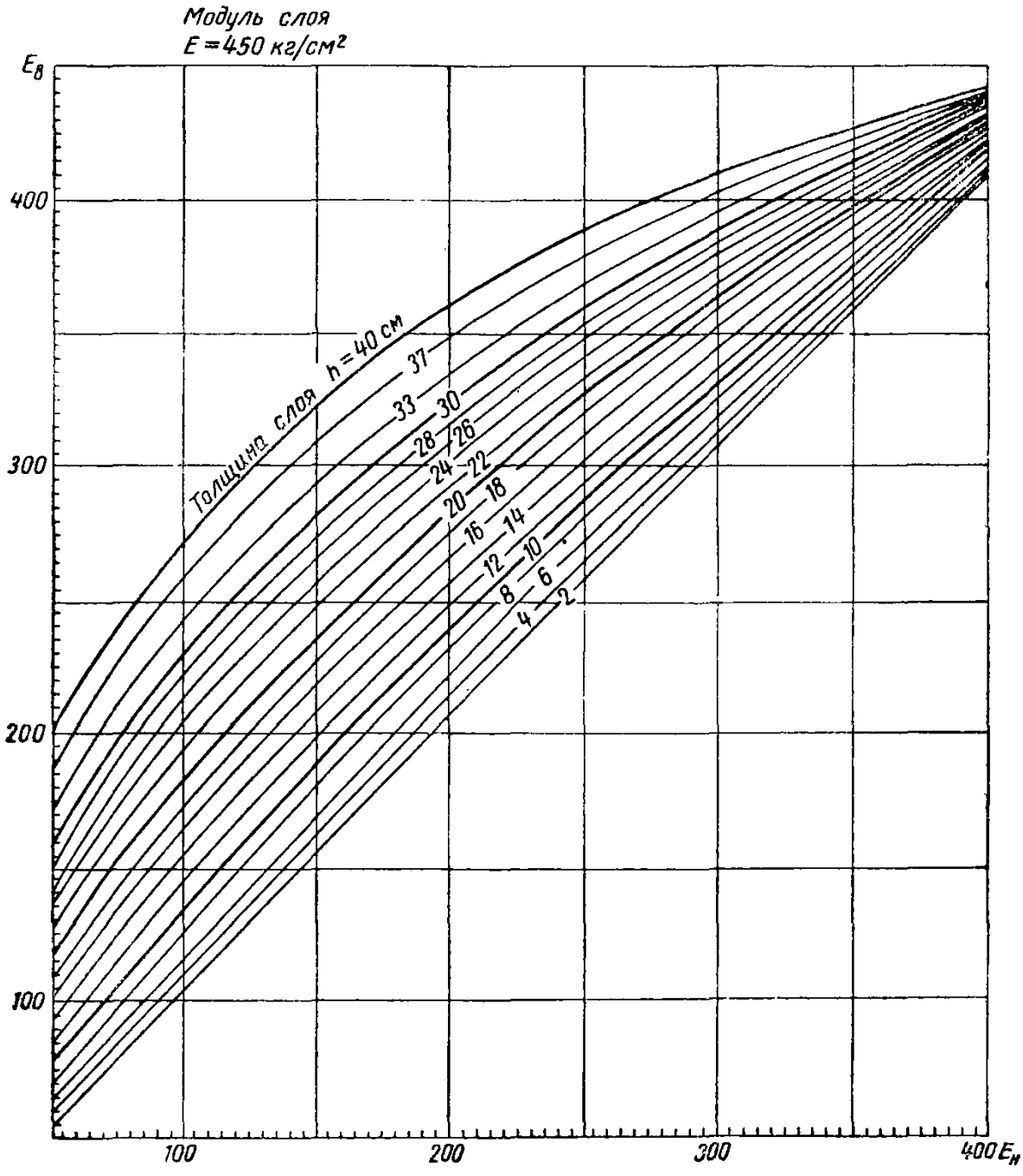

Модуль слоя
E = 700 кг/см²
$E_в$
600
500
400
300
200
100
Толщина слоя h = 40 см
37
33
30
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
100
200
300
400
$E_н$

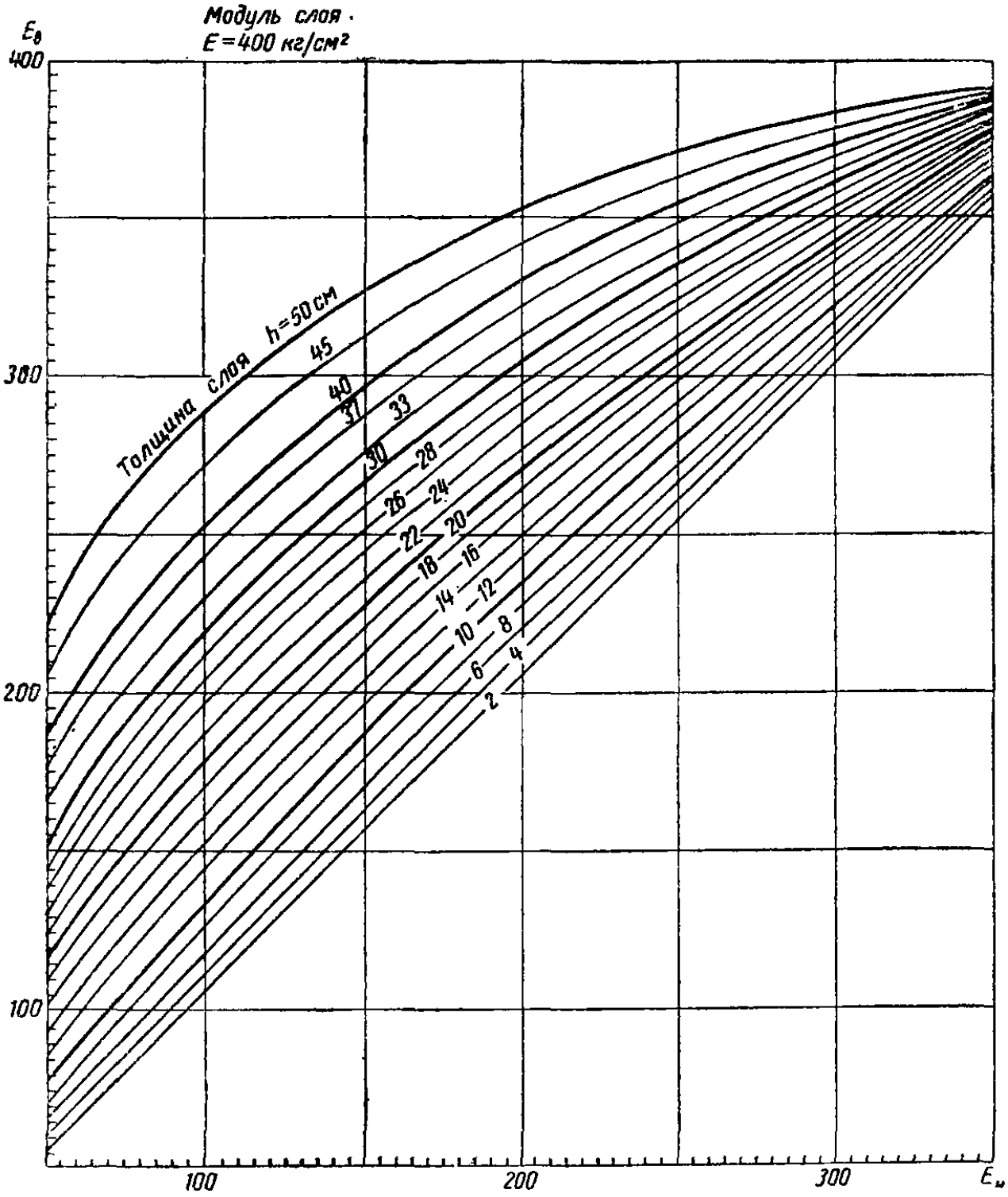

Модуль слоя
E = 650 кг/см²
$E_в$
600
500
400
300
200
100
Толщина слоя h = 40 см
37
33
30
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
100
200
300
400
$E_н$

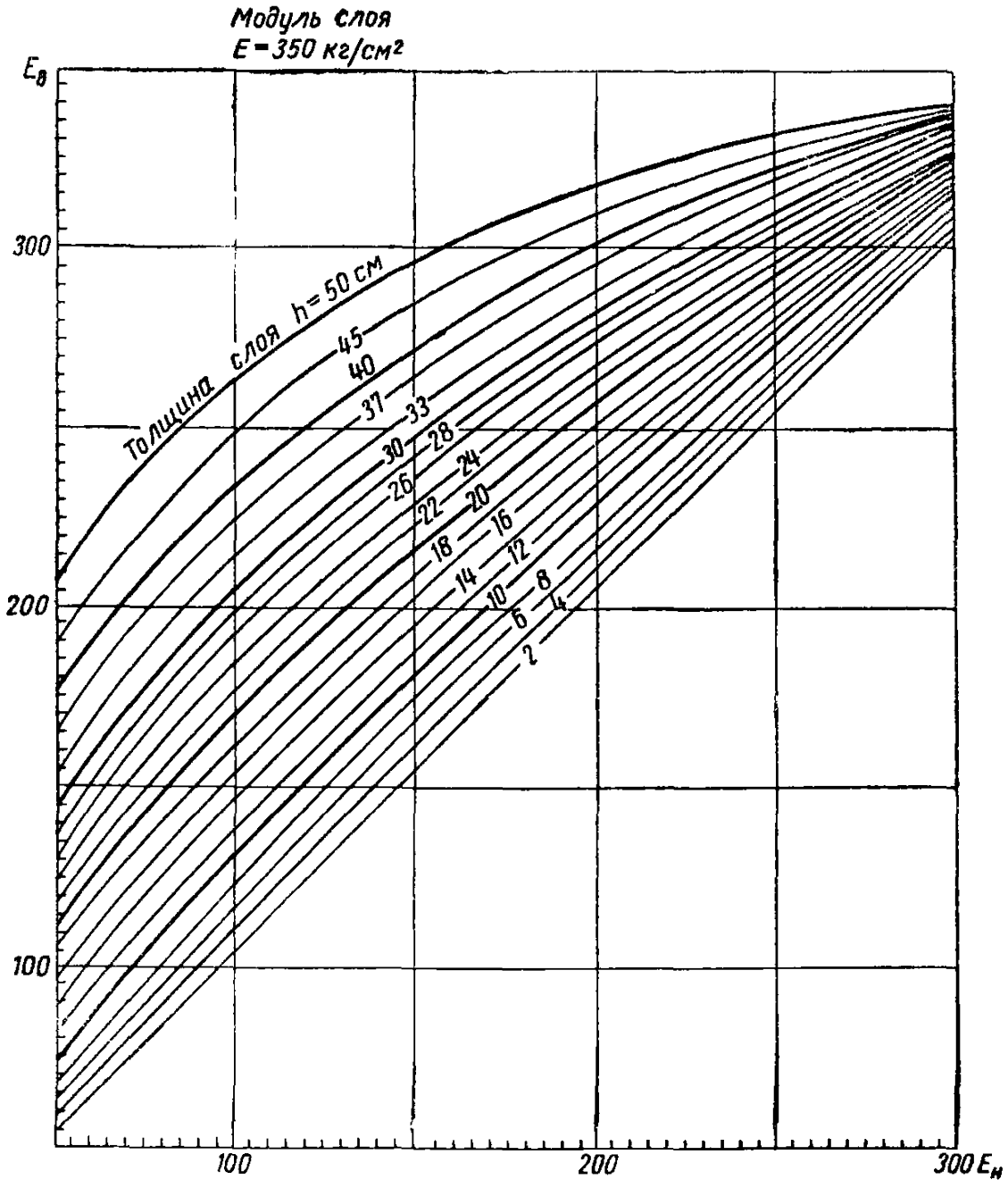

Модуль слоя
E = 600 кг/см²
$E_в$
500
400
300
200
100
Толщина слоя h=40 см
37
33
30
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
100
200
300
400
$E_н$

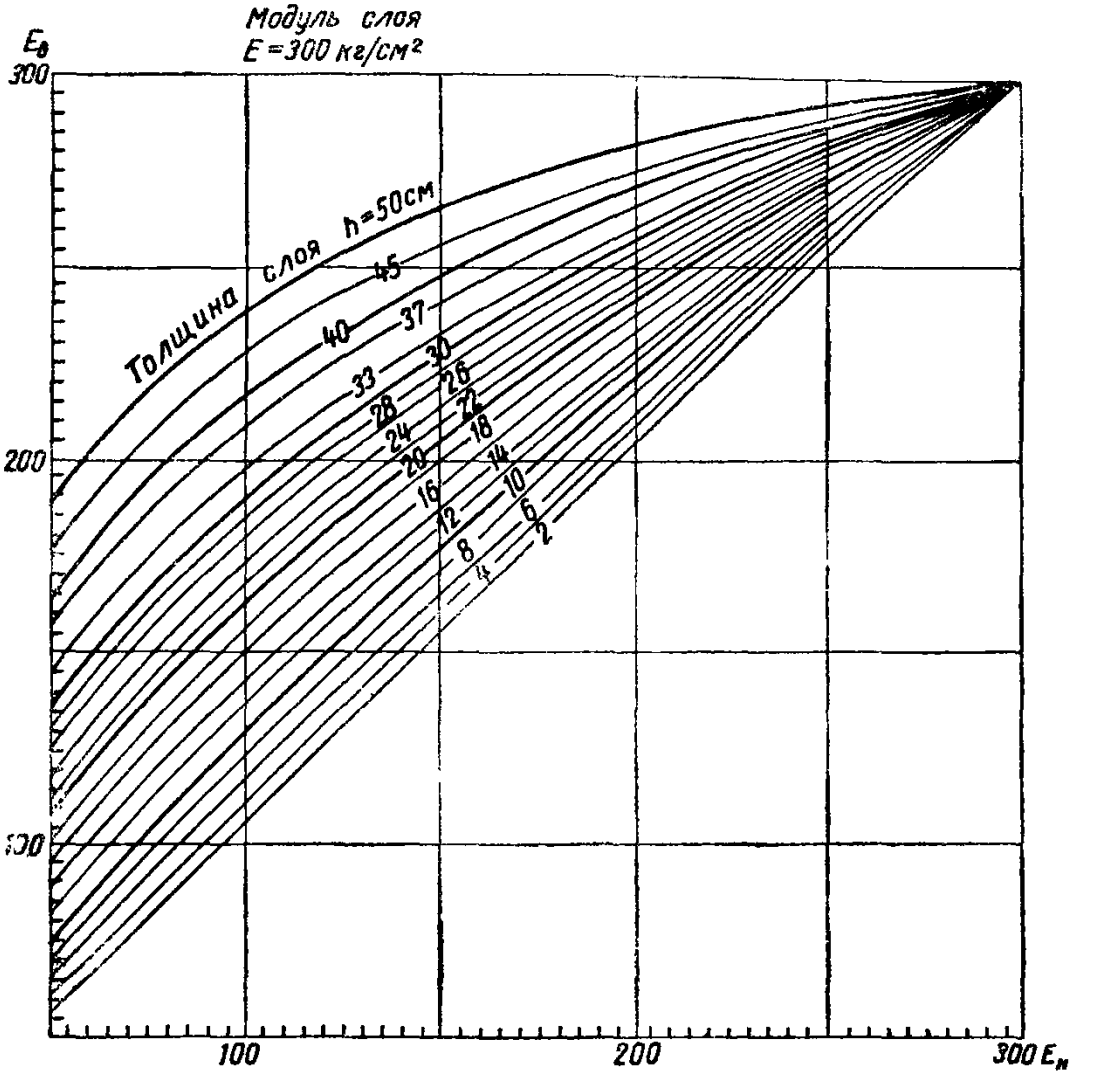

Модуль слоя
E = 550 кг/см²
Eв
500
400
300
200
100
Толщина слоя h = 40 см
37
33
30
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
100
200
300
400
Eн

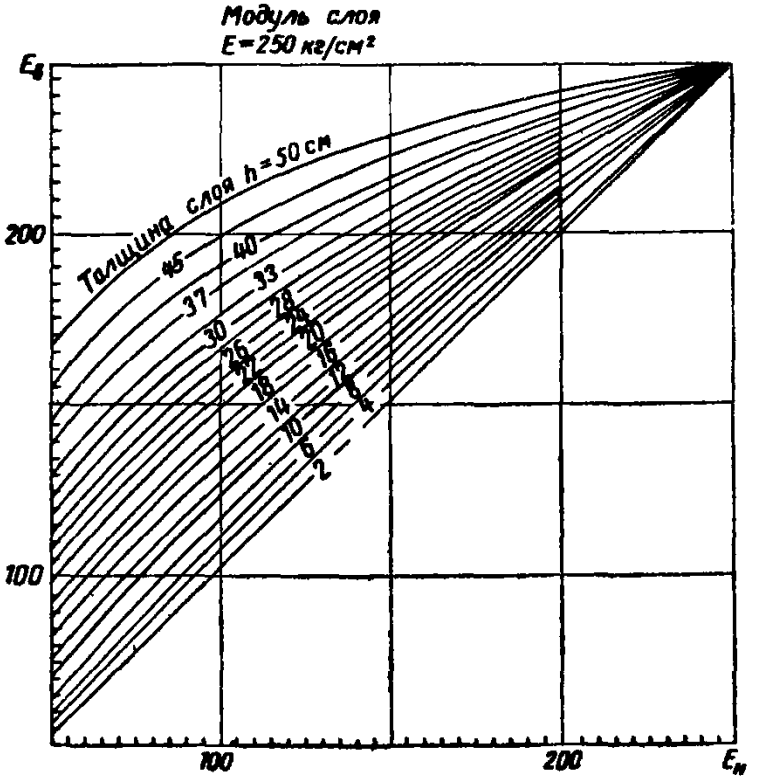

Модуль слоя
E = 500 кг/см²
Eв
500
400
300
200
100
Толщина слоя h=40 см
37
33
30
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
100
200
300
400
Eн

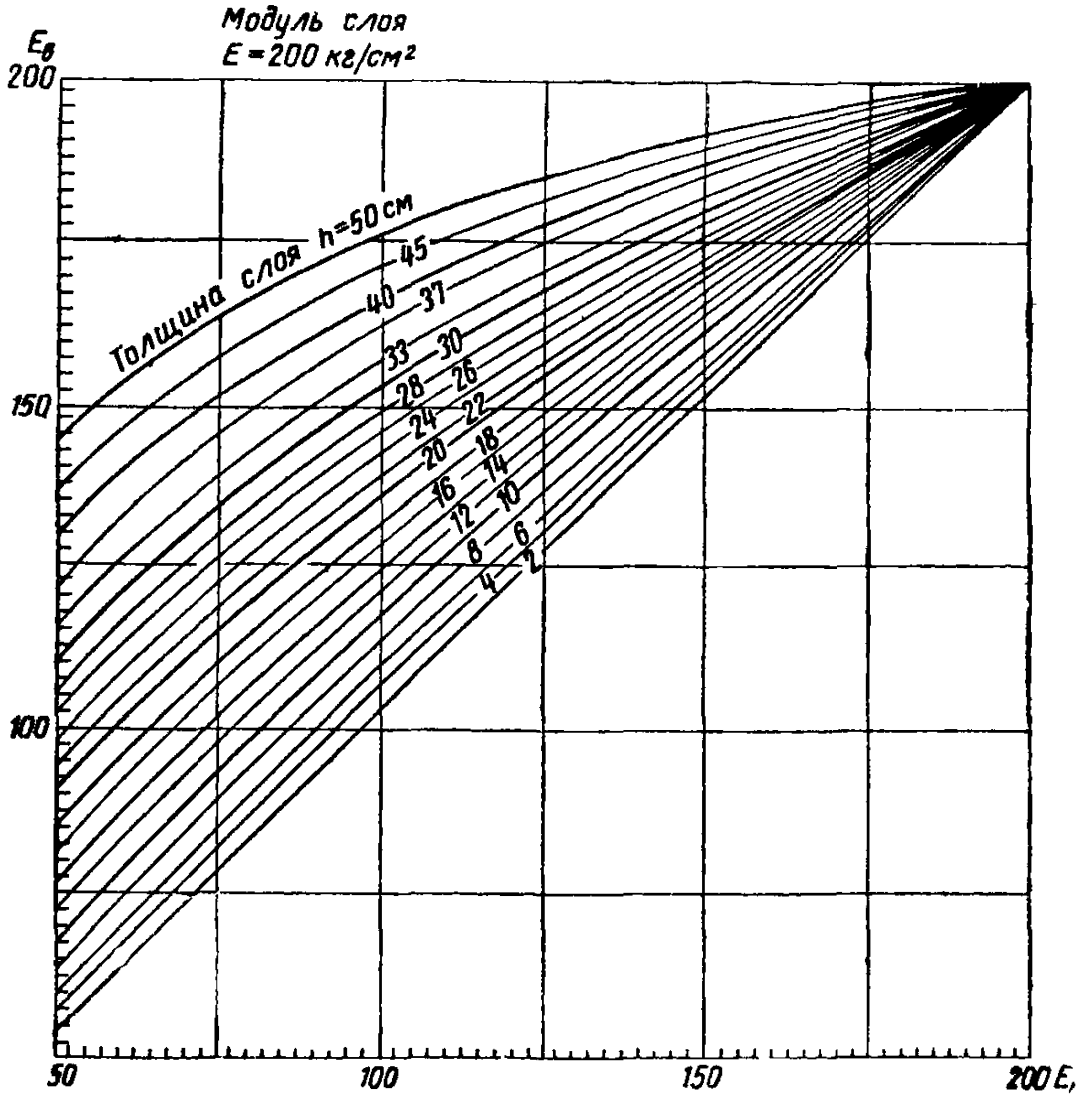

Модуль слоя
E = 450 кг/см²
$E_в$
400
300
200
100
Толщина слоя h = 40 см
37
33
30
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
100
200
300
400
$E_н$

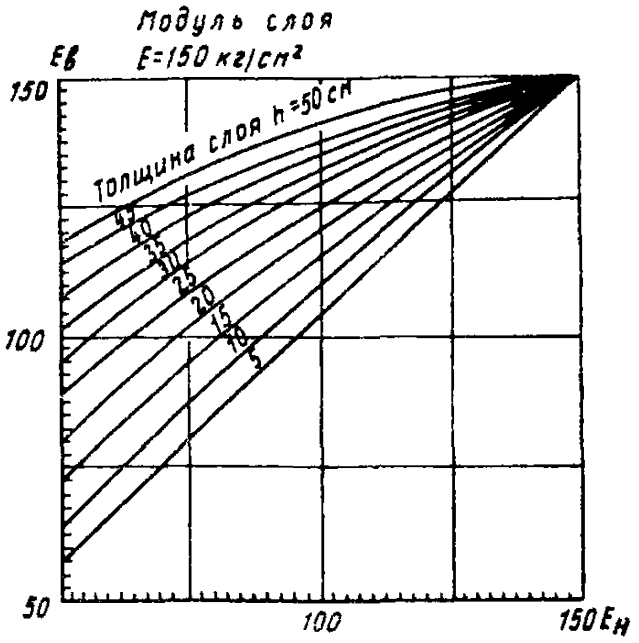

Модуль слоя
E=400 кг/см²
E₀
400
300
200
100
Толщина слоя h=50 см
45
40
37
33
30
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
100
200
300
Eн


Модуль слоя
E = 350 кг/см²
$E_в$
300
200
100
Толщина слоя h = 50 см
45
40
37
33
30
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
100
200
300 $E_н$


Модуль слоя
E=300 кг/см²
E₀
300
200
100
200
300 Eн
Толщина слоя h=50см
45
40
37
33
30
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2


Модуль слоя
E=250 кг/см²
E₀
200
100
100
200
Eн
Толщина слоя h=50 см
45
40
37
33
30
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2


Модуль слоя
E = 200 кг/см²
Eв
200
150
100
50
100
150
200 E,
Толщина слоя h=50 см
45
40
37
33
30
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2


Модуль слоя
Eв
E=150 кг/см²
150
100
50
100
150 Eн
Толщина слоя h=50 см
47
40
33
30
23
20
15
10
5

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

Введение 3

Раздел I. Общие положения 6

Раздел II. Определение требуемой прочности одежды 7

Раздел III. Конструирование дорожной одежды 13

Раздел IV. Определение расчетных величин модулей деформации грунтов и материалов 16

Раздел V. Расчет прочности одежды 23

Раздел VI. Особенности конструирования дорожной одежды при реконструкции дорог 24

Приложение 1. Рекомендуемые расчетные значения модулей деформации материалов в конструкциях дорожных одежд 30

Приложение 2. Методы экспериментального определения модулей деформации грунтов и материалов конструктивных слоев дорожной одежды 36

Приложение 3 Графики для определения толщины слоев дорожной одежды 3

СОЮЗДОРНИИ

Инструкция по назначению конструкций дорожных одежд нежесткого типа

Ответственный за выпуск *А. М. Кривисский*
Редактор *С. С. Иванов*
Технич. ред. *Е. Н. Галактионова*
Корректор *О. Г. Рабинович*

Сдано в набор 10/VIII 1960 г.
Подписано в печать 23/XI 1960 г.
Бумага 60 × 92¹/₁₆
Печатн. л. 5,00 + 1 вклейка = 0,25.
Учетно-изд. л. 5,25
Л-135938 Тираж 5000 Цена 27 коп. Зак. 861

Автотрансиздат — Москва, В-35,
Софийская наб., 34
1-я тип. Автотрансиздата — Москва, В-35,
Софийская наб., 34

gost.e-ecolog.ru