ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ПРИ СОВЕТЕ МИНИСТРОВ СССР

ГЛАВДОРСТРОЙ

ИНСТРУКЦИЯ ПО НАЗНАЧЕНИЮ КОНСТРУКЦИЙ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД НЕЖЕСТКОГО ТИПА

ВИ 103—57

Главдорстрой СССР

АВТОТРАНСИЗДАТ
Москва 1957

gost.e-ecolog.ru

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ПРИ СОВЕТЕ МИНИСТРОВ СССР

ГЛАВДОРСТРОЙ

УТВЕРЖДЕНА
Главдорстроем СССР
15 апреля 1957 г.

ОДОБРЕНА
Техническим Советом
Главдорстроя СССР
14—15 марта 1957 г.

ИНСТРУКЦИЯ ПО НАЗНАЧЕНИЮ КОНСТРУКЦИЙ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД НЕЖЕСТКОГО ТИПА

ВИ 103—57

Главдорстрой СССР

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
АВТОТРАНСПОРТНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
Москва 1957

Настоящая Инструкция является третьим, переработанным и дополненным изданием «Инструкции по назначению конструкций дорожных одежд нежесткого типа», выпущенной в свет в 1949 и 1954 гг.

В Инструкции изложены методы расчета и указания по конструированию одежд нежесткого типа.

При переработке Инструкции учтен накопившийся опыт применения разработанного в СССР метода расчета толщины дорожных одежд нежесткого типа, а также уточнены отдельные расчетные показатели и характеристики грунтов и материалов.

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

С изданием настоящей Инструкции отменяется «Инструкция по назначению конструкций дорожных одежд нежесткого типа» (Автотрансиздат, 1954).

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Введение	3
Раздел I. Об ие положения	6
Раздел II. Определение требуемой прочности одежды	7
Раздел III. Конструирование дорожной одежды	11
Раздел IV. Определение расчетных величин модулей деформации грунтов и материалов	13
Раздел V. Расчет прочности одежды	18
Раздел VI. Особенности конструирования дорожной одежды при реконструкции дорог	19
Приложение 1. Рекомендуемые расчетные значения модулей деформации материалов в конструкциях дорожных одежд	25
Приложение 2. Методы экспериментального определения модулей деформации грунтов и материалов конструктивных слоев дорожной одежды	29
Приложение 3. Графики для определения толщины слоев дорожной одежды	37

Главдорстрой СССР

Инструкция по назначению конструкций дорожных одежд нежесткого ту

(ВИ 103—57 / ГДСТР—СССР)

Ответственный за выпуск *А. П. Алексеев*
Техн. редактор *Н. В. Малькова* Корректор *В. В. Никола*

Сдано в набор 4/VI 1957 г. Подписано в печать 19/X 1957
Бумага 70×108¹/₁₆ Физич. п. л. 4,75 (1 вкл.— 0,25 п. л.) Условн. п. л. 6,51
Учетно-изд. л. 5,78
Л-111348 Тираж 4500 экз. Цена 2 р. 90 к. Заказ 968

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

Главное Управление по строительству автомобильных дорог при Совете Министров СССР	**Ведомственные строительные нормы, правила и инструкции** **ИНСТРУКЦИЯ по назначению конструкций дорожных одежд нежесткого типа**	ВИ 103—57 ГДСТР СССР Взамен Инструкции по назначению конструкций дорожных одежд нежесткого типа изд. 1954 г.

ВВЕДЕНИЕ

Создание прочной и в то же время экономичной конструкции дорожной одежды возможно лишь в том случае, если будут правильно учтены все 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, находящихся в упругопластичном состоянии. Нельзя поэтому обосновывать расчетом конструкции, не отвечающие этому состоянию, например: уложенные на заниженное земляное полотно, устроенное из неблагоприятных грунтов, в условиях избыточного увлажнения и опасного зимнего вспучивания; одежды, в состав которых входят материалы, переходящие в пластичное состояние при увлажнении, и др.

В связи с изложенным в настоящей Инструкции наряду с ограничением условий возможного применения расчета прочности одежды значительно расширены разделы, посвященные назначению рациональной конструкции дороги в целом, включая рекомендации по обеспечению устойчивости земляного полотна, водоотводу, дренажным устройствам и др.

Внесена Союздорнии Главдорстроя СССР	*Утверждена Главдорстроем СССР 15 апреля 1957 г.*	*Срок введения 1 июля 1957 г.*

Весьма важным вопросом при конструировании и расчете прочности одежд является правильное назначение расчетных характеристик — модулей 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. При этом следует иметь в виду, что расчетные значения модулей определяются не только составом и свойствами грунта и материалов, но в подавляющем большинстве случаев зависят от условий увлажнения и дренирования, режима промерзания и оттаивания отдельных конструктивных 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 к Инструкции приводятся основные методы определения расчетных величин модулей деформации грунтов и материалов.

В дальнейшем одной из первоочередных задач является накопление данных для уточнения расчетных значений модулей деформации.

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 недостаточной.

В связи с этим, а также для обеспечения пропуска по дорогам отдельных нагрузок, превышающих расчетные, в Инструкцию введены минимальные значения требуемых модулей деформации одежды на дорогах разных категорий.

Учет опыта 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, если судить по проектным данным, 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 назначается с учетом категории дороги и требуемых эксплуатационных качеств и обосновывается технико-экономическими расчетами.

При расчете прочности нежестких одежд по предлагаемой методике учитываются только вертикальные нагрузки от колес 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 строительстве 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, и др.

В заключение необходимо указать, что настоящая 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 и на основе этого обоснованы назначаемые конструкции, а также основные расчетные характеристики грунта земляного полотна и конструктивных слоев одежды.

В процессе дальнейших исследований должны получить более глубокое обоснование отдельные зависимости, учитываемые пока в расчетах, путем введения эмпирических коэффициентов, полученных на основании обобщения экспериментальных данных и производственного опыта (значения коэффициента повторности, относительных расчетных прогибов и др.). Должны также систематически уточняться и детализироваться 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.

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 устраиваются 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 укладывается 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 грунт. Основание устраивают обычно с максимальным использованием местных материалов; оно также может состоять из нескольких слоев. В состав основания входят, в тех случаях, когда это оказывается необходимым, дополнительные подстилающие несущие слои, которые выполняют также функции дренирующих, морозозащитных, выравнивающих, противозаиливающих и других слоев основания.

Дорожную одежду укладывают на хорошо уплотненное земляное полотно, сконструированное таким образом, чтобы исключалась возможность избыточного увлажнения подстилающего одежду грунта.

В отдельных случаях в дорожной одежде может и не быть четко выраженного деления на покрытие и основание, 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 являться 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 выполнения 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 должен быть подробно учтен и использован опыт работы одежд на существующих дорогах в районе проектирования.

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

1) определяется требуемая прочность (модуль деформации) одежды;

2) проектируется конструкция дорожной одежды на каждом участке и устанавливаются расчетные значения модулей деформации грунта и конструктивных слоев;

3) производится расчет прочности запроектированных конструкций и уточняется толщина отдельных слоев.

Раздел II
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРЕБУЕМОЙ ПРОЧНОСТИ ОДЕЖДЫ

§ 5. Требуемый модуль деформации одежды устанавливается, исходя из условия, чтобы накапливающаяся под действием повторных нагрузок деформация одежды не достигала критической величины, при которой происходит разрушение покрытия либо образуются недопустимые по условиям движения по дороге неровности.

Требуемый модуль деформации одежды назначается с учетом категории дороги, состава и интенсивности перспективного движения, а также типа покрытия и рассчитывается по формуле:

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

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 (§ 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 ($\mu = 1$).

§ 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.

Таблица 1

Категория дороги	Тип покрытий	Наименование покрытий	Принимаемая в расчете допускаемая относительная деформация[1] λ
I-II-III	Усовершенствованные капитальные	Асфальтобетонные	0,035
III-IV	Усовершенствованные облегченные . . .	Черные щебеночные и черные гравийные[2]	0,040
IV-V	Переходные . . .	Щебеночные, а также мостовые из булыжного и колотого камня	0,050
		Грунтовые, обработанные цементом	0,040
		Гравийные, а также из грунта, обработанного жидким битумом или дегтем	0,060

[1] Допускаемая относительная деформация λ выражается в относительных величинах (отношение вертикального смещения l, *см*, к диаметру D, *см*, круга, эквивалентного по площади следу колеса расчетного автомобиля).

[2] Покрытия из черных щебеночных смесей, изготавливаемых горячим способом смешением в установке с вязкими битумами, при расчетах приравниваются к асфальтобетонным.

§ 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 = 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 производят расчет прочности одежды (§ 14). 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. 1. 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. 1 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 с вертикальной линией сносят на горизонтальную ось, где читают эквивалентное количество расчетных автомобилей.

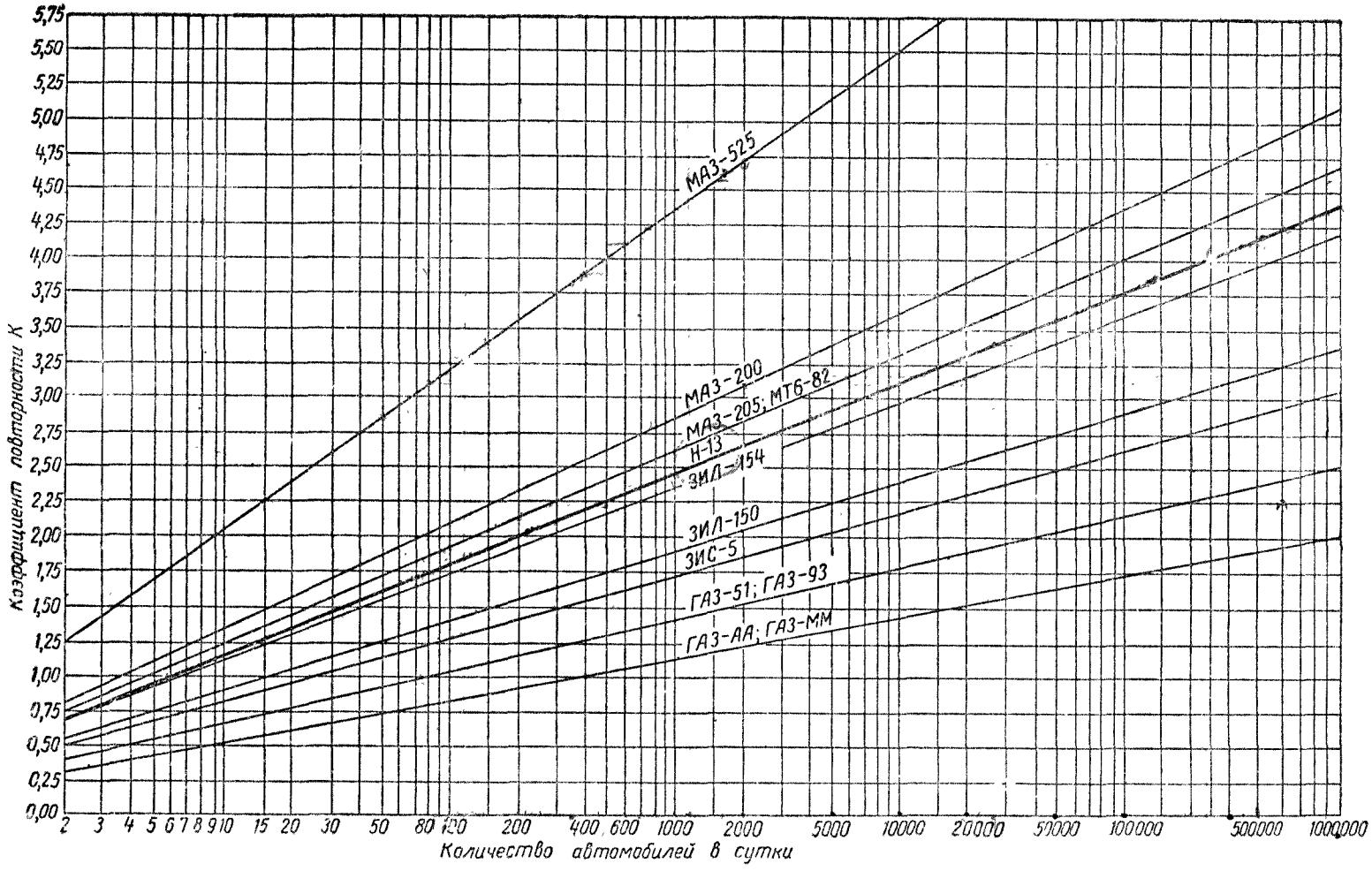

Рис. 1. График для приведения интенсивности движения к расчетной Н-13

Характеристика автомобилей разных марок приведена в табл. 2.

Таблица 2

Значения расчетных величин для автомобилей разных марок

Марка автомобилей	Размеры шин, дюйм	Общая нагрузка P на ось, $кг$	Расчетное удельное давление на одежду p^*, $кг/см^2$	Площадь следа колеса, $см^2$	Расчетный диаметр следа колеса D, $см$	Группа по тоннажу
ГАЗ-51	7,5 × 20	3750	3,9	480	25	Легкие (1,5—2,5 $т$ на колесо)
ГАЗ-93	7,5 × 20	3850	3,9	493	25	
ЗИС-8	9 × 20	3970	4,5	445	24	
ЗИС-5	9 × 20	4660	4,5	533	26	
ЗИЛ-585	9 × 20	5450	4,2	674	29	Средние (2,8—3,5 $т$ на колесо)
ЗИЛ-150	9 × 20	6020	4,4	683	29,5	
ЗИЛ-154	12 × 20	6920	6	576	27,1	
Троллейбус МТБ-82	11 × 20	8700	5,75	756	31	Тяжелые (4—5 $т$ на колесо)
МАЗ-205	12 × 20	8390	6	700	30	
ЯАЗ-210	12 × 20	2 × 8980	6	748	30,9	
Расчетный автомобиль Н-13	—	9100	5	—	34	
МАЗ-200	12 × 20	10100	6	841	32,8	Очень тяжелые (более 5 $т$ на колесо)
МАЗ-525	17 × 32	31000	5	2818	59,9	

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

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

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

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

N_p — расчетная приведенная интенсивность движения в обоих направлениях.

Выражение (2) получено экспериментально на основании изучения работы дорог с двухполосной проезжей частью; при этом $\gamma = 1$. 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 выражении (2) величину γ при однополосной проезжей части следует принимать равной 2. При четырехполосной проезжей части γ равняется 0,45. Расчетная приведенная интенсивность движения устанавливается 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.

В расчет, как правило, вводится среднесуточная интенсивность движения в неблагоприятный в отношении увлажнения земляного полотна (обычно весенний) период года. Однако при ярко выраженной сезонности перевозок рекомендуется производить проверку на перспективную суточную интенсивность движения в период наибольшего движения.

В случае невозможности достоверно установить сезонную интенсивность движения на перспективный период расчет ведется на перспективную суточную интенсивность движения, среднюю за весь год.

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

Табл. А

Категория дороги	Тип покрытия		
	усовершенствованный капитальный	усовершенствованный облегченный	переходный
I	700	650	—
II	600	600	—
III	560	500	—
IV—V	—	380	300

Раздел III
КОНСТРУИРОВАНИЕ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ

§ 10. Конструкции дорожной одежды разрабатываются 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 приводятся лишь основные положения, которыми следует руководствоваться при конструировании нежесткой дорожной одежды.

§ 11. Количество слоев и вид материалов для каждого из них при разработке конструкции одежды назначают с таким расчетом, чтобы в результате была получена надежная в эксплуатации и наиболее экономичная в данных условиях конструкция. В связи с этим должны быть учтены следующие основные требования:

А. Верхние слои оснований 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

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

в эксплуатации модули деформации материала верхнего слоя оснований должны быть не ниже:

при однослойных асфальтобетонных покрытиях 1000 *кг/см²*
» двухслойных » » 800 »

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

В связи с изложенным верхний слой оснований под асфальтобетонные покрытия следует устраивать из: заклиненного 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 обработанного цементом грунта.

Верхние слои оснований под усовершенствованные облегченные покрытия следует устраивать из материалов с модулем деформации не ниже 700 *кг/см²*.

Б. Для сооружения нижних слоев оснований, а также одежд на дорогах IV—V категорий могут широко применяться разнообразные естественные и местные материалы и отходы промышленности, в том числе и пониженной прочности, а также стабилизированные грунты.

Желательно, чтобы отношение модулей деформации рядом расположенных конструктивных слоев не превышало 2,5—3.

Нецелесообразно укладывать в дорожную одежду материалы с расчетным модулем деформации менее 1,5 $E_{осн}$, где $E_{осн}$ — эквивалентный модуль деформации нижележащих слоев либо подстилающего грунта. Такие конструкции, как правило, неэкономичны.

В. 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, либо стабилизированных грунтов.

Однако толщина отдельных слоев должна быть достаточной для того, чтобы обеспечивалось надлежащее формирование слоя и надежная его работа в эксплуатации. В табл. 3 приводятся минимальные конструктивные толщины слоев из разных материалов.

Таблица 3

Материалы	Минимальная толщина слоя, *см*
Холодный мелкозернистый асфальтобетон (дегтебетон)	1,5
Асфальтобетон (дегтебетон), укладываемый в горячем состоянии (в зависимости от крупности скелета)	3—4,5
Щебеночные и гравийные материалы, обработанные вяжущим по способу смешения	5
Стабилизированный грунт:	
а) при обработке органическими вяжущими по способу смешения на дороге	6
б) то же, в установке	4
в) при обработке цементом	12
Щебеночные и гравийные материалы необработанные:	
а) на песке	13—15
б) на прочном (каменном или из стабилизированного грунта) оснований	
для щебня	8
для гравия	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 в потоке 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.

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

Д. При конструировании одежд, подлежащих в дальнейшем усилению и совершенствованию в связи с предполагаемым ростом движения, рекомендуется обеспечивать требуемую на первой стадии прочность одежды 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.

Е. В случае укладки крупнопористых материалов (щебень, камень и др.) непосредственно на глинистый, суглинистый или пылеватый грунт земляного полотна должна предусматриваться изолирующая прослойка, исключающая проникание грунта при его увлажнении в слой материала. Прослойки могут устраиваться из песка, мелкого шлака, высевок, стабилизированного грунта и других материалов, не переходящих в пластичное состояние при увлажнении. Толщина прослоек назначается по конструктивным соображениям, но не менее размера наиболее крупных частиц изолируемого материала.

Ж. Для отвода воды, поступающей в дорожную одежду с поверхности, а также перераспределяющейся при промерзании и накапливающейся в результате передвижения влаги в жидком, а также в 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 (табл. 7) на дорогах I—III категорий. В других климатических зонах и на дорогах низших категорий подстилающие слои из дренирующих материалов следует назначать лишь 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 путем устройства сплошного дренирующего слоя под обочинами, укладки труб или устройства дренажных воронок.

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:

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

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

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

г) назначение модулей деформации грунтов и материалов по таблицам, приведенным в этой Инструкции (табл. 4 и табл. 8—12 приложения 1). В зависимости от объекта и стадии проектирования используются различные методы назначения расчетных величин модулей деформации.

Таблица 4

Расчетные значения модулей деформации грунтов в различных климатических зонах в зависимости от конструкции земляного полотна

Тип местности по характеру и степени увлажнения (по табл. 6)	Группа грунтов по табл. 7	Модули деформации грунтов, *кг/см²*, в различных климатических зонах							
		Зона II		Зона III		Зона IV		Зона V	
		в насыпях, соответствующих Н и ТУ	в нулевых отметках и выемках	в насыпях, соответствующих Н и ТУ	в нулевых отметках и выемках	в насыпях, соответствующих Н и ТУ	в нулевых отметках и выемках	в насыпях, соответствующих Н и ТУ	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	80—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).

При новом строительстве расчетные величины модулей деформации земляного полотна назначаются по табл. 4, причем принятые в проекте величины модулей обосновываются анализом местных климатических грунтовых и гидрологических условий с учетом проектируемой конструкции земляного полотна, намечаемых способов его возведения и уплотнения. На стадии рабочего проектирования на основании непосредственных испытаний законченного земляного полотна можно вносить коррективы в принятые величины модулей деформации грунтов.

При реконструкции или капитальном ремонте существующих дорог расчетные величины модулей деформации грунтов устанавливаются по возможности путем непосредственных испытаний передвижным прессом характерных участков существующей дороги

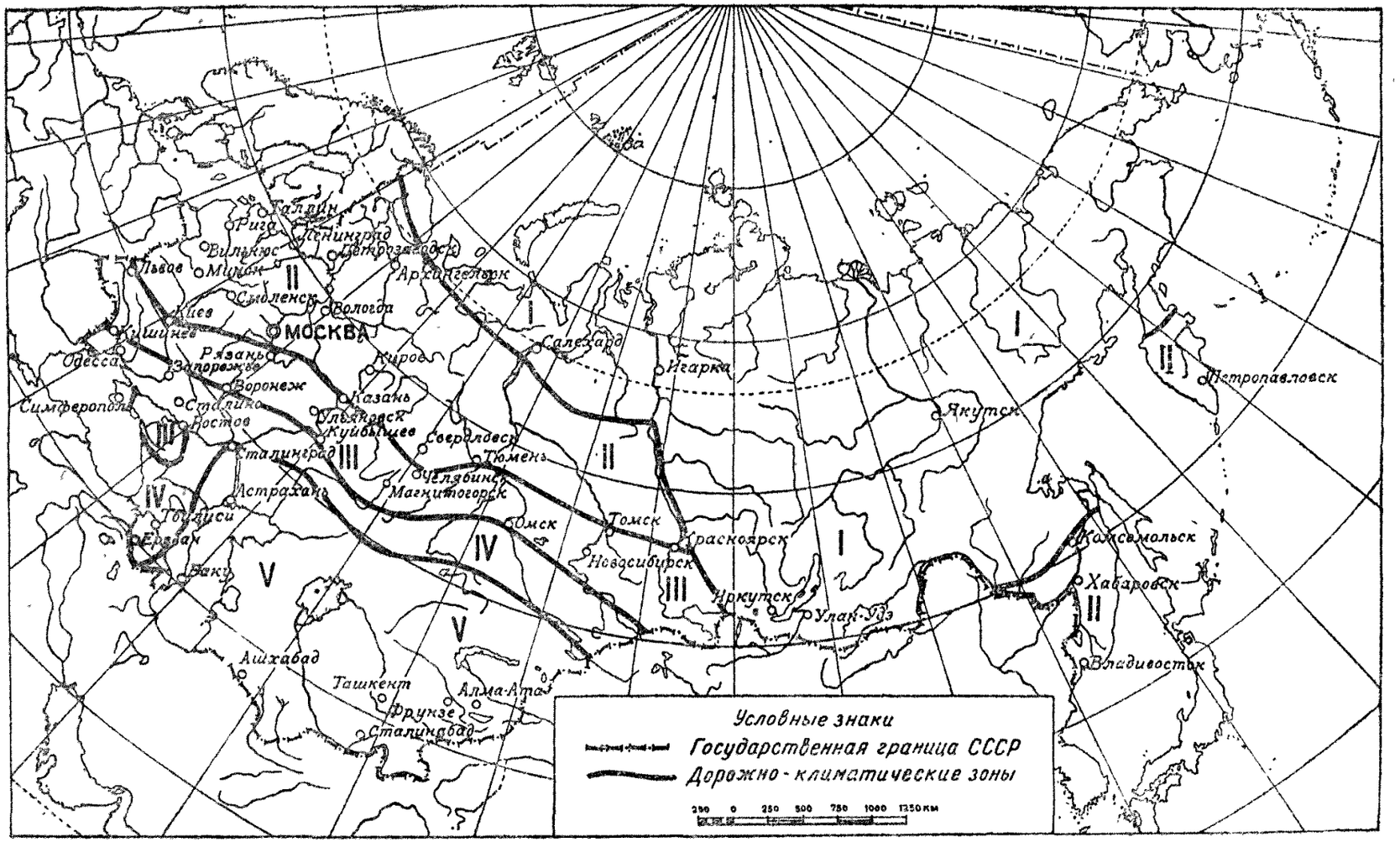

Рис. 2. Схема деления территории СССР на климатические зоны

в неблагоприятный в отношении увлажнения дороги период года (приложение 2-а). При невозможности выполнить указанные испытания 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).

В табл. 4 приведены достаточно проверенные расчетные значения модулей деформации грунтов в случаях, когда земляное полотно построено в соответствии с требованиями Н и ТУ.

Наряду с этим не могут быть нормированы расчетные значения модулей деформации грунтов в неблагоприятных условиях увлажнения, когда конструкция земляного полотна не отвечает требованиям Н и ТУ.

В этих случаях при проектировании дорожной конструкции должны предусматриваться специальные мероприятия, обеспечивающие стабильность подстилающего одежду грунта и предупреждающие недопустимое зимнее вспучивание одежды (§ 22).

§ 13. При назначении расчетных модулей деформации грунта земляного полотна по табл. 4 должны учитываться местные климатические 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. 5 и на карте рис. 2.

Таблица 5

№ 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—Туран — Слюдянка — госграница и Биробиджан — Де-Кастри
II	Зона избыточного увлажнения	К югу от границы I зоны (включает зону лесов) до линии Львов—Житомир—Калуга—Горький—Ижевск—Тобольск—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—Харьков—Куйбышев—Чкалов—Кустанай и далее южнее Омска на 100 *км* до Бийска и Турана 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—Кировабад—Буйнакск—Кизляр — Сальск—Сталинград и далее южнее на 200 *км* линии Уральск—Актюбинск—Тургай—Караганда и севернее 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 в отдельности.

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 возрастает скорость промерзания грунтов. Меньшие значения расчетных модулей деформации (см. табл. 4) 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. 6).

Таблица 6

№ 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 Н и ТУ, в отношении возвышения бровки полотна над уровнем грунтовых вод. Почвы без признаков заболачивания. Пески независимо от условий стока
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 Н и ТУ, в отношении возвышения бровки полотна над уровнем грунтовых вод. Почвы торфяные, оглеенные, с признаками заболачивания или солончаки. Постоянно орошаемые территории засушливой зоны

Тип увлажнения местности по табл. 6 устанавливается 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. 7.

Таблица 7

Группа грунтов	Наименование
А	Очень мелкие пески, супеси и оптимальные смеси[1]
Б	Пески пылеватые, супеси мелкие не пылеватые
В	Суглинки, суглинки тяжелые, глины легкие и тяжелые
Г	Пылеватые грунты, супеси пылеватые, суглинки пылеватые, лёсс

[1] Пески крупные, средние и мелкие отнесены к материалам (табл. 12 в приложении 1). Грунт относится к той или иной группе при мощности слоя, однородного по гранулометрическому составу, не менее 0,8 *м*.

Расчетные значения модулей деформации грунтов назначаются с учетом конструкции земляного полотна. Так, например, в ранее приведенной табл. 4 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 Н и ТУ 128—55, и 2) выемки, а также земляное полотно в нулевых отметках и насыпях, не удовлетворяющих требованиям Н и ТУ (последние могут иметь место в основном лишь при реконструкции существующих дорог).

Во всех случаях предусматривается уплотнение грунта до степени плотности, требуемой Н и ТУ.

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

При надлежащем обосновании допускается повышать модули деформации грунтов до 30% по сравнению с указанными для насыпей в табл. 4 в городских условиях при сплошной застройке, наличии усовершенствованных покрытий, обеспеченного водоотвода и ливневой канализации.

В V климатической зоне при водонепроницаемом покрытии и 1-м типе местности модули деформации грунтов могут быть повышены при надлежащем обосновании до 50%.

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

Необходимо иметь в виду, что расчетные значения модулей деформации материалов, особенно содержащих в своем составе пылевато-глинистую фракцию (гравийные, грунтощебеночные смеси и т. п.), а также различные местные материалы, обладающие невысокой прочностью, в очень 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 (таблицы 8—13 в приложении 1). Проектировщик обязан, учитывая конкретные особенности применяемых материалов и условия работы их в дорожной 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).

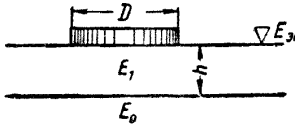

Рис. 3. Расчетная схема двухслойной системы

Определение экивалентного модуля деформации многослойной одежды производится на основании зависимости (3) для эквивалентного модуля деформации 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. 3);

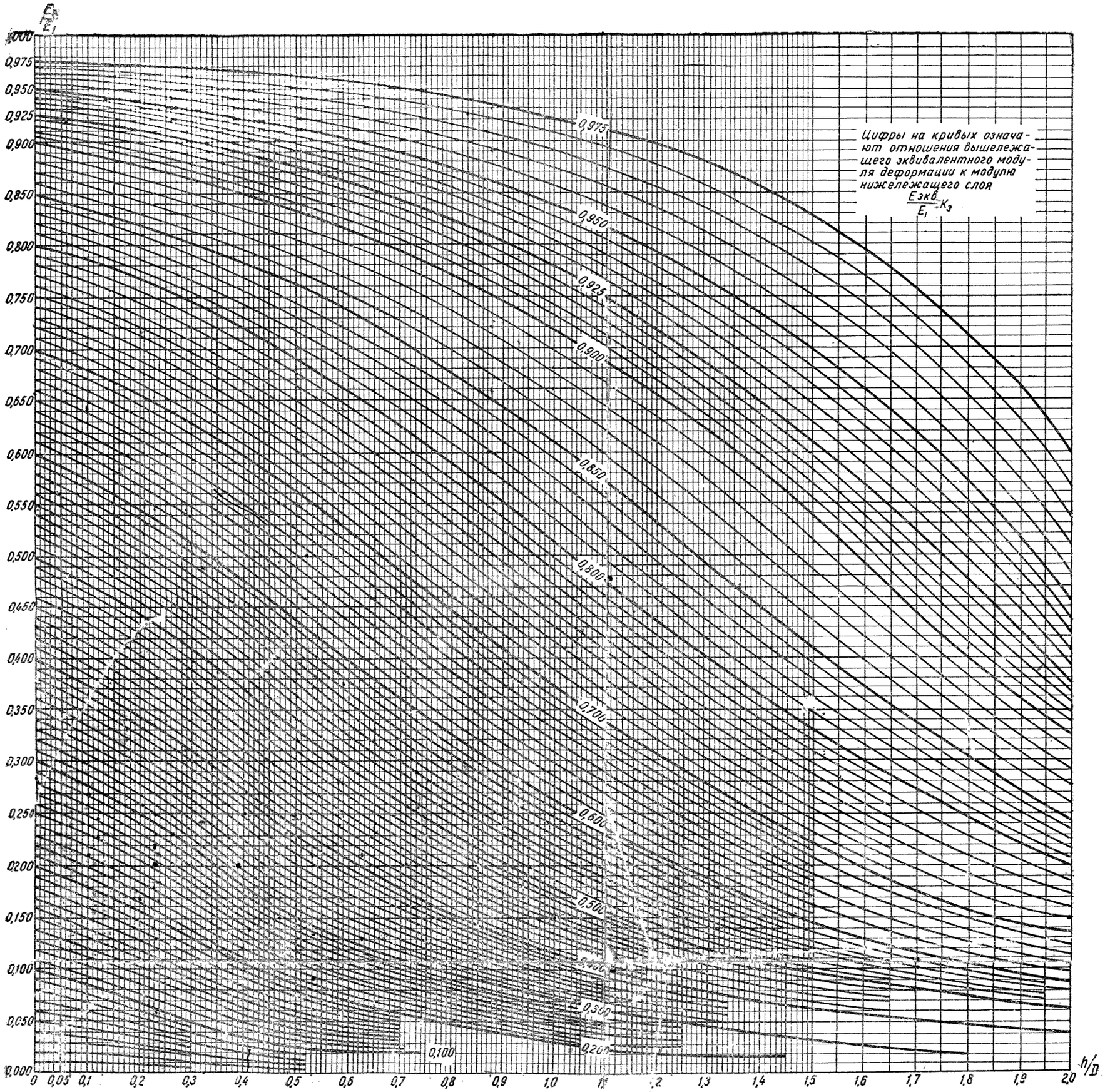

Рис. 4. Номограмма для расчета дорожной одежды

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. 4, а также графики, помещенные в приложении 3.

Зная отношения $\frac{E_0}{E_1}$ и $\frac{h}{D}$, по номограмме 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, таким образом, модуль деформации подстилающего слоя E_0.

При расчете многослойных конструкций, состоящих из нескольких слоев h_1, h_2 и h_3, имеющих соответственно модули деформации E_1, E_2 и E_3 (рис. 5), 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 $E_{экв}$.

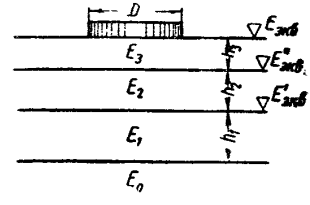

Рис. 5. Расчетная схема многослойной дорожной одежды

В последнем случае расчет ведется следующим образом. Рассматривая слой h_1 и основание, имеющие модуль деформации E_0, по номограмме рис. 4 для известных $\frac{h_1}{D}$ и $\frac{E_0}{E_1}$ находится отношение $\frac{E_{экв}}{E_1}$ и после умножения на E_1 — эквивалентный модуль двухслойной системы $E'_{экв}$. После этого рассматривается слой h_2, лежащий на основании с эквивалентным модулем $E'_{экв}$, и находится эквивалентный модуль $E''_{экв}$ и т. д. Аналогичным образом ведется расчет и сверху вниз.

В сложных случаях для отдельных участков разрабатываются два или более вариантов конструкции дорожной одежды и на основании сравнения выбирается 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 боль-

шой инициативы в выборе наиболее рациональной в каждом отдельном случае схемы усиления и усовершенствования существующей одежды. Но зато проектировщик здесь располагает значительно более достоверными, чем при новом строительстве, данными о расчетных характеристиках грунтов земляного полотна и отдельных конструктивных слоев одежды, получаемыми на основании оценки прочности и условий работы дорожной одежды на существующей дороге, т. е. при определенной интенсивности и составе движения. Это позволяет создавать более обоснованные конструкции.

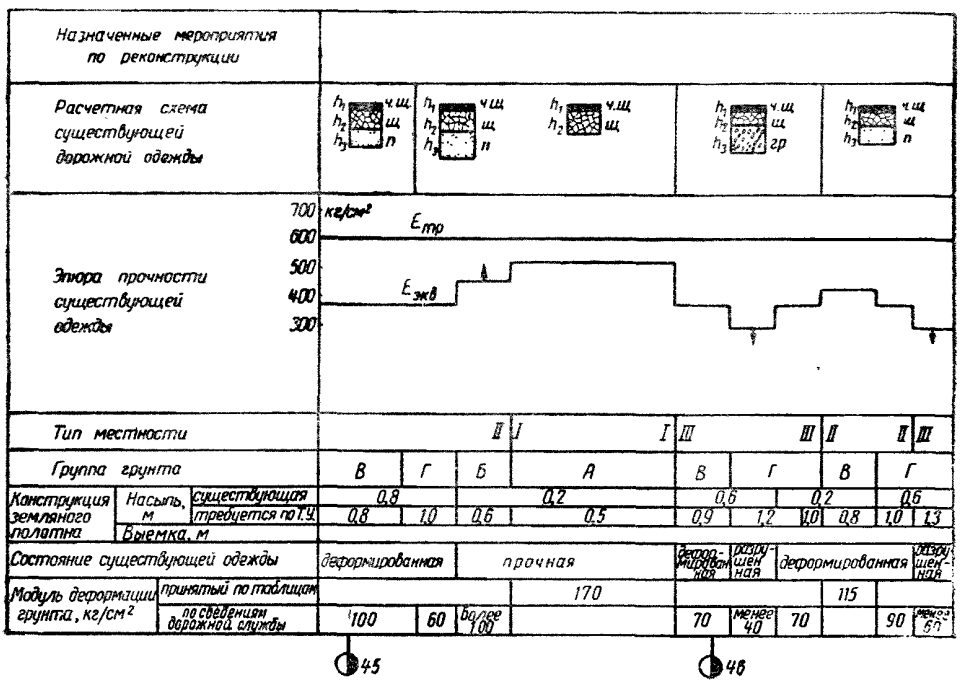

Рис. 6. Эпюра прочности дорожной одежды

§ 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.

Необходимо иметь также подробную характеристику состава и свойств материалов отдельных конструктивных слоев одежды. Должны быть выяснены, кроме того, условия работы одежды за ряд последних лет при существующем движении в периоды избыточного увлажнения дороги (наличие весенних деформаций, 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. 6).

§ 18. При составлении эпюры прочности выделяются участки, имеющие однородную конструкцию одежды проезжей части, и для каждого из них составляется осредненная расчетная схема конструкции. При

этом не должны объединяться 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 назначаются 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 Н и ТУ, а также на участках с достаточно удовлетворительными грунтово-гидрологическими условиями, для которых в табл. 4 приводятся расчетные значения модулей деформации грунта земляного полотна, назначаются модули деформации подстилающих одежду грунтов и рассчитывается эквивалентный модуль деформации существующей одежды (§ 14) применительно к параметрам принятого при проектировании расчетного автомобиля. Полученные расчетом эквивалентные модули деформации дорожной одежды наносятся на эпюру прочности (см. рис. 6).

На участках с неблагоприятными грунтово-гидрологическими условиями и заниженным земляным полотном, для которых в табл. 4 не приводится расчетных значений модулей деформации грунтов и когда 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 наносятся на эпюру прочности. Зная величину эквивалентного модуля деформации существующей одежды, а также состав и свойства материалов конструктивных слоев, можно расчетом (§ 14) определить модуль деформации подстилающего грунта.

Следует иметь в виду, что на участках с прочной одеждой, для которых лишь и возможно устанавливать модули расчетом, получаются не абсолютные значения модулей деформации одежды и подстилающего грунта, а лишь предельные их значения. Так, в случае прочной одежды получается, что модули деформации выше установленных расчетом. Это соответствующим образом указывается на эпюре прочности дорожной одежды (см. рис. 6).

§ 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 увлажнения 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 деформаций существующей одежды, на эпюру прочности наносится величина требуемого модуля деформации одежды $E_{тр}$, рассчитанного в соответствии с указаниями § 14, и назначаются 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:

а) усиления существующей одежды не требуется;

б) существующая одежда усиляется путем утолщения;

в) существующая одежда полностью перестраивается;

г) сооружается новая одежда (на участках обходов, спрямлений, подъемки полотна и т. д.).

На каждом участке должно быть найдено наиболее экономичное и надежное решение. В необходимых случаях разрабатывается несколько вариантов реконструкции и производится их сравнение.

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. 6), а также на участках, где возвышение бровки существующего земляного полотна над поверхностью земли и уровнем грунтовых вод отвечает требованиям Н и ТУ, имеющаяся одежда используется чаще всего как основание, и на ней создается 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 рис. 4, 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, может оказаться целесообразным рассмотреть вариант перестройки существующей одежды и создания новой конструкции с использованием в ней имеющегося материала. Конструирование одежды в этом случае ведется в соответствии с указаниями раздела III Инструкции.

§ 22. В сложных грунтово-гидрологических условиях (2 и 3-й типы увлажнения местности), когда возвышение бровки земляного полотна над поверхностью земли и уровнем грунтовых вод или верховодки не отвечает требованиям Н и ТУ, конструкция дорожной 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. 4 значения модулей для этих условий не приводятся) и, кроме того, сам метод расчета, основан-

ный на закономерностях работы под нагрузкой грунта и материалов, находящихся в упругопластичном 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 в этих условиях 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 дорожного полотна в насыпях, отвечающих требованиям Н и ТУ 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 с целью снижения высоты насыпи.

На участках реконструируемой дороги, где в связи с подъемкой полотна в насыпь сооружаются новое земляное полотно и дорожная одежда, конструирование и расчет последней ведутся 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 оказывается невозможным или нецелесообразным, а также в выемках следует производить замену грунта 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*. Бóльшие значения следует принимать для дорог высших категорий.

3. В тех случаях, когда на местности 2 и 3-го типов увлажнения конструкция земляного полотна не полностью отвечает требованиям Н и ТУ, однако на основании многолетних данных о работе одежды не установлено деформаций под движением в неблагоприятный период года и расчетом (либо по табл. 4) 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), причем и 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.

Выбор варианта усиления существующей одежды либо ее перестройки производится в этом случае 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. Ж) 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 руберойда 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.

Приложение 1

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ РАСЧЕТНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ МОДУЛЕЙ ДЕФОРМАЦИИ МАТЕРИАЛОВ В КОНСТРУКЦИЯХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

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

Таблица 8

№ п/п	Наименование материалов	Модули деформаций, $кг/см^2$
1	Асфальтобетонные (дегтебетонные) покрытия из зернистых смесей, подобранных и уплотненных в соответствии с ТП	2600 — 3000
	Примечание. Меньшие значения принимаются при мелкозернистых смесях, бо́льшие — при крупнозернистых.	
2	Песчаный асфальтобетон	2400
3	Грунтасфальт	1800
	Примечание к пп. 1—3. При наличии на эксплуатируемых асфальтобетонных покрытиях мелкой сетки трещин значение E снижается на 50%.	
4	Черные щебеночные смеси с подобранным составом, изготовленные в установках с применением щебня каменных пород 1—2-й марок и вязкого битума, отвечающие требованиям ТП	2000—2200
5	Покрытия и основания из щебня, вновь изготовленного из каменных пород 1 и 2-й марок или из кислых металлургических шлаков, устроенные по принципу заклинки	1300
	Примечания: 1. При обработке битумом или дегтем в установке щебня 1 и 2-й марок и его укладке по принципу заклинки значение E повышается до . .	2200
	2. При обработке щебня твердых каменных пород пропиткой значение E повышается до	2000
6	При этом повышенные значения E при расчетах принимаются лишь для слоя, обработанного вяжущими	
	Мостовые из булыжного или колотого камня высотой 16—18 *см*	1500 — 1700
7	Пакеляж высотою не менее 16 *см*	1700 — 1900
	Примечание к пп. 6 и 7. Бо́льшие значения E принимаются в случае применения каменных пород или кислых металлургических шлаков 1 и 2-й марок, меньшие — при каменных породах 3-й марки.	
8	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
	Примечание. Бо́льшие значения принимаются при применении искусственной шлаковой муки, меньшие — естественной доменной муки.	
9	Основания из основных, неоднородных по качеству металлургических шлаков без подбора гранулометрического состава	500 — 600
10	Усовершенствованные мостовые из брусчатки или мозаики	2500 — 2800

II. Значения модулей деформации материалов в зависимости от условий увлажнения

Таблица 9

А. Щебень

№ п/п	Наименование материалов	Модуль деформации, *кг/см²*, в климатических зонах		
		IV—V	III	II
1	Основания, устроенные по принципу заклинки из щебня, вновь изготовленного из каменных пород или кислых металлургических шлаков:			
	а) 3-й марки	1200	1000	1000
	б) 4-й марки	1000	1500 900	800
	в) слабых каменных пород 5-й марки (из очень крупного щебня) . . .	1500 600	1400 *	1200 *

* Возможность и целесообразность применения обосновываются в каждом отдельном случае.

Примечания: 1. В знаменателе указаны значения E для щебня, обработанного битумом или дегтем по способу пропитки или смешением в установке, в числителе — без обработки вяжущими.

При расчетах прочности одежд повышенные значения модуля деформации принимаются лишь для слоя, обработанного вяжущими материалами.

2. Приведенные значения модулей деформации относятся к случаю, когда конструкция земляного полотна удовлетворяет требованиям Н и ТУ и под щебеночным основанием имеется дренирующий слой из хорошо фильтрующих материалов.

При заниженном земляном полотне, а также в случае отсутствия дренирующего слоя в основании значения модулей деформации известняков снижаются на 20—30%.

3. Если применяется непрогрохоченный щебень, то расчетные значения его модуля деформации принимаются, как для грунтощебеночного материала, по табл. 10.

4. При наличии покрытий с применением органических вяжущих материалов расчетные значения модулей деформации оснований из щебня каменных пород 3—5-й марок, приведенные в числителе, могут быть повышены: для II—III климатических зон — на 10%, для IV—V зон — на 20%.

Таблица 10

Б. Гравийные и грунтощебеночные материалы

Наименование материалов	Содержание фракций, %, размером				Модули деформации, *кг/см²*, в климатических зонах		
	крупнее 25 *мм*	крупнее 2 *мм*	мельче 0,05 *мм*	с числом пластичности части смеси мельче 0,5 *мм*, %	IV—V	III	II
Гравийный или грунтощебеночный материал из каменных пород 2—3-й марок	Более 45	Более 85	До 3	2—4	900 — 1000 1600 — 1800	800 — 900	800 — 900
	Более 30	Более 70	До 7	2—4	700 — 800 1400 — 1600	650 — 750	600 — 700
	Более 20	Более 60	До 10	2—6	600 — 700 1200 — 1400	550 — 650	500 — 600
	Более 15	Более 50	До 12	2 - 6	500 — 600 1000 — 1200	450 — 500	—

Примечания: 1. В числителе приведены значения E для необработанного материала, а в знаменателе — для материалов, обработанных жидким битумом или дегтем смешением в установке.

При обработке способом смешения на месте жидким битумом или дегтем значения E, указанные в знаменателе, уменьшаются во II и III климатических зонах на 20% и в IV и V зонах — на 10%.

2. Меньшие значения E относятся к гравийному материалу, бо́льшие — к грунтощебеночному.

3. В случае, когда по процентному содержанию отдельных фракций материал относится к разным группам, значение E принимается равным промежуточному между этими группами.

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

В сырых местах при насыпях, не удовлетворяющих Н и ТУ, значения E для материалов, не обработанных вяжущим, снижаются на 30% для изверженных пород и 55% для известняковых пород.

5. 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. 12 для крупнозернистых песков.

6. В случаях, когда число пластичности части смеси мельче 0,5 *мм* достигает 7%, значение E для не обработанных вяжущим гравийных и грунтощебеночных материалов снижается на 10%, а при увеличении числа пластичности до 8% — на 20%.

7. При наличии в материале до 15% фракций размером мельче 0,05 *мм* величина E снижается на 15%, а при наличии фракций мельче 0,05 до 20% — на 25%.

8. При наличии дренирующего слоя в основании значения E для необработанных гравийных и грунтощебеночных материалов оснований могут быть повышены во II и III климатических зонах на 10% и в IV—V зонах на 20%.

Таблица 11

В. Различные местные материалы, применяемые для устройства оснований

№ п/п	Наименование материалов	Модуль деформации, *кг/см²*	
		при обеспеченном водоотводе	в условиях избыточного увлажнения
1	Мостовые или пакеляж из каменных пород:		
	4-й марки	1200	800
	5-й марки	800	—
2	Дресва, топочные шлаки высококалорийных углей, хорошо обожженные однородные горелые породы и кирпичный щебень	500—600	350—450
3	Ракушка, болотная руда, мергель, топочные шлаки бурых углей .	250—400	200—250

III. Значения модулей деформаций песков

Таблица 12

Крупность песков	Модули деформации, *кг/см²*	
	при отсыпке полотна из песков слоем не менее $h_к + 0{,}5$ *м*	при укладке песка в корыте
Крупнозернистый	400—450	350—400
Среднезернистый	350—400	250—300
Мелкозернистый	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*.

IV. Значения модулей деформации грунтов, гравийных и грунтощебеночных материалов, укрепленных органическими или минеральными вяжущими

Таблица 13

Наименование обработанных материалов	Ориентировочные значения модулей деформации в зависимости от количества вяжущего, % от веса минеральной части				
	6%	8 %	10%	12%	14—15%
Супеси среднезернистые оптимального состава	700	800	—	—	—
	600	900	1200	1400	—
Супеси мелкие оптимального состава, суглинки карбонатные	—	700	800	—	—
	500	800	1000	1200	—
Пылеватые грунты и пылеватые суглинки	—	—	600	700	700
	400	600	800	900	1200
Черноземы (суглинки, тяжелые суглинки и пылеватые суглинки)	—	—	600	700	—
	—	—	800	—	1000
Щебеночные и гравийные смеси оптимального состава, обработанные цементом	1600	—	2000	—	—

Примечания: 1. В числителе приведены значения E для материалов, укрепленных медленногустеющим жидким битумом или каменноугольным дегтем; в знаменателе — портланд-цементом марки не ниже 400.

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

3. Приведенные в таблице значения E для грунтов, укрепленных вяжущими материалами, соответствуют III—V климатическим зонам, при обеспеченном водоотводе от полотна.

4. При наличии водонепроницаемых покрытий для укрепления оснований могут быть применены портланд-цементы или шлакопортланд-цементы марки не ниже 200 либо известь 1-го сорта (ГОСТ 1174—41). В этих случаях значения E должны быть снижены на 20% по сравнению с указанными в знаменателе таблицы.

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 $= \frac{l}{D}$ (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:

а) для дорожных одежд (см. табл. 1) . . . . 0,035—0,060
б) для материалов конструктивных слоев оснований 0,020—0,040
в) для 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 получаемые при этом 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 случае применения домкрата последний упирается в раму груженого автомобиля или прицепа либо в балку, подведенную под рамы двух автомобилей или прицепов (рис. 7). Желательно на период испытаний блокировать рессоры автомобилей. Применяемая для испытания установка должна иметь мощность пресса, достаточную для осуществления 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 влия-

ние на замеры осадок возможных перекосов штампа в процессе испытания. Индикаторы надежно закрепляются на жесткой реперной балке, точки опоры которой должны быть удалены не менее чем на два диаметра от штампа, 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.

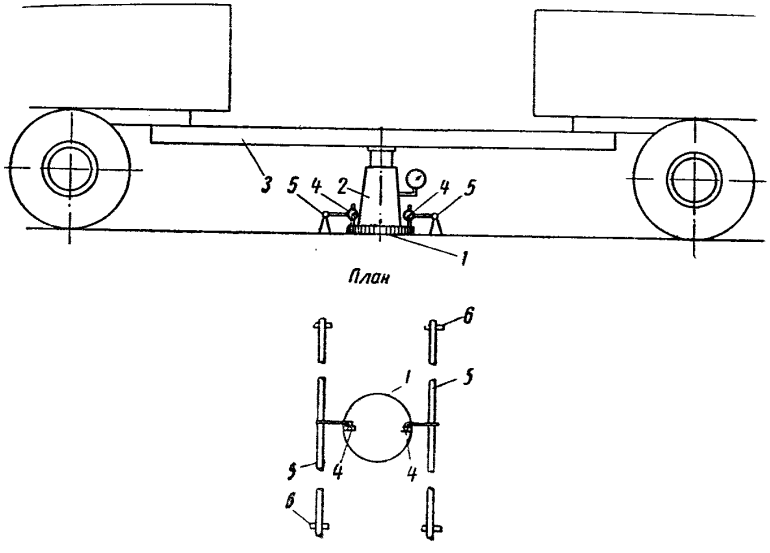

Рис. 7. Схема передвижного пресса:
1 — штамп; *2* — домкрат; *3* — упорная балка; *4* — мессуры; *5* — балки для крепления мессур; *6* — опоры балок

Испытание дорожных одежд пробным нагружением с помощью передвижного пресса производят 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.

На основании полученных данных строят кривую зависимости относительной осадки от удельного давления и по ней устанавливают величину удельного давления, соответствующую расчетной относительной деформации (рис. 8). 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 λ;

$$\lambda = \frac{l}{D};$$

l — полная осадка штампа диаметром D;

$\frac{\pi}{2}$ — коэффициент концентрации напряжений.

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* в поперечнике 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. 8) и по ней устанавливают величину удельного давления p_0, соответствующую расчетной относительной осадке λ_0. Модуль деформации грунта земляного полотна вычисляют по формуле:

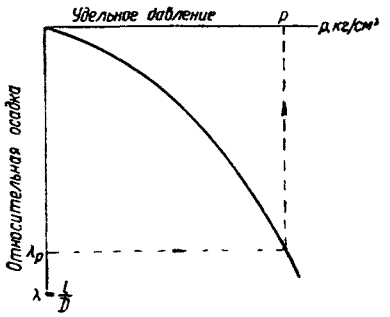

Рис. 8. Кривая зависимости относительной осадки от удельного давления

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

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.

На основании полученных данных по формуле (5) вычисляют эквивалентные модули деформации на поверхности каждого конструктивного слоя одежды. Зная эквивалентный модуль деформации нижележащих слоев $E_{од}$ и эквивалентный модуль на поверхности вышележащего слоя , 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 очень важно обеспечить плотное прилегание штампа 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 на основании результатов испытаний значений модулей деформации. Поэтому перед установкой штампа поверхность следует тща-

тельно выровнять без нарушения, однако, 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 испытывается 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, что 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 сопоставле-

ния 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 получить гладкую и ровную поверхность. Для того чтобы облегчить эту операцию, необходимо иметь форму со съемной, разрезанной по образующей надставкой (рис. 9). Образец уплотняется на 1—2 *см* выше поверхности основной формы и вместе с надставкой выдерживается в эксикаторе. Перед испытанием надставка снимается и излишек грунта срезается заподлицо с поверхностью основной формы с помощью туго натянутой тонкой проволоки.

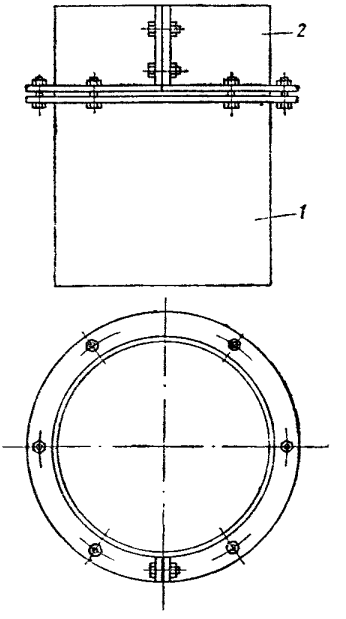

Рис. 9. Форма со съемной надставкой:
1 — форма; *2* — надставка

Посередине образца устанавливается круглый штамп с заплечиками, в которые упираются ножки мессур, фиксирующих осадки (рис. 10). 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 не более 0,01 *мм* за 5 минут). После этого делают отсчеты по мессурам и дают следующую ступень

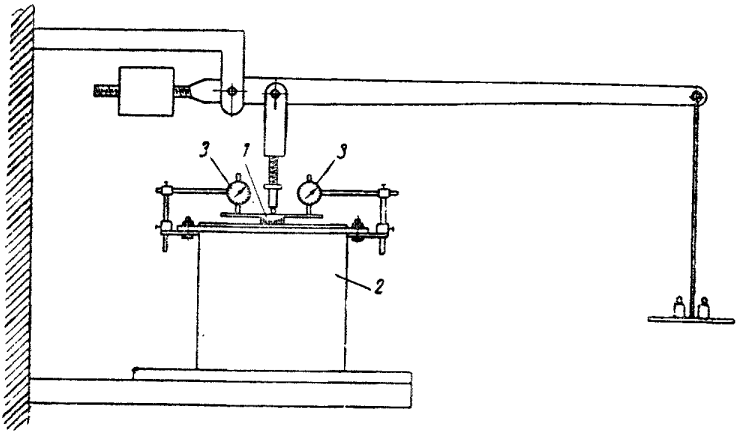

Рис. 10. Схема установки штампа и мессур:
1 — штамп; *2* — форма с образцом грунта; *3* — мессуры

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 строится зависимость величины относительной деформации от удельного давления (см. рис. 8), и на основании этой зависимости по формуле 6 вычисляются значения модулей деформации при относительной осадке штампа $\lambda = 0{,}01$, 0,02 или 0,03. В ответственных случаях проводят два или более параллельных испытания.

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.

Следует при этом иметь в виду, что 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 должны быть увеличены и размеры формы для приготовления образцов.

2. Определение модулей деформации материалов на полигонах

Определение вдавливанием штампа модулей деформации крупноскелетных материалов, а также материалов, для надлежащего формирования которых необходимо применение катков и других специальных уплотняющих средств, возможно 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, испытывается вдавливанием штампа, близкого к расчетному диаметру 25—35 *см*, с фиксацией получающейся зависимости деформации от давления.

При отсутствии специальной установки 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 укладывается и уплотняется в котловане послойно в соответствии с требованиями ТП. По окончании загрузки котлована материал при необходимости увлажняют, его поверхность выравнивают и на нее устанавливают круглый штамп диаметром 25—35 *см*. Необходимо обеспечить плотное прилегание штампа к поверхности испытываемого материала. При испытании крупнопористых каменных материалов, особенно прочных пород, целесообразно произвести смазку поверхности жестким цементным раствором с применением глиноземистого цемента. Штамп устанавливается 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 минут), после чего дается следующая ступень нагрузки.

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

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

По данным испытания строят зависимость относительной осадки от удельного давления (см. рис. 8) 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:

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

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 таблице 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 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 назначаются расчетные модули деформации материалов конструктивных слоев с учетом состава и свойств материалов и условий увлажнения их в конструкции (приложение 1), а затем расчетом по формуле (3) или номограмме рис. 4 находят модуль деформации подстилающего одежду грунта E_0.

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, если не имеется других, более надежных данных, указывающих на то, что модули деформации грунтов в рассматриваемых условиях могут быть приняты выше полученных расчетом 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 лишь за весьма ограниченный промежуток времени, значительно меньший, чем срок между капитальными ремонтами проектируемой одежды, и тем более 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 вследствие, например, использования при сооружении слоя недоброкачественных материалов и т. п.

ГРАФИКИ
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОЛЩИНЫ СЛОЕВ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ

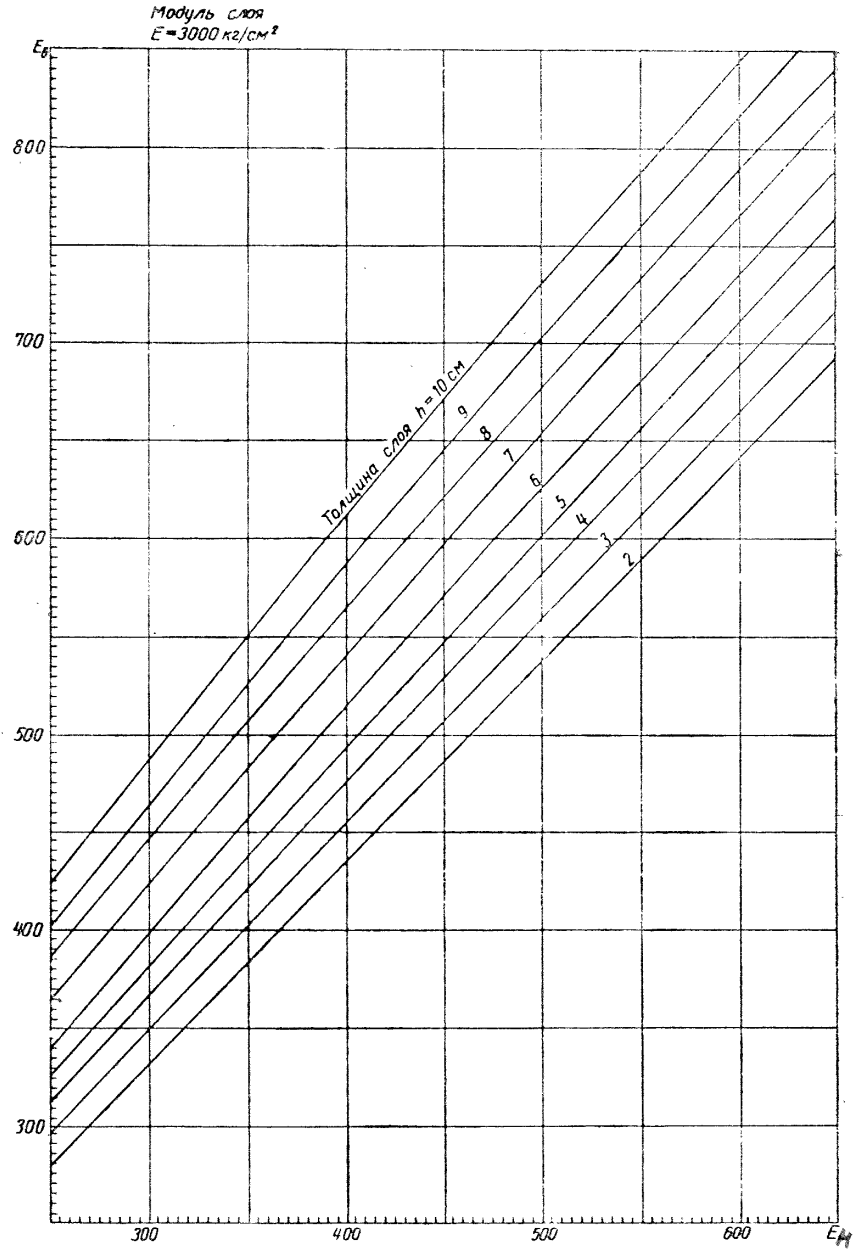

Рис. 1.

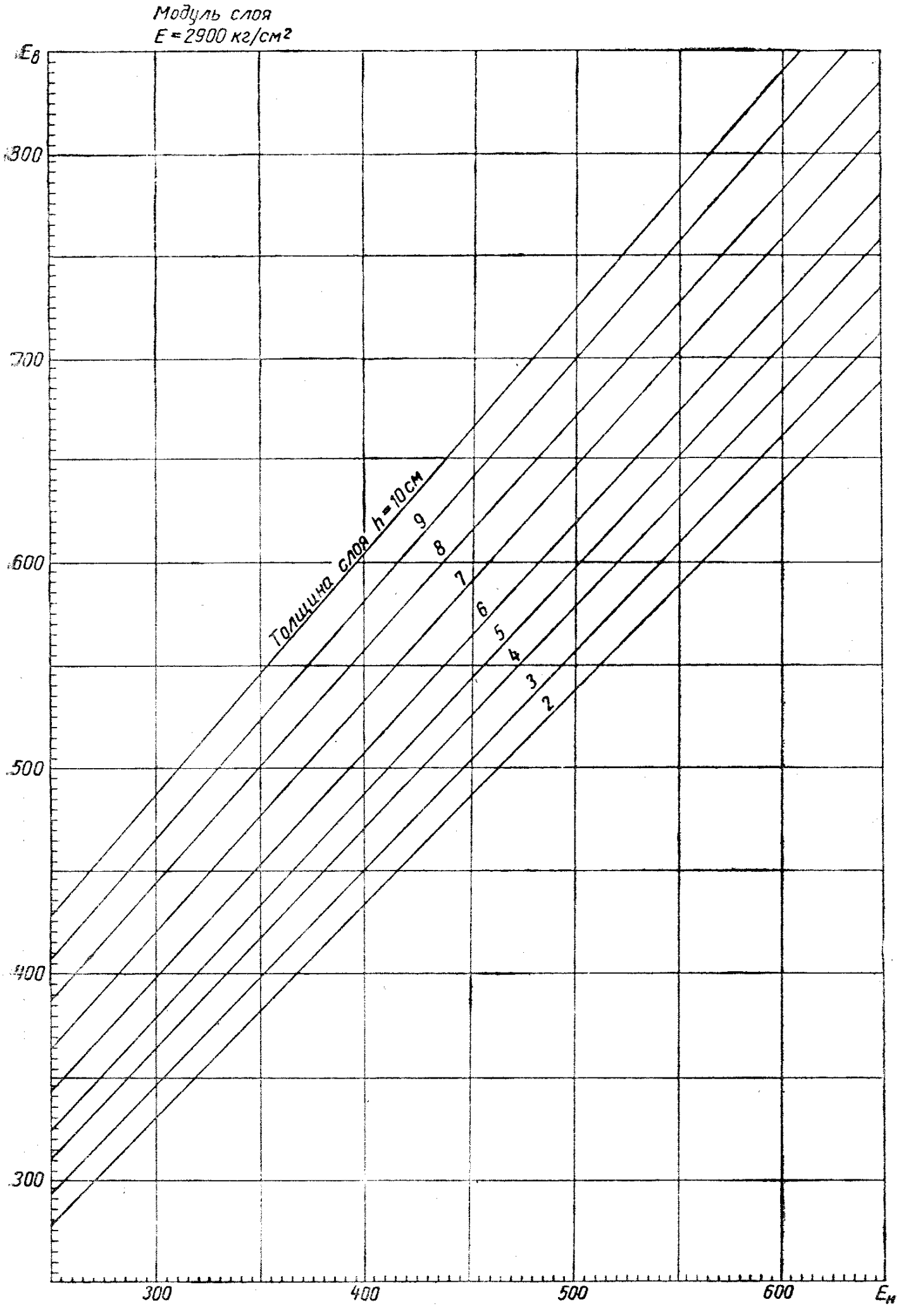
Модуль слоя
E = 2900 кг/см²
$E_в$
800
700
600
500
400
300
Толщина слоя h = 10 см
9
8
7
6
5
4
3
2
300
400
500
600
$E_н$

Рис. 2

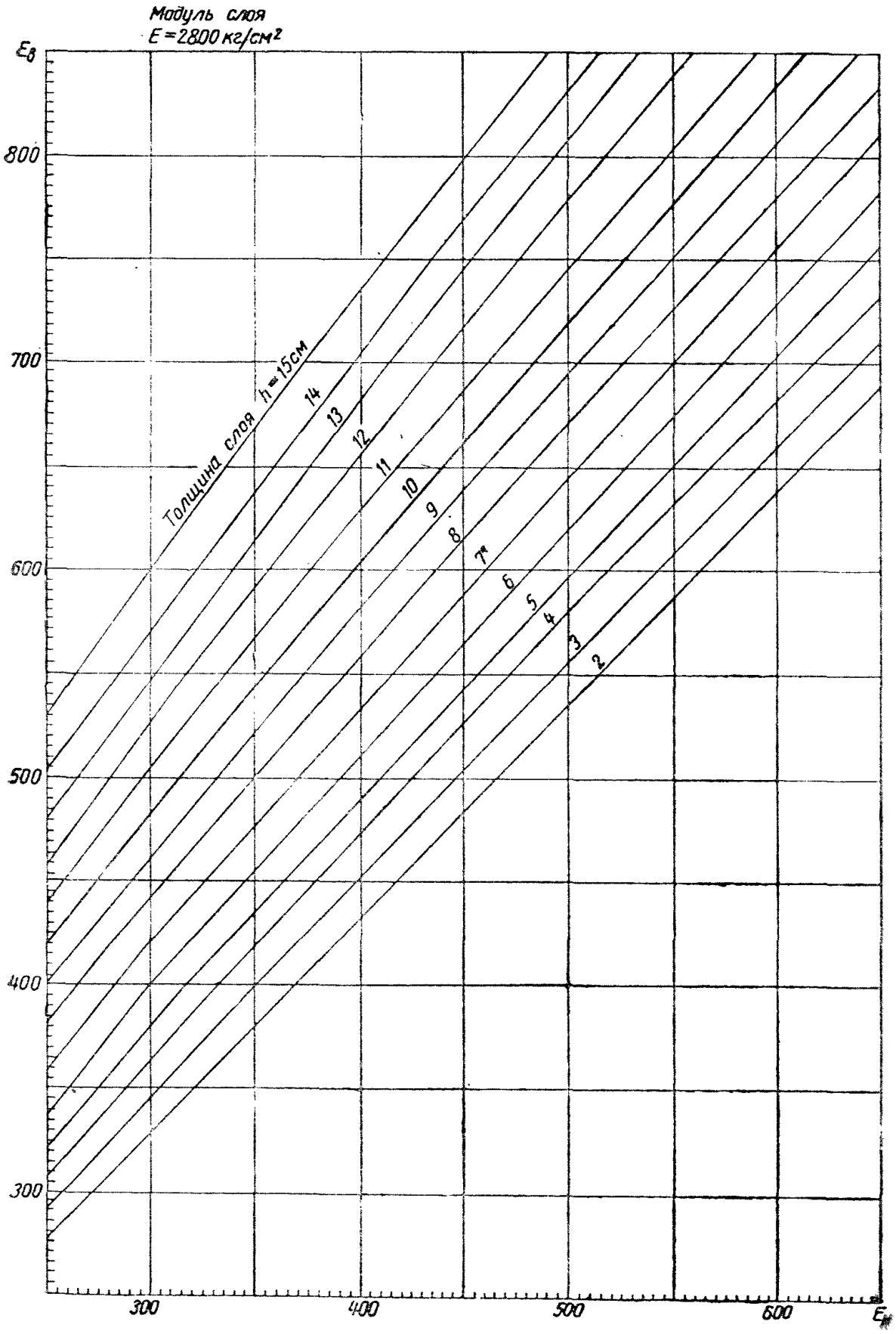
Модуль слоя
E=2800 кг/см²
Eв
800
700
600
500
400
300
Толщина слоя h=15см
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
300
400
500
600
Eн

Рис. 3

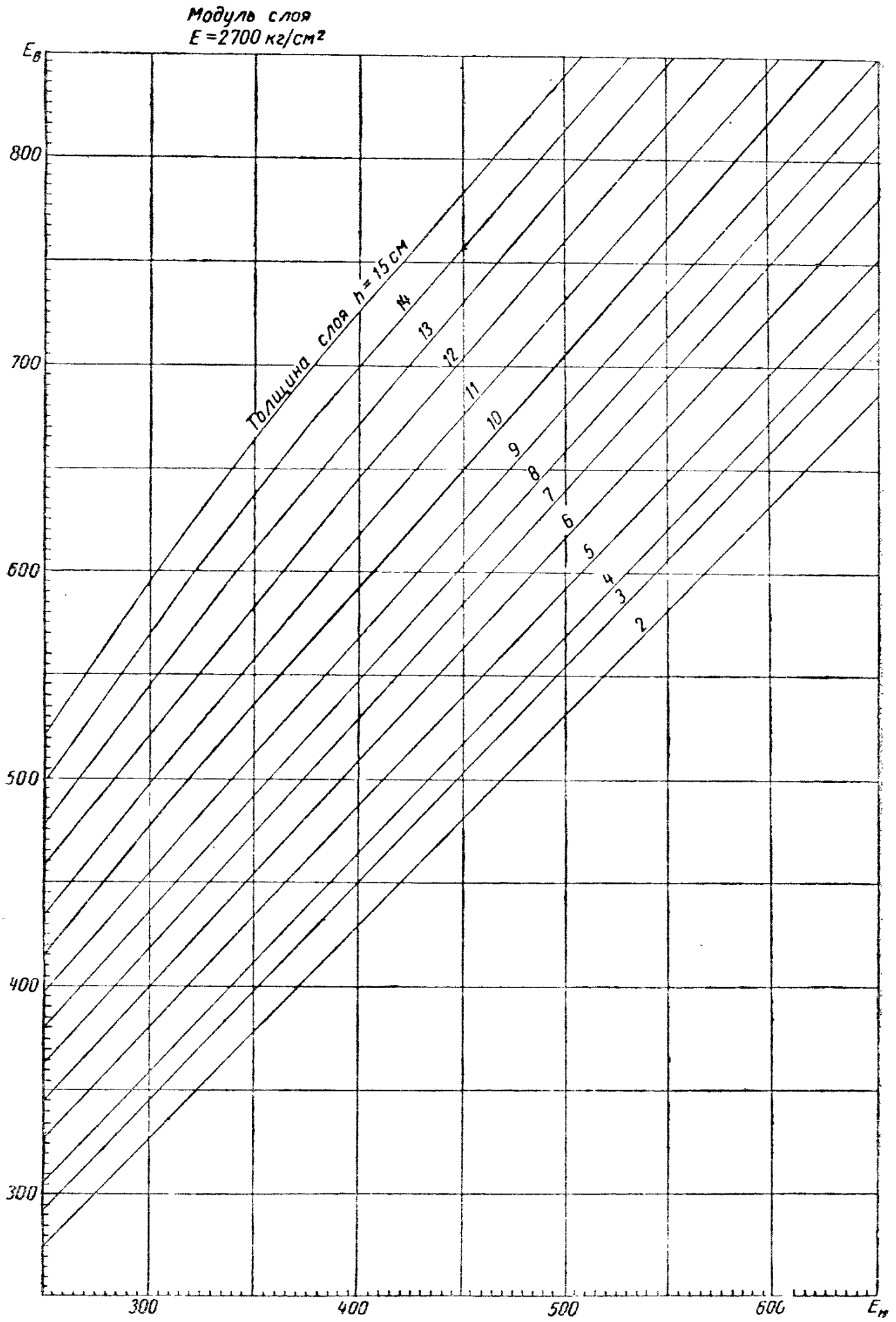
Модуль слоя
E =2700 кг/см²
$E_в$
800
700
600
500
400
300
Толщина слоя h = 15 см
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
300
400
500
600
$E_н$

Рис. 4

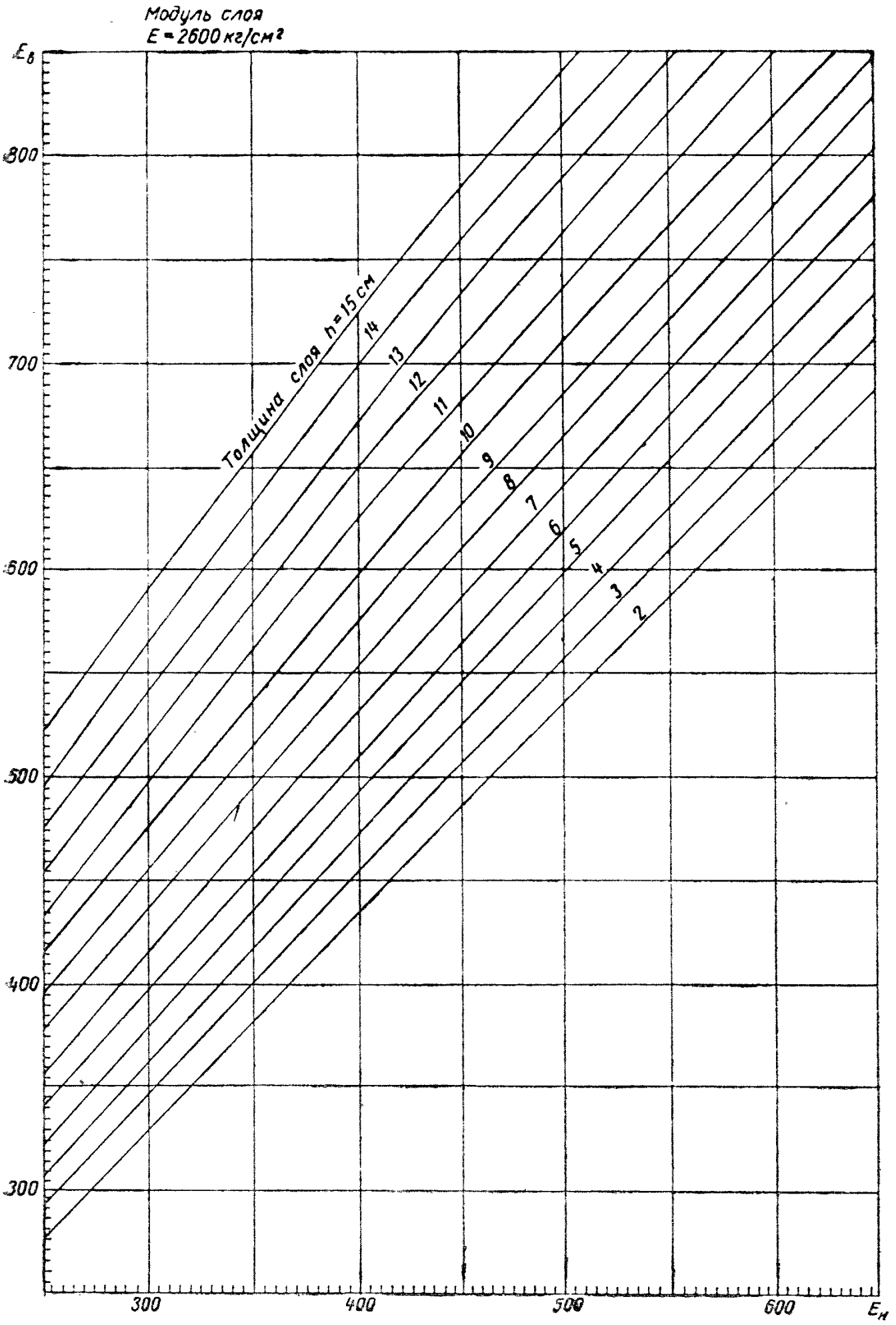
Модуль слоя
E = 2600 кг/см²
$E_в$
800
700
600
500
400
300
Толщина слоя h = 15 см
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
300
400
500
600
$E_н$

Рис. 5

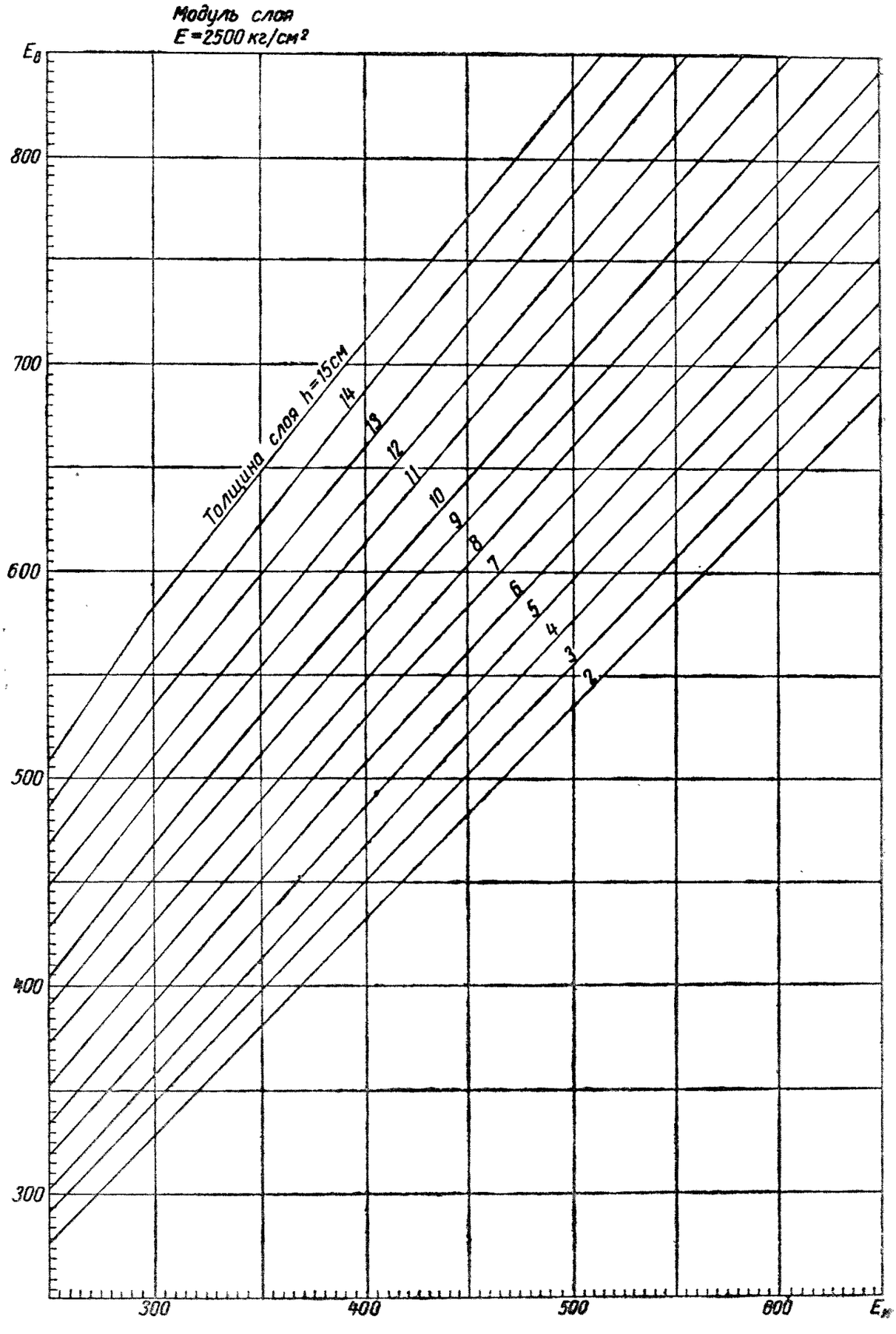
Модуль слоя
E=2500 кг/см²
$E_в$
800
700
600
500
400
300
Толщина слоя h=15см
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
300
400
500
600
$E_н$

Рис. 6

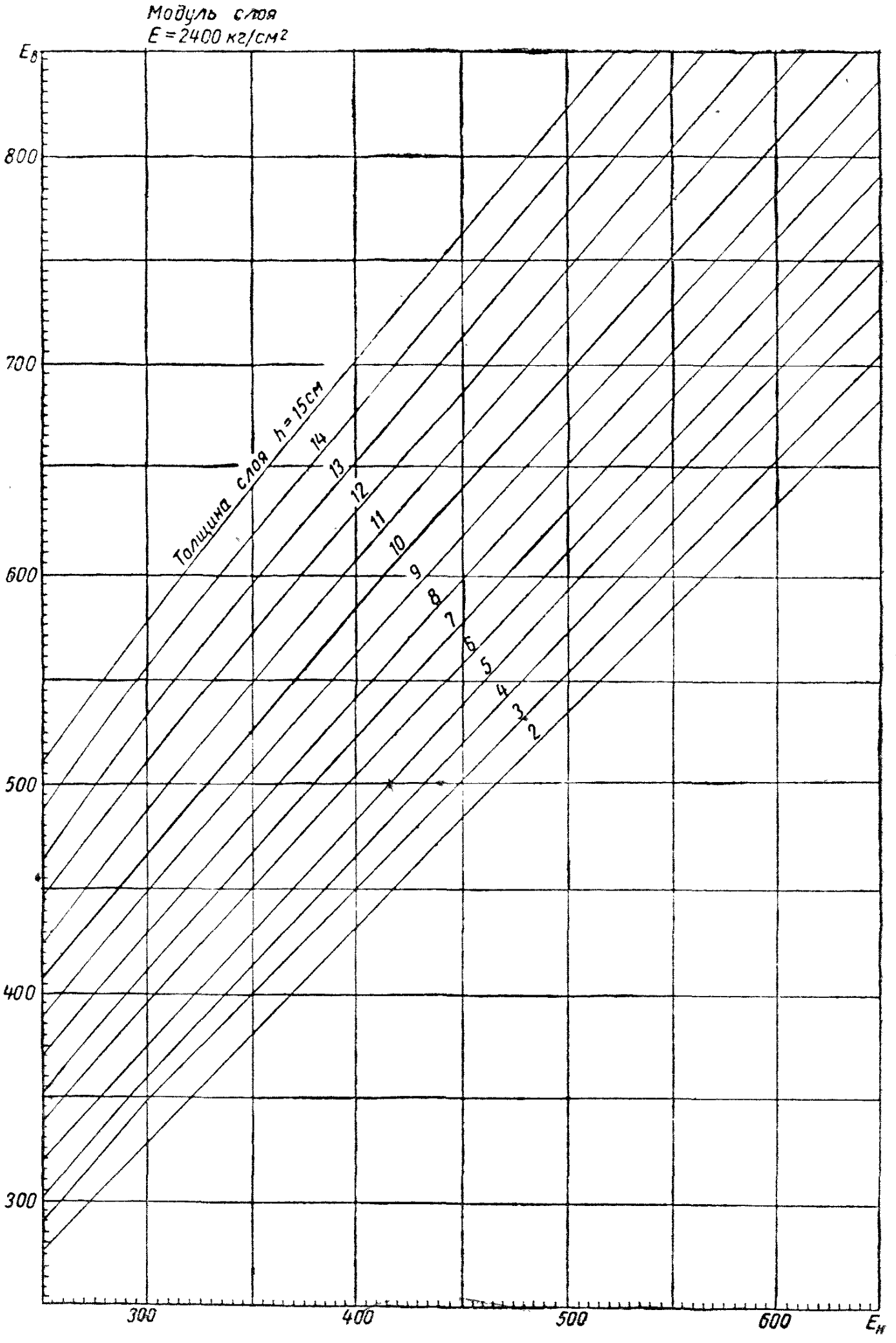
Модуль слоя
E = 2400 кг/см²
$E_в$
800
700
600
500
400
300
Толщина слоя h = 15см
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
300
400
500
600
$E_н$

Рис. 7

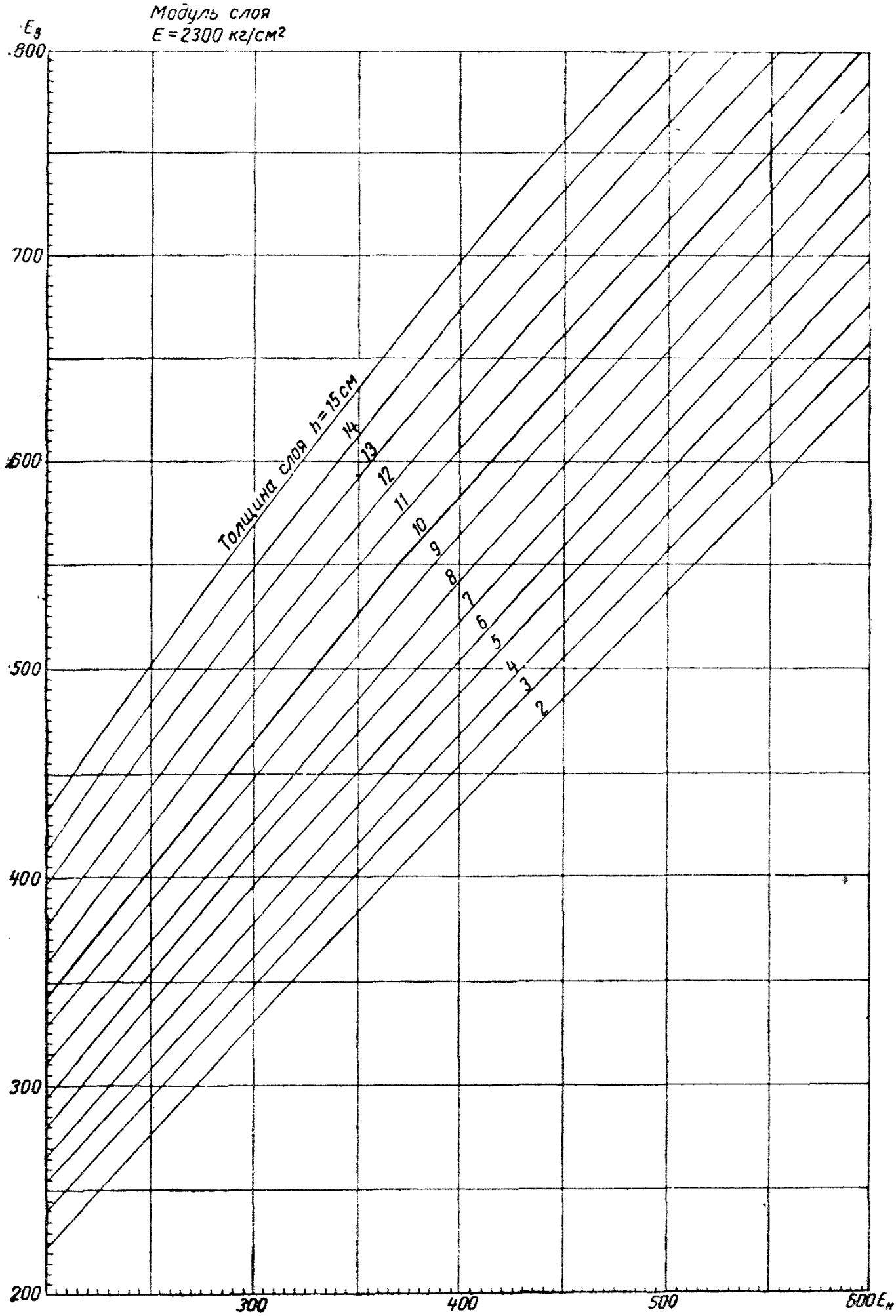
Модуль слоя
E = 2300 кг/см²
$E_в$
800
700
600
500
400
300
200
Толщина слоя h = 15 см
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
300
400
500
600
$E_н$

Рис. 8

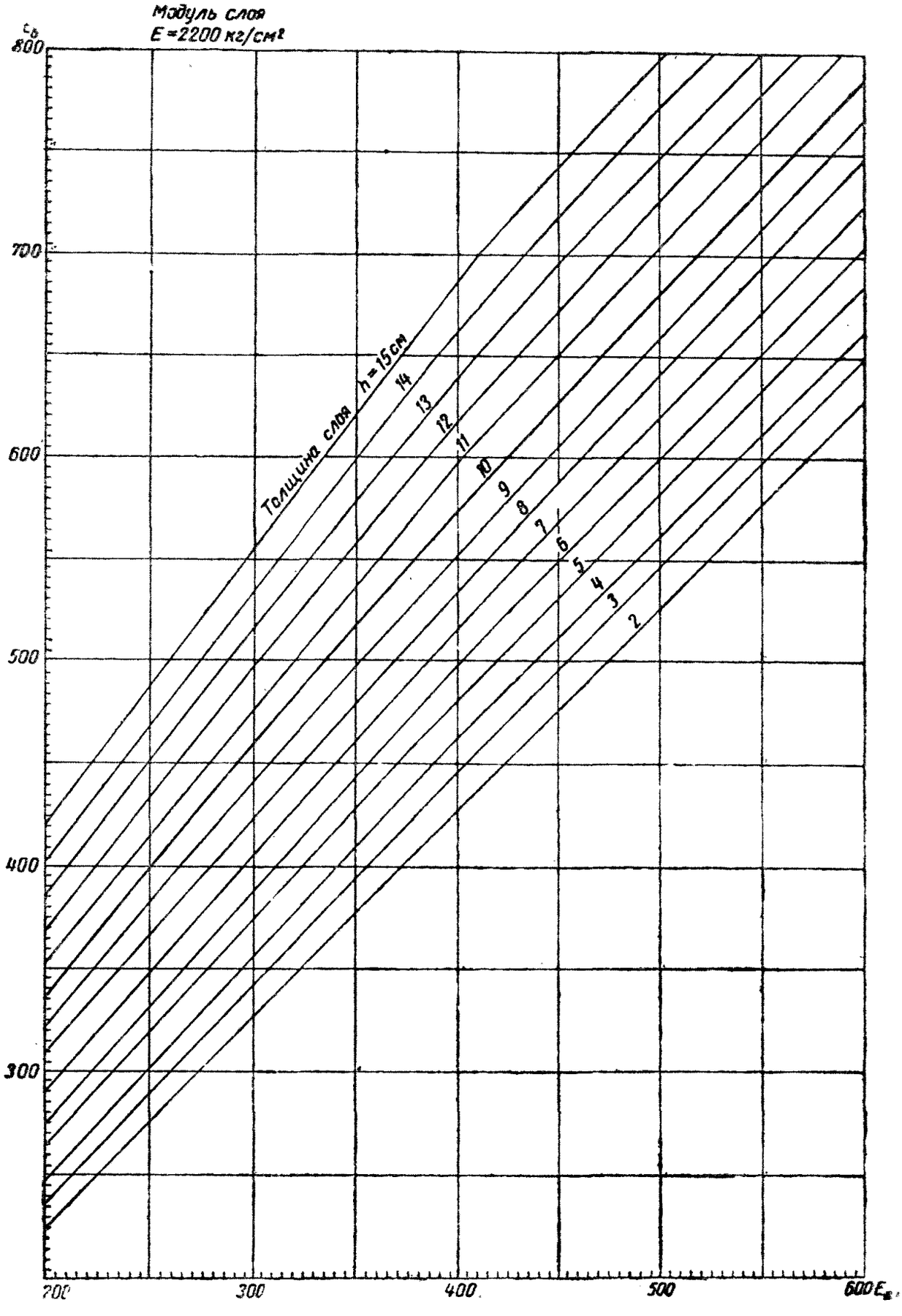
Модуль слоя
E=2200 кг/см²
c_b
800
700
600
500
400
300
Толщина слоя h=15см
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
200
300
400
500
600 $E_в$

Рис. 9

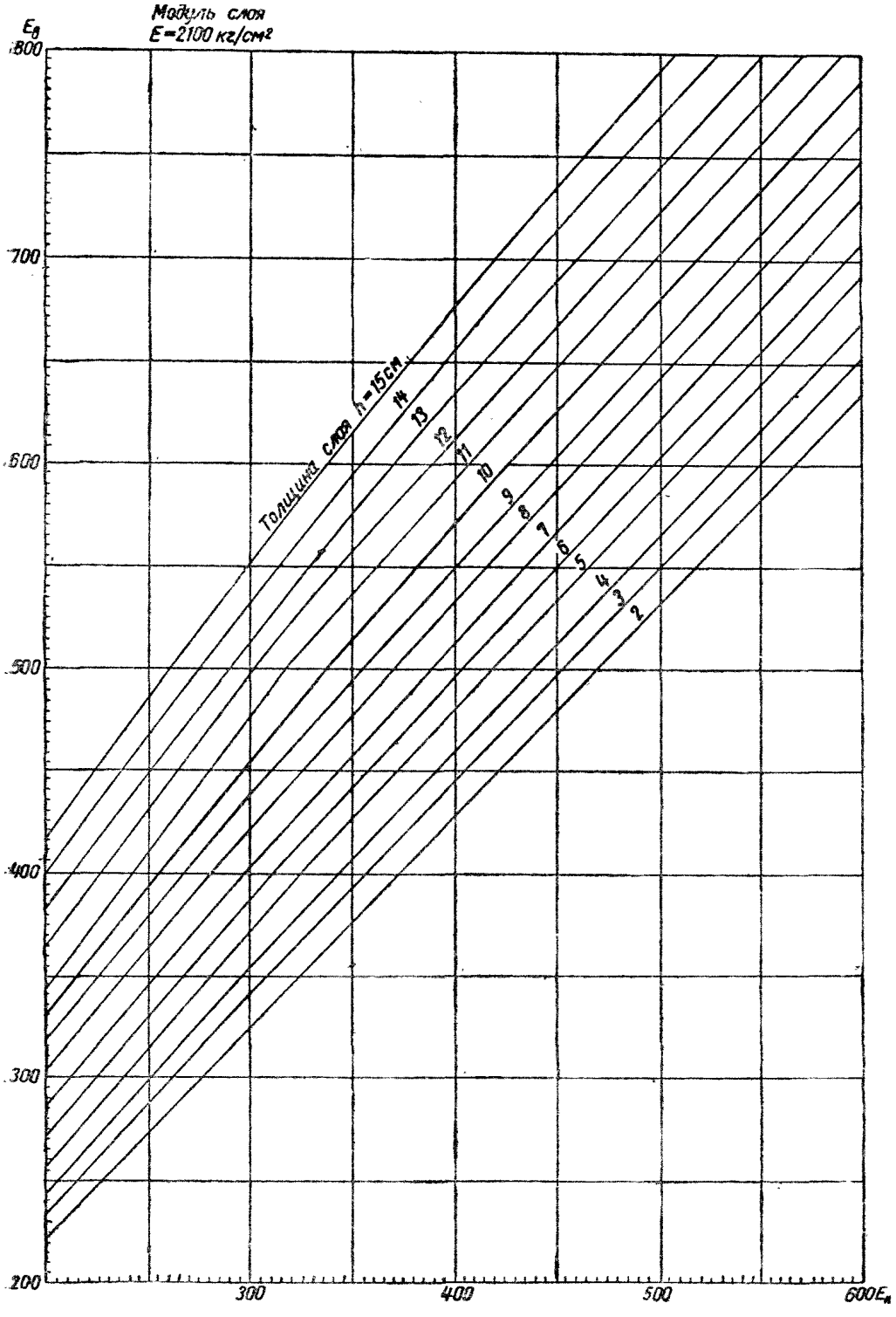
Модуль слоя
E=2100 кг/см²
E_0
800
700
600
500
400
300
200
300
400
500
600 $E_н$
Толщина слоя h=15см
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2

Рис. 10

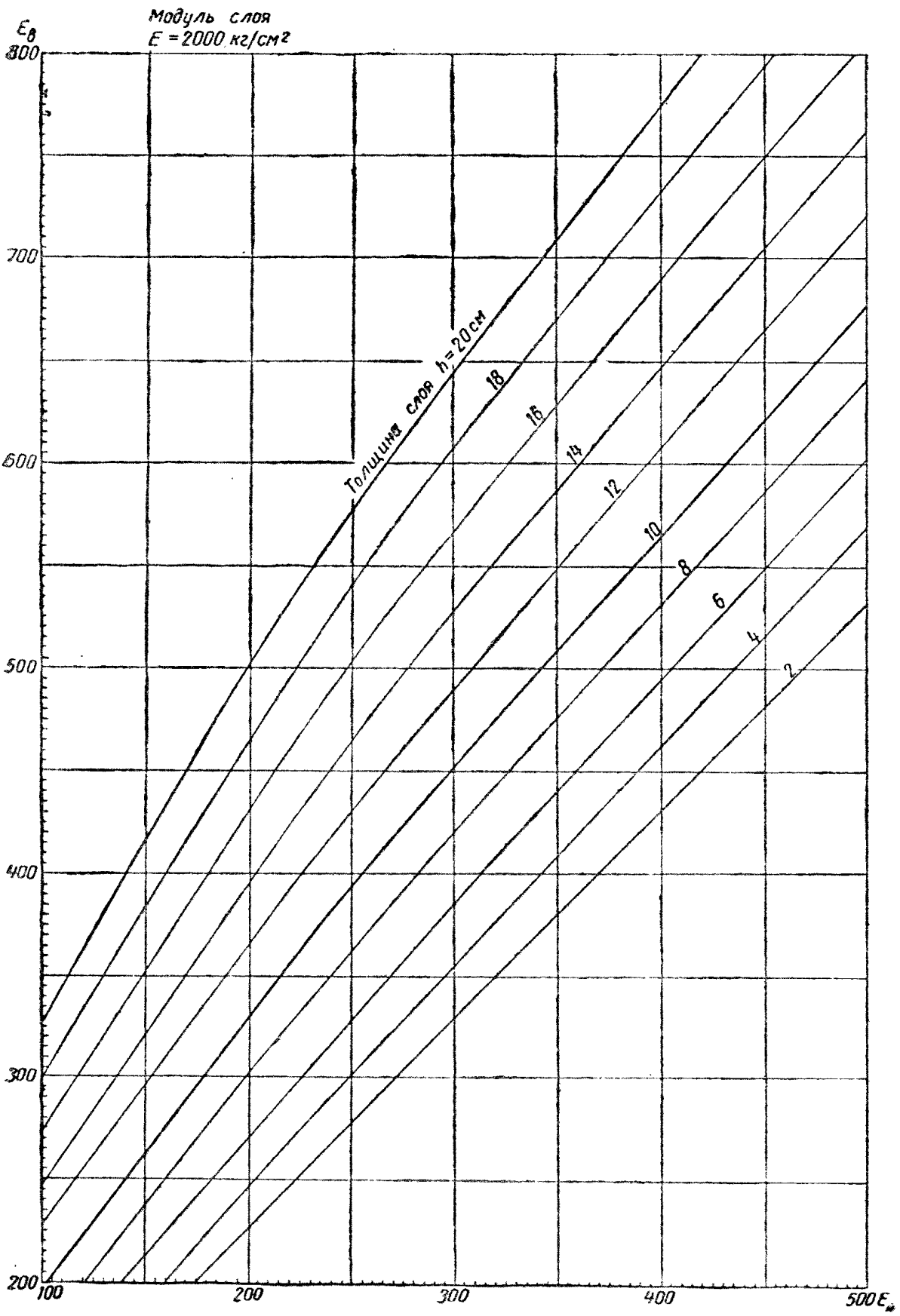
Модуль слоя
E = 2000 кг/см²
$E_в$
800
700
600
500
400
300
200
100
200
300
400
500
$E_н$
Толщина слоя h=20см
18
16
14
12
10
8
6
4
2

Рис. 11

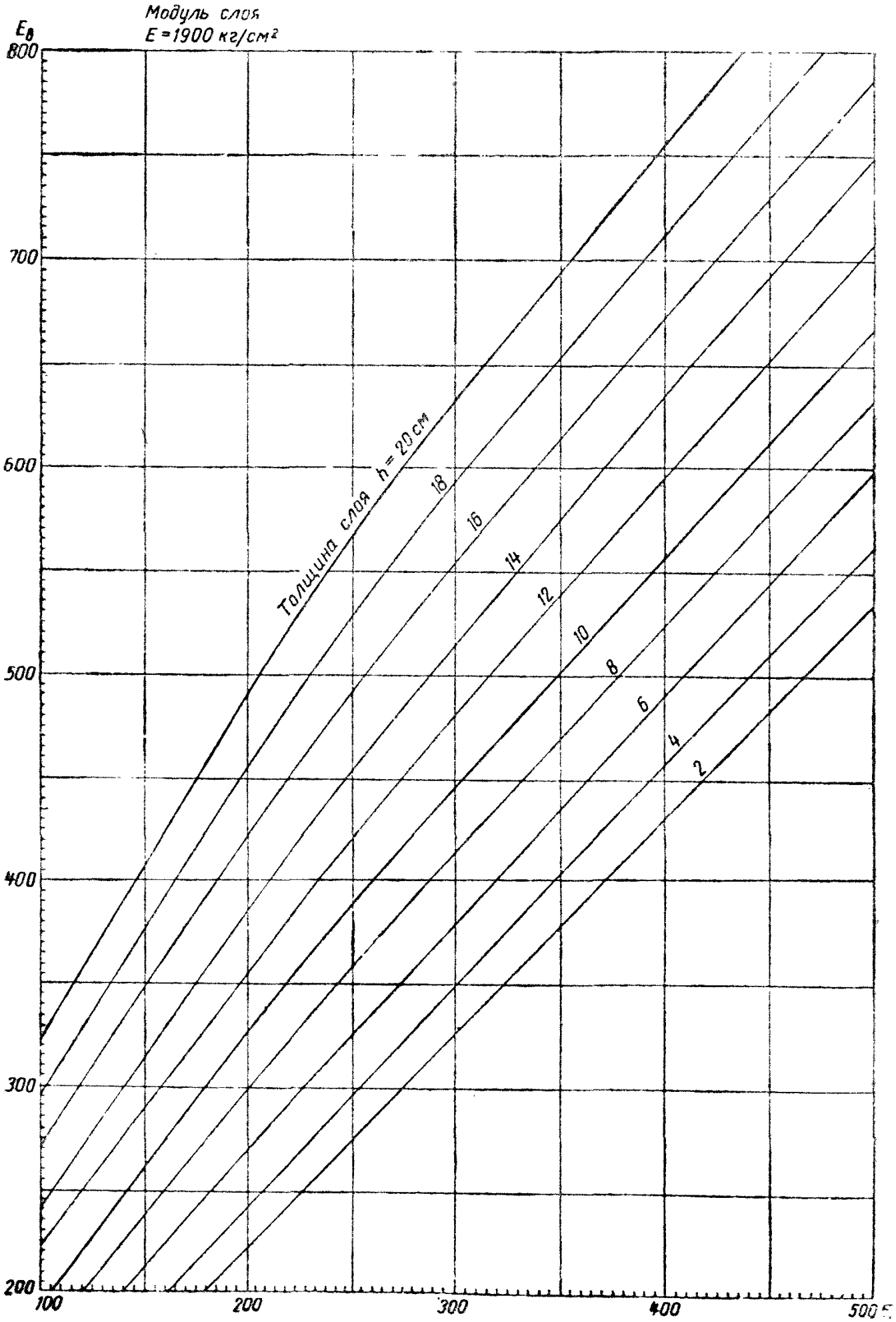
Модуль слоя
E = 1900 кг/см²
E_0
800
700
600
500
400
300
200
100
200
300
400
500
Толщина слоя h = 20 см
18
16
14
12
10
8
6
4
2

Рис. 12

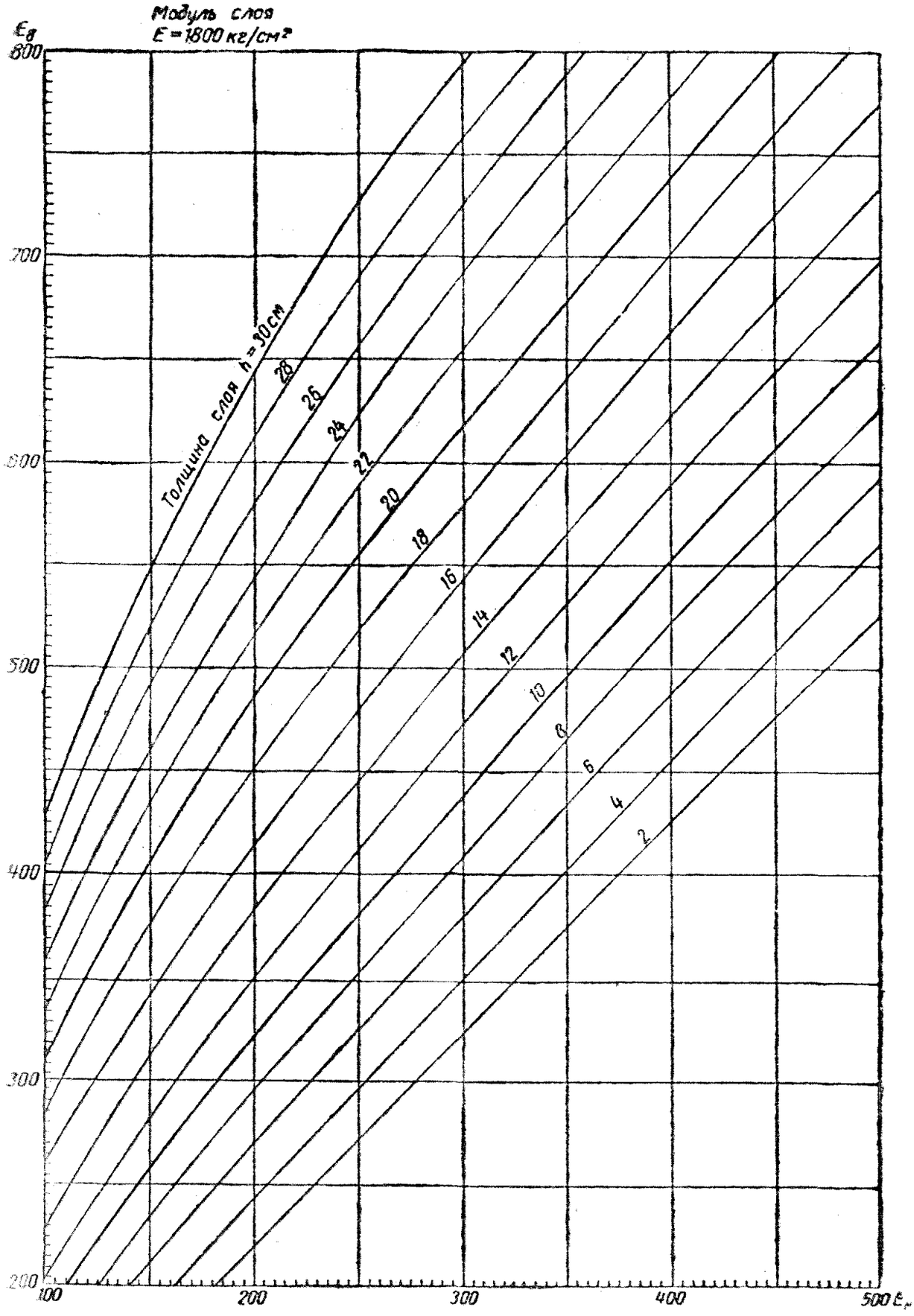
Модуль слоя
E = 1800 кг/см²
Eд
800
700
600
500
400
300
200
100
200
300
400
500 Eо
Толщина слоя h = 30 см
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2

Рис. 13

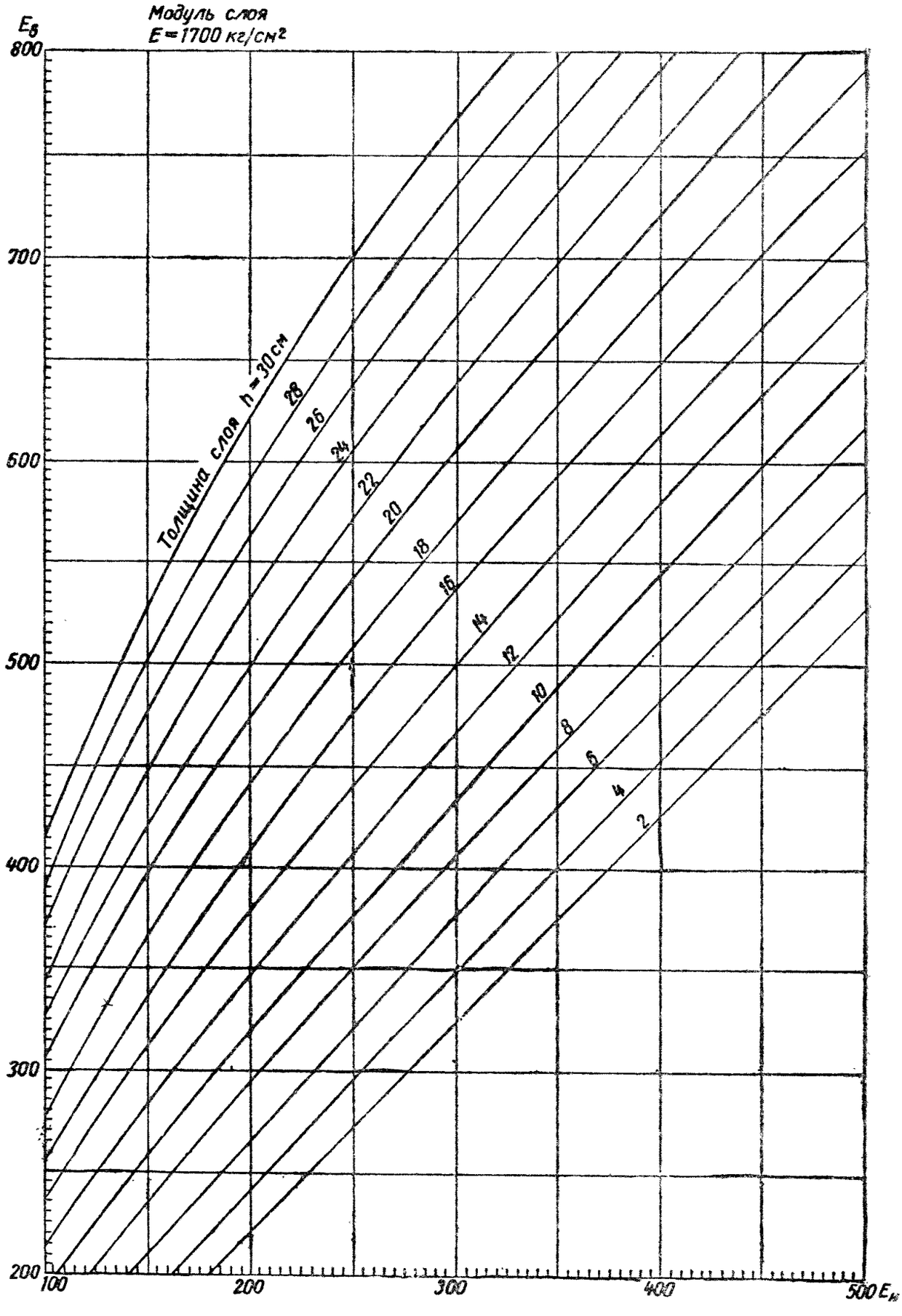
Модуль слоя
E = 1700 кг/см²
$E_б$
800
700
600
500
400
300
200
100
200
300
400
500
$E_н$
Толщина слоя h = 30 см
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2

Рис. 14

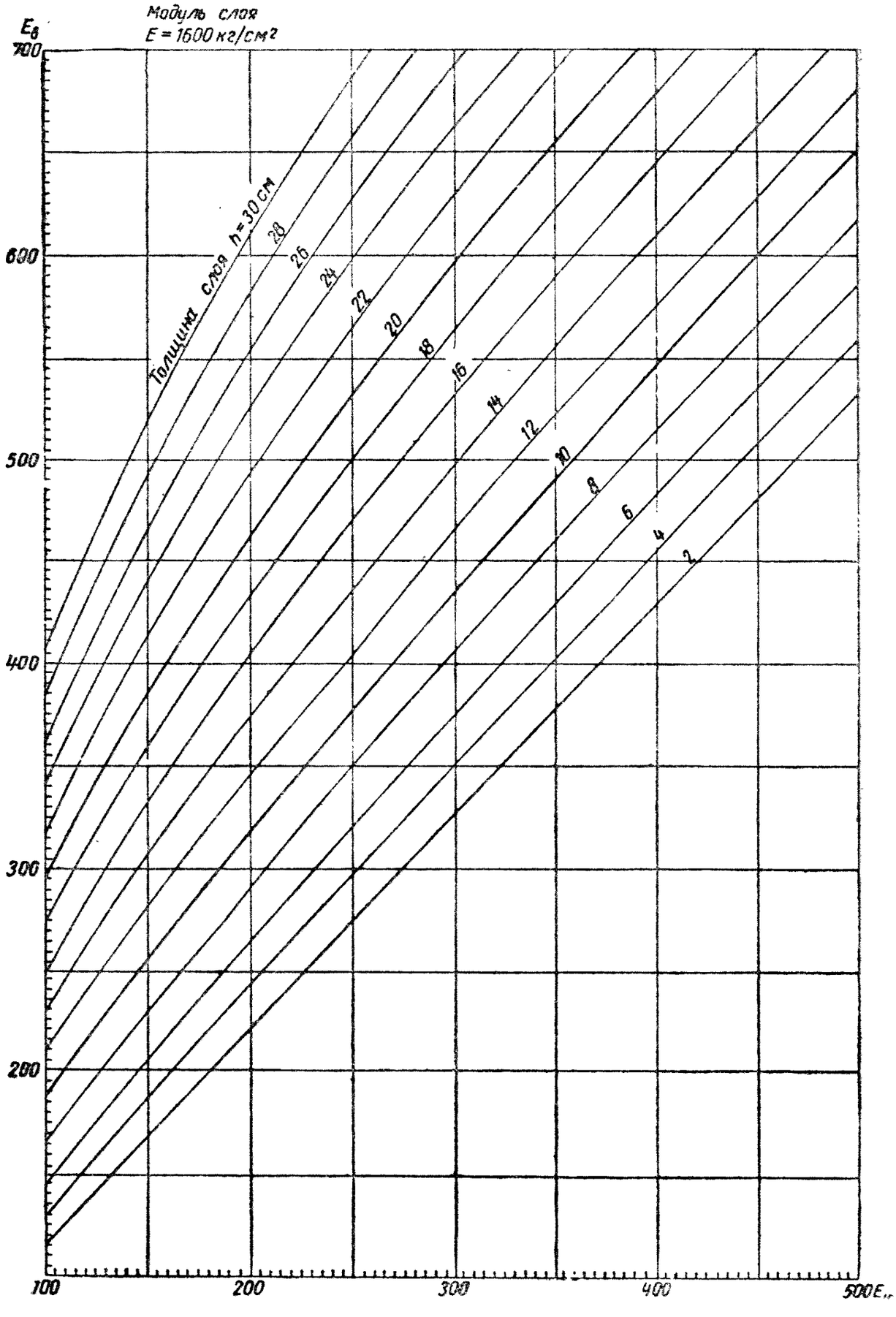
Модуль слоя
E = 1600 кг/см²
Eв
700
600
500
400
300
200
Толщина слоя h=30 см
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
100
200
300
400
500 Eн

Рис. 15

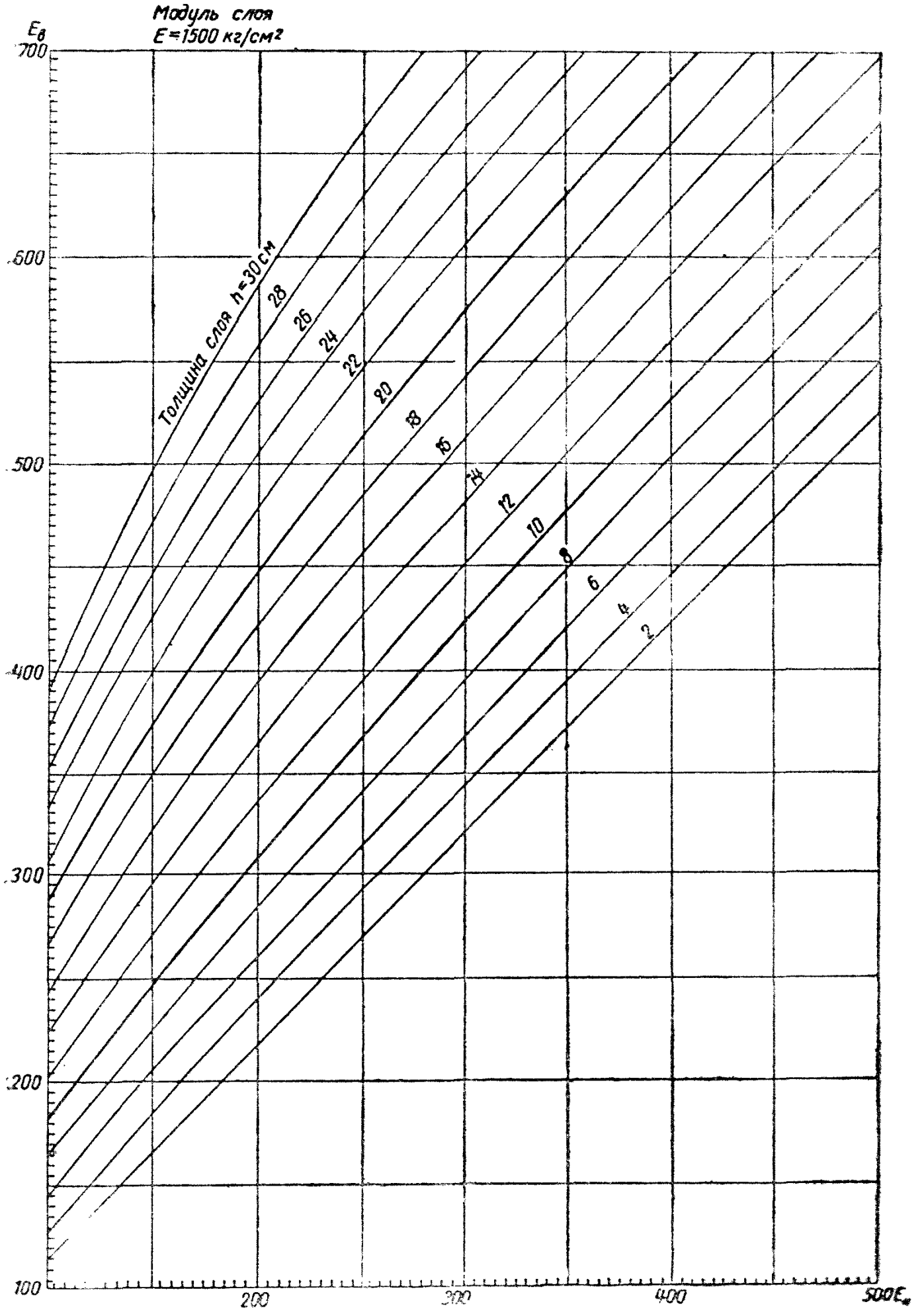
Модуль слоя
E=1500 кг/см²
$E_в$
700
600
500
400
300
200
100
Толщина слоя h=30 см
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
200
300
400
500
$E_н$

Рис. 16

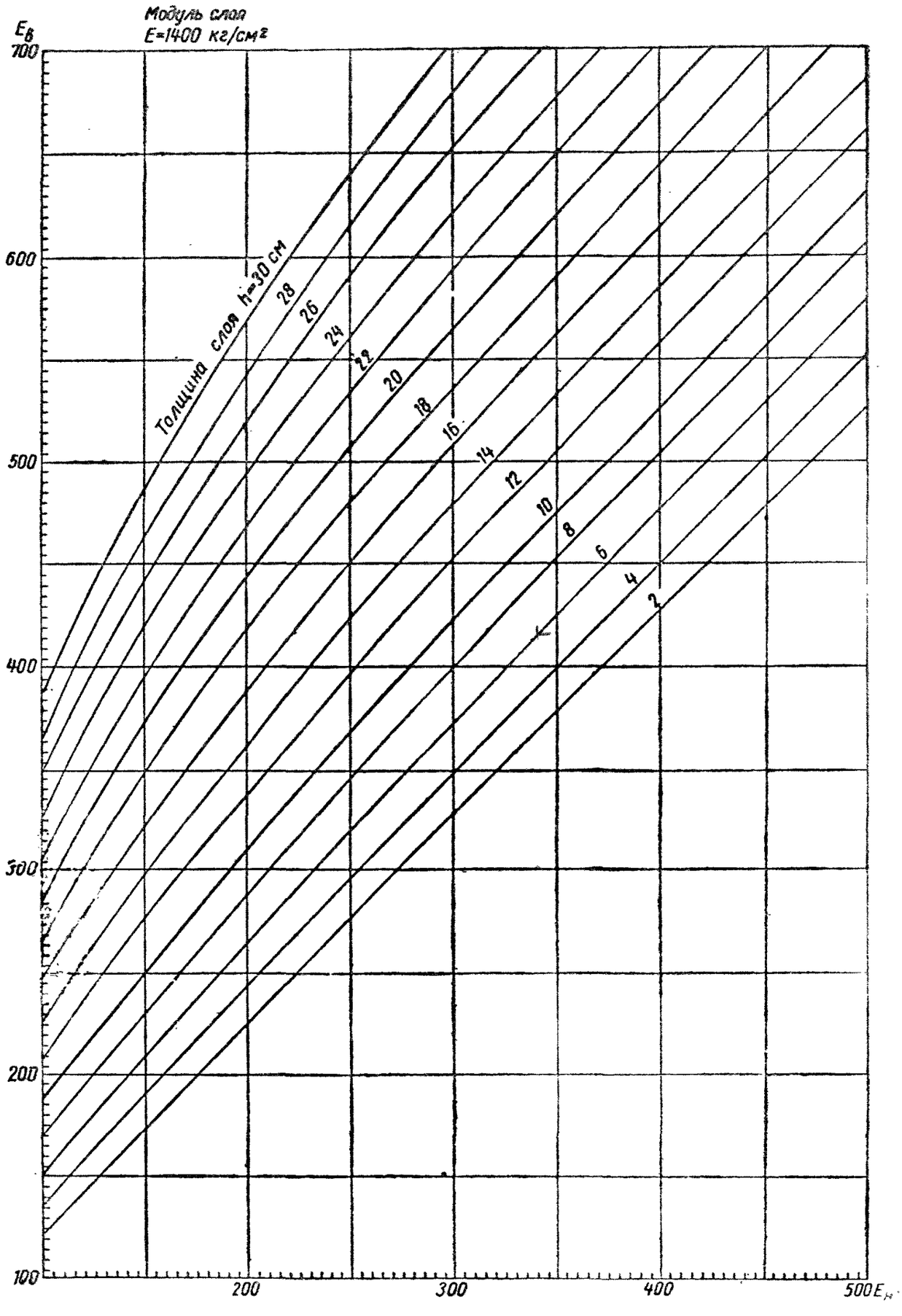
Модуль слоя
E=1400 кг/см²
$E_в$
700
600
500
400
300
200
100
Толщина слоя h=30 см
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
200
300
400
500
$E_н$

Рис. 17

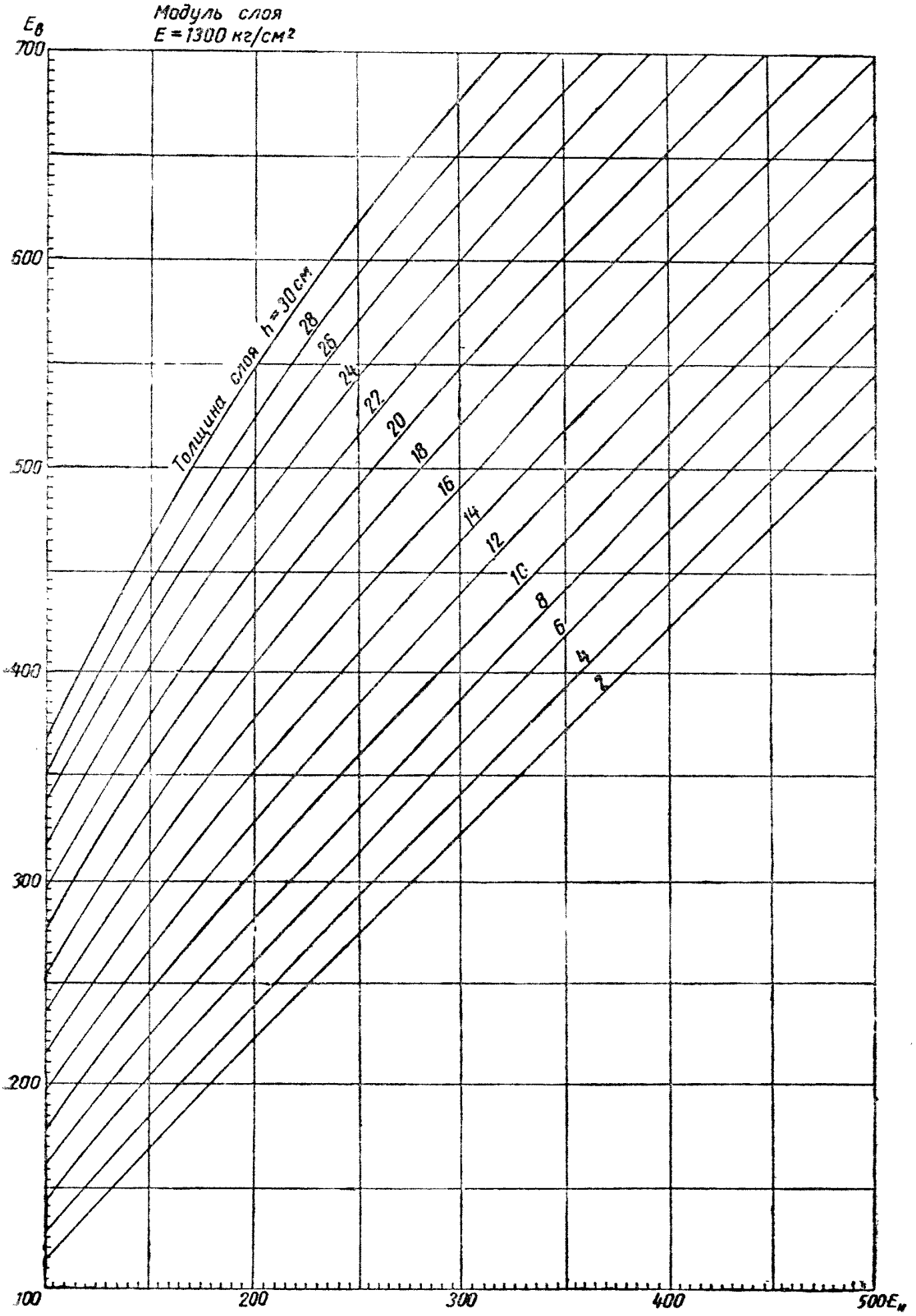
Модуль слоя
E = 1300 кг/см²
$E_в$
700
600
500
400
300
200
100
200
300
400
500 $E_н$
Толщина слоя h = 30 см
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2

Рис. 18

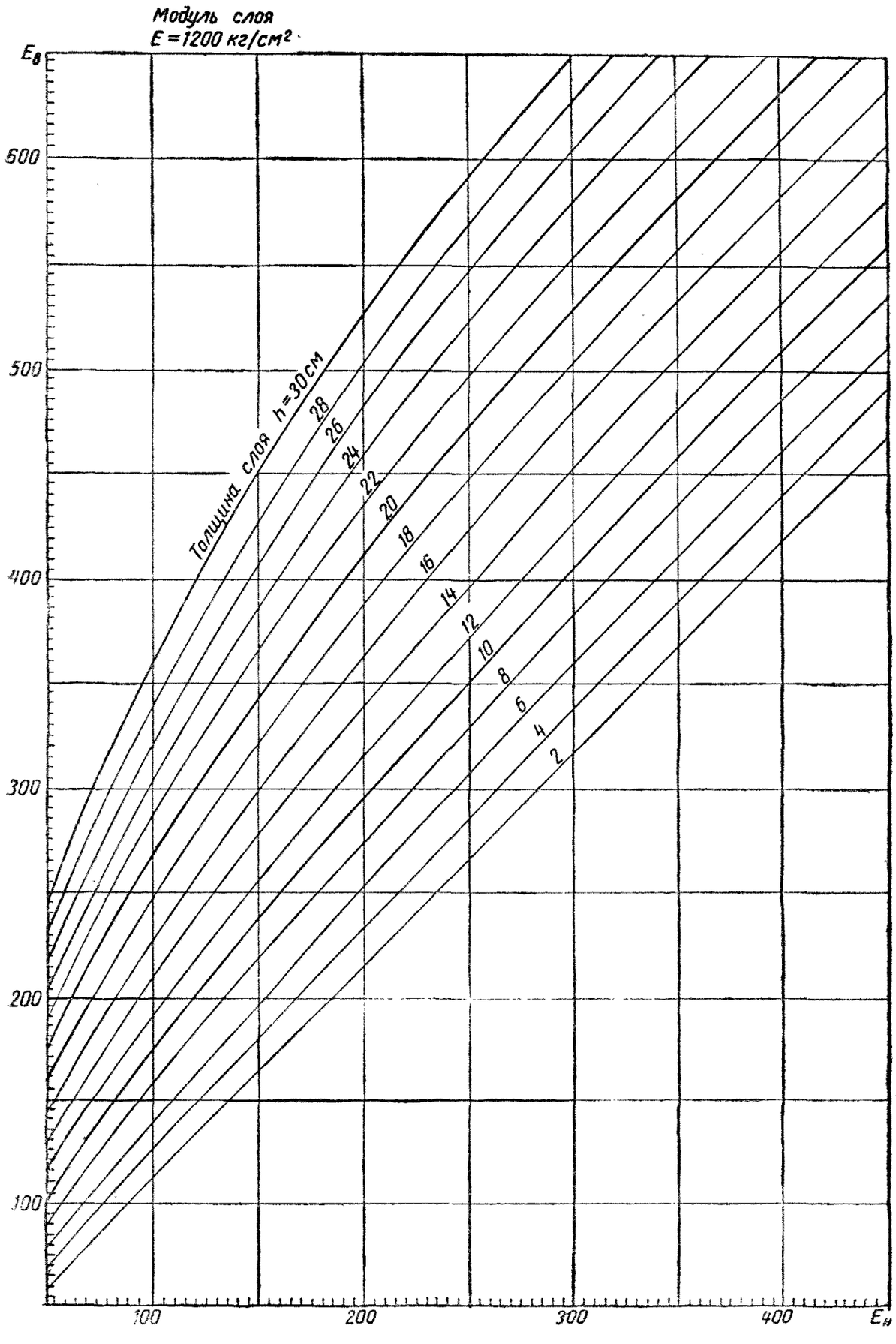
Модуль слоя
E = 1200 кг/см²
$E_в$
600
500
400
300
200
100
Толщина слоя h=30см
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
100
200
300
400
$E_н$

Рис. 19

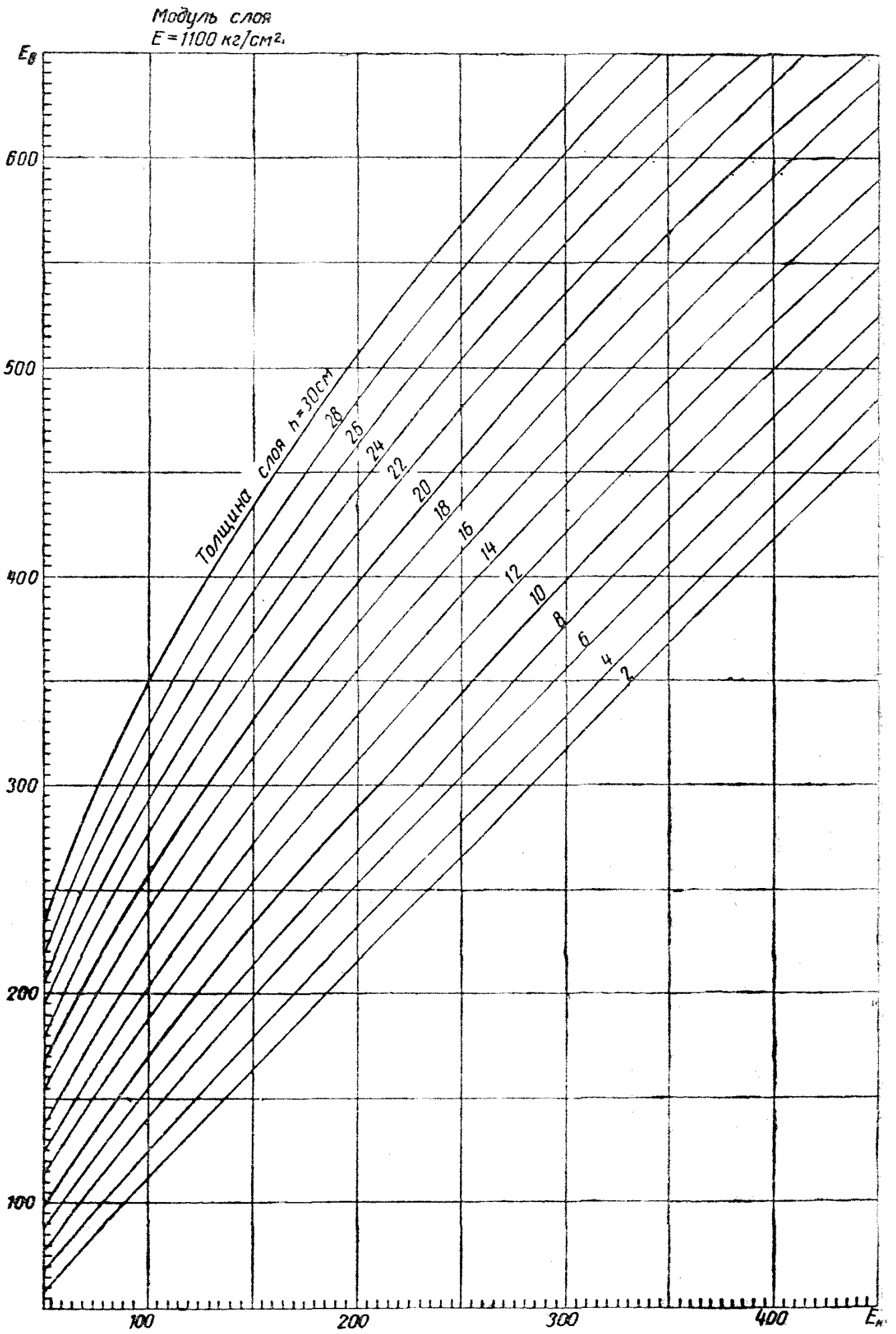
Модуль слоя
E = 1100 кг/см²,
$E_в$
600
500
400
300
200
100
Толщина слоя h = 30см
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
100
200
300
400
$E_н$

Рис. 20

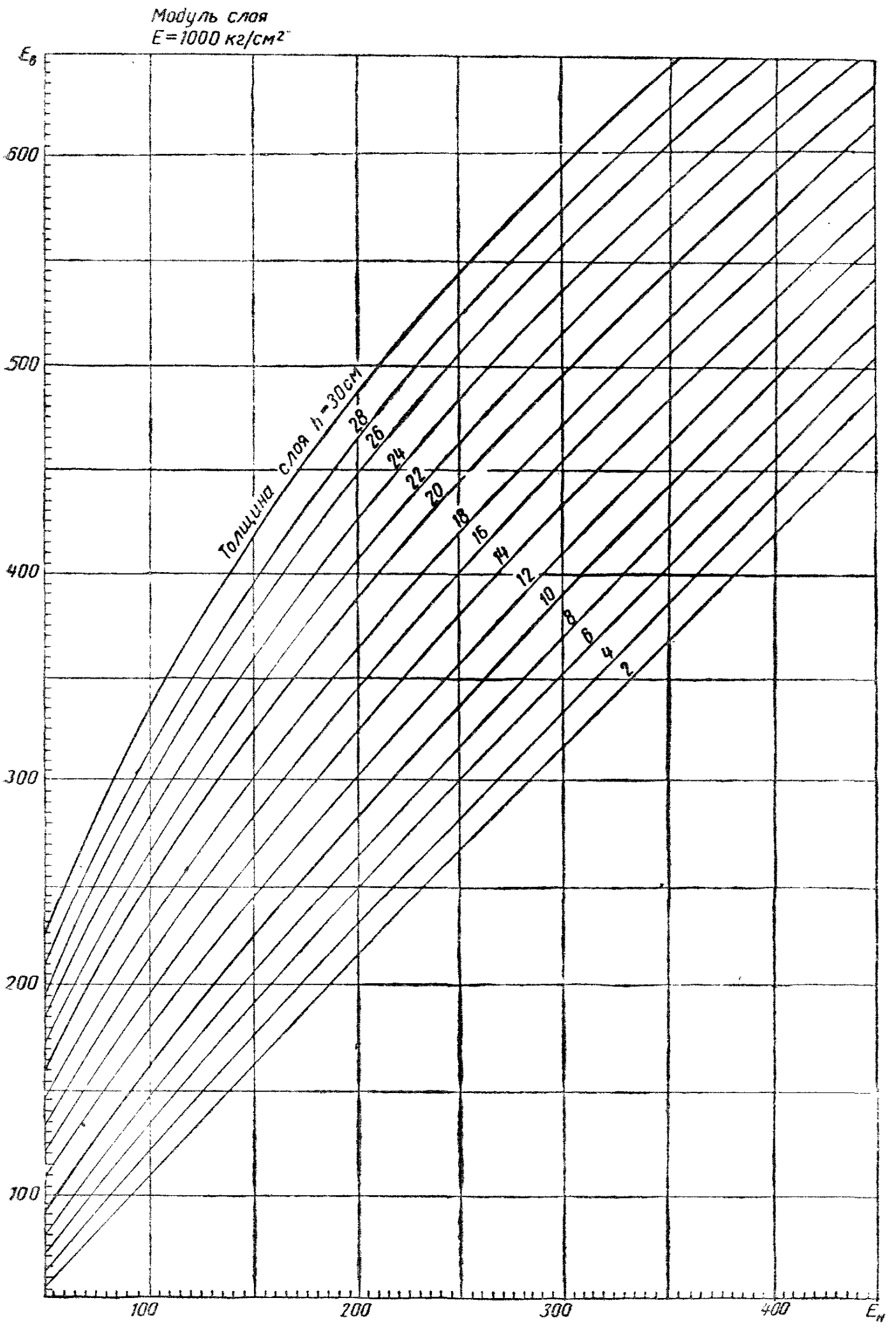
Модуль слоя
E=1000 кг/см²
E_0
600
500
400
300
200
100
Толщина слоя h=30см
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
100
200
300
400
$E_н$

Рис. 21

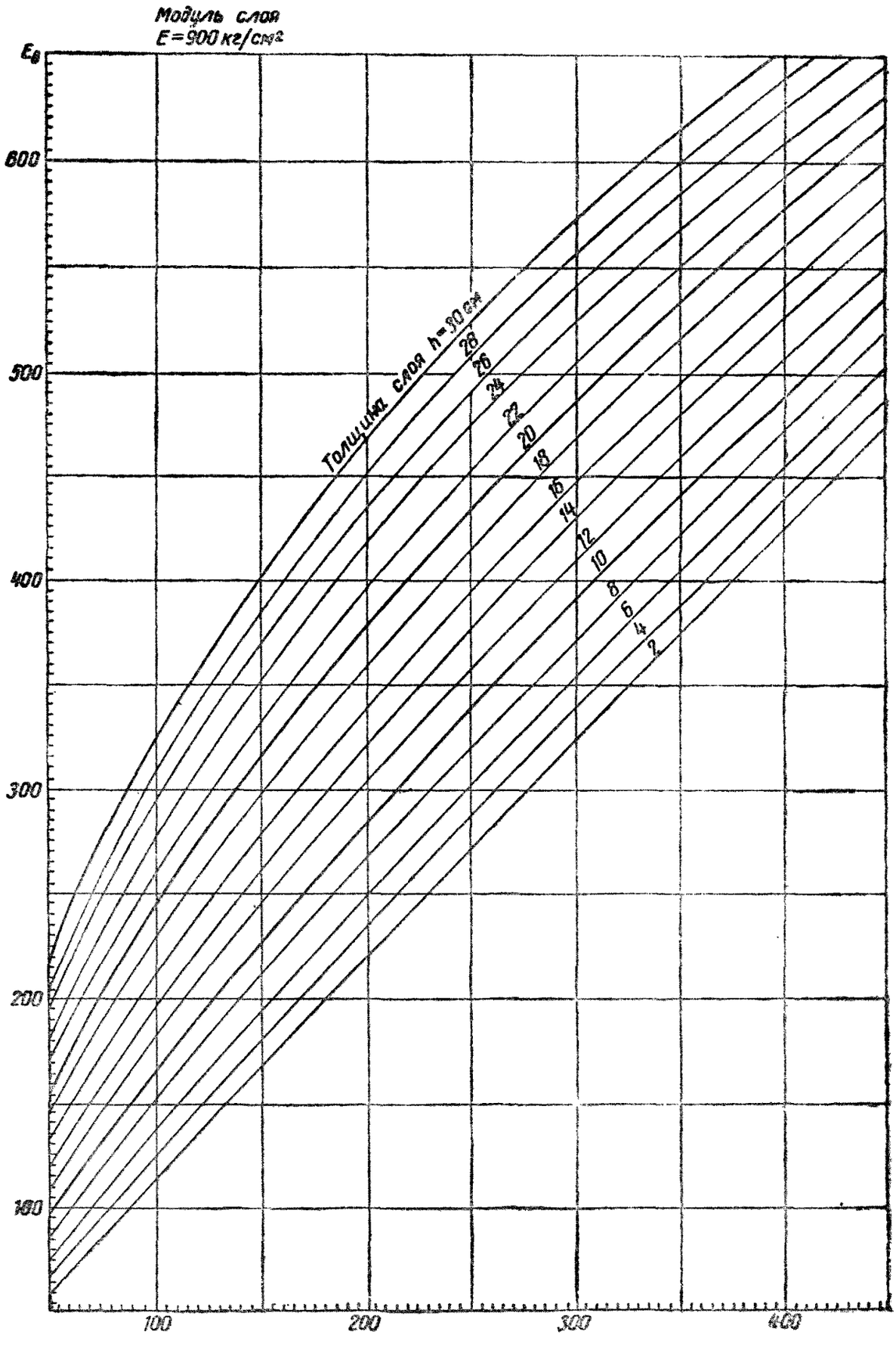
Модуль слоя
E=900 кг/см²
E_0
600
500
400
300
200
100
Толщина слоя h=30 см
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
100
200
300
400

Рис. 22

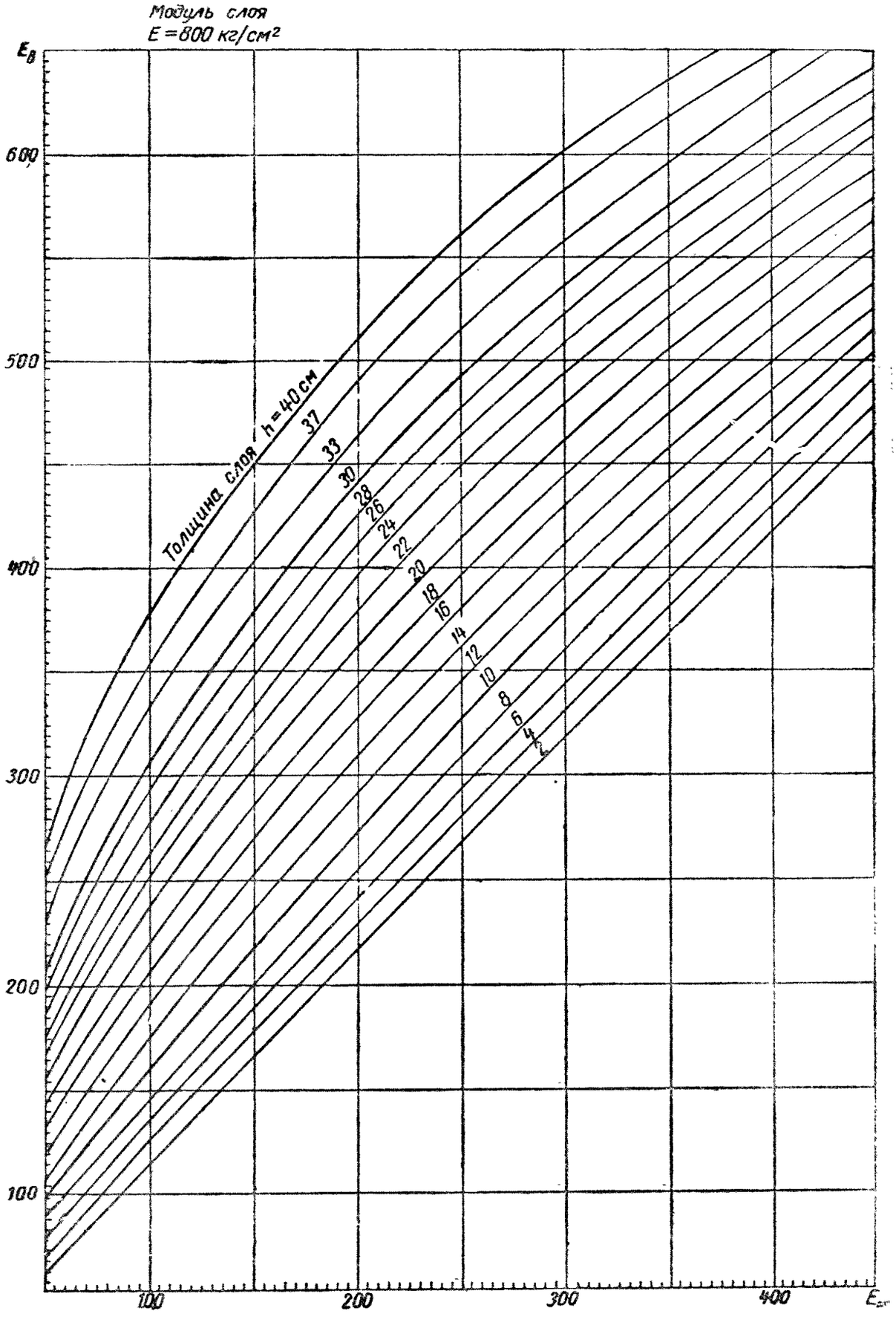
Модуль слоя
E = 800 кг/см²
$E_в$
600
500
400
300
200
100
Толщина слоя h = 40 см
37
33
30
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
100
200
300
400
$E_{ср}$

Рис. 23

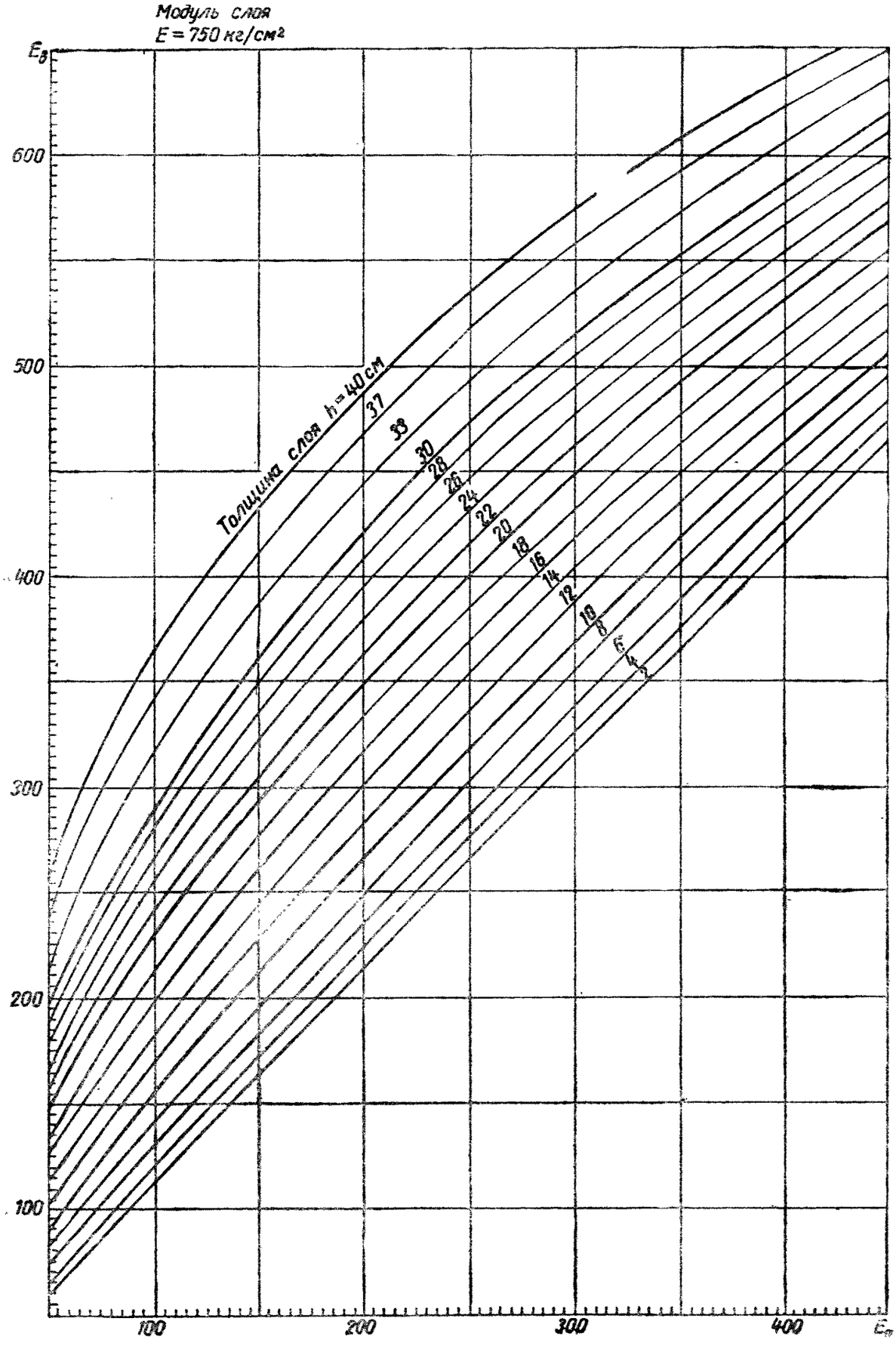
Модуль слоя
E = 750 кг/см²
$E_в$
600
500
400
300
200
100
Толщина слоя h = 40 см
37
34
30
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
100
200
300
400
$E_п$

Рис. 24

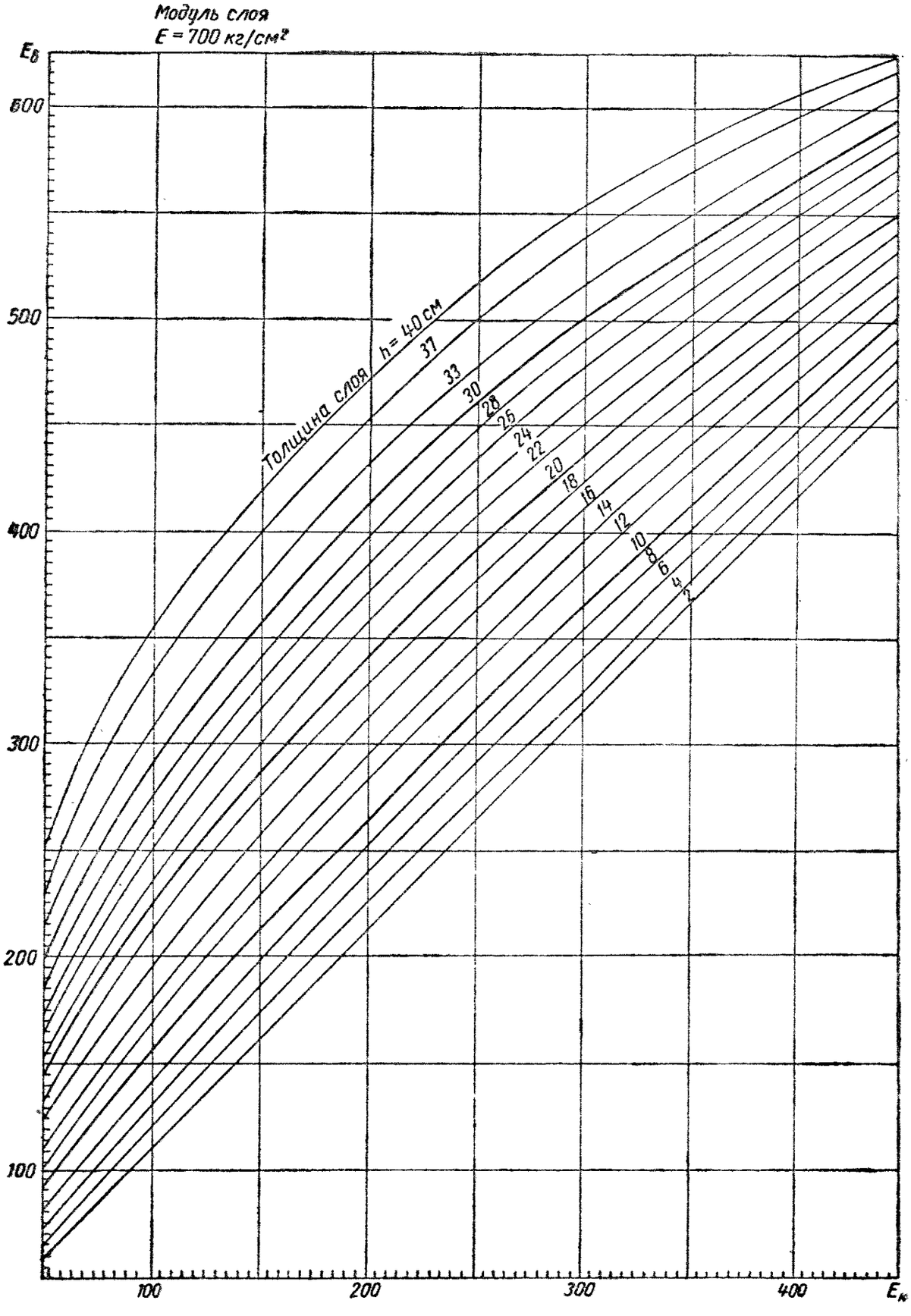
Модуль слоя
E = 700 кг/см²
Eв
600
500
400
300
200
100
Толщина слоя h = 40 см
37
33
30
28
25
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
100
200
300
400
Eн

Рис. 25

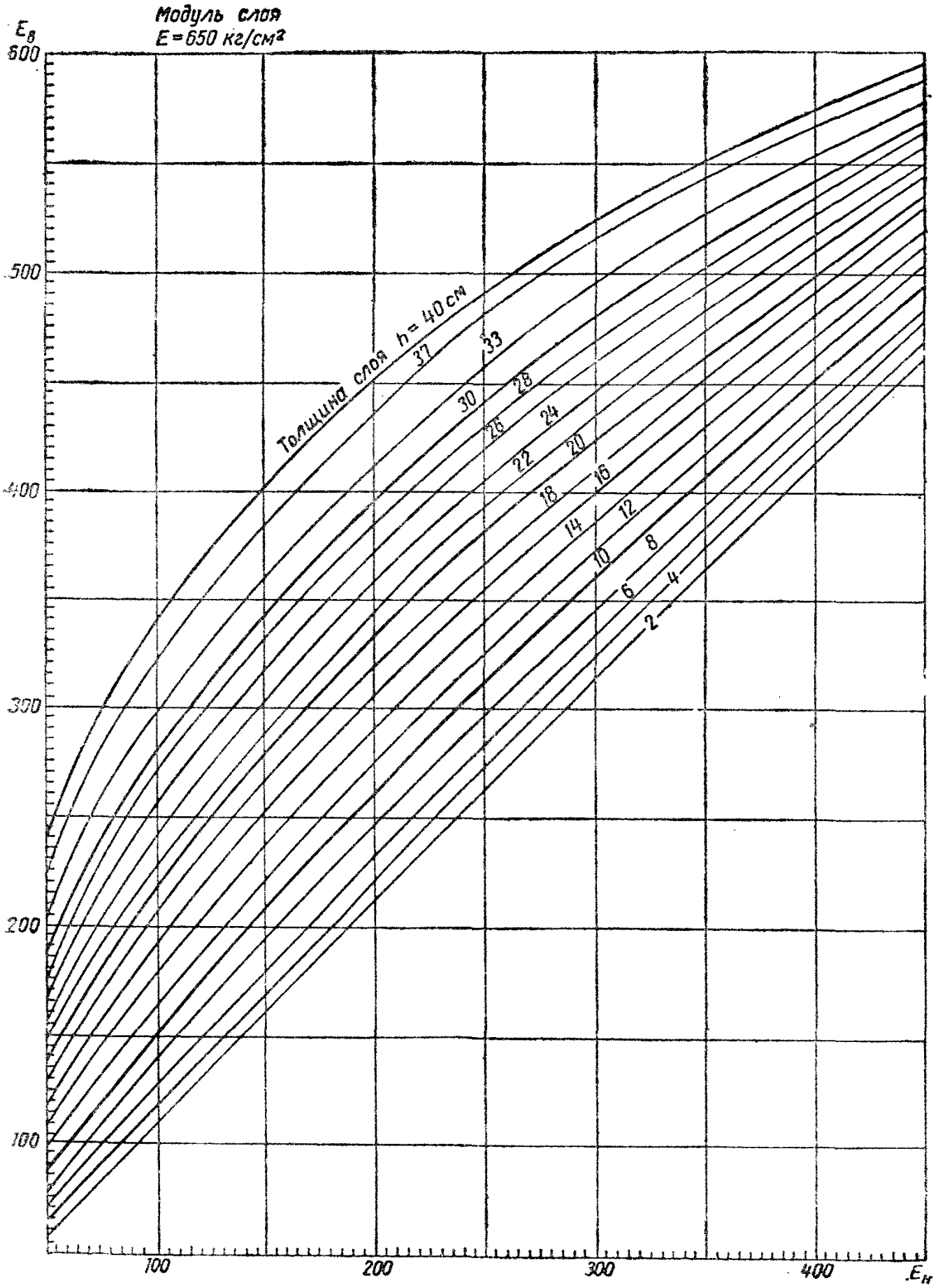
Модуль слоя
E=650 кг/см²
$E_в$
600
500
400
300
200
100
Толщина слоя h=40 см
37
33
30
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
100
200
300
400
$E_н$

Рис. 26

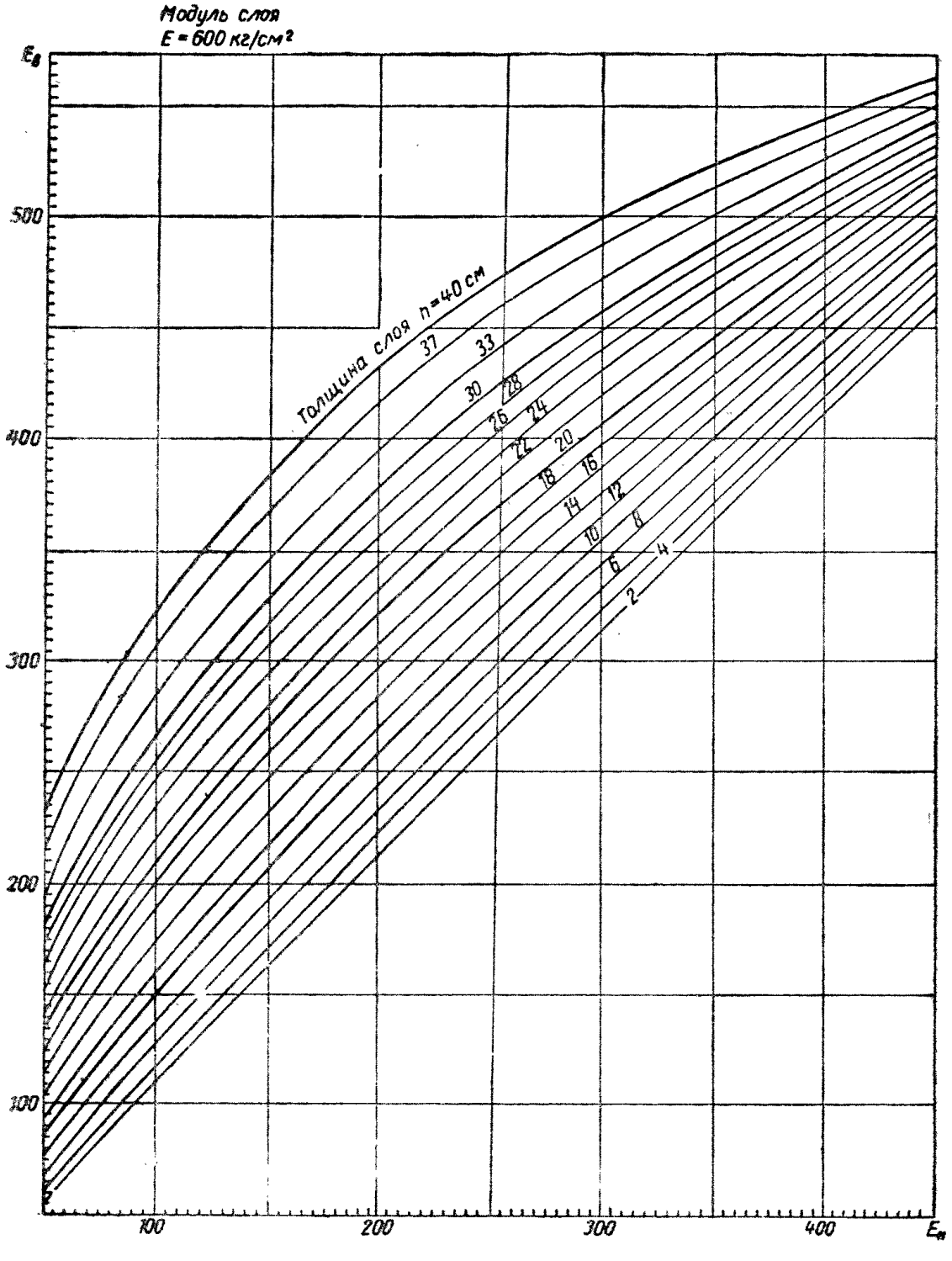
Модуль слоя
E = 600 кг/см²
$E_в$
500
400
300
200
100
Толщина слоя h=40 см
37
33
30
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
100
200
300
400
$E_н$

Рис. 27

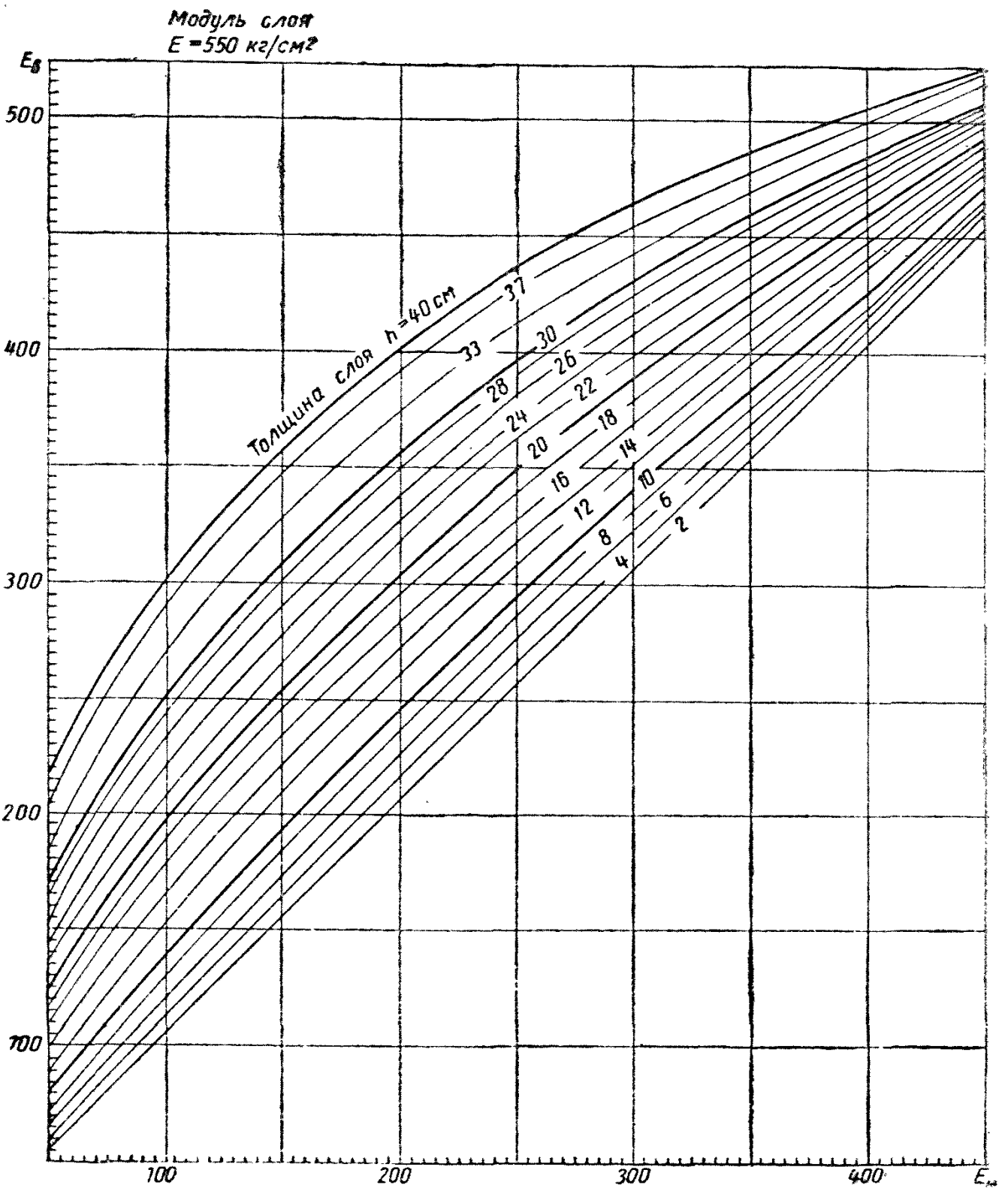
Модуль слоя
E =550 кг/см²
$E_б$
500
400
300
200
100
Толщина слоя h=40 см
37
33
30
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
100
200
300
400
$E_{гр}$

Рис. 28

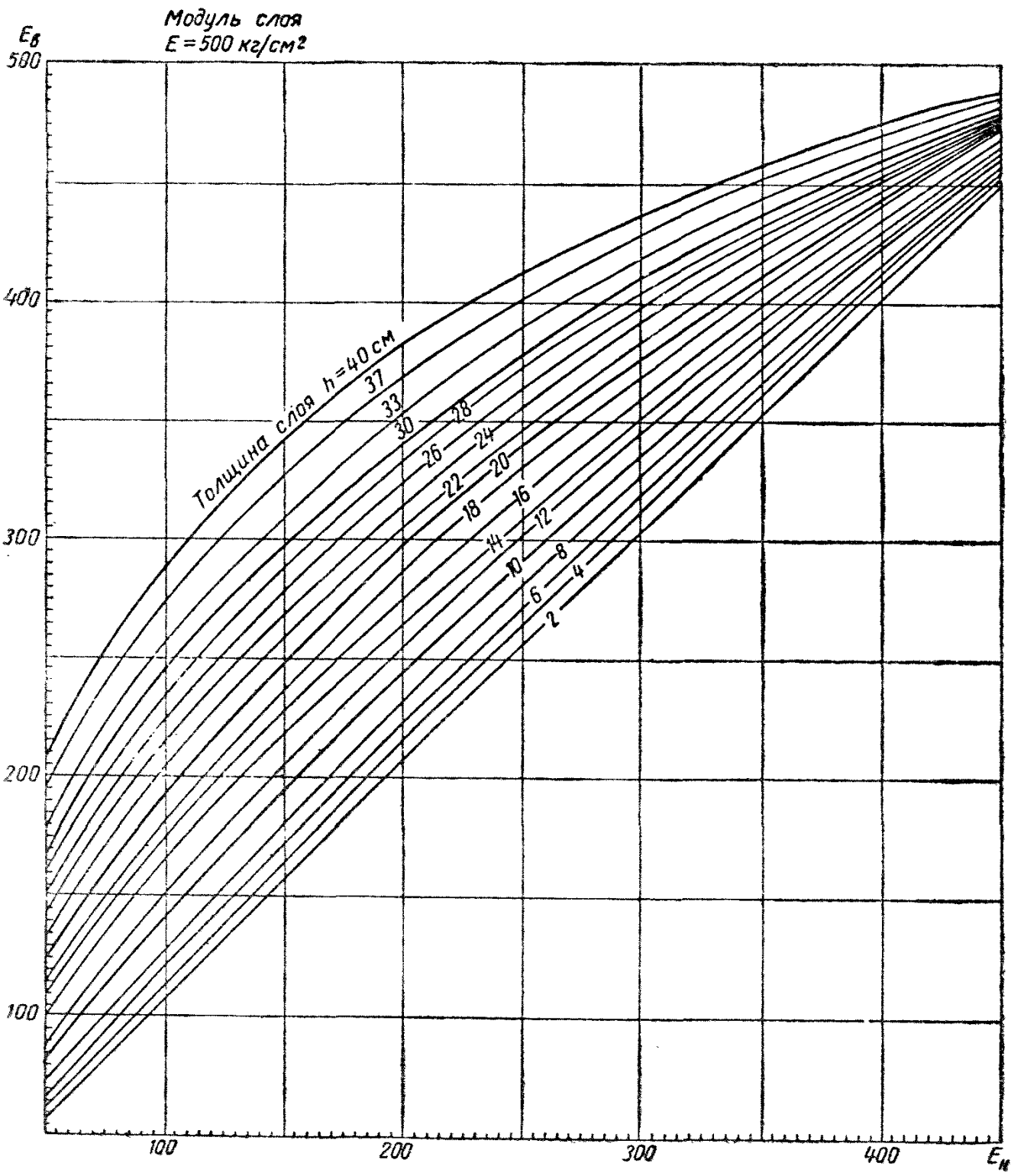
Модуль слоя
E = 500 кг/см²
Eв
500
400
300
200
100
Толщина слоя h=40 см
37
33
30
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
100
200
300
400
Eн

Рис. 29

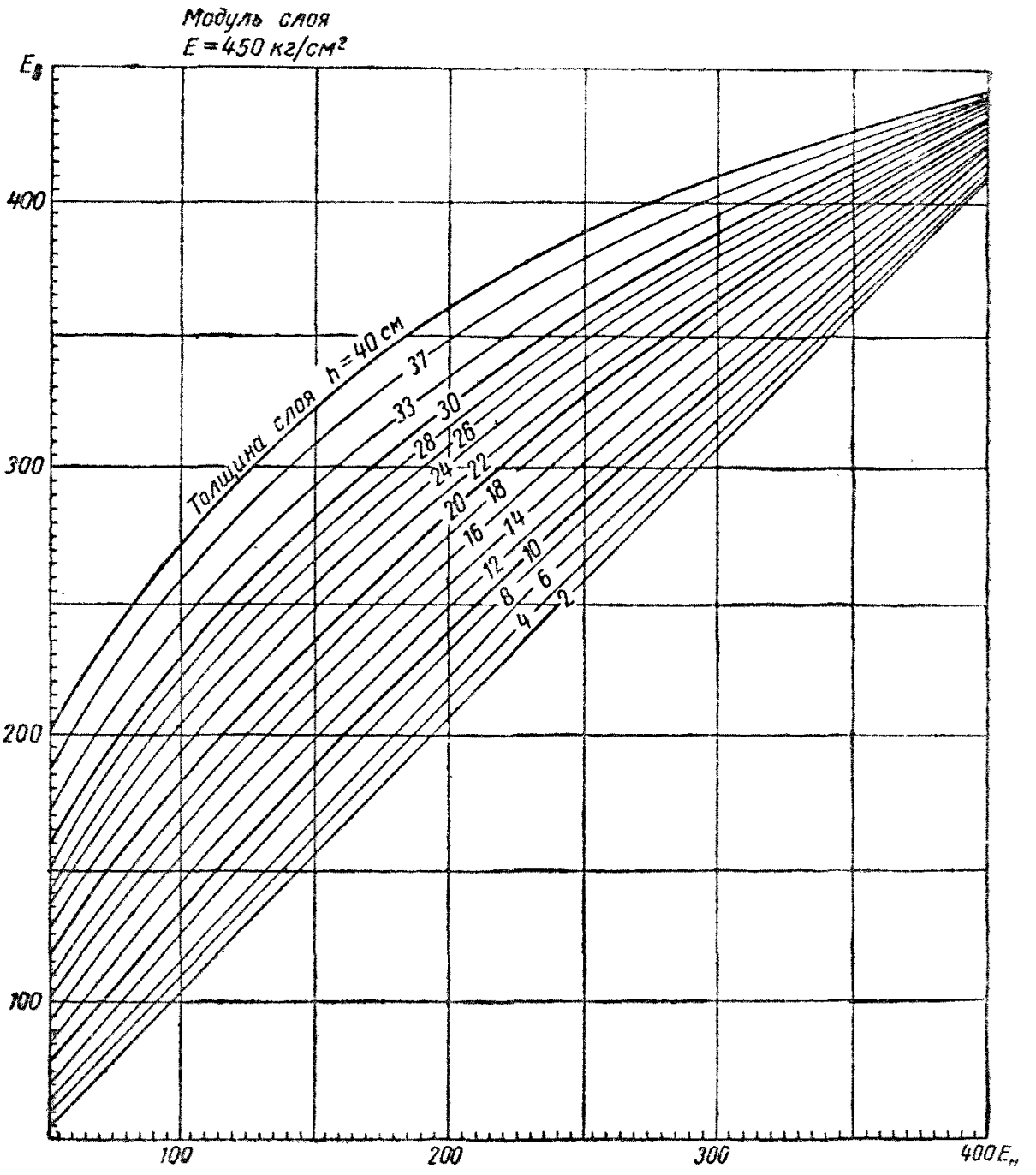
Модуль слоя
E = 450 кг/см²
$E_в$
400
300
200
100
Толщина слоя h = 40 см
37
33
30
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
100
200
300
400 $E_н$

Рис. 30

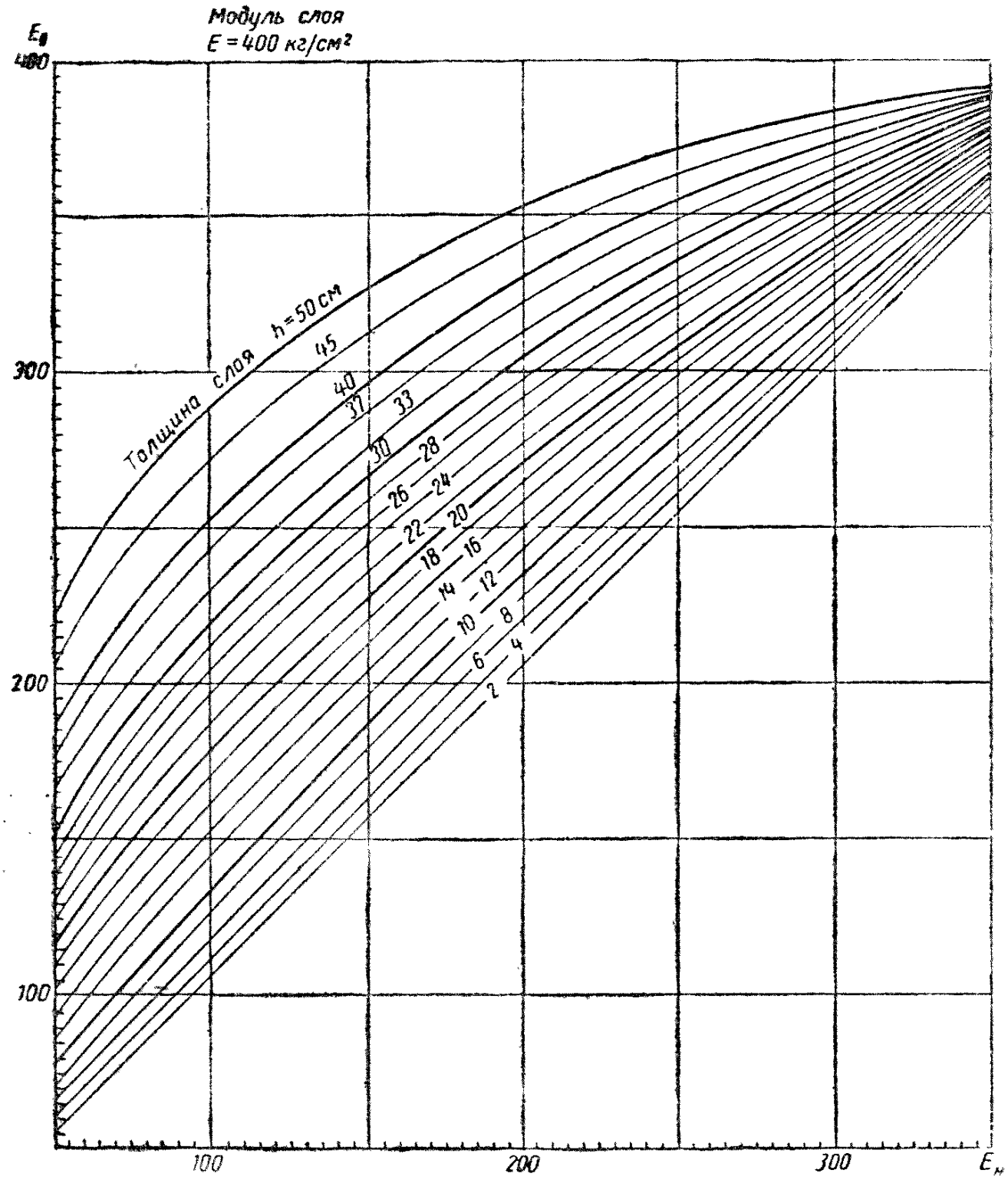
Модуль слоя
E = 400 кг/см²
E₀
400
300
200
100
Толщина слоя h = 50 см
45
40
37
33
30
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
100
200
300
Eн

Рис. 31

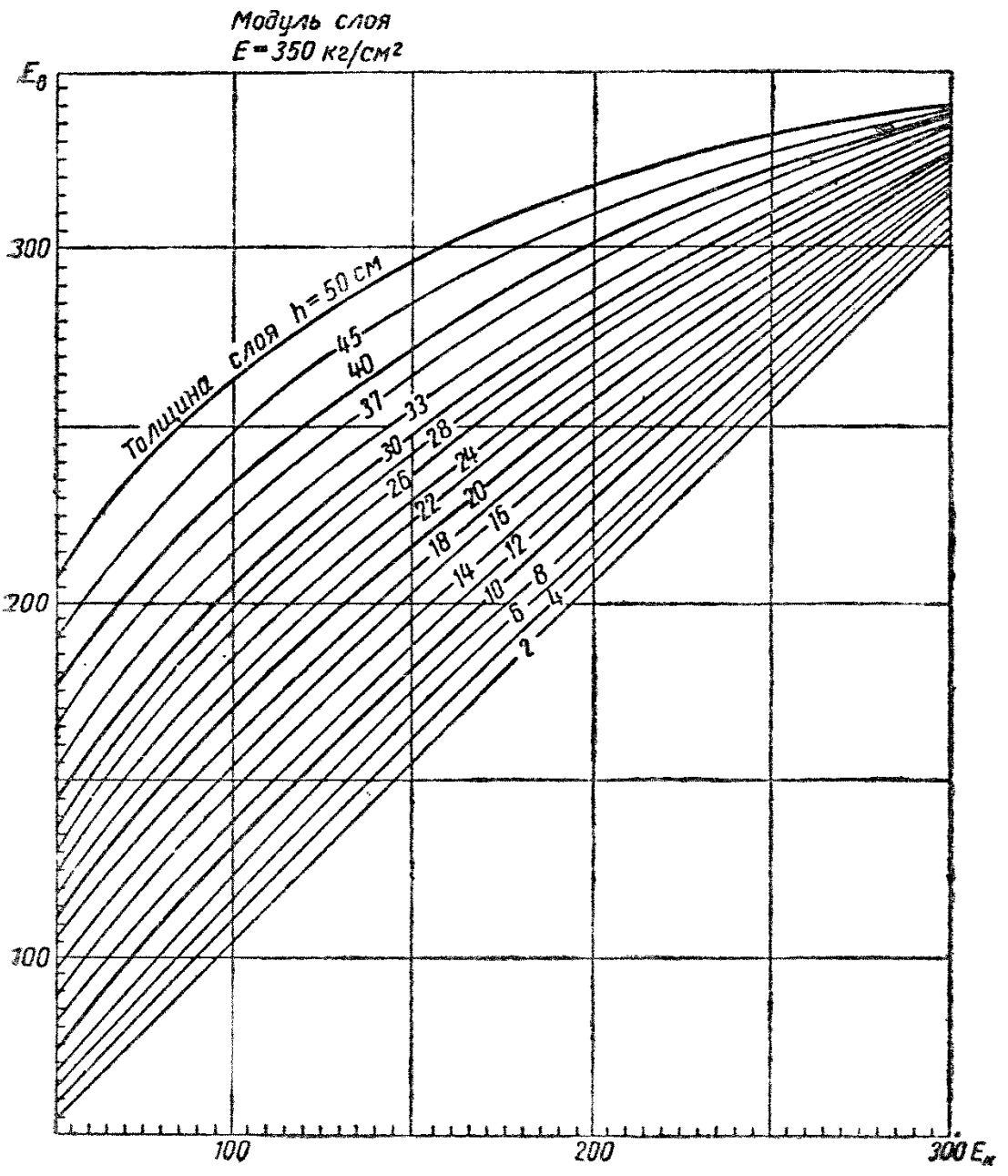
Модуль слоя
E = 350 кг/см²
E_0
300
200
100
Толщина слоя h = 50 см
45
40
37
33
30
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
100
200
300 $E_н$

Рис. 32

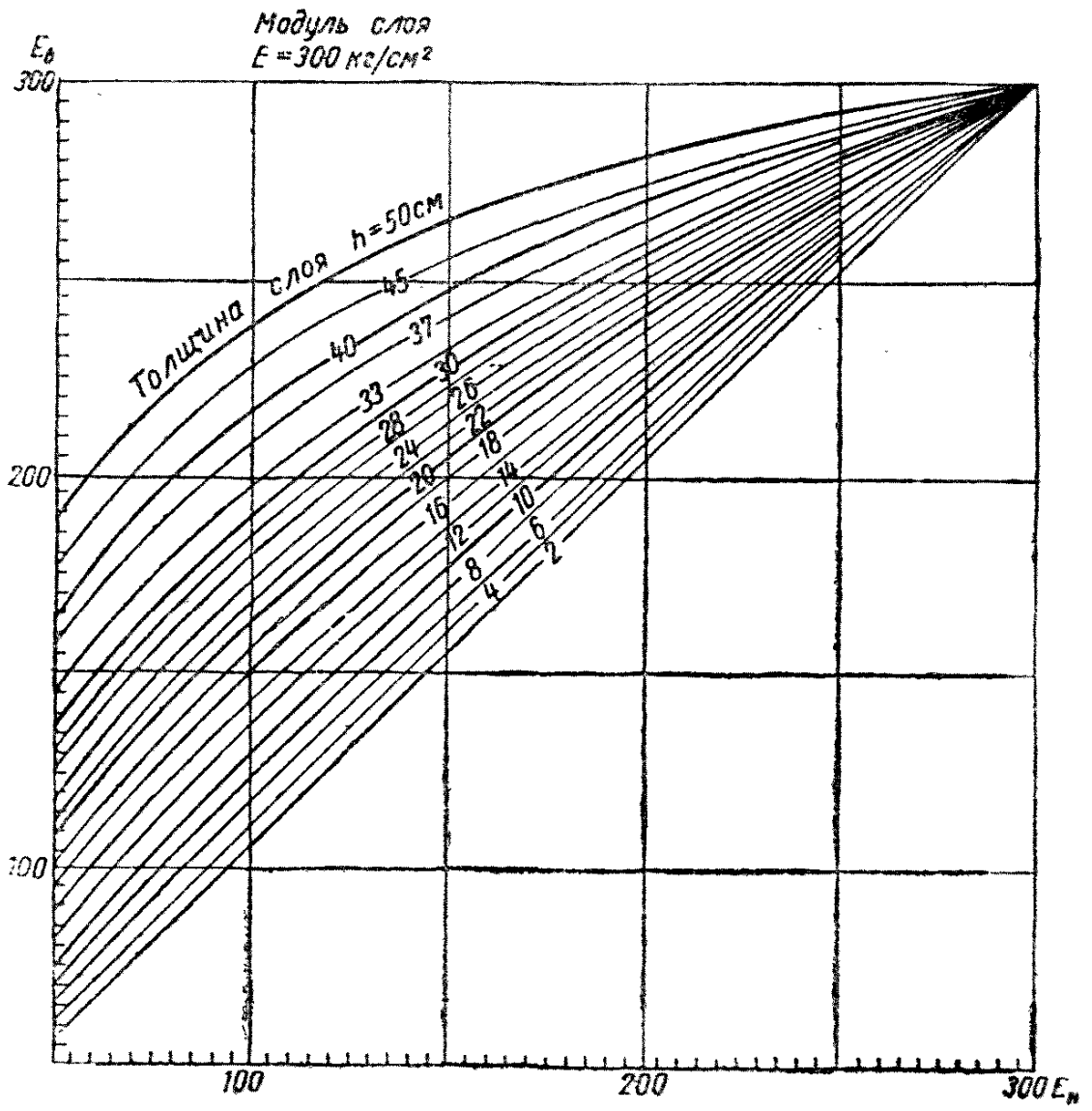
Модуль слоя
E=300 кг/см²
$E_б$
300
200
100
Толщина слоя h=50см
45
40
37
33
30
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
100
200
300 $E_н$

Рис. 33

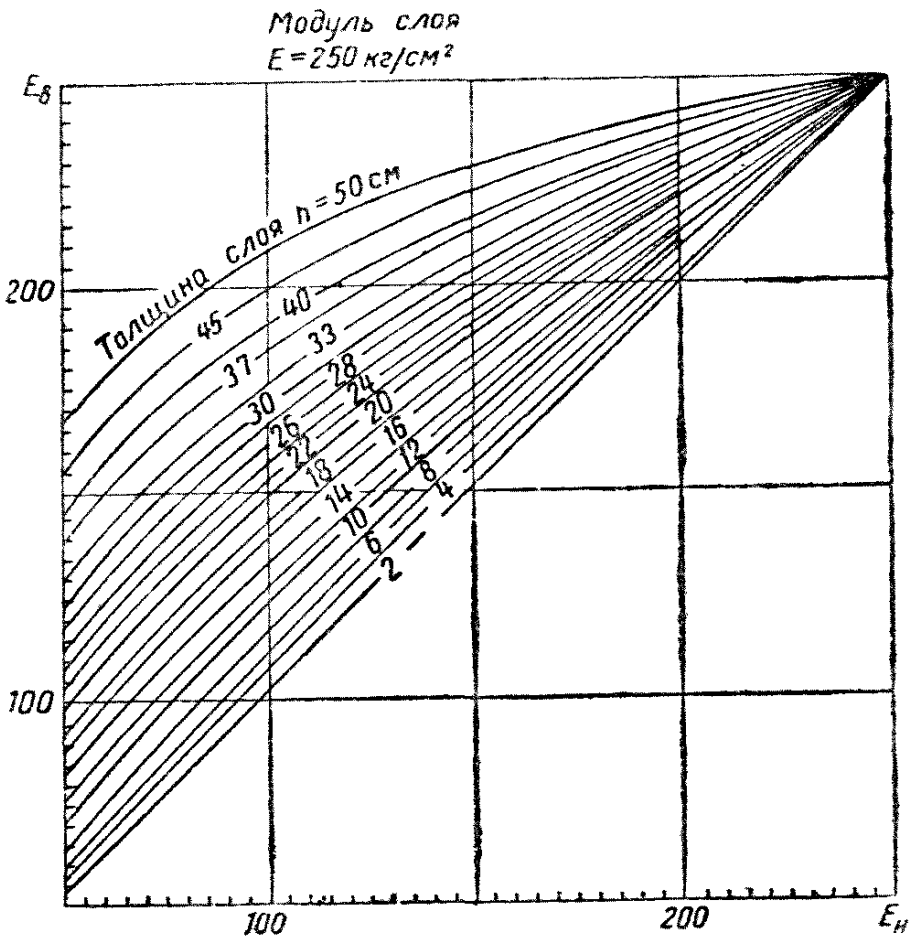
Модуль слоя
E=250 кг/см²
$E_б$
200
100
Толщина слоя h=50см
45
40
37
33
30
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
100
200
$E_н$

Рис. 34

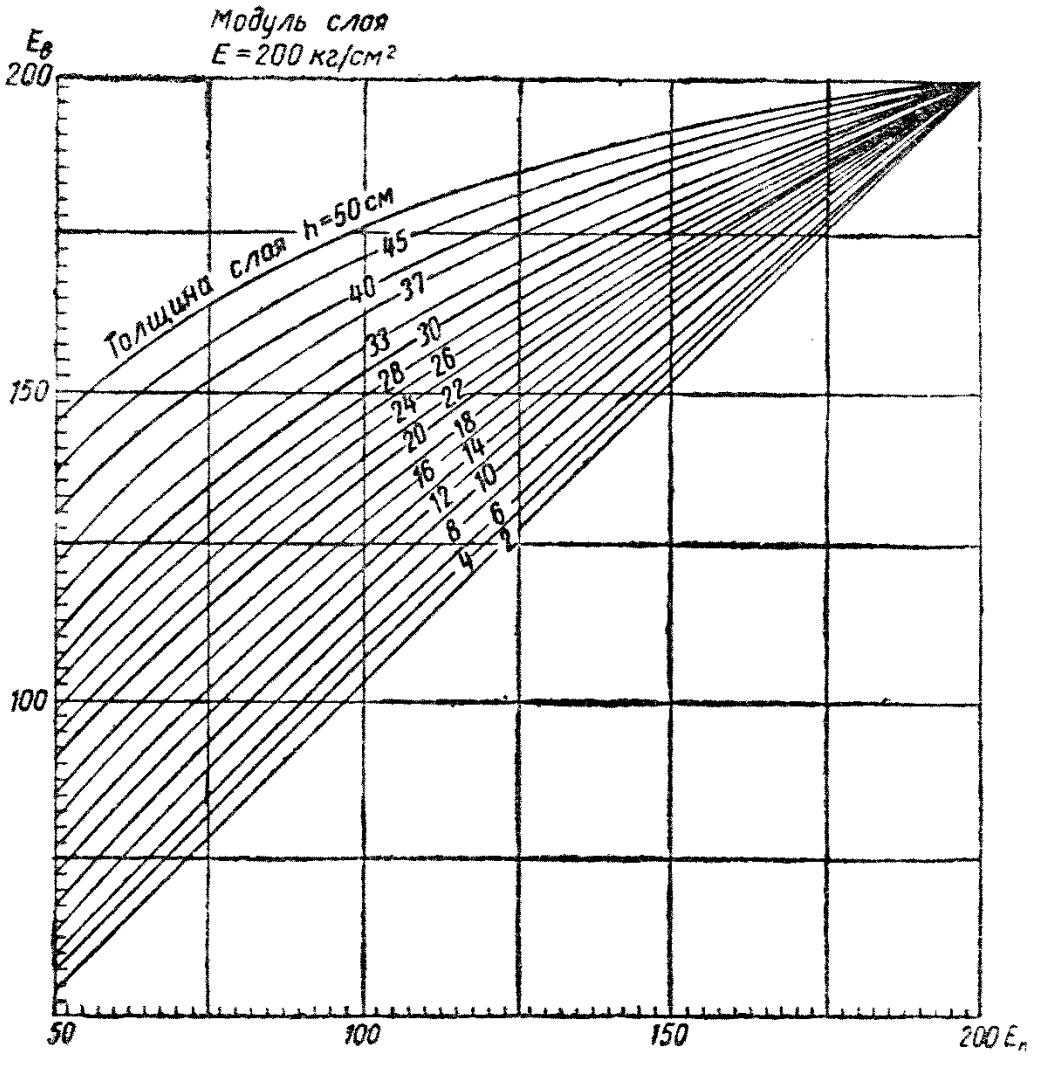

Рис. 35

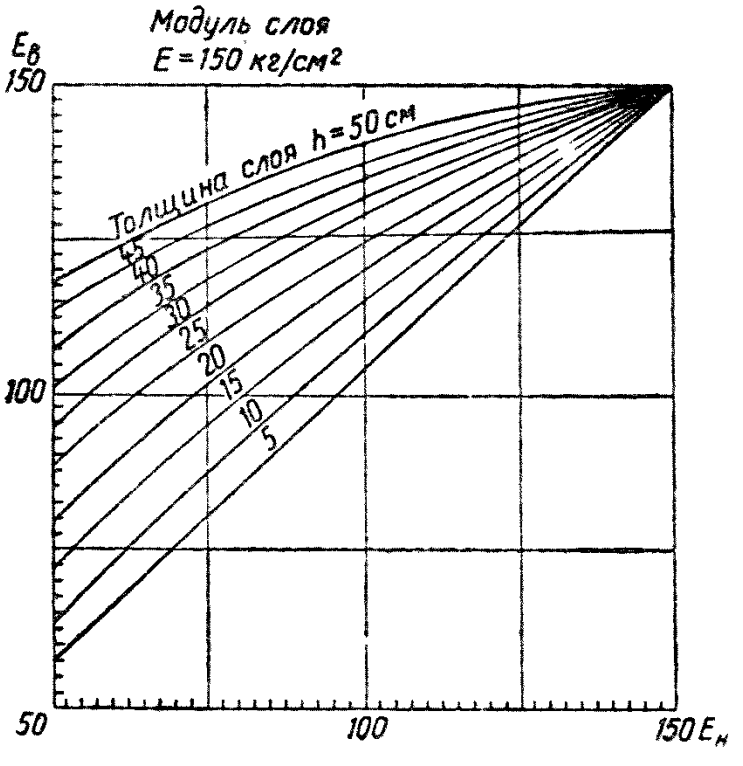

Рис. 36

gost.e-ecolog.ru