

625.84

Л 47

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ БССР

БЕЛОРУССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ имени С. М. КИРОВА

И. И. ЛЕОНОВИЧ

# ГРАФИКИ И ТАБЛИЦЫ ДЛЯ РАСЧЕТА ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

Минск 1968

625.84

А-47

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ БССР

БЕЛОРУССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ имени С. М. КИРОВА

И. И. ЛЕОНОВИЧ

К.Х

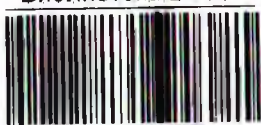
1968

*[Handwritten signature]*

272912

# ГРАФИКИ И ТАБЛИЦЫ ДЛЯ РАСЧЕТА ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

Библиотека БГТУ



00001003413236

БИБЛИОТЕКА БТИ  
имени С. М. КИРОВА

Минск 1968

В работе приведены данные и вспомогательные графики необходимые для расчета дорожных одежд жесткого типа. Графики построены по результатам вычислений 100 тыс. различных вариантов на электронно-счетной машине Минск-22. При составлении программы использована теория профессора Н.Н.Иванова.

Принимая исходные данные и используя графики, можно производить расчеты жестких дорожных одежд однослойной и двухслойной конструкции. Предлагаемая методика расчета удобна для практического пользования. Она позволяет определять наиболее рациональную конструкцию одежды без больших затрат труда и времени.

---

ЛТ № 07625 Зак. 80. Тир. 200 экз. Подписано к печати 6/III-68 г.  
Объем 8,8 п.л. Учетно-издат. 9,6 л. Цена 27 коп. Отпечатано на  
ротэпринте Белорусского технологического института им.С.М.Кирова

гор. Минск, ул.Свердлова, 13.

## ВЪЕДЕНИЕ

Лесное хозяйство и лесная промышленность играют весьма большую роль в экономике Советского Союза, в обеспечении сырья и продуктами широкими потребностей населения. Развитие лесного хозяйства и лесной промышленности ведется на базе комплексной механизации и автоматизации, путем неуклонного совершенствования технологии производства, внедрения научных методов организации труда. На пути развития этих отраслей хозяйства все заметнее становится значение транспорта, объединяющего между собой отдельные участки, производственные фазы и цеха.

Различные климатические и гидрогеологические условия, неодинаковый уровень развития районов и разные по характеру и величине транспортные задачи приводят к необходимости применять в различные виды сухопутного транспорта. Основными среди них можно считать: автомобильный, железнодорожный и тракторный.

Удельный вес этих видов транспорта как по грузообороту, так и по мощности постоянно изменяется. В настоящее время господствующее положение прочно занял автомобильный транспорт. Сотни тысяч километров автомобильных дорог проложено в лесных массивах страны. Большая часть из них является специализированными дорогами, предназначенными для целей вывозки древесины, хивы и других продуктов леса, а также для обеспечения всего многообразия выполняемых в лесу работ.

По лесным дорогам эксплуатируется сейчас свыше 50 тыс. автомобилей различных марок, общий годовой грузооборот лесного транспорта превышает 600 млн. тонн.

На вывозке леса и других транспортных операциях все большее применение находят большегрузные автомобили типов МАЗ, КраЗ и др. Уже сейчас они составляют 40 % машинного парка.

Развитие транспортных средств влечет за собой необходимость развития транспортных путей. Тяжелые и легкие экипажи могли двигаться по грунтовым дорогам. Эксплуатация современных быстросходных автомобилей немислима без развитой, постоянно действующей и качественной дорожной сети.

Однако дорожная сеть многих леспримхозов, комбинатов и лесхозов все еще остается низкого качества и поэтому далеко не полно отвечает требованиям лесного хозяйства и лесной промышленности.

Улучшение состояния лесных автомобильных дорог является задачей первостепенной важности. Над ее решением заняты многочисленная армия строителей и лесозаготовителей, инженеров и ученых. Повсеместно создаются очаги лесной строительной индустрии - предприятия и базы по производству дорожно-строительных материалов и конструкций.

Важное значение имеют вопросы дальнейшего усовершенствования методов проектирования, строительства и эксплуатации лесных дорог и, в частности, вопросы обоснования рациональных параметров дорог, расчета их прочности.

Решению этих вопросов и посвящена настоящая работа. Она выполнена на кафедре сухопутного транспорта леса и дорожных машин с участием сотрудников научно-исследовательской лаборатории механизации лесозаготовок (Т.К.Богданович, Л.А.Прокончик и др.)

Критические замечания и пожелания, касающиеся затронутых вопросов, будут с благодарностью приняты исполнителями и учтены в дальнейшей работе. Эти замечания и пожелания просьба сообщать по адресу: г.р.Минск, ул.Сверлова, 13-а, Белорусский технологический институт имени С.М.Жирова.

## I. ИСХОДНЫЕ РАСЧЕТНЫЕ ДАННЫЕ

### I. Прочность земляного полотна

Решение вопроса о конструкции дорожной одежды неразрывно связано с изучением местных условий и, в первую очередь, с определением прочности земляного полотна. Прочность земляного полотна зависит от его высоты, типа грунта, климатических и гидрологических условий местности. Характеризуется она модулем деформации.

Значение модуля деформации земляного полотна может быть определено экспериментально—путем вдавливания штампа. Отношение удельного давления штампа на грунт к относительной деформации вызванной этим давлением и даст искомое значение модуля деформации. Вычислить его можно по формуле:

$$E_0 = \frac{P \cdot D}{\ell} \text{ кг/см}^2 \quad (I)$$

где  $P$  — удельное давление штампа на грунт, кг/см<sup>2</sup>;  
 $D$  — диаметр штампа, см;  
 $\ell$  — просадка (деформация) грунта под штампом, см.

Определение модуля деформации земляного полотна штампом производится перед строительством дорожной одежды. При этом выясняется соответствие фактической и проектной прочности, в нужных случаях намечаются меры по увеличению несущей способности земляного полотна. Для определения модуля деформации желательно применять экспрессный метод— вдавливание штампа передним колесом автомобиля как предлагает это делать Ф.Д.Головнев.

Однако в расчетной практике значение модуля деформации земляного полотна чаще всего определяется по таблицам, составленным СОВАДОРНИИ (см. табл. I)

Расчетные значения модулей деформации грунтов

Группы дождевые участки	Грунты	Зона II на с н и и	Нулевые места, вспшки	Климатические зоны и		Зона III на с н и и	Нулевые места, вспшки	Зона IV на с н и и	Нулевые места, вспшки	Зона V на с н и и	Нулевые места, вспшки
				на с н и и	на с н и и						
1	A	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	A	120-150	60-80	130-165	80-110	140-170	100-140	150-200	120-150		
	Б	80-100	-	100-125	65-80	120-140	90-120	130-160	100-120		
	В	75-90	-	90-115	-	110-130	75-90	130-150	90-120		
	Г	70-90	-	85-105	-	90-120	-	125-140	85-110		
3	A	115-140	-	120-150	-	130-160	-	140-180	-		
	Б	75-95	-	90-120	-	100-130	-	120-160	-		
	В	70-85	-	85-110	-	90-120	-	120-140	-		
	Г	60-75	-	30-90	-	85-110	-	110-135	-		

Как видно из табл. I территория СССР разбита на климатические зоны. Причем, разбивка произведена следующим образом.

Первая зона (вечной мерзлоты) расположена севернее линии: Мочегорск-Поной-Несь-Ошкурье-Сухая Тунгуска-Канск-Туран-Слюдянка-Биробиджан-Де-Кастри.

Вторая зона (избыточного увлажнения) расположена к югу от границ первой зоны и ограничена линией- Львов-Житомир-Калуга-Горький-Ижевск-Тобольск-Канск.

Третья зона (переменного увлажнения) включает лесостепную зону к югу от границ II зоны до линии: Кишинев-Кировоград-Харьков-Куйбышев-Оренбург-Омск-Бийск-Туран.

Четвертая зона (недостаточного увлажнения) расположена к югу от границ третьей зоны до границ пятой зоны.

Пятая зона (засушливая) расположена к югу и к востоку от линии: Джульфа-Степанакерт-Кировоград-Буйнакск-Кизляр-Сельск-Волгоград-Уральск и Актобинск-Тургай-Караганда-Семипалатинск.

В каждой климатической зоне следует различать западную и восточную часть, граница между которыми проходит по линии Архангельск-Астрахань. Для западной части в установленных пределах принимается меньшее значение модуля Деформации, а для восточной-большее.

По гидрологическим условиям различают три типа местности.

#### I. Сухие места без избыточного увлажнения

Поверхностный сток обеспечен. Верховолка или грунтовые воды залегают от поверхности земли глубже, чем минимально необходимое возвышение 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 в отдельные периоды 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 избытком увлажнения

Верховодка или грунтовые воды залегают от поверхности земли на меньшей глубине, чем минимально необходимое возвышение бровки полотна над уровнем грунтовых вод. Почвы торфяные оглеенные с признаками заболачивания или солончаки. Постоянно орошаемые территории засушливой зоны.

Грунты земляного полотна разбиваются на группы следующим образом.

- А. Очень мелкие пески, супеси и оптимальные смеси.
- Б. Пески пылеватые, мелкие супеси не пылеватые.
- В. Суглинки, тяжелые суглинки, глины легкие и тяжелые.
- Г. Пылеватые грунты - супеси пылеватые, суглинки пылеватые, лёсс.

Таким образом, чтобы правильно пользоваться табл. I необходимо установить к какой зоне относится рассматриваемая дорога, выяснить степень увлажнения участка и отнести его к соответствующему гидрологическому типу местности, оценить качество грунтов, определить конструкцию земляного полотна. Все это можно сделать при изыскании дороги или же путем камерального анализа данных изысканий и исследований.

#### 4. Требуемая прочность дороги

Прочность дороги должна полностью обеспечивать эксплуатационные требования. Последние зависят от типа применяемого подвижного состава, интенсивности движения и некоторых других факторов.

Прочность дороги характеризуется требуемым модулем деформации, который вычисляется по формуле

$$E_{тр} = \frac{2P}{2\lambda} (0,5 + 0,65 \lg \gamma N_p) \text{ кг/см}^2, \quad (2)$$

где  $P$  - удельное давление колеса расчетного автомобиля на дорожное покрытие,  $\text{кг/см}^2$ ;

$\lambda$  - допускаемая относительная деформация для гравийных и щебеночных покрытий  $\lambda = 0,06$ , для покрытий стабилизированных битумом  $\lambda = 0,05$ ; для грунтовых обработанных цементом  $\lambda = 0,04$ ;

$\gamma$  - коэффициент, учитывающий повторяемость нагрузки: при двухполосной проезжей части  $\gamma = 1$ ; при однополосной  $\gamma = 2$ ; для временных дорог во всех случаях  $\gamma = 1$ .

$N_p$  - расчетная приведенная суточная интенсивность движения.

Удельное давление колес на покрытие, а также размеры отпечатков у различных автомобилей различны. При расчете дорожных одежд лесовозные автомобили могут быть приведены к той или иной группе (табл.2).

Т а б л и ц а 2

Параметры лесовозных автомобилей

Расчетный автомобиль	Грузоподъемность, м <sup>3</sup>	Удельное давление на дорожное покрытие, кг/см <sup>2</sup>	Диаметр отпечатка колеса, см	Автомобили, которые могут быть отнесены к этой группе
ЗИЛ-164	5,0	5,0	29,5	ЗИЛ-130, ЗИЛ-131, ЗИЛ-133, ЗИЛ-150, ЗИЛ-151, ЗИЛ-157
МАЗ-509	6,5	6,0	32,8	МАЗ-200, МАЗ-205, МАЗ-500, МАЗ-501
Н-13	-	6,0	34,0	КрАЗ-214, КрАЗ-255 К расчетному автомобилю Н-13 могут быть приведены и другие типы автомобилей

Суточная интенсивность движения зависит от грузооборота дороги, типа применяемых автомобильных поездов и величины рейсовой нагрузки. Определяется она из выражения

$$N_{сут} = \frac{Q \cdot k_{пр}}{Q_p} \quad (3)$$

где  $Q$  - суточный грузооборот дороги, м<sup>3</sup>;

$Q_p$  - полезная рейсовая нагрузка на автомобильный поезд, м<sup>3</sup>;

$k_{пр}$  - коэффициент учитывающий влияние на дорогу прицепного подвижного состава. Численное значение его можно вычислить по формуле

$$k_{пр} = \frac{n_a + n_{пр}}{n_a} \quad (4)$$

$n_a$  - число колес у автомобиля;

$n_{пр}$  - число колес у прицепного подвижного состава.

Для основных автомобильных поездов значение  $k_{пр}$  равно

ЗИЛ-164 + 2-Р-8                      1,67

МАЗ-509 + 2-Р-15                    2,32

КрАЗ-214 + 2-Р-15                    1,80

Если дорога предназначена не только для вывозки леса, но и для других перевозок, то интенсивность движения должна определяться с учетом всего транспортного потока.

При однородном движении вычисленное  $N_{out}$  может быть принята за расчетное  $N_p$ . При смешанном же движении за расчетную нагрузку принимается условный автомобиль Н-13 к которому приводятся все более тяжелые и все более легкие автомобили.

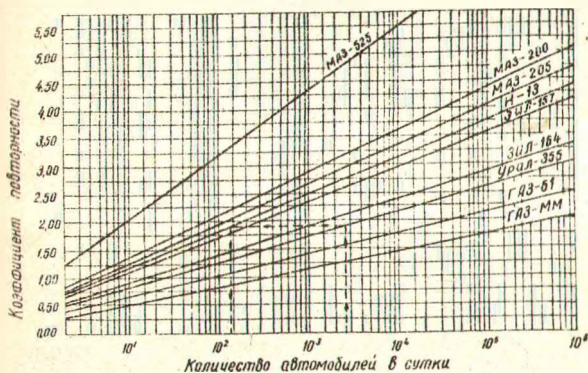


Рис. I

График приведения автомобилей к расчетному

Приведение автомобилей к Н-13 осуществляется при помощи графика (рис. I). На горизонтальной оси графика откладывается фактическое количество автомобилей, проходящих по дороге за сутки. Через полученную точку проводится вертикаль до пересечения с наклонной линией, соответствующей данному типу автомобиля. От полученной точки проводится горизонталь до встречи с линией Н-13. Абсцисса точки пересечения горизонтальной и наклонной линии Н-13 даст искомую приведенную интенсивность движения. Ординаты же этой точки представляют не что иное, как коэффициент повторности воздействия на грузки.

По формуле (2) нами произведены вычисления требуемого модуля деформации лесовозных дорог для некоторых конкретных условий

эксплуатации. Эти вычисления сведены в табл.3. Из таблицы видно, что требуемый модуль деформации при изменении суточного грузооборота дороги от 100 до 500 м3 изменяется в пределах от 190 до 300 кг/см<sup>2</sup>.

Для определения требуемого модуля деформации лесовозных автомобильных дорог может быть использована также номограмма представления на рис.2. Эта номограмма заменяет формулы 2-4 и позволяет графически определить требуемую прочность дороги.

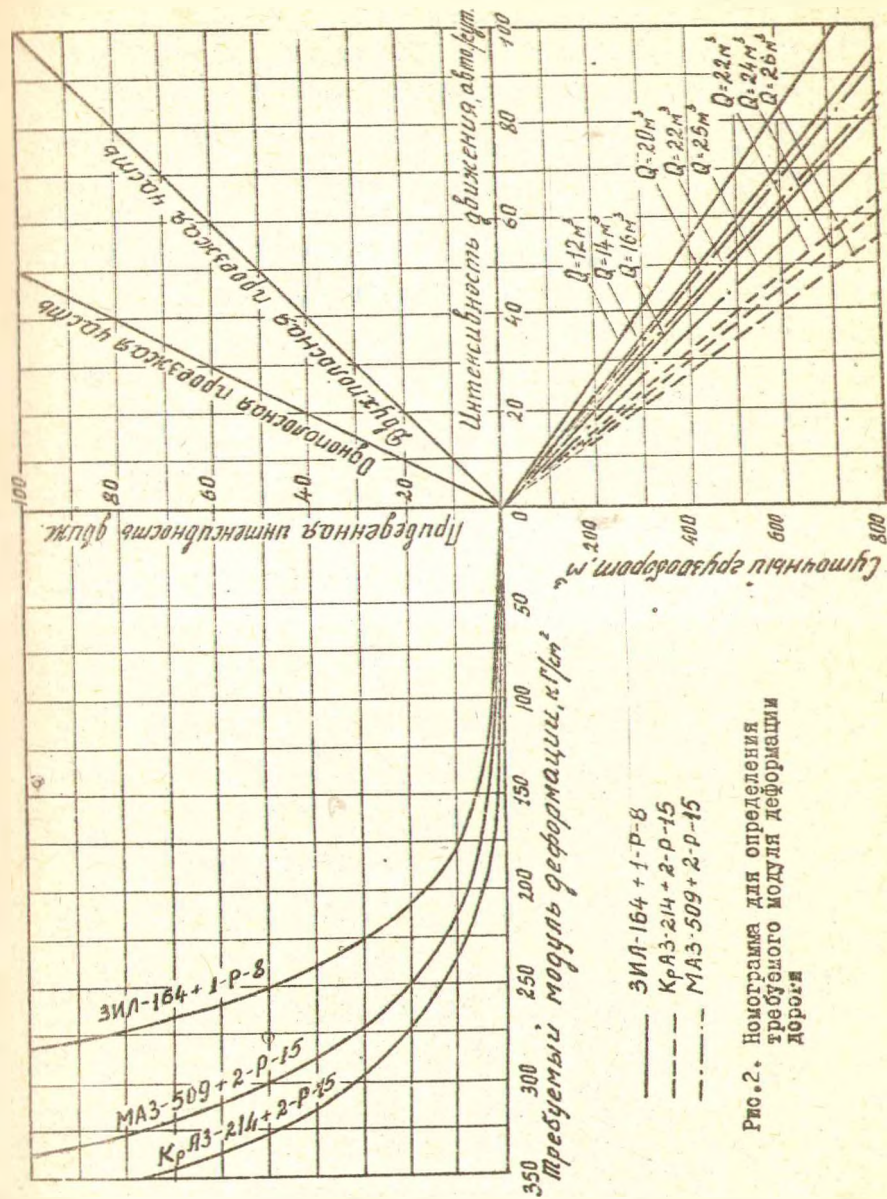


Рис. 2. Номограмма для определения требуемого модуля деформации дорожного

- ЗИЛ-164 + 1-Р-8
- КрЯЗ-214 + 2-Р-15
- МАЗ-509 + 2-Р-15

Т а б л и ц а 3

Требуемый модуль деформации лесозовных дорог для наиболее характерных условий эксплуатации

Рассчитанный суммарный грузовой эквивалент $Q_p$ , МЗ	Виды - 164 + 1-Р-8		Требуемый модуль деформации для эквивалентных поездов (КРАС - 214 + 2-Р-15)	
	$Q_p = 12$ МЗ	$Q_p = 14$ МЗ	$Q_p = 20$ МЗ	$Q_p = 25$ МЗ
0,10	228	216	257	245
0,15	246	235	272	279
0,20	256	250	290	283
0,25	268	260	310	295
0,30	275	268	322	307
0,35	282	272	327	312
0,40	290	280	329	325
0,45	295	286	330	327
0,50	300	294	338	332

Дороги с однополосной проезжей частью

0,10	228	216	257	245	258	255	250
0,15	246	235	272	279	282	277	272
0,20	256	250	290	283	290	297	282
0,25	268	260	310	295	302	311	294
0,30	275	268	322	307	315	324	308
0,35	282	272	327	312	327	333	318
0,40	290	280	329	325	342	337	323
0,45	295	286	330	327	348	344	333
0,50	300	294	338	332	355	350	345

Дороги с двухполосной проезжей частью

0,10	197	187	222	212	223	224	220
0,15	214	204	238	232	248	244	239
0,20	224	216	257	245	265	260	258
0,25	235	225	272	257	276	273	269
0,30	245	232	272	270	287	284	280
0,35	252	235	290	275	295	291	285
0,40	260	242	298	282	300	296	292
0,45	268	248	305	288	306	302	298
0,50	280	256	310	295	315	308	308

5. Прочностная характеристика дорожно-строительных материалов

Строительные материалы которые могут быть использованы для устройства конструктивных слоев дорожных одежд не одинаково реагируют на изменения влажностного режима. В силу этого они разделяются на несколько групп. Модули деформации основных дорожно-строительных материалов приведены в нижеследующих таблицах

Т а б л и ц а 4

Значение модулей деформации песков

Крупность песков	Модули деформации, кг/см <sup>2</sup>	
	при отсыпке полотна из песков слоем не менее $h_k + 0,5$ м	при укладке песка в корыто
Крупнозернистый	400-450	350-400
Среднезернистый	350-400	250-300
Мелкозернистый	300-350	150-200

ПРИМЕЧАНИЯ: 1. Большие значения модулей относятся к IV и V климатическим зонам, меньшие - ко II и III зонам.

2. Высота капиллярного поднятия  $h_k$  для крупнозернистых песков равна 10-15 см, для среднезернистых - 15-25 см и для мелкозернистых - 25-40 см.



Таблица 5

Значения модулей деформаций гравийных и гранитосебончных материалов  
в зависимости от условий уплотнения

Наименование материалов	Содержание фракций, %, размером		Модуль деформации, кг/см <sup>2</sup> , в клива- жных зонах	И	
	крупнее 25мм	крупнее 2мм		III	II
Гравийный или гранитосебон- чный материал из круп- нозернистого материала марок 2-3	Более 45	более 85	до 3	900-1000	800-900
				1600-1800	1600-1800
	Более 30	более 70	до 7	700-800	650-750
				1400-1600	1400-1600
	Более 20	более 60	до 10	600-700	550-650
				1200-1400	1200-1400
	Более 15	более 50	до 12	500-600	450-500
				1000-1200	1000-1200

ПРИМЕЧАНИЕ: I. В числителе приведены значения  $\epsilon$  для необработанного материала, в знаменателе — для  
материалов, обработанных жидким битумом или легким смесением в установке.

При обработке способом смешения на месте жидким битумом или легким смесением  $\epsilon$   
указанные в знаменателе, умножаются во II и III климатических зонах на 20 % и в IV  
и V зонах на 10 %.

272912

- 2. Меньшие значения  $E$  относятся к гравийному материалу, большие - грунтощебеночному.
- 3. В случае, когда по процентному содержанию отдельных фракций материал относится к равным 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  $H$  и  $TU$  с принятием необходимых мер для предупреждения взаимопрокинжения материалов основания и подстилающего грунта. В сырых местах при насыпях, не уплотняющихся  $H$  и  $TU$ , значения  $E$  для материалов, не обработанных вкачиванием, снижаются на 80% 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% величине  $E$  принимается равной промежуточному значению из указанных в настоящей таблице и табл. 4 для крупнозернистых песков.
- 6. В случаях когда число пластичности части смеси мельче 0,5 мм достигает 7%, значение  $E$  для обработанных вкачиванием гравийных и грунтощебеночных материалов снижается на 10%, а при увеличении числа пластичности до 8% - на 20%.  
 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%.  
 При наличии дренажного слоя в основании значения  $E$  для необработанных гравийных и грунтощебеночных материалов основания могут быть повышены во II и III климатическую зону на 10% и в IV и V зонах на 20%.

БИБЛИОТЕКА БТИ  
имени С. М. КИРОВА

Т а б л и ц а 6

Значения модулей деформации грунтов, гравийных и грунто-щебеночных материалов, укрепленных органическими или минеральными вяжущими

Наименование обработанных материалов	Ориентировочные значения модулей деформации, кг/см <sup>2</sup> , в зависимости от количества вяжущего, % от веса минеральной части			
	6	8	10	12
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
	400	600	800	900
Черноземы (суглинки, тяжелые суглинки и пылеватые суглинки)	-	-	600	700
	-	-	800	-
Щебеночные и гравийные смеси оптимального состава, обработанные цементом	1600	1800	2000	-

- ПРИМЕЧАНИЯ: 1. В числителе приведены значения  $E$  для материалов, укрепленных медленно густеющим 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 грейлеров; 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 I-го сорта. Значения  $E$  в этих случаях должны быть снижены на 20% по сравнению с указанными в знаменателе таблицы.

Т а б л и ц а 7

Значение модулей деформации щебня в зависимости от условий увлажнения

Наименование материалов	Модуль деформации, кг/см <sup>2</sup> в климатических зонах			
	I и У	III	II	
Щебень уложенный по принципу закладки из каменных пород или кислых металлургических шлаков:				
	а) марки 3	$\frac{1200}{1500}$	$\frac{1000}{1500}$	$\frac{1000}{1500}$
б) марки 4		$\frac{1000}{1500}$	$\frac{900}{1400}$	$\frac{800}{1200}$
	в) слабых каменных пород 5 марки (из очень крупного щебня)	600	-	-

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 сысых, вяжущими материалами.

2. Приведенные значения модулей деформации относятся к случаю, когда конструкция земляного полотна удовлетворяет требованиям  $H$  и  $TU$  и под щебеночным основанием имеется дренарующий слой из хорошо фильтрующих материалов. При заниженном земляном полотне, а также в случае отсутствия дренающего слоя в основании значения модулей деформации известняка снижаются на 20-30 %.

3. Если применяется непрогохоченный щебень, то расчетные значения его модуля деформации принимаются, как для грунтощебеночного материала, по табл.5.

4. При наличии покрытий с применением органических вяжущих материалов расчетные значения модулей деформации оснований из щебня каменных пород марок 3-5, приведенные в числителе, могут быть повышенными для II и III климатических зон - на 10%, для I и У зон - на 20 %.

Т а б л и ц а 8

Значения модулей деформации различных местных материалов, применяемых для устройства оснований, в зависимости от условий увлажнения

Наименование материалов	Модули деформации, кг/см <sup>2</sup>	
	при обеспечении в условиях из- ном водоотводе избыточного увлаж- нения	
Мостовые или пакели из каменных пород		
марки 4	1200	800
марки 5	800	-
Древесва, топочные шлаки высо- кокалорийных углей, хорошо обожженные однородные гора- лые породы и кирпичный де- бень	500-600	350-450
Ракушка, болотная руда, кер- гель, топочные шлаки бурых углей	250-400	200-250

Т а б л и ц а 9

Значения модулей деформации материалов, принимаемых независимо от условий увлажнения

№ п/п	Наименование материалов	Модули деформации, кг/см <sup>2</sup>
I		

I. Асфальтобетонные (дегтебетонные) покры-  
тия из зернистых смесей, подобранных и  
уплотненных в соответствии с ТП. 2600-3000

ПРИМЕНАНИЕ: Меньшие значения принимаются  
при мелкозернистых смесях,  
большие - при крупнозернистых

I-а	Крупнозернистый пористый асфальтобетон	2400
2	Песчаный асфальтобетон	2400
3	Грунтасфальт	1800

1	2	1	3
---	---	---	---

**ПРИМЕЧАНИЕ:** к пп.1-3. При наличии на эксплуатируемых асфальтобетонных покрытиях мелкой сетки трещин значения  $E$  снижаются на 50 %

4. Черные щебеночные смеси (типа I и II во ВТП 106-57) с подобранным составом, изготовленные в установке с применением щебня каменных пород марок 1-2 и вязкого битума, отвечающих требованиям ТП 2000-2200

5. Покрытия и основания из щебня, вновь изготовленного из каменных пород I и 2 марок или из кислых металлургических шлаков, устроенные по принципу заклинки 1300

**ПРИМЕЧАНИЯ:**

1. При обработке битумом или дегтем в установке щебня марок I и 2 и его укладке по принципу заклинки значение  $E$  повышается до 2200

2. При обработке щебня твердых каменных пород пропиткой значение повышается до 2000

При этом повышенные значения  $E$  при расчетах принимаются лишь для слоя, обработанного вяжущими

6. Мостовые из булыжного или колотого камня высотой 16-18 см 1500-1700

7. Пакляж высотой не менее 16 см 1700-1900

**ПРИМЕЧАНИЕ:** к пп.6 и 7. Большие значения принимаются в случае применения каменных пород или кислых металлургических шлаков марок I и 2, меньшие - при каменных породах марки 3

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:** Большие значения принимаются при применении искусственной шлаковой муки, меньшие - естественной доменной муки

9. Основания из основных, неоднородных по качеству металлургических шлаков без подбора гранулометрического состава 100-600

10. Усовершенствованные мостовые из брусчатки или мозаики 2 - 200

## II. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД С ПОМОЩЬЮ ГРАФИКОВ

### I. Определение толщины однослойной дорожной одежды

В зависимости от прочности основания, используемых материалов и требуемой прочности дорожные одежды могут иметь различную конструкцию. Они могут быть однослойными, двух или трехслойными.

Определение толщины однослойной дорожной одежды производится в следующем порядке:

а) выясняются условия эксплуатации дороги: тип автомобиля и прицепа, подвижного состава, рейсовая нагрузка, грузооборот и т.д. На основе их вычисляется требуемый модуль деформации, т.е. требуемую прочность;

б) исходя из конструктивных гидрологических и грунтовых условий дорога (трасса) разбивается на участки. Для каждого участка устанавливается фактический модуль деформации земляного полотна;

в) выбираются дорожно-строительные материалы, которые могут быть использованы для строительства одежды на данном участке дороги, уточняются значения их модулей деформаций;

г) отыскиваем график, который соответствует исходному значению модуля деформации земляного полотна  $E_0$  и типу автомобиля (диаметру круга равновеликого отпечатку колеса  $D$ );

д) на оси ординат откладываем значение требуемого модуля деформации дороги. Затем проводим горизонталь до пересечения с наклонной линией, цифра, на которой соответствует модулю деформации принятого для устройства одежды материала. Точку пересечения проектируем на ось абсцисс и получаем искомую величину;

е) если имеются разные материалы, которые можно использовать для устройства одежды, то необходимо определить требуемую толщину слоя каждого из них. Путем сравнения вариантов можно выбрать оп-

тимальное решение.

Кроме определения толщины слоя дорожной одежды с помощью указанных графиков можно решать и другие задачи, связанные с проектированием дорог, а именно:

- Определять качество материалов, которые бы обеспечивали заданную прочность проезжей части при заданной толщине конструктивного слоя;

- Определять прочность дороги, если известны толщина слоя, модули деформации земляного полотна и материала.

## 2. Расчет двухслойной дорожной одежды

Расчет двухслойной дорожной одежды осуществляется по тем же графикам, что и однослойной. Производится это следующим образом:

в) как и при однослойной одежде определяются местные условия (модуль деформации земляного полотна  $E_0$ ) и эксплуатационные требования (требуемый модуль деформации дороги  $E_{тр}$ ).

б) задаемся рядом значений модуля деформации на верхней границе первого конструктивного слоя и определяем необходимую толщину слоев, которые требуются для обеспечения прочности дороги. Причем общая прочность системы  $E_{эко}$  должна удовлетворять условию  $E_{эко} \geq E_{тр}$  (5)

г) вычисляем стоимость постройки 1 м<sup>2</sup> каждого конструктивного слоя; отнесенную к единице его толщины (1 см). Эта стоимость должна включать стоимость материала и их укладки в конструкцию. Толщина исчисляется в уплотненном состоянии.

д) наиболее экономическую конструкцию одежды по строительным затратам можно определить пользуясь методикой М.Б. Корсунского известной в теории и практике проектирования автомобильных дорог. Суть ее сводится к тому чтобы

$$C_1 h_1 + C_2 h_2 = C_{min} \quad (6)$$

где  $C_1, C_2$  - стоимость конструктивных слоев;  
 $h_1, h_2$  - толщина конструктивных слоев;



Найти  $C_{min}$  можно путем вычисления ряда наиболее конкурентоспособных для данных условий вариантов. Следует иметь, однако, в виду, что отношения  $h_1/h_2$  могут быть различными в зависимости от прочности материалов и их стоимости. Что касается прочности запроектированной дороги, то во всех вариантах она должна быть одинаковой, т.е. должны сравниваться равнопрочные конструкции.

### 3. Примеры расчета

Пример 1. Определить толщину однослойного гравийного покрытия дороги с двухполосной проезжей частью, если известно: суточный грузооборот дороги  $300 \text{ м}^3/\text{сутки}$ ; на вывозке используется автомобиль МАЗ-509 с прицепом-ропуском 2-Р-15. Рейсовая нагрузка  $22 \text{ м}^3$ . Местный грунт характеризуется модулем деформации  $E_0 = 100 \text{ кг/см}^2$ , а гравий имеет модуль деформации  $E_G = 600 \text{ кг/см}^2$ .

Решение. По таблице 3 находим, что при  $Q_{\text{сут.}} = 300 \text{ м}^3/\text{сут.}$  и нагрузке  $22 \text{ м}^3$  требуемый модуль деформации равен  $275 \text{ кг/см}^2$ .

С учетом хозяйственных автомобилей и роста интенсивности в перспективе увеличим требуемый модуль деформации на 10%.

В итоге получим

$$E_{\text{тр.}} = 275 + \frac{275 \times 10}{100} = 302 \text{ кг/см}^2$$

По графику  $E_{\text{верх.гр.сл}} = f(E_0 = 100 \text{ кг/см}^2, D = 32,8 \text{ см})$  для модуля деформации материала  $E_G = 600 \text{ кг/см}^2$  находим искому толщину слоя. Она равна 35 см.

Пример 2. По данным примера 1 определить толщину двухслойной одежды, если нижний слой будет возведен из крупнозернистого песка с модулем деформации  $E_1 = 350 \text{ кг/см}^2$ , а верхний из гравия, модуль деформации которого  $E_2 = 600 \text{ кг/см}^2$ .

Решение. Примем, что на верхней границе песчаного слоя эквивалентный модуль деформации  $E_{\text{эkv.}} = 200 \text{ кг/см}^2$ . Чтобы обеспечить

такой модуль, как видно из графика  $E_{\text{вер.гр.сл.}} = f(E_0 = 100 \text{ кг/см}^2)$ ;  $D = 32,8 \text{ см}$ ) необходимо насыпать слой песка  $h = 25 \text{ см}$ . Толщину верхнего слоя определим по графику  $E_{\text{верх.гр.сл.}} = f(E_0 = 200 \text{ кг/см}^2)$ ;  $D = 32,8 \text{ см}$ ). Она будет равна 17 см.

Таким образом получили

I вариант  $E_0 = 100 \text{ кг/см}^2$ ;  $E_1 = 350 \text{ кг/см}^2$ ;  $E_2 = 600 \text{ кг/см}^2$

$h = \infty$ ;  $h = 25 \text{ см}$ ;  $h = 17 \text{ см}$

Принимая те же дорожно-строительные материалы можно запроектировать и другие варианты дорожной одежды, а именно

Варианты	$E_0, \text{ кг/см}^2$	$E_1, \text{ кг/см}^2$	$E_2, \text{ кг/см}^2$	$h_1, \text{ см}$	$h_2, \text{ см}$
II	100	350	600	30	15
III	100	350	600	35	14
IV	100	350	600	40	13
V	100	350	600	45	12

На основании этих данных производятся технико-экономические расчеты, выбирается оптимальная конструкция дорожной одежды. Вполне понятно, что оптимальной будет та конструкция, которая обеспечивает необходимую прочность при минимальной стоимости ее строительства.

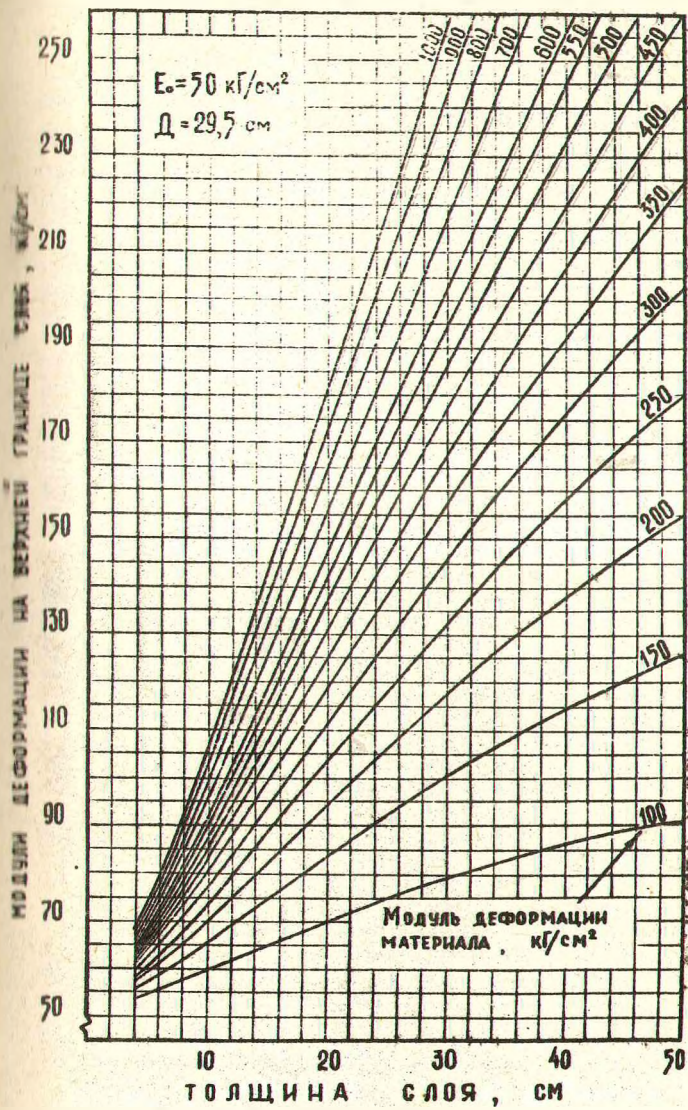
#### 4. Описание расчетных графиков

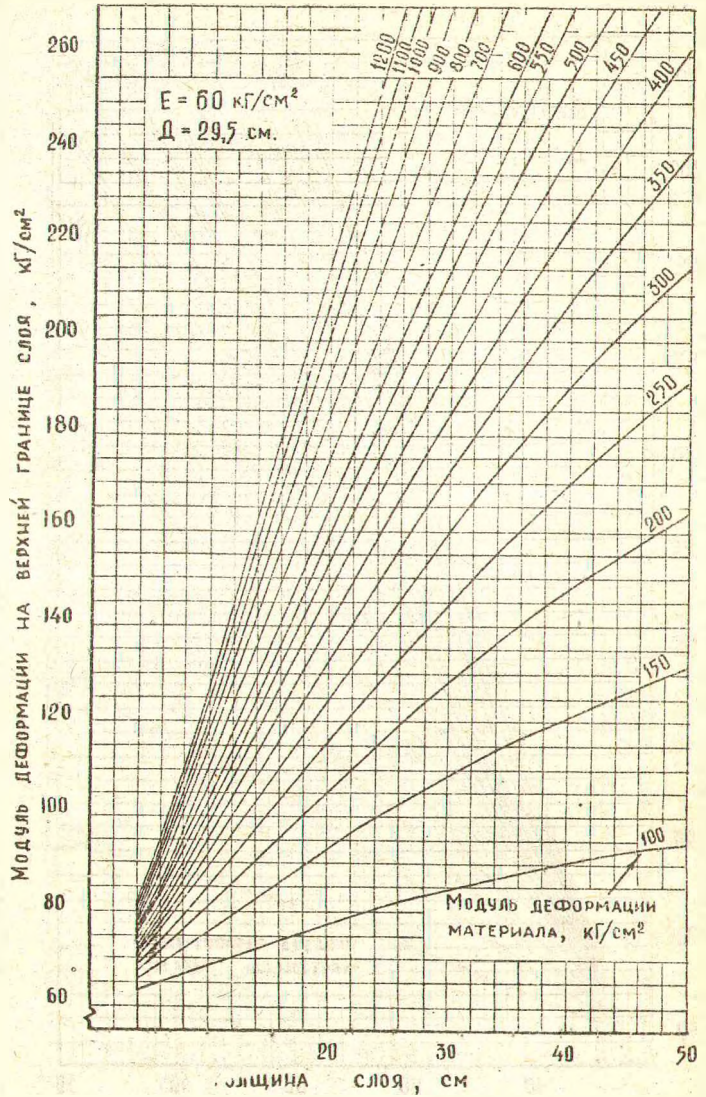
Приведенные ниже графики разбиты на три группы:

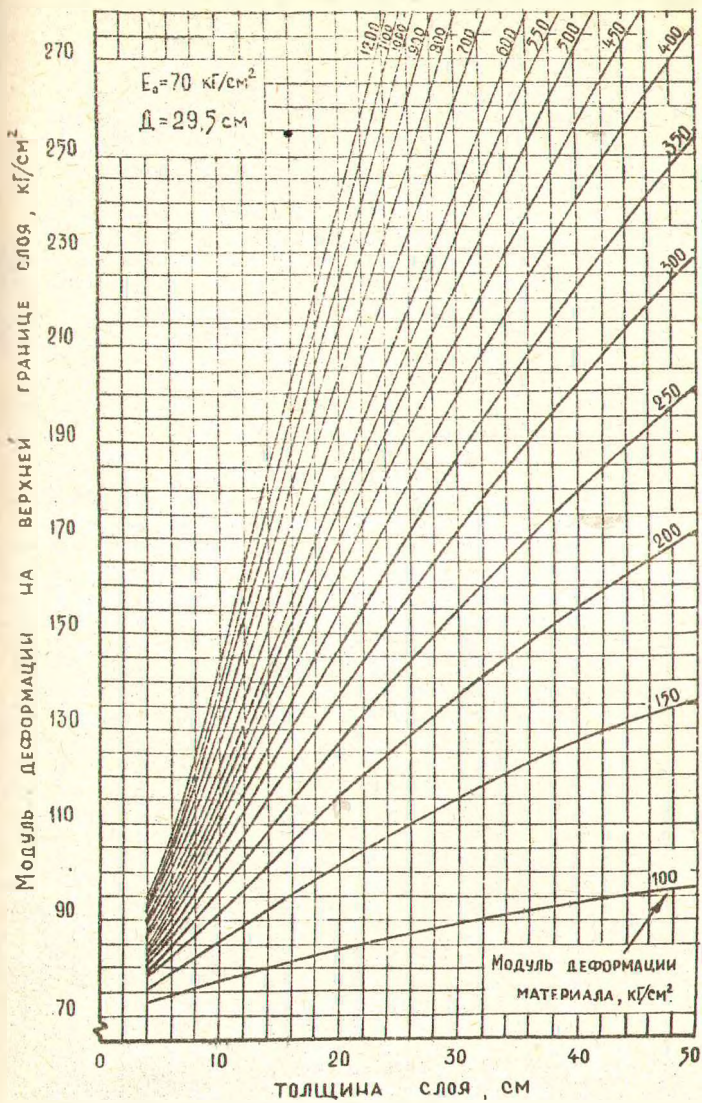
- для расчета одежд под автомобили типа ЗИЛ;
- для расчета одежд под автомобили типа МАЗ;
- для расчета одежд под условный автомобиль Н-13

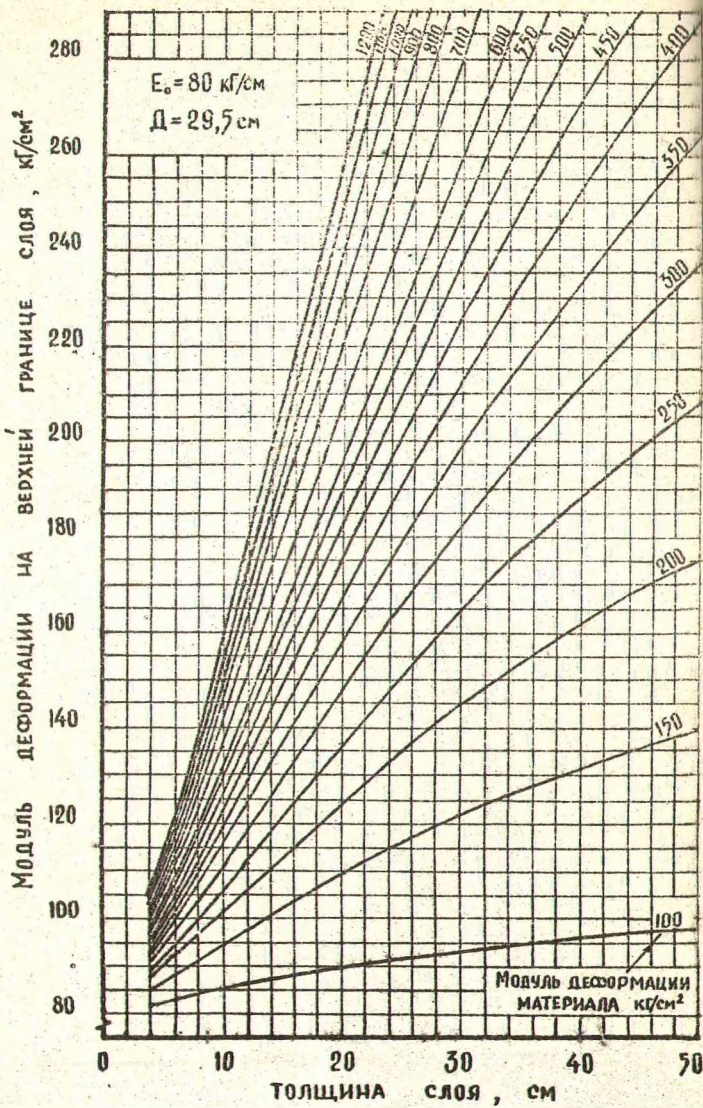
В каждой группе имеется 45 графиков, которые отражают колебания модуля деформации основания в пределах от 50 до 500 кг/см<sup>2</sup>.

ГРАФИКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОЛЩИНЫ  
КОНСТРУКТИВНЫХ СЛОЕВ ДОРОЖНОЙ  
ОДЕЖДЫ ПОД АВТОМОБИЛИ ТИПА ЗИЛ

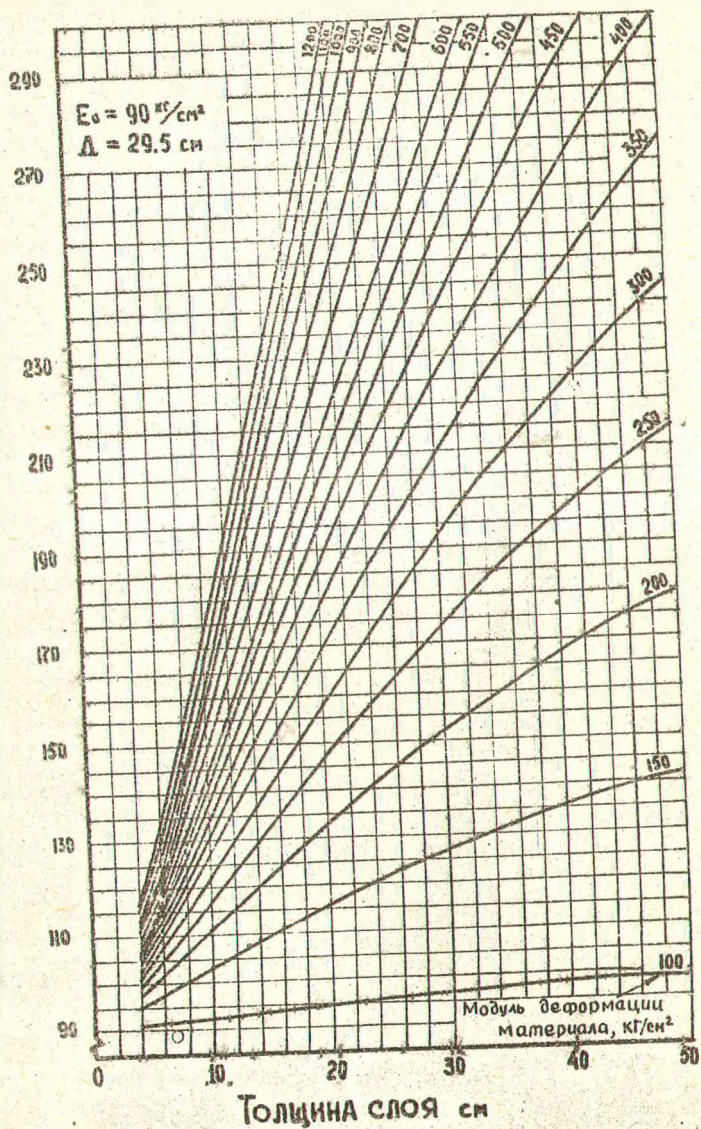




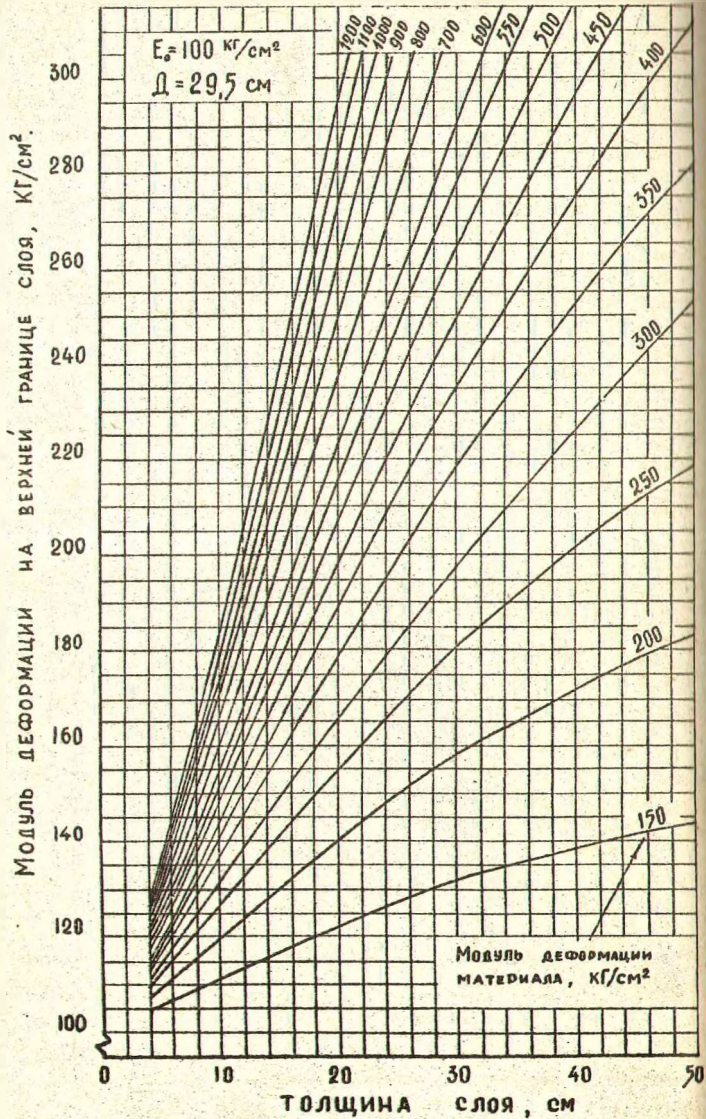


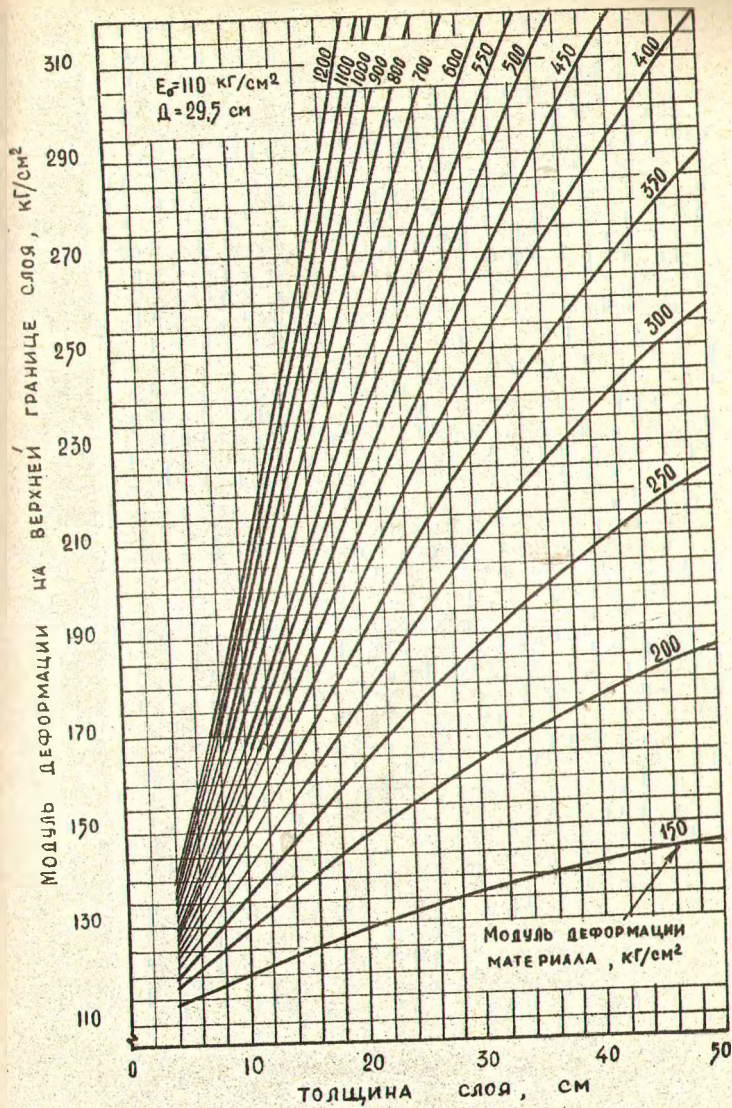


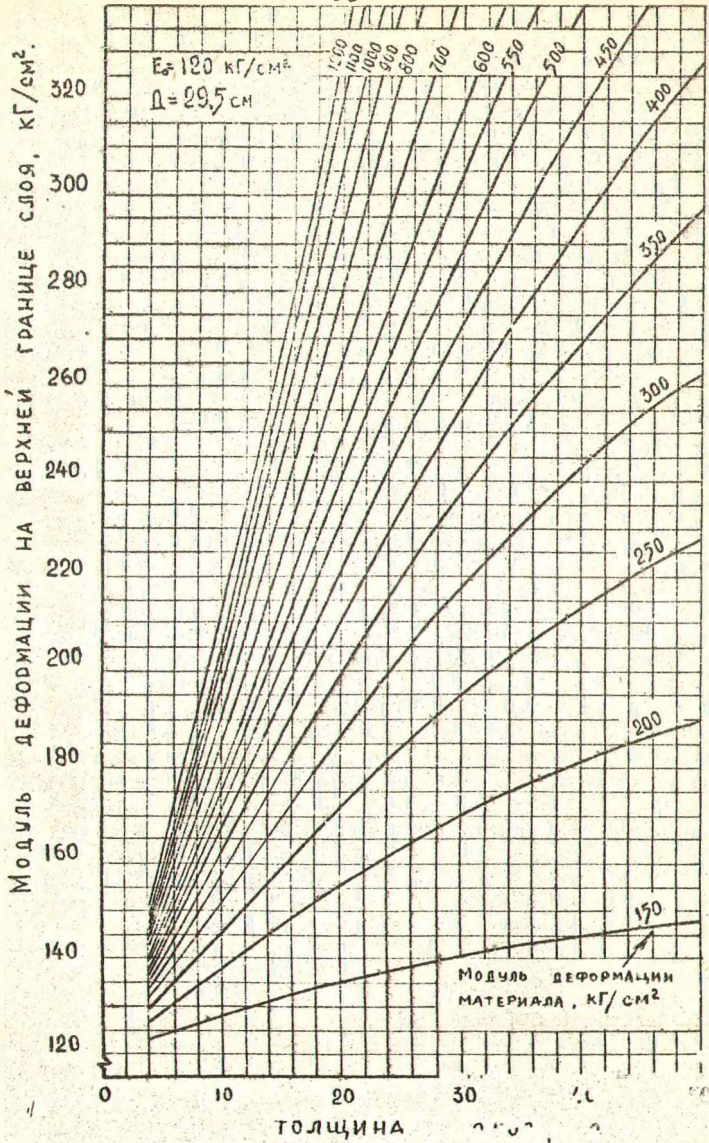
МОДУЛЬ ДЕФОРМАЦИИ НА ВЕРХНЕЙ ГРАНИЦЕ СЛОЯ  $\text{кг/см}^2$

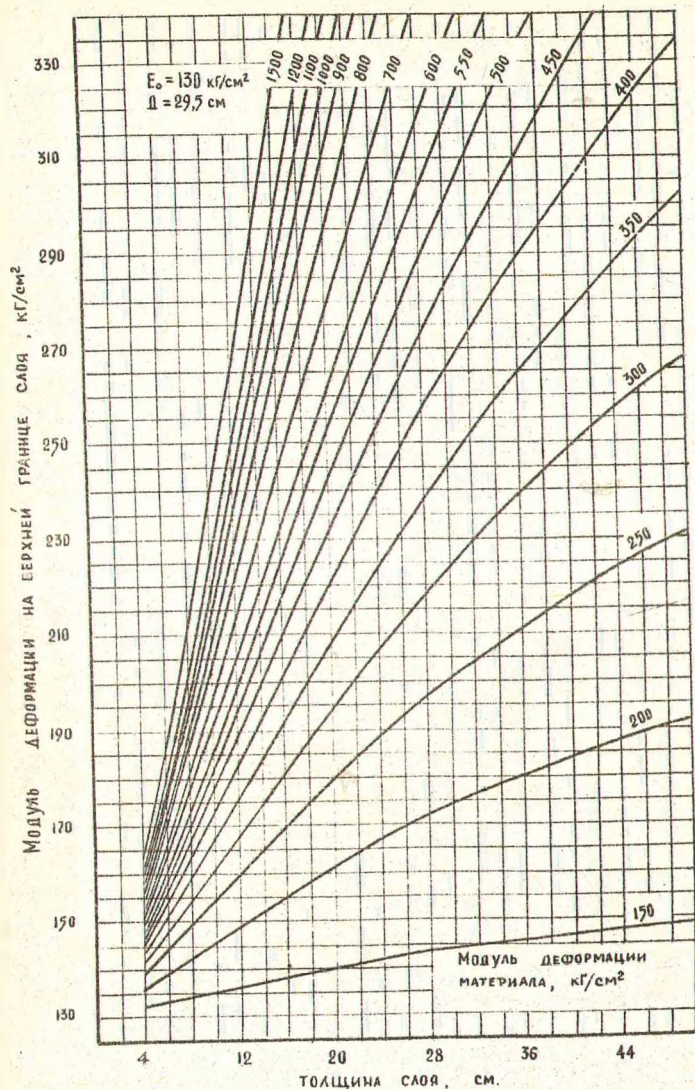


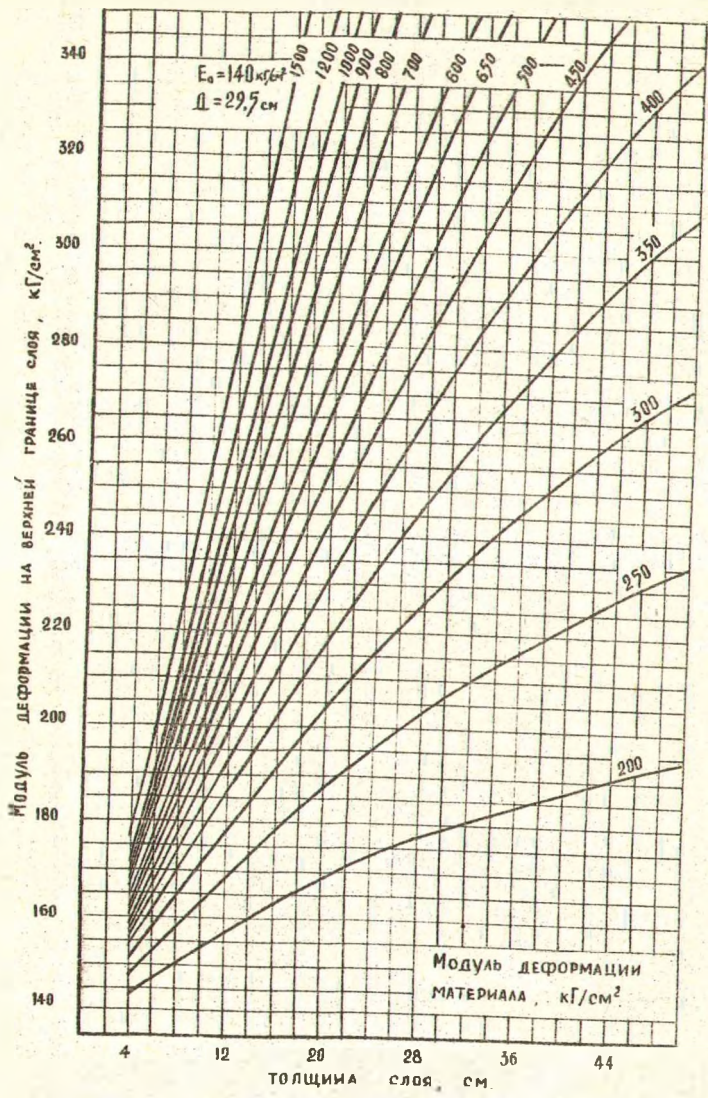


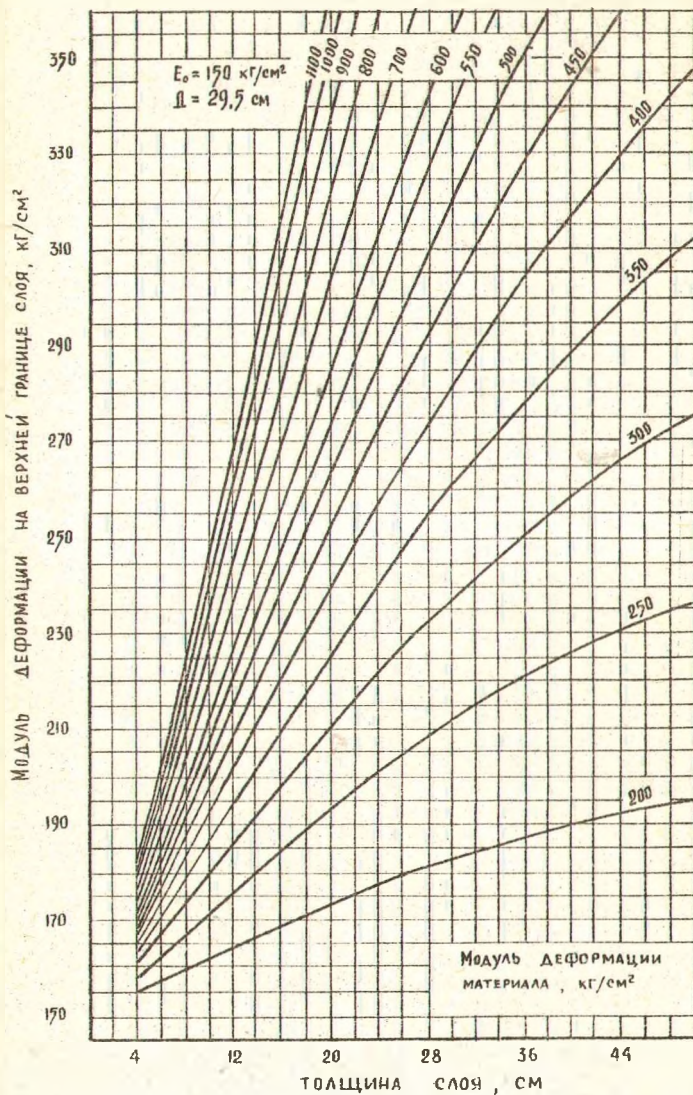


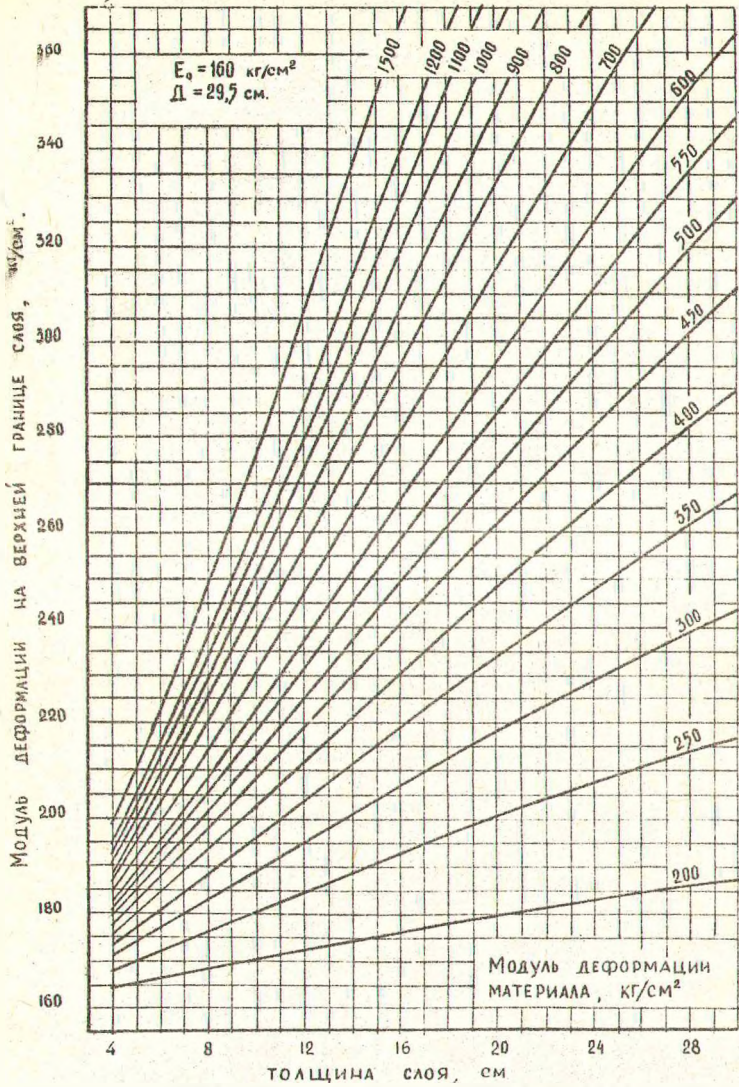


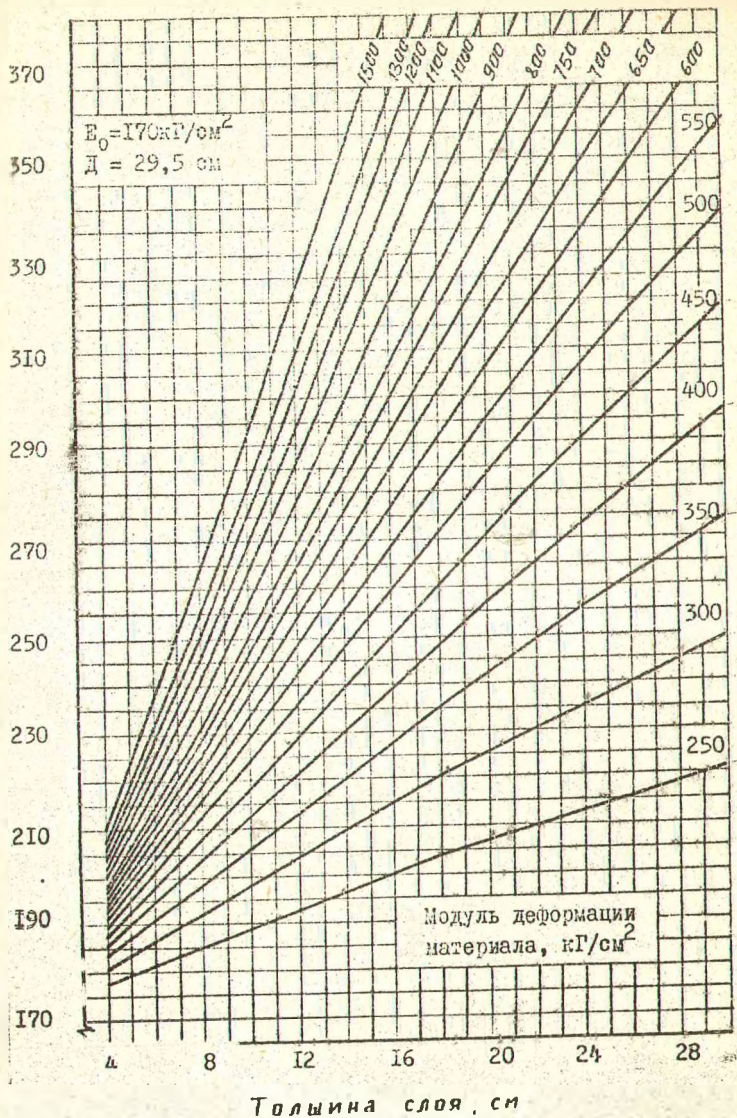




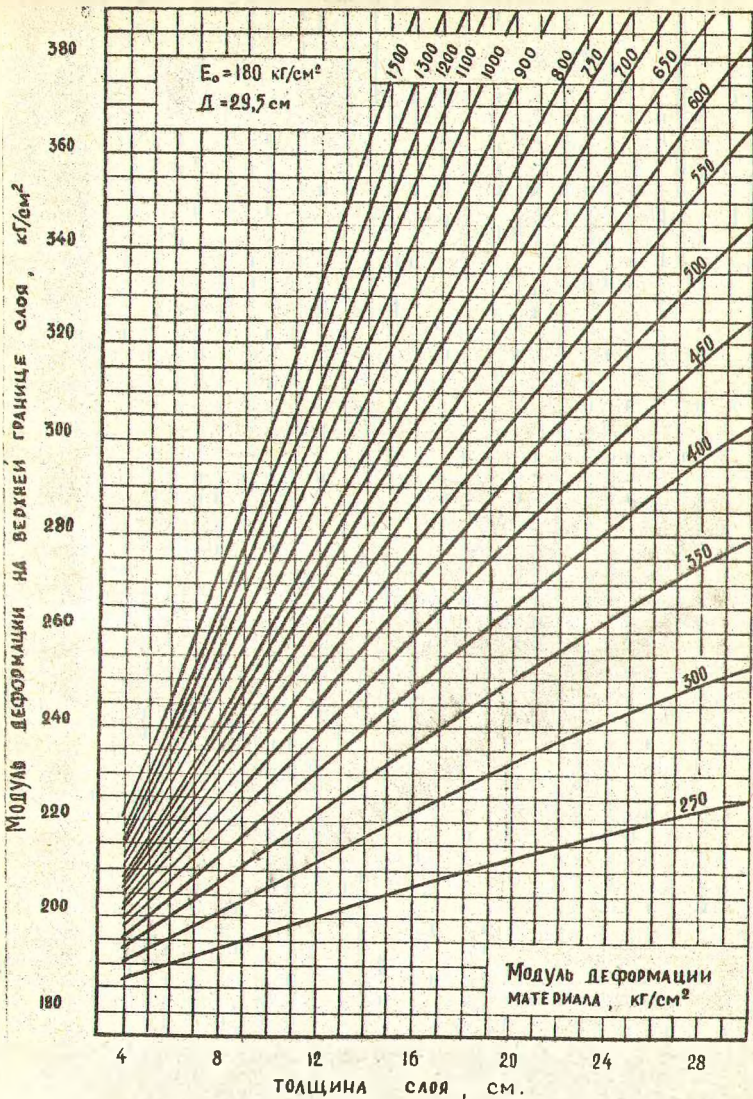


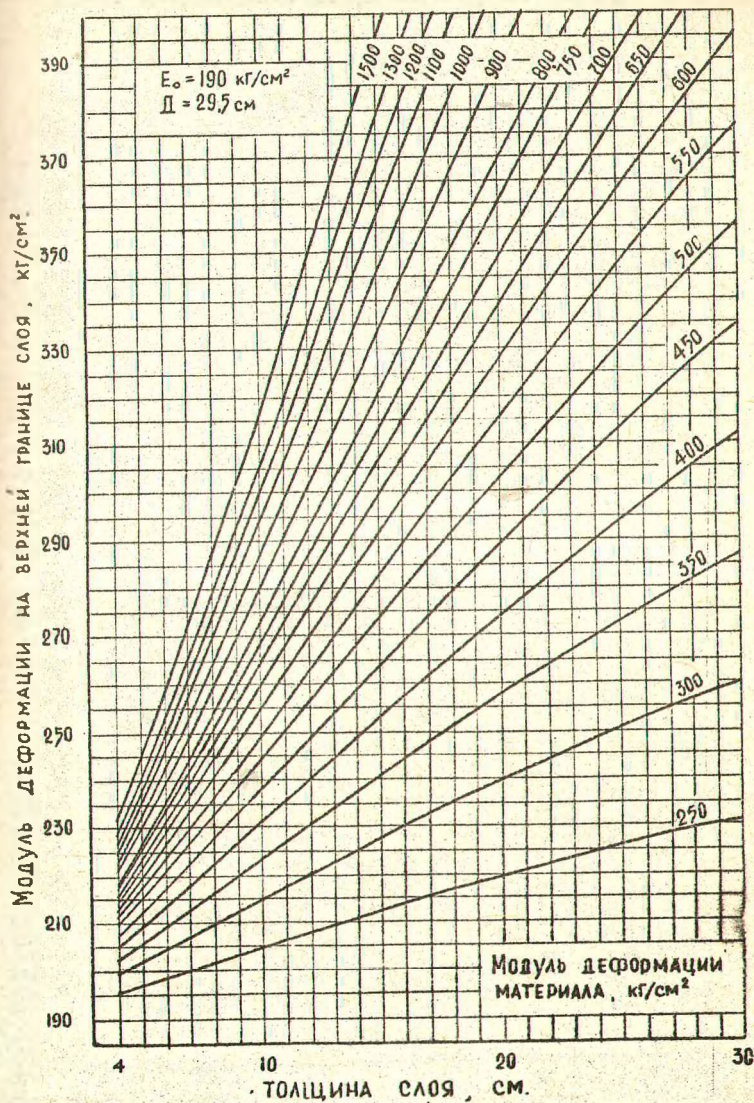


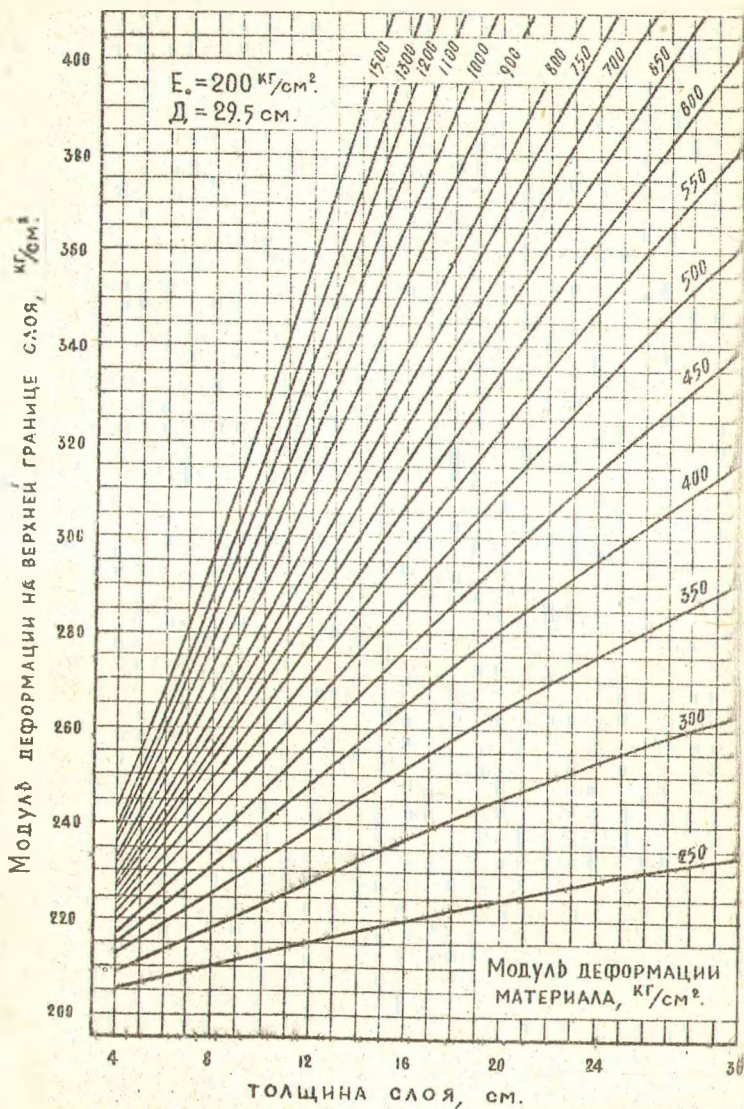


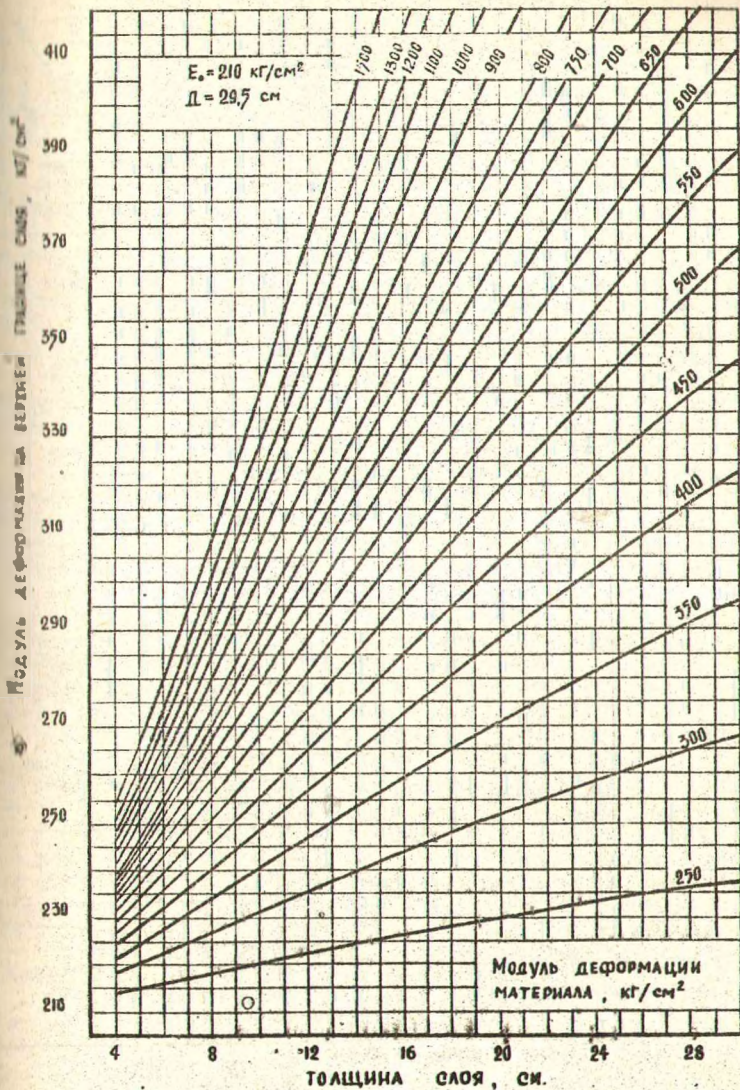


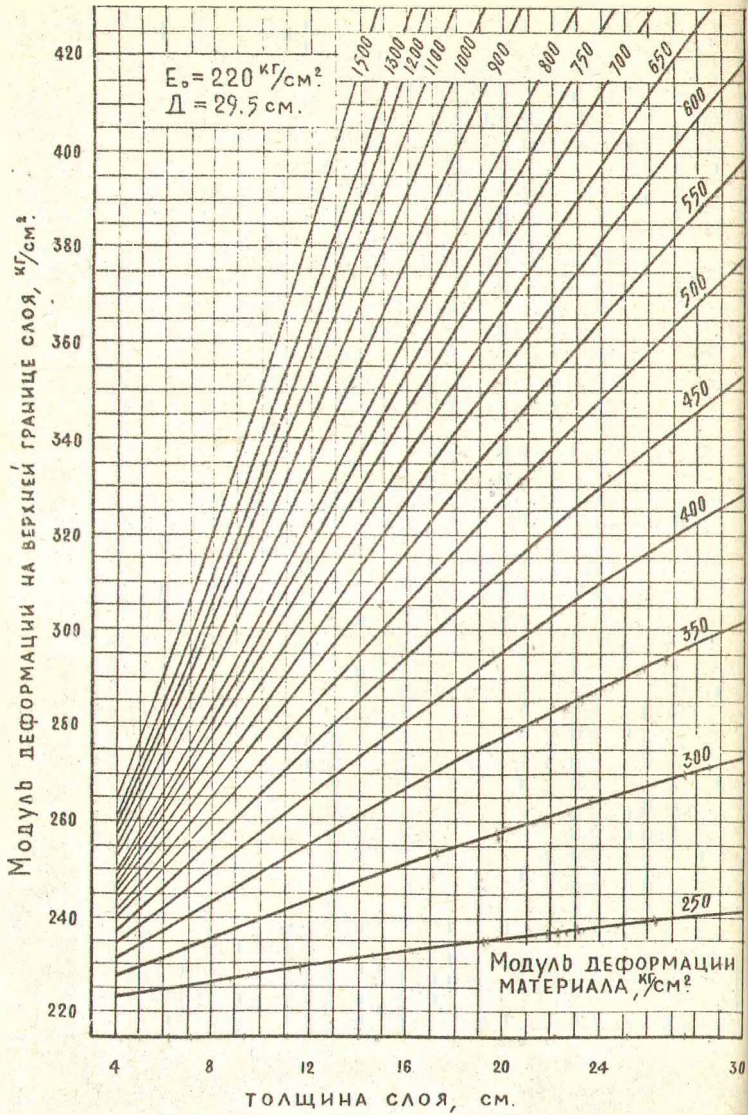


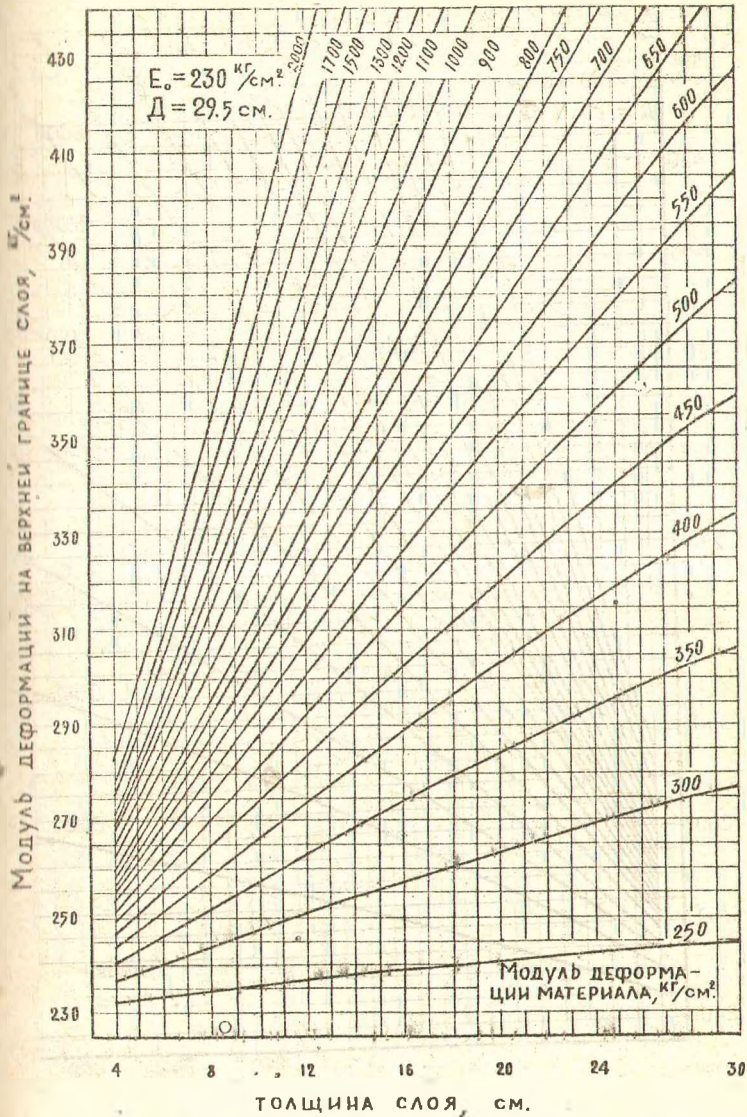


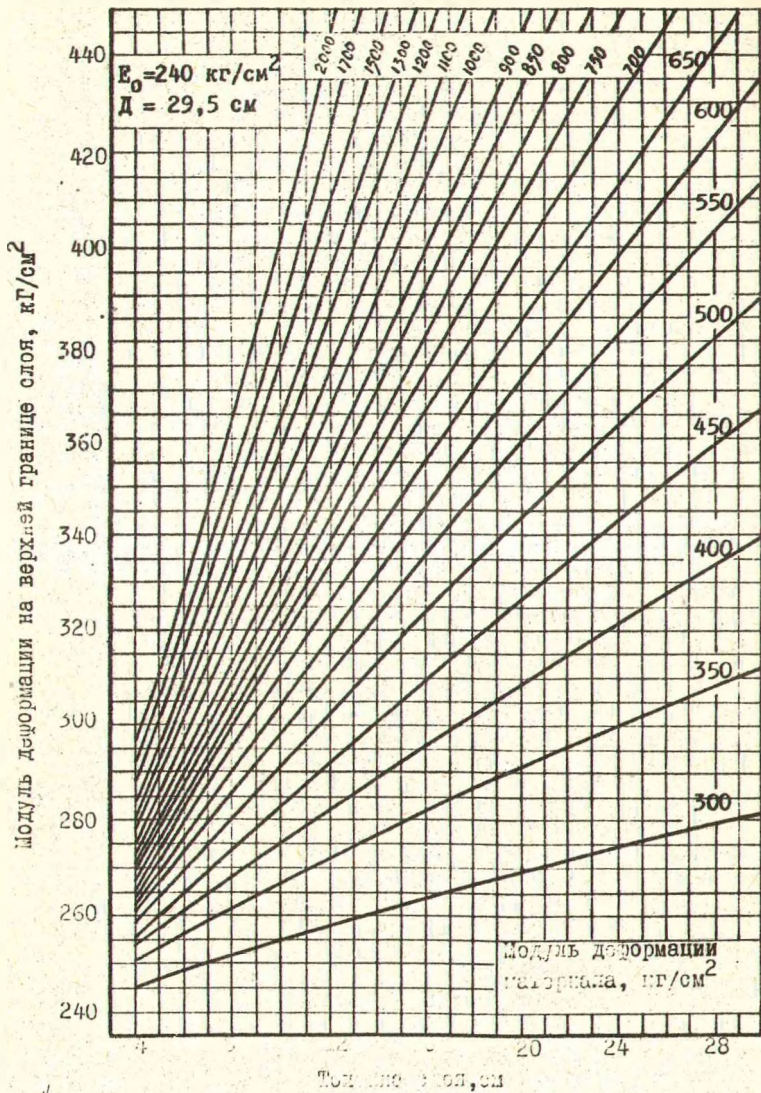


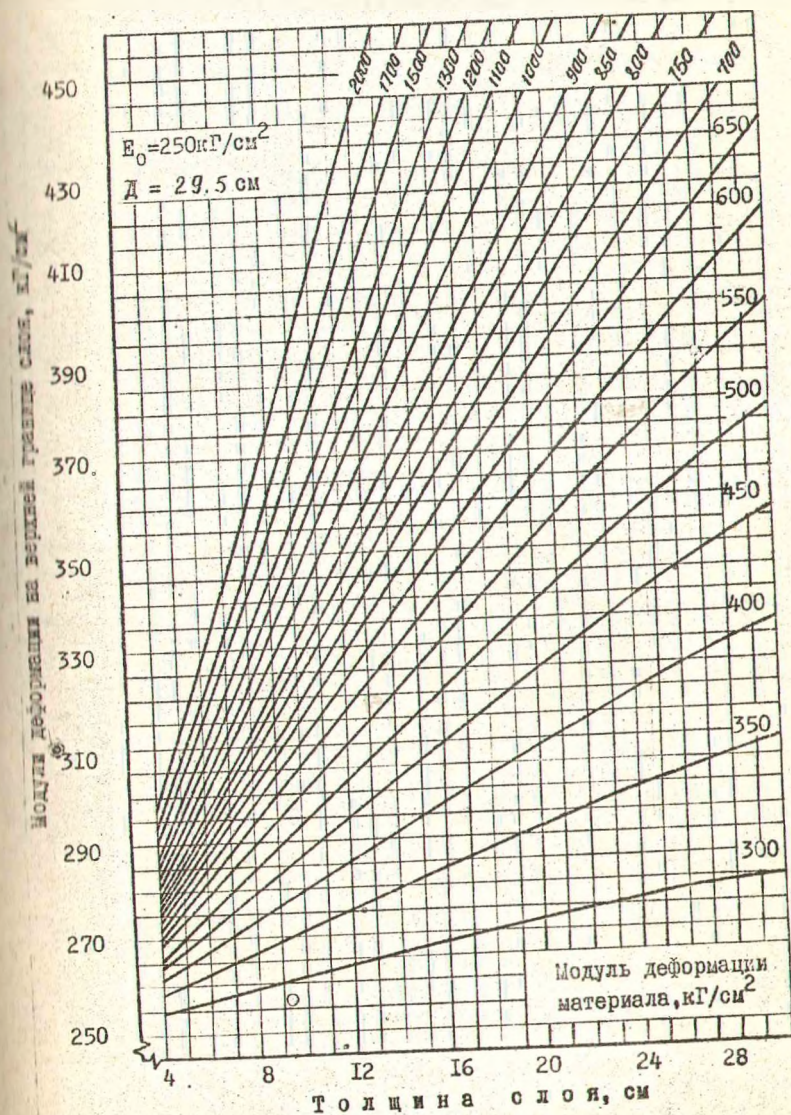






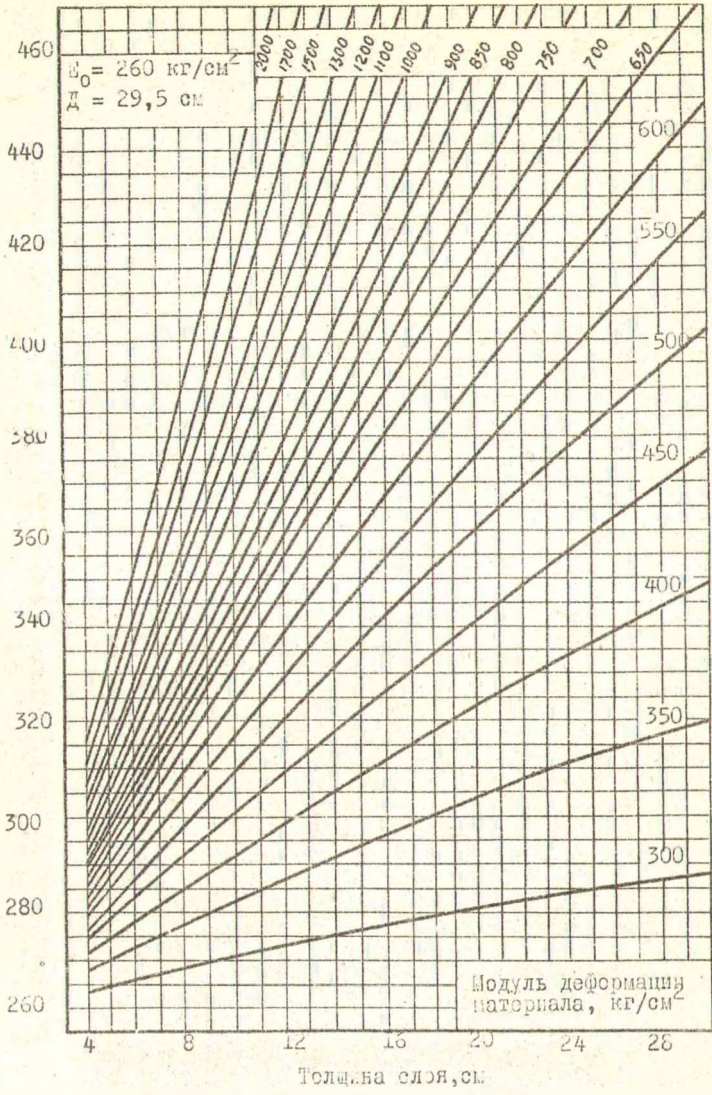


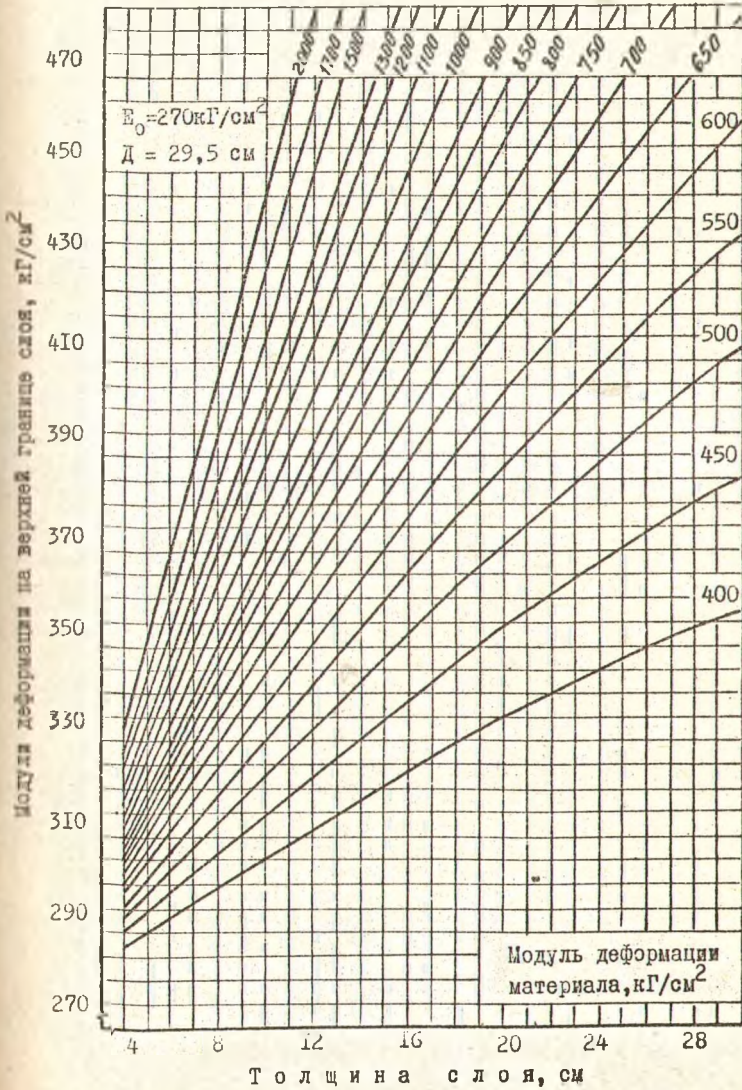


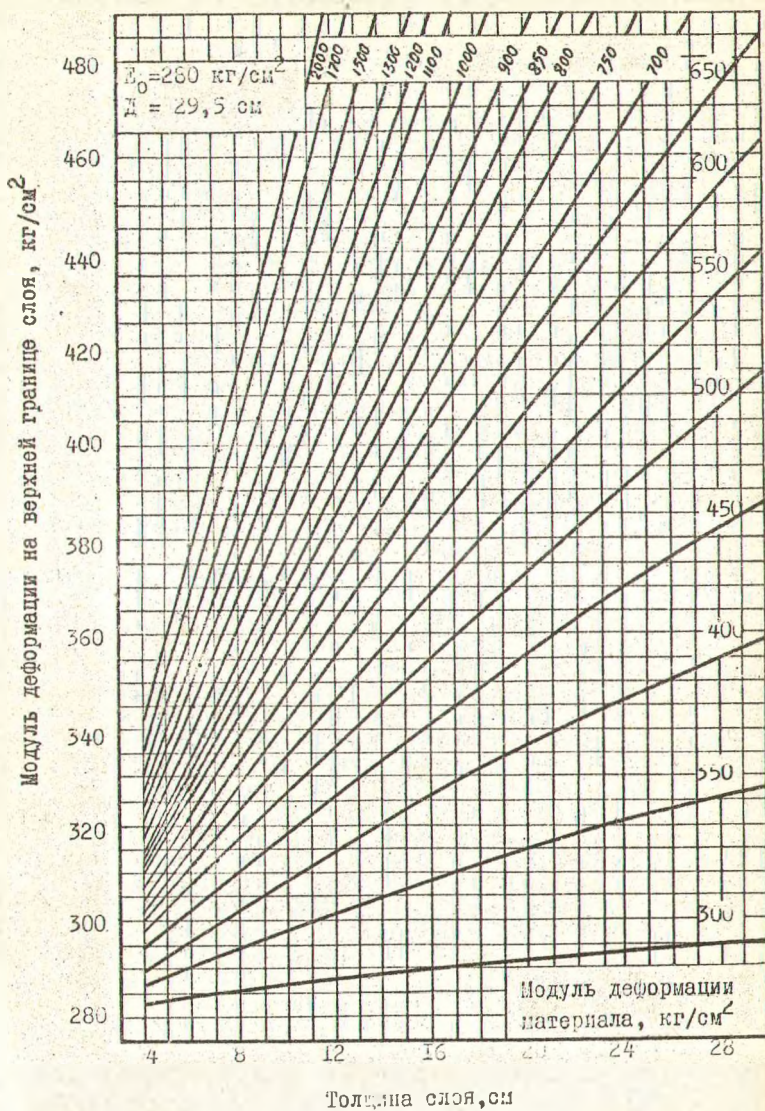


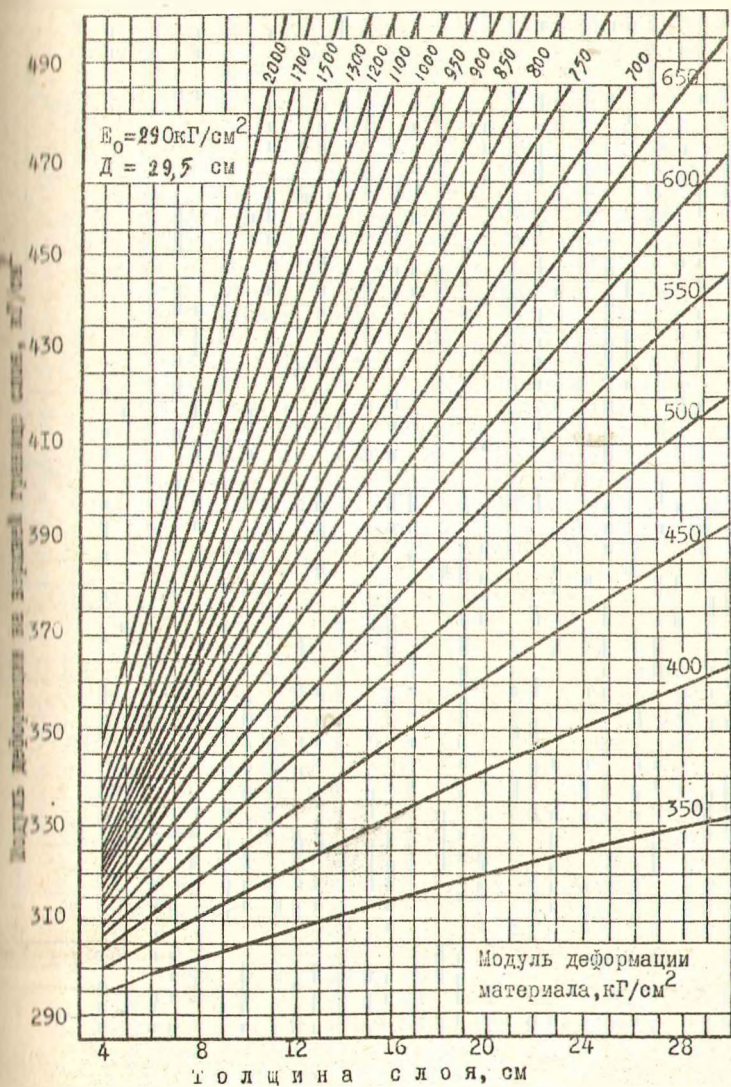


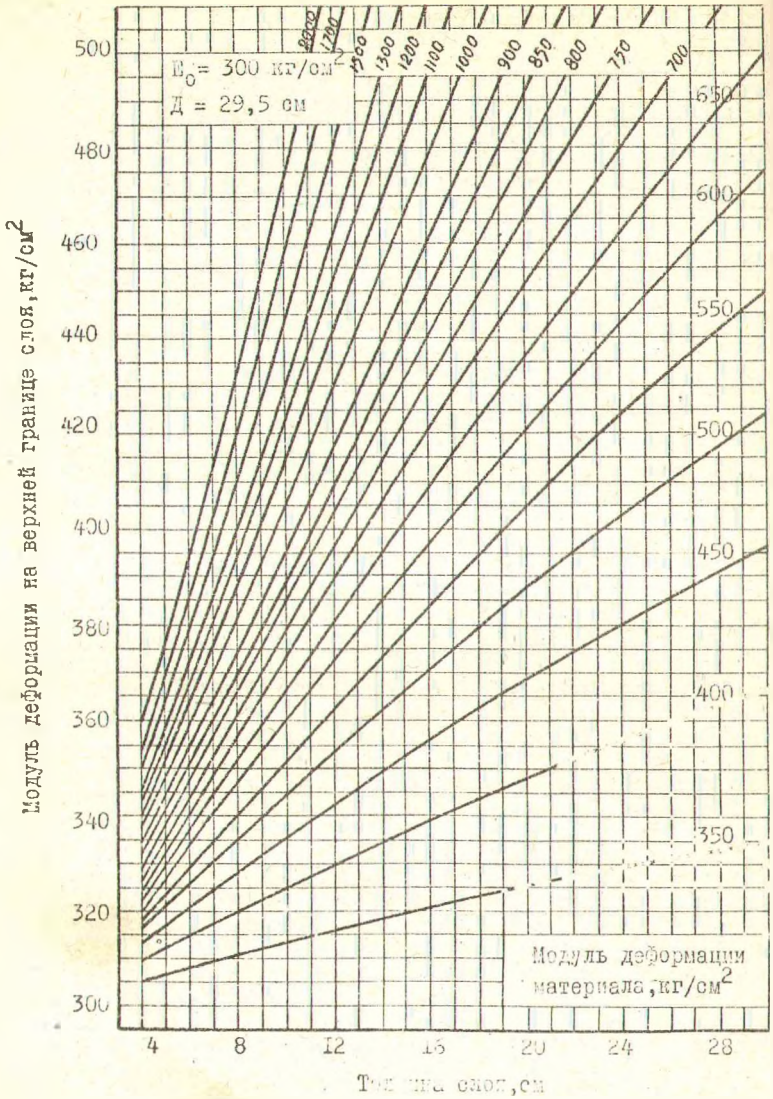
Модуль деформации на верхней границе слоя, кг/см<sup>2</sup>



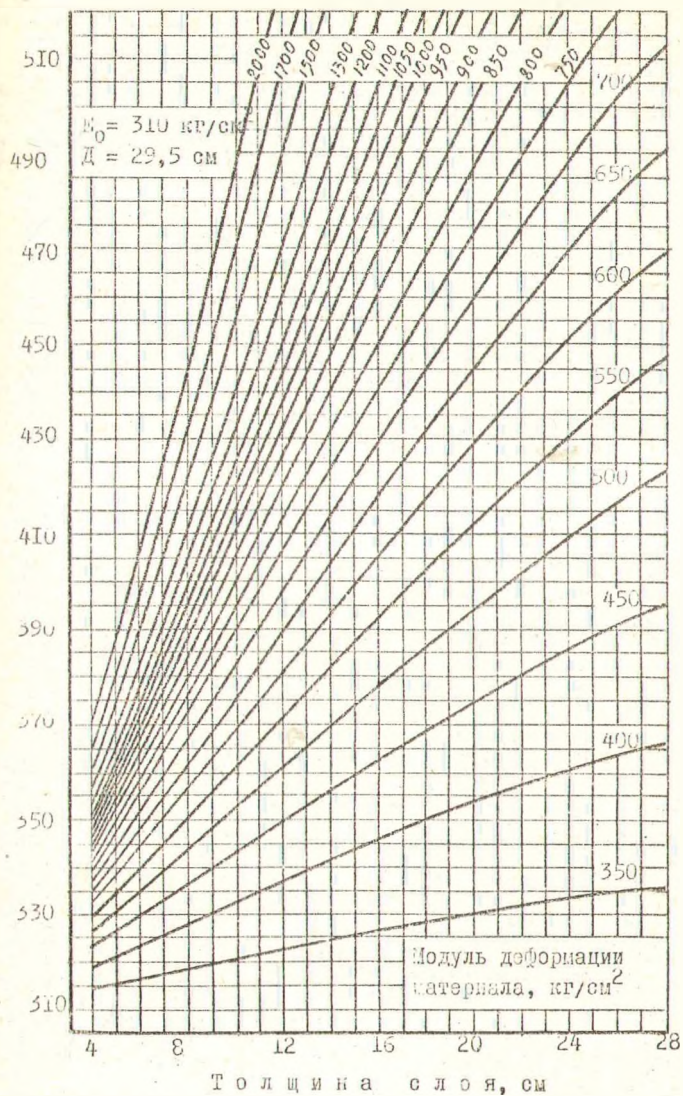


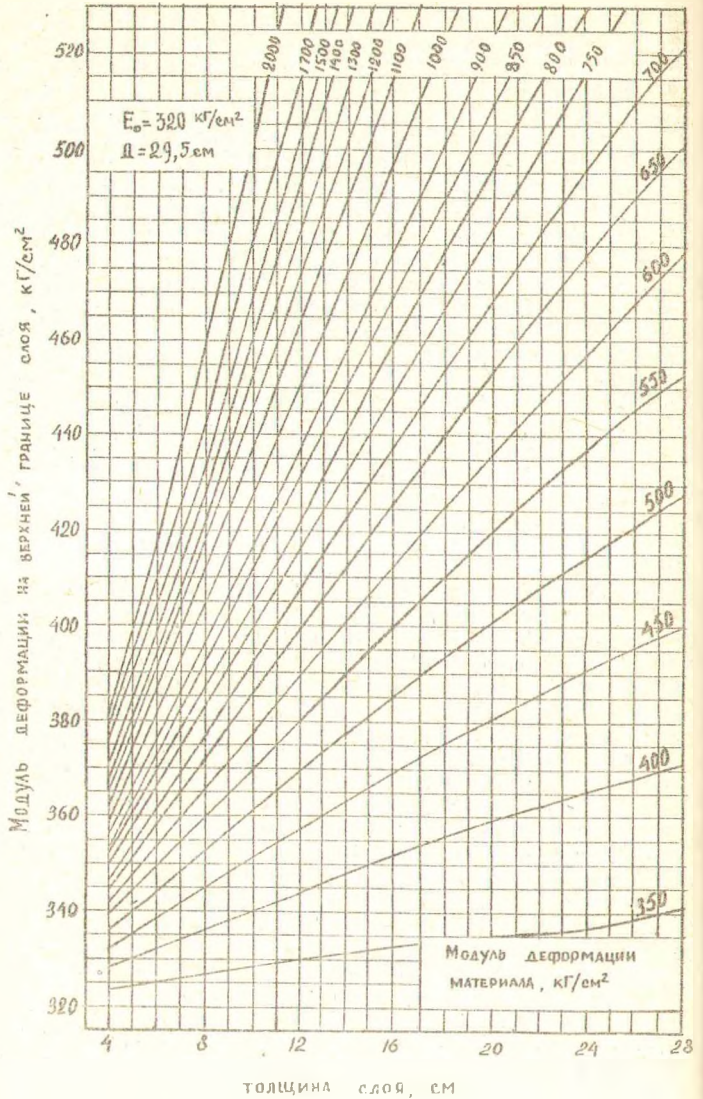


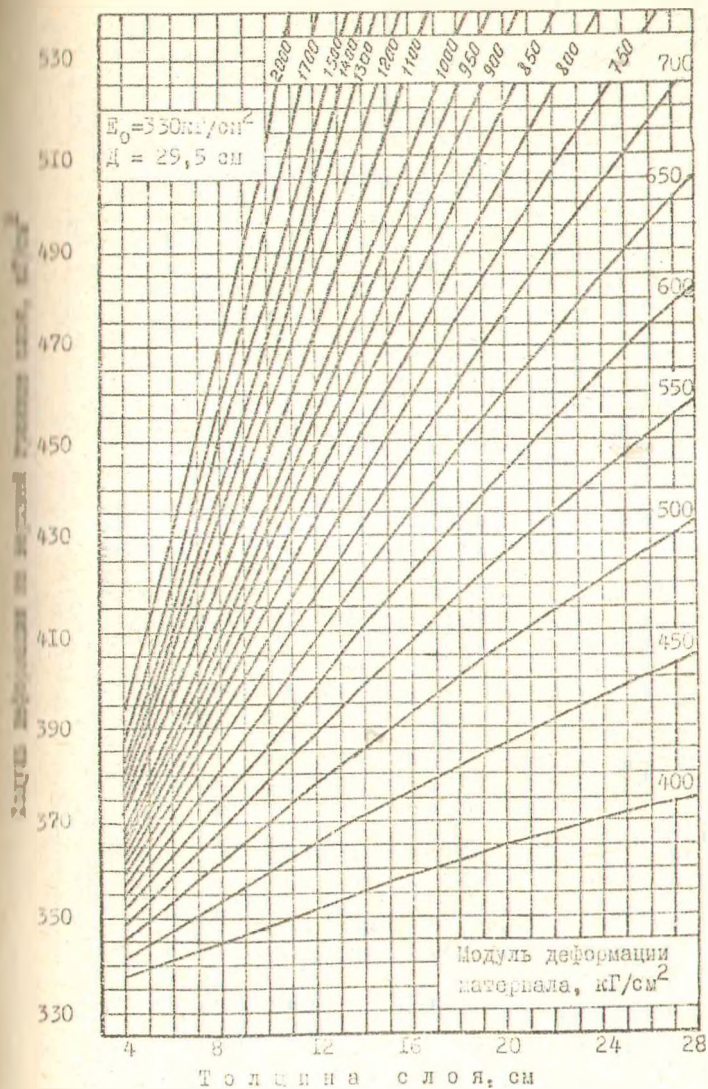




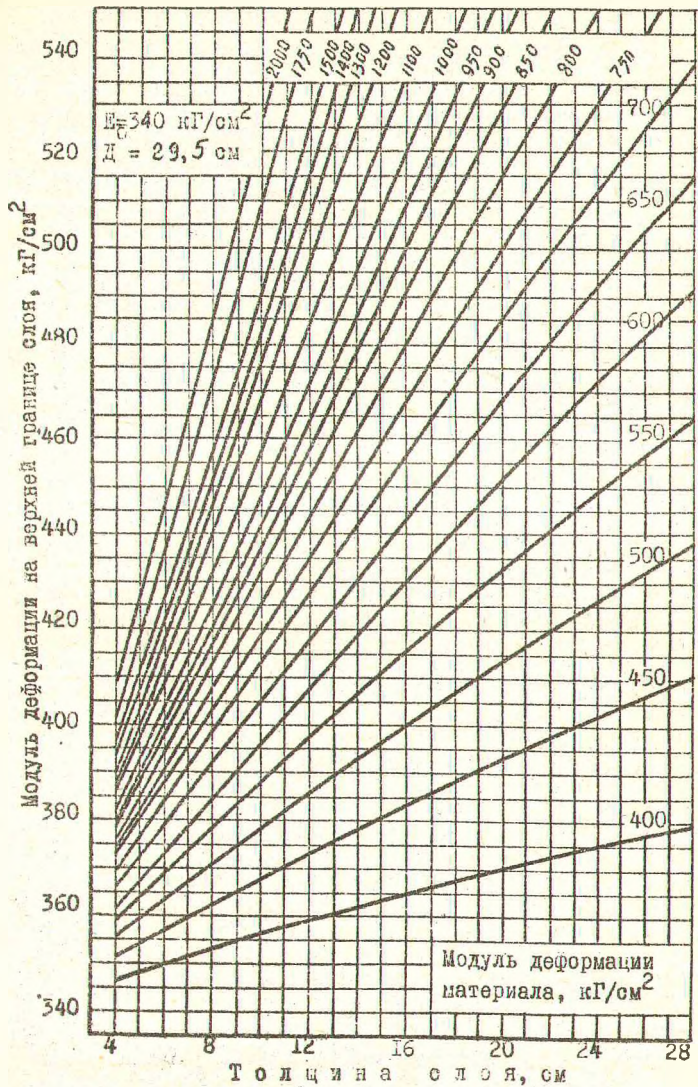
Модуль деформации на верхней границе слоя, кг/см<sup>2</sup>

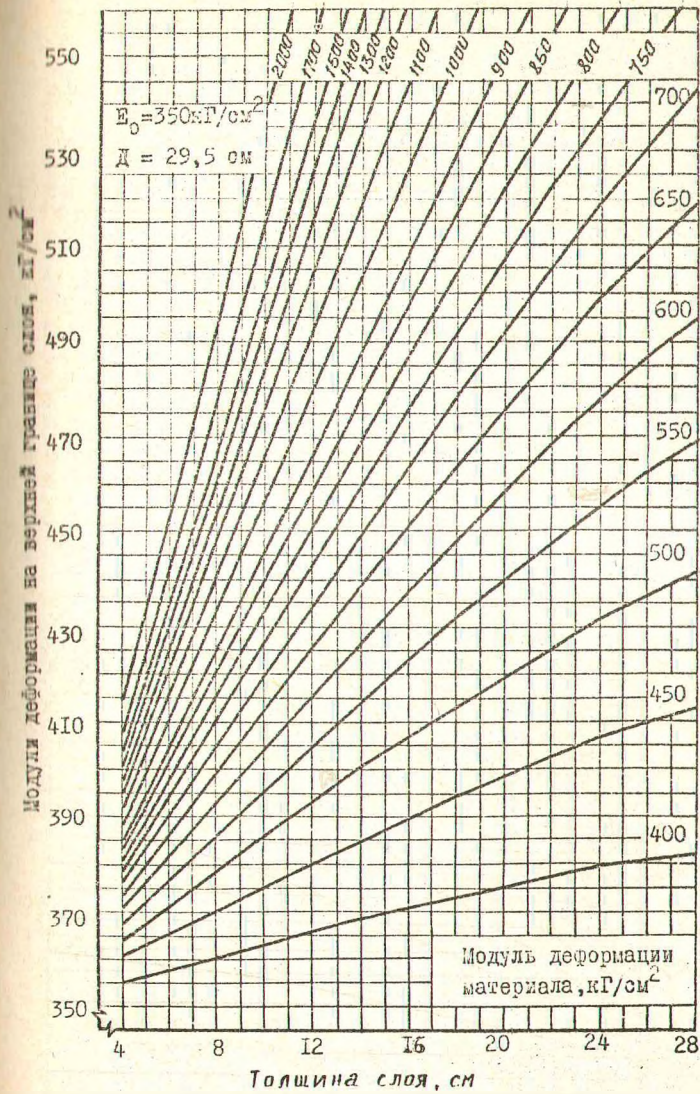


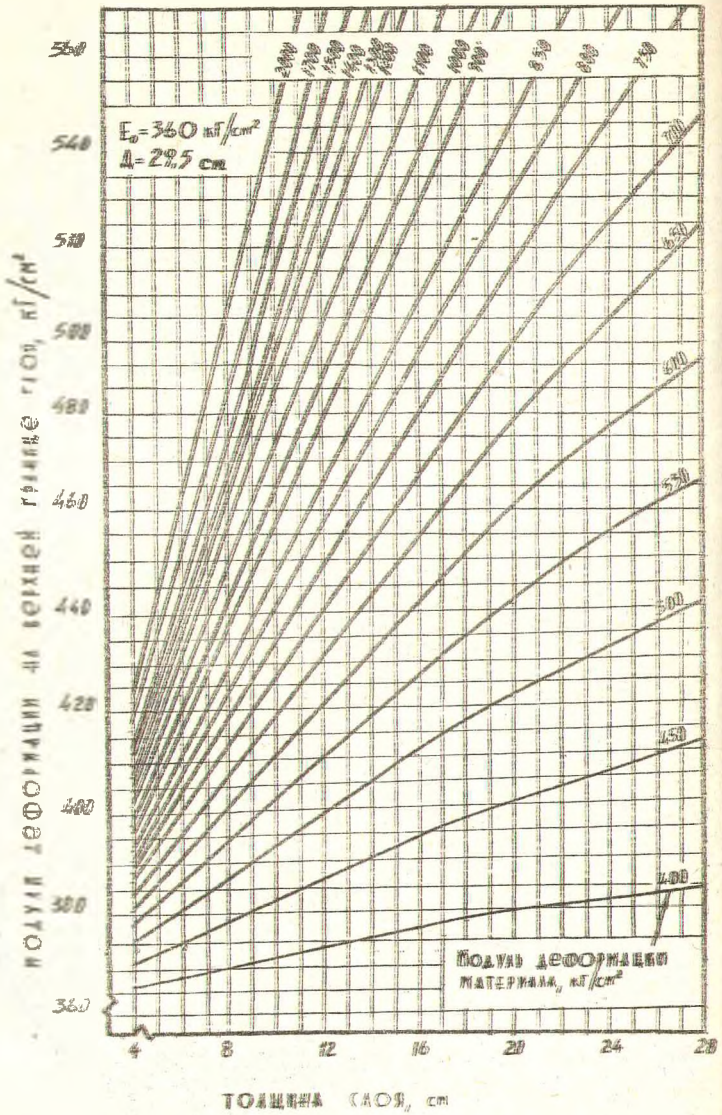


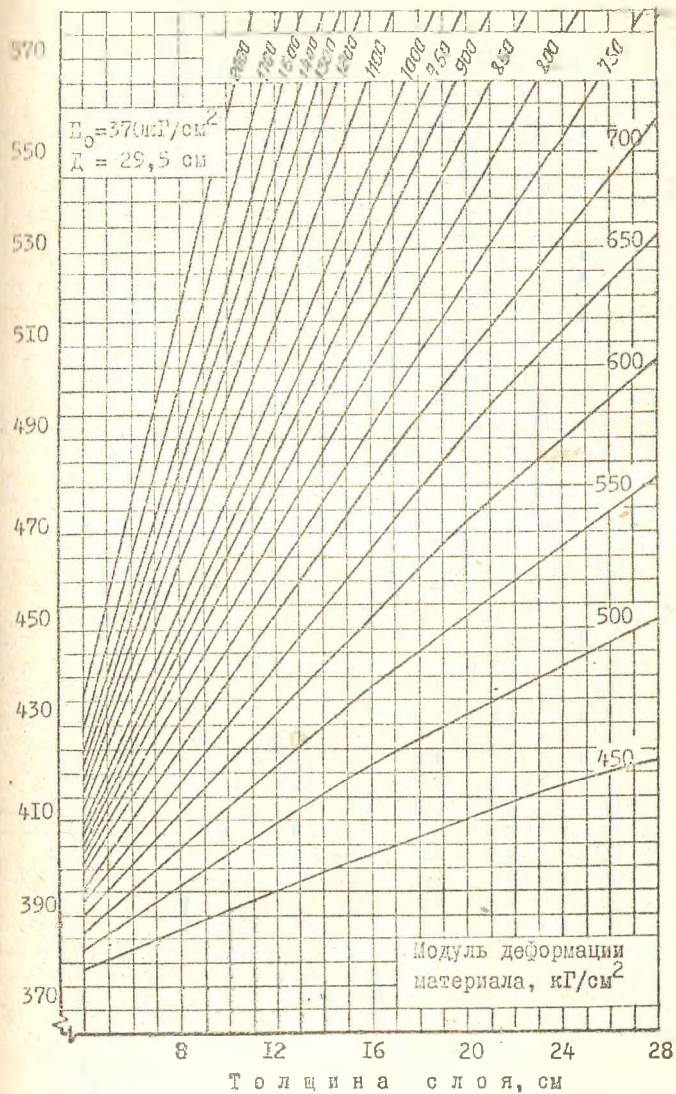


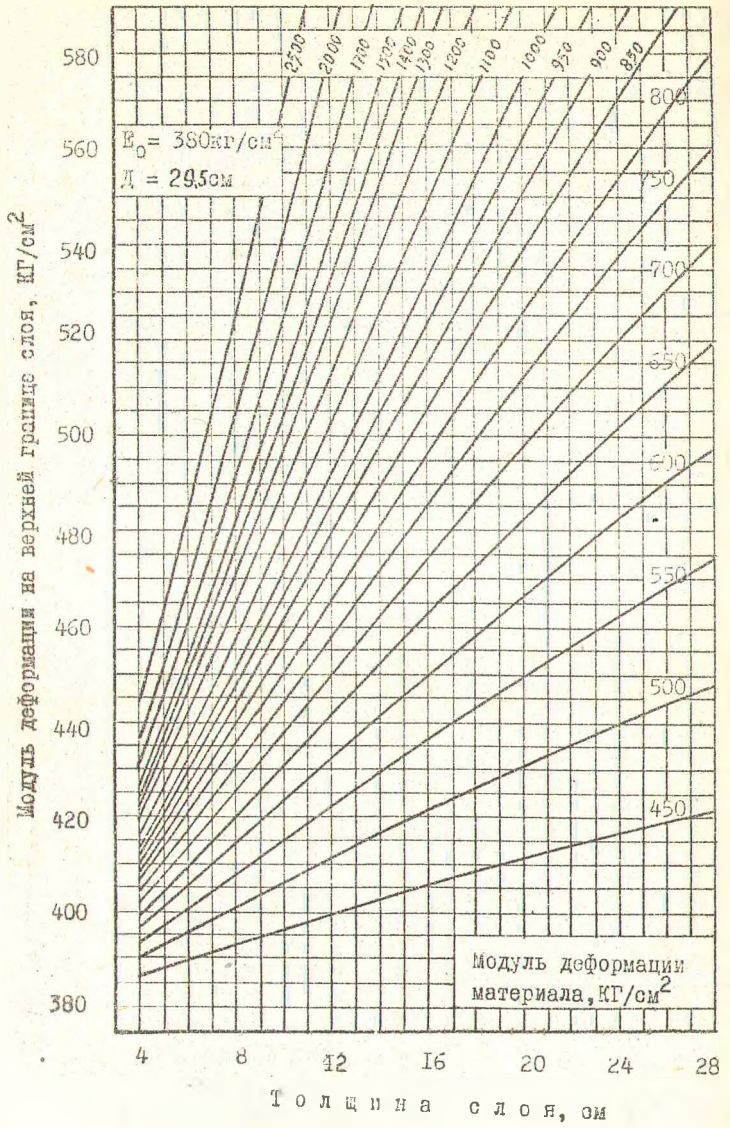




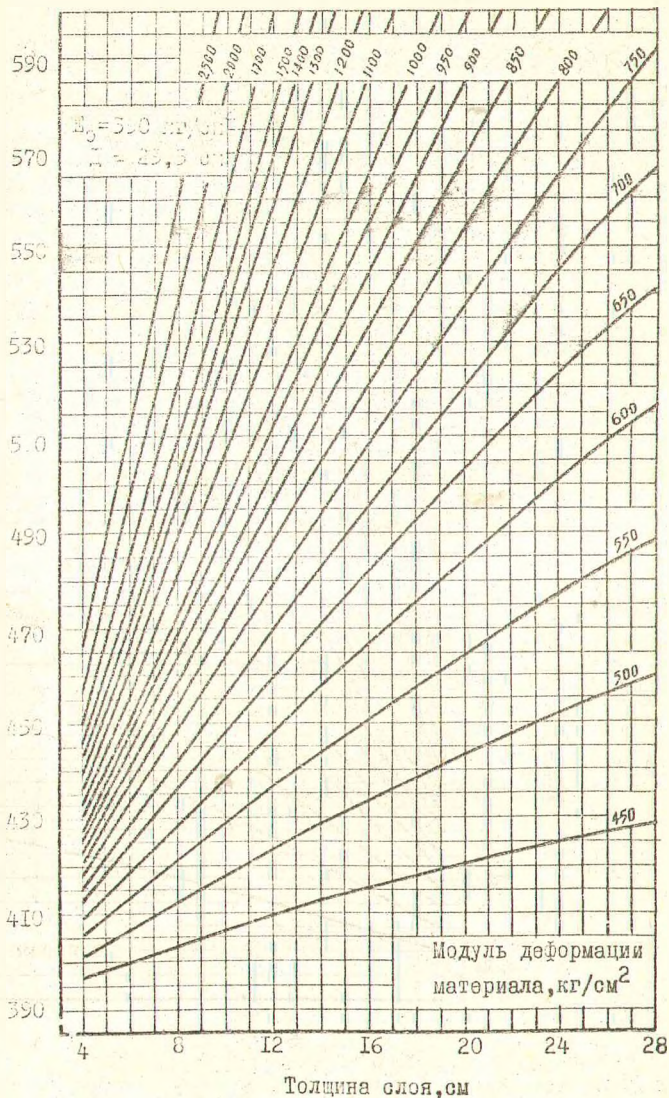




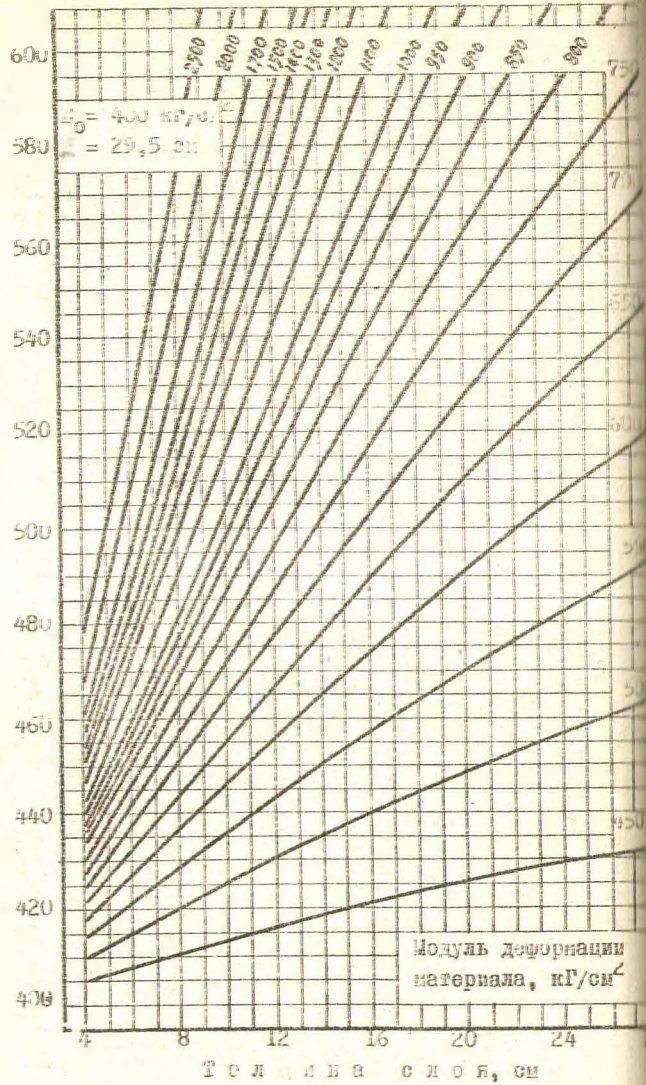


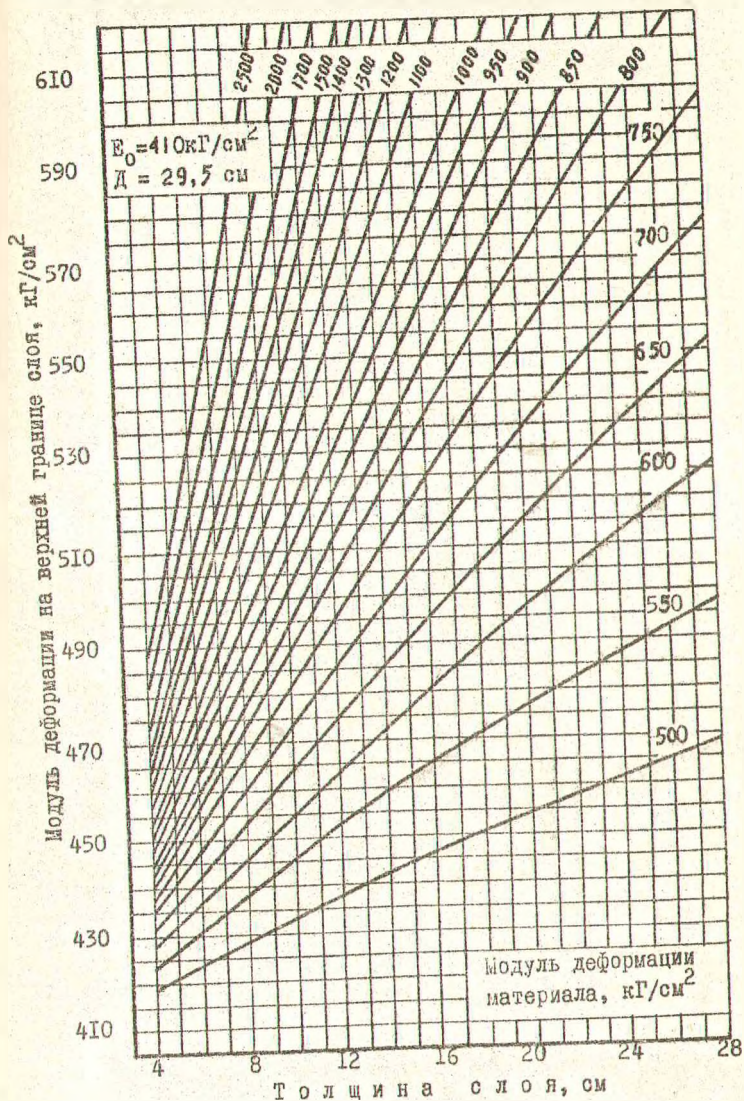


Модуль деформации на верхней границе слоя, кг/см<sup>2</sup>

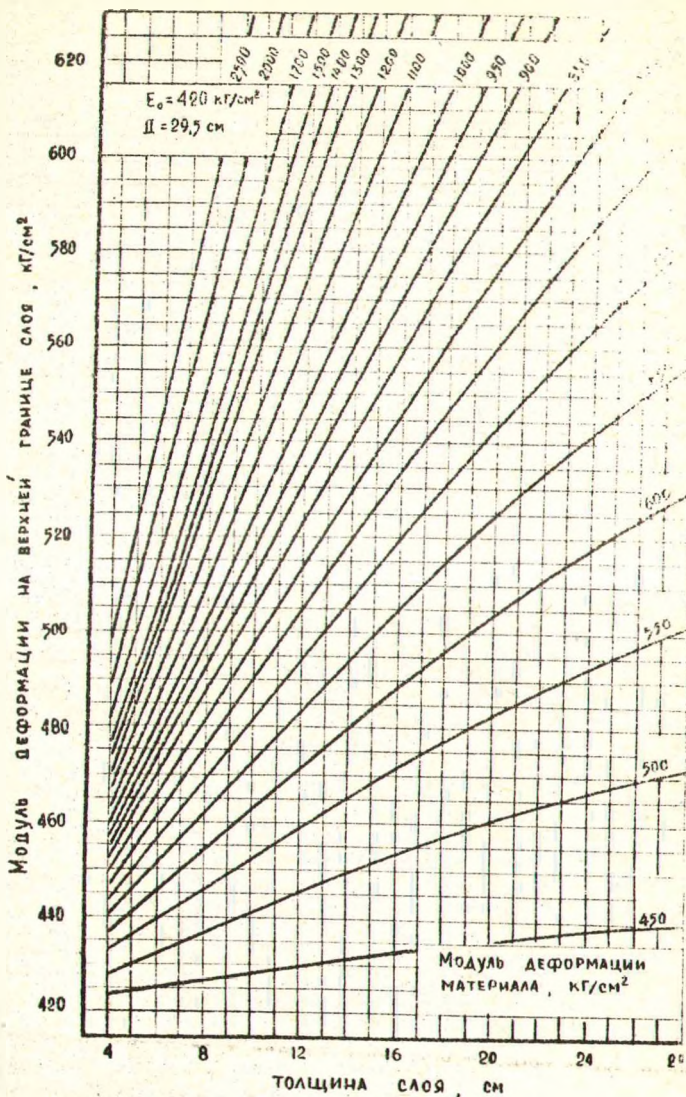


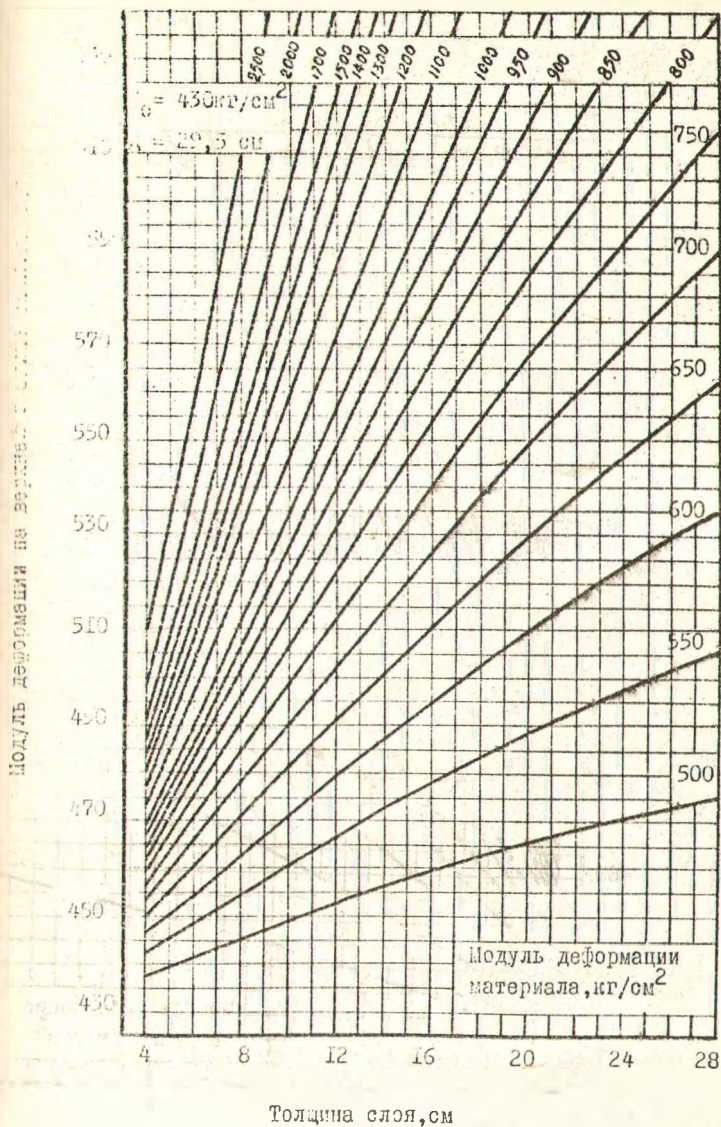
Модуль деформации на верхней границе слоя, кг/см<sup>2</sup>



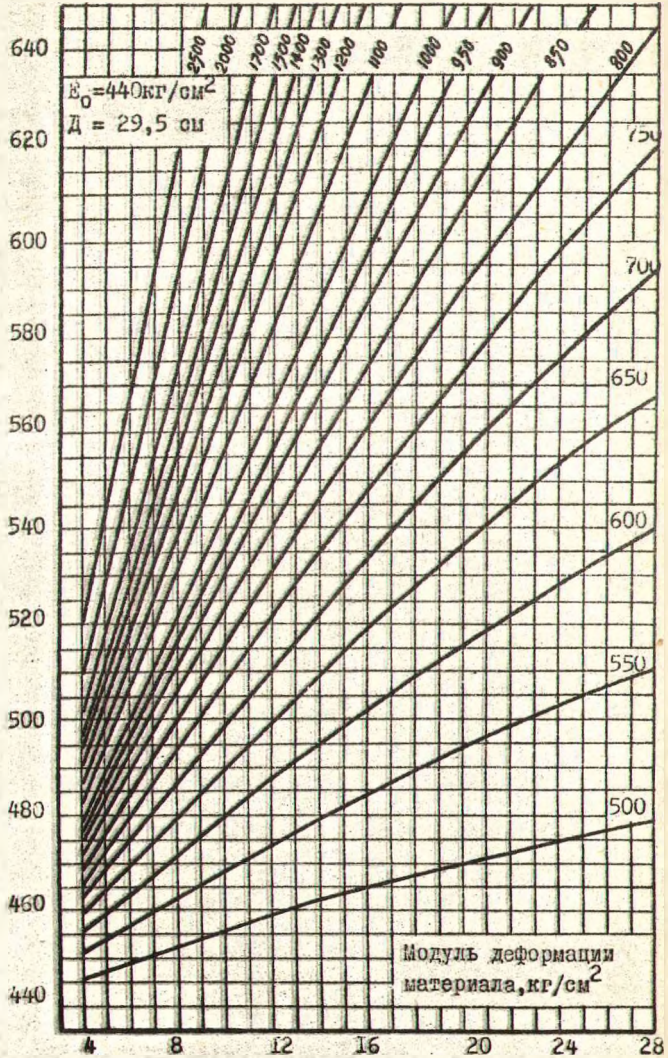




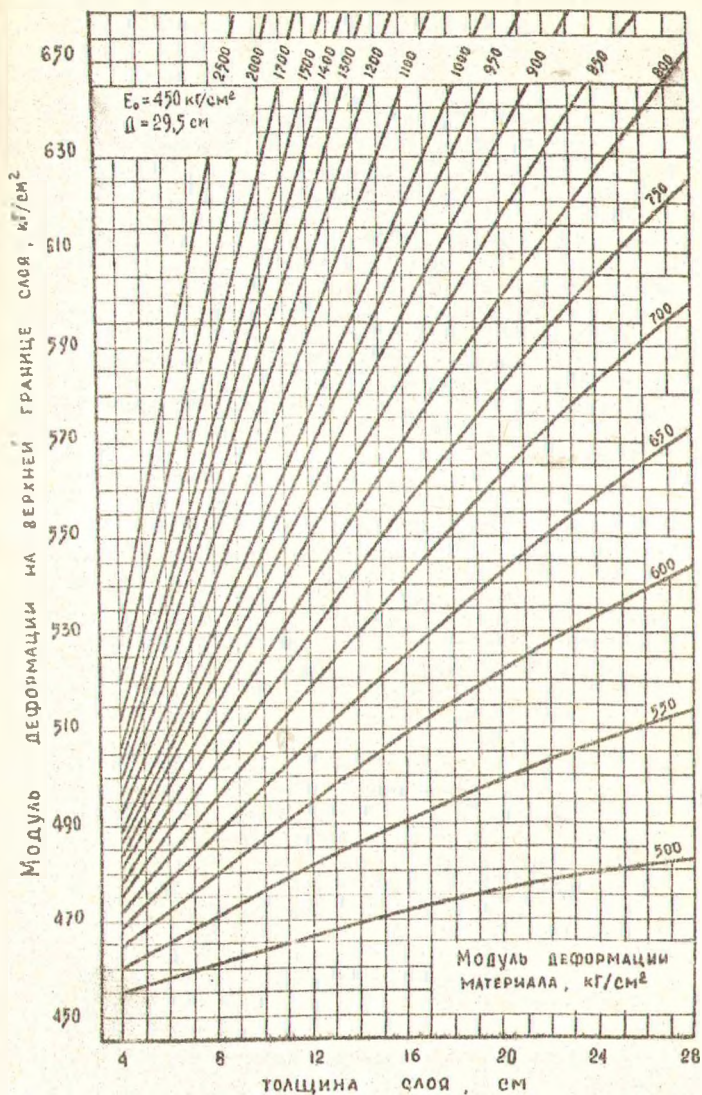


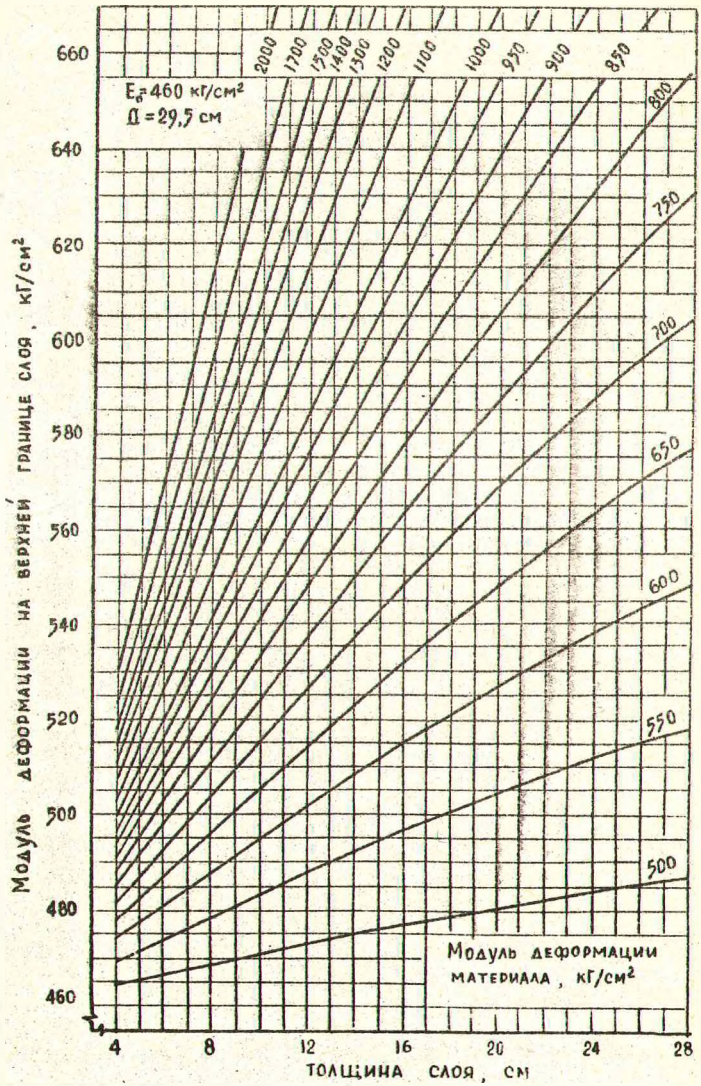


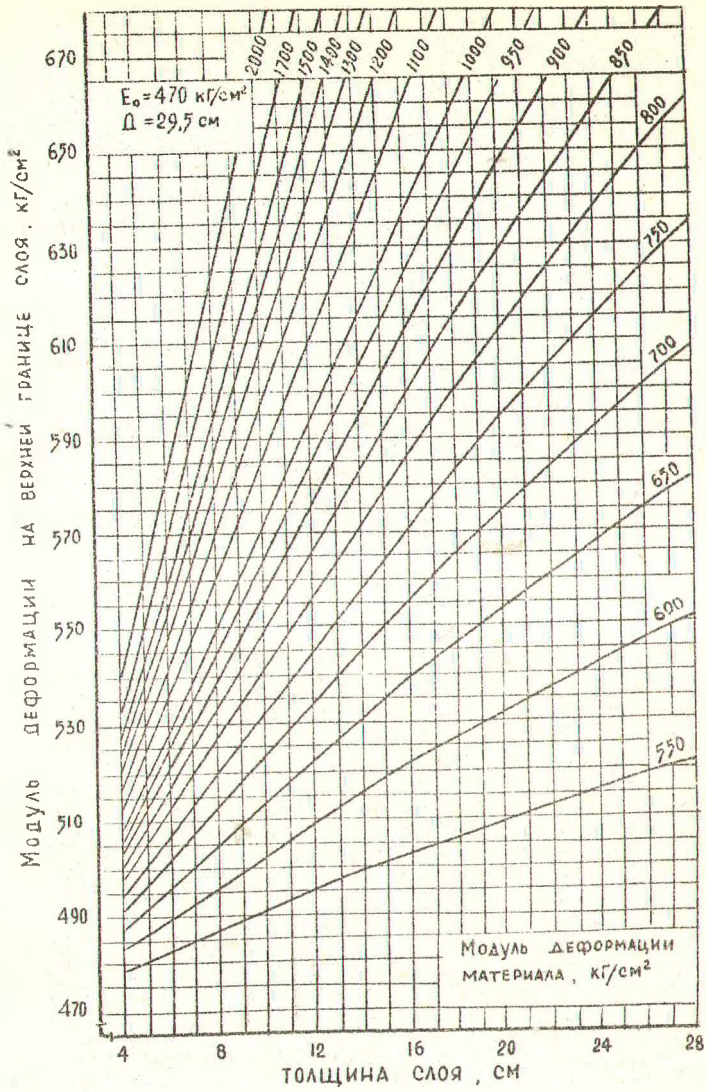
Модуль деформации на верхней границе слоя, кг/см<sup>2</sup>



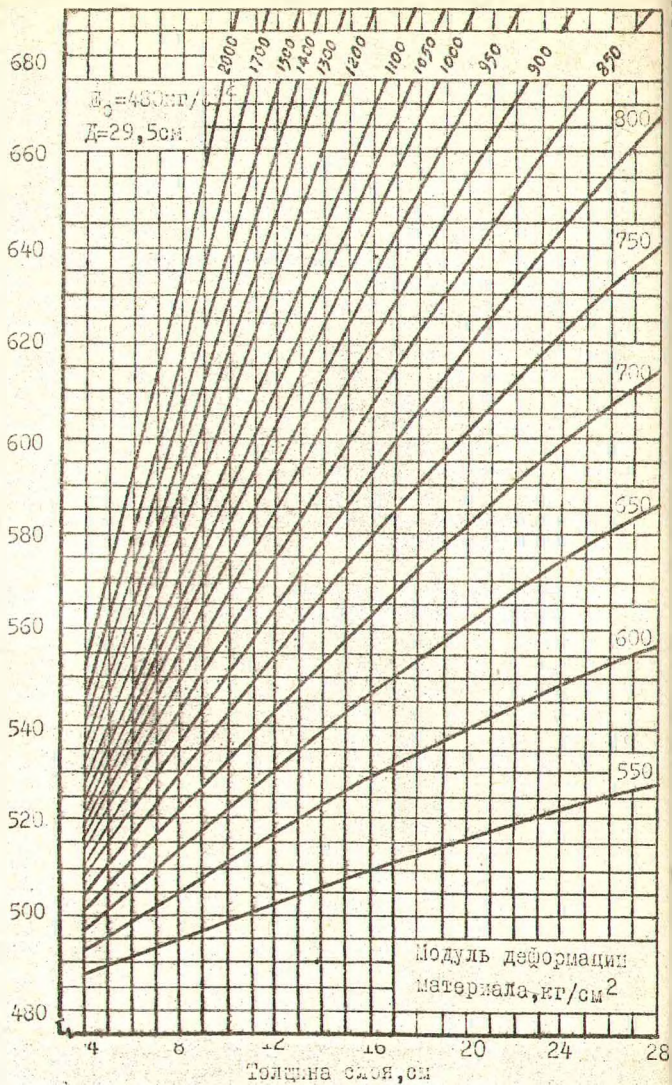
Толщина слоя, см

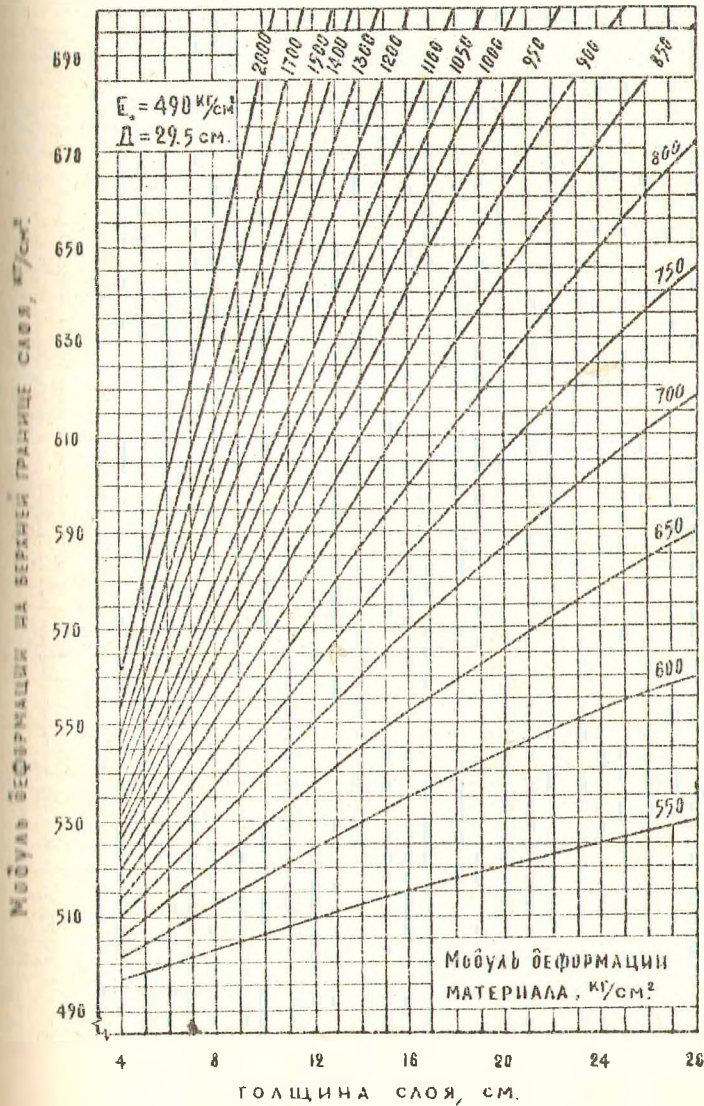




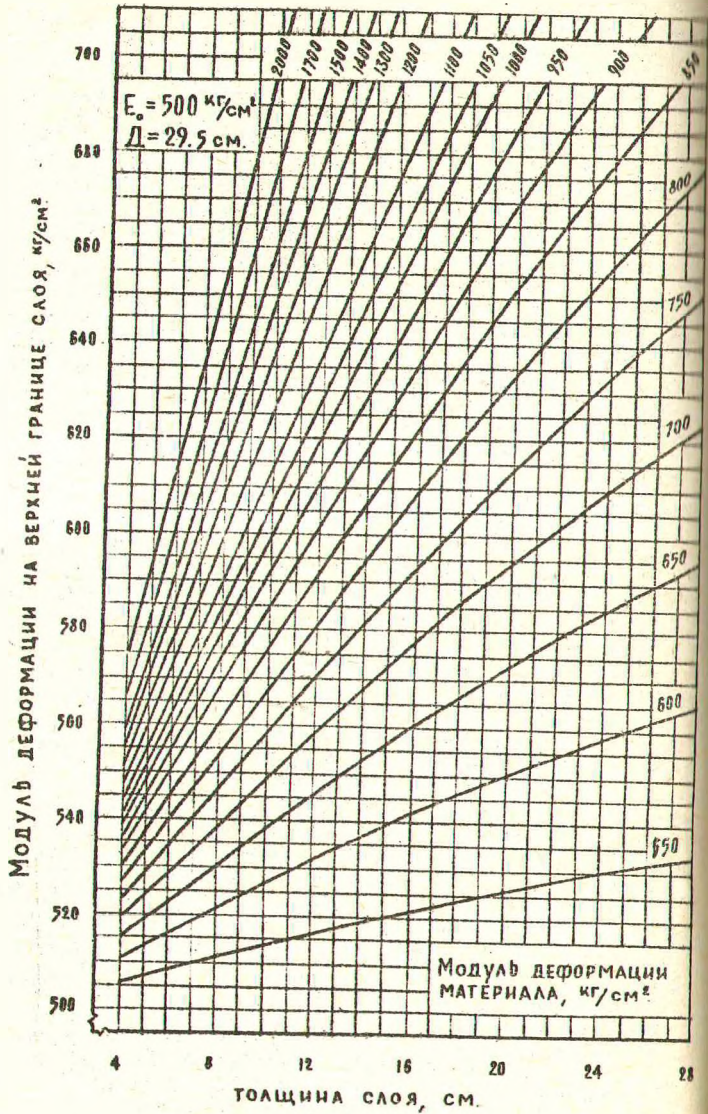


Модуль деформации на верхней . аниче слоя, кг/см<sup>2</sup>

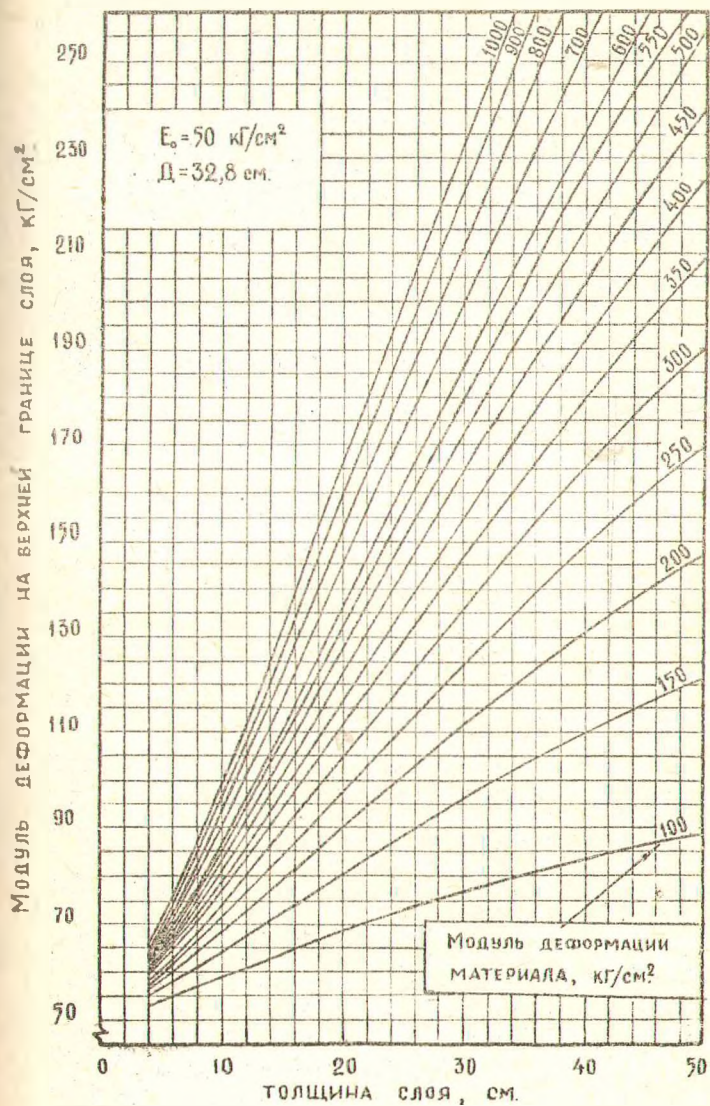


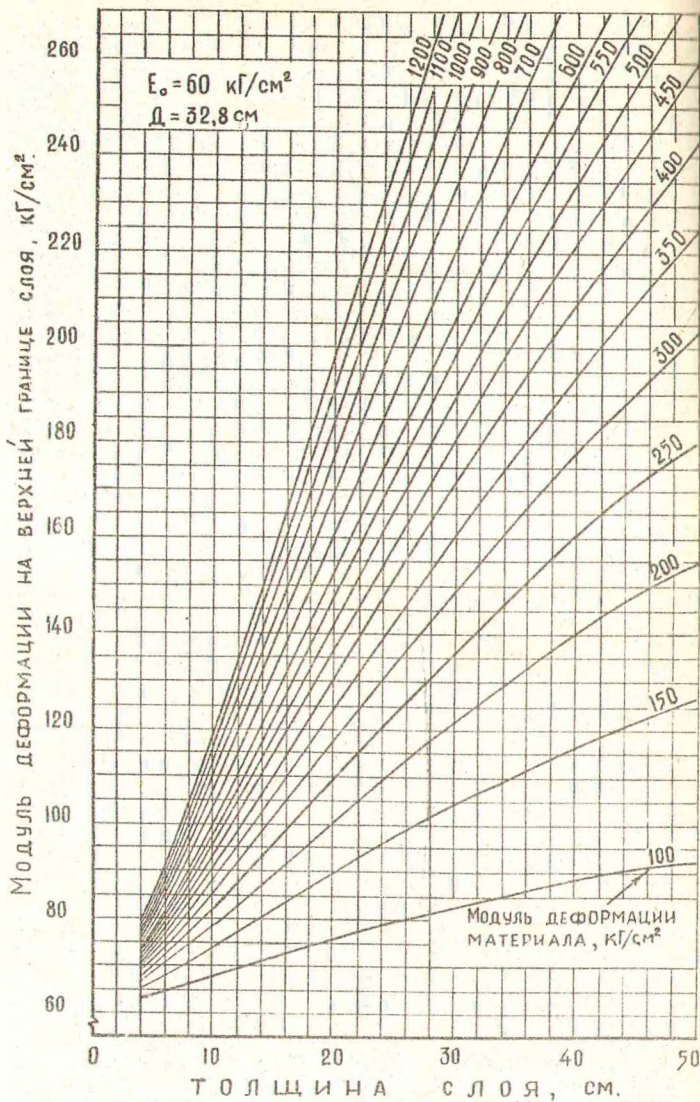


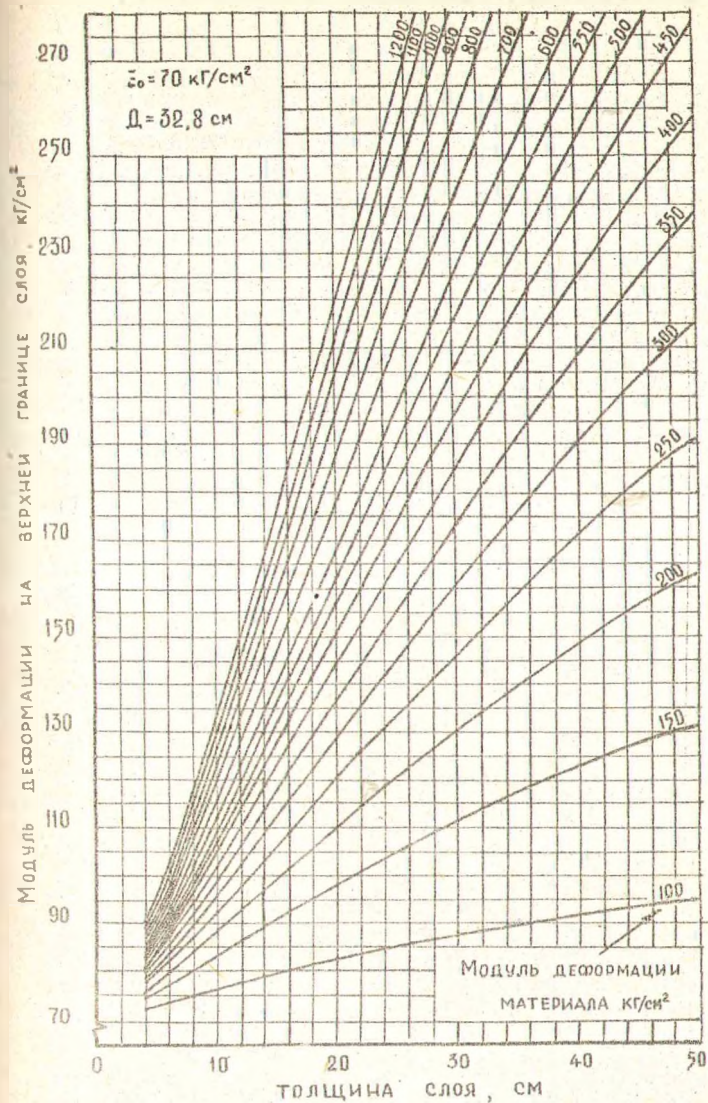


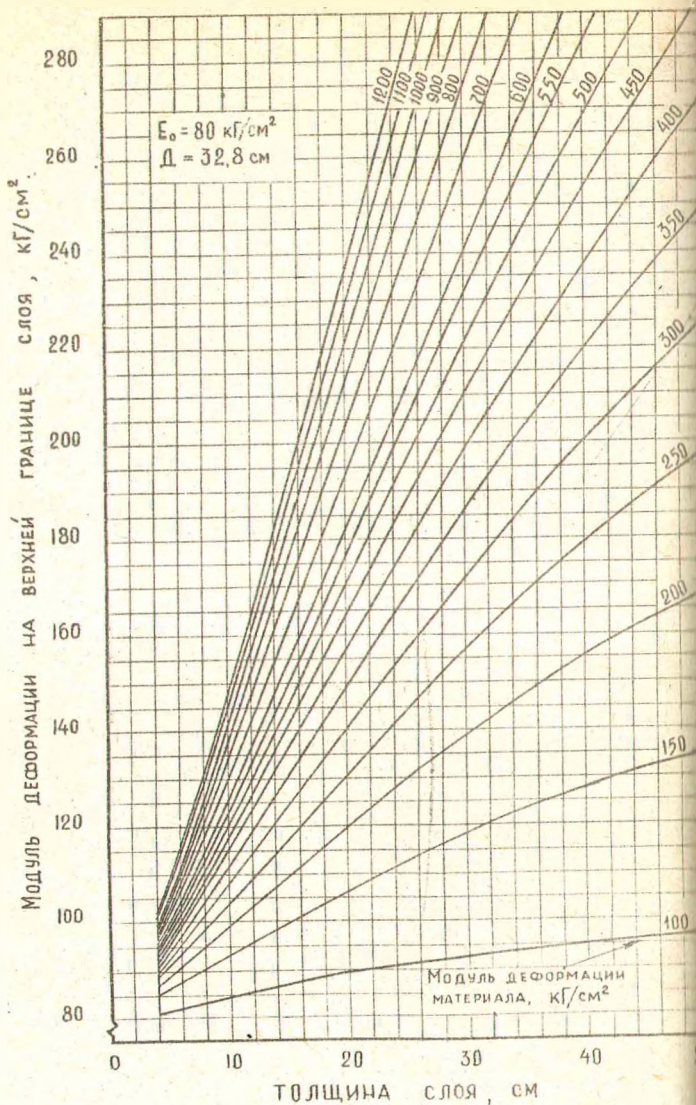


ГРАФИКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОЛЩИНЫ  
КОНСТРУКТИВНЫХ СЛОЕВ ДОРОЖНОЙ  
ОДЕЖДЫ ПОД АВТОМОБИЛИ ТИПА МАЗ

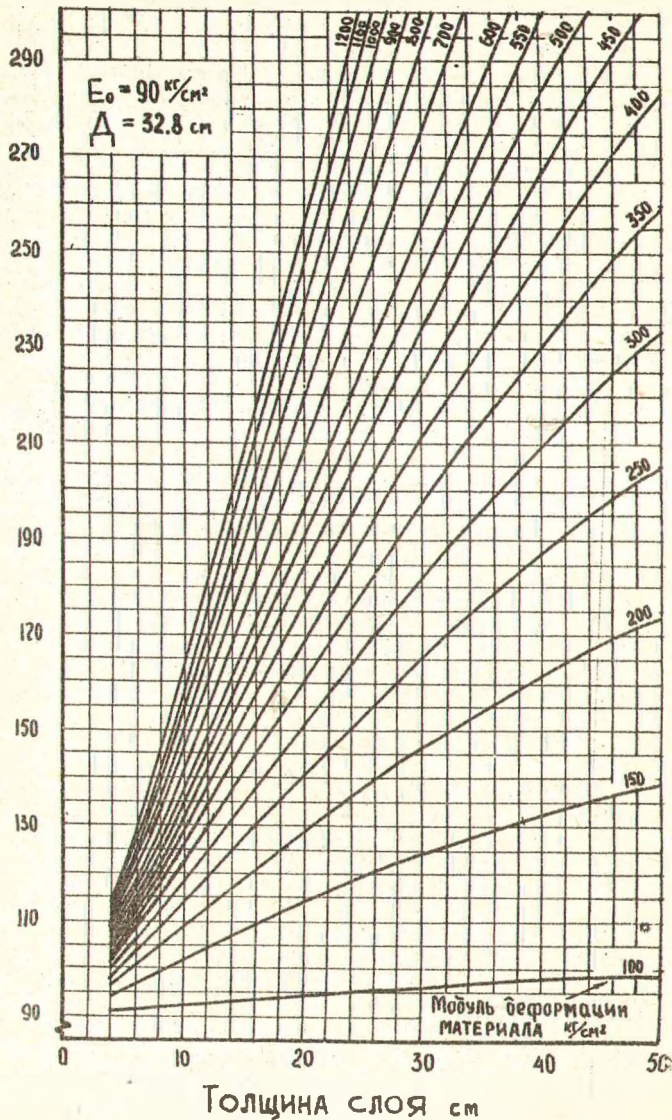


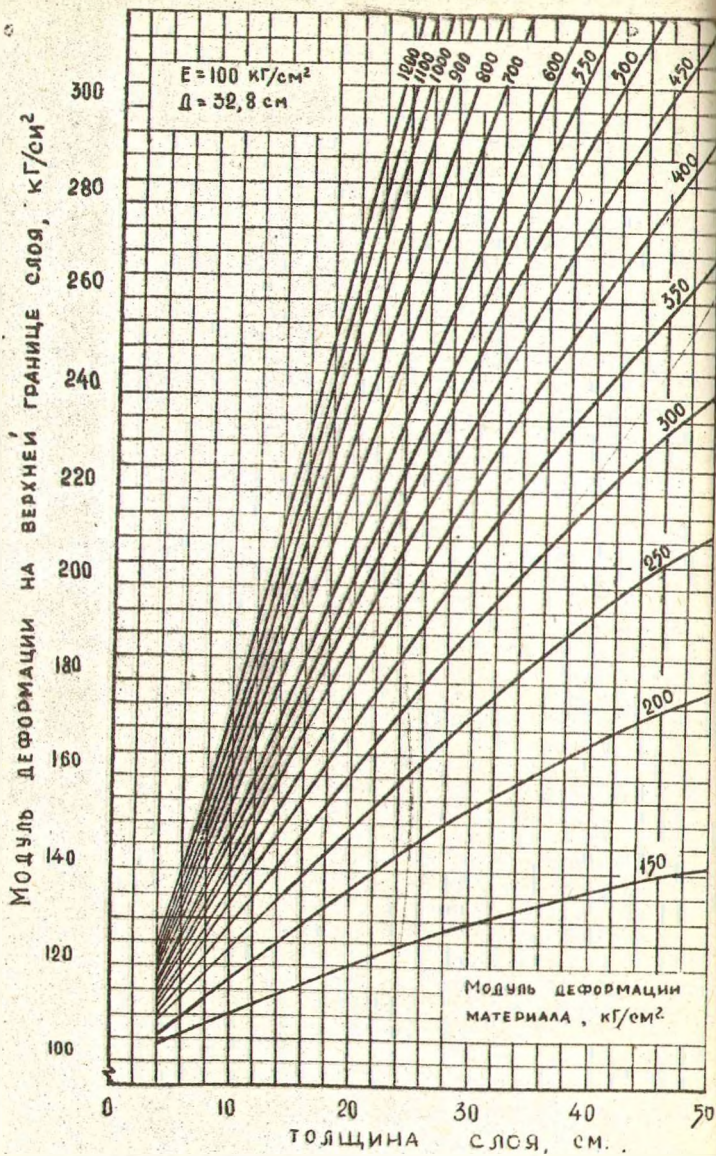




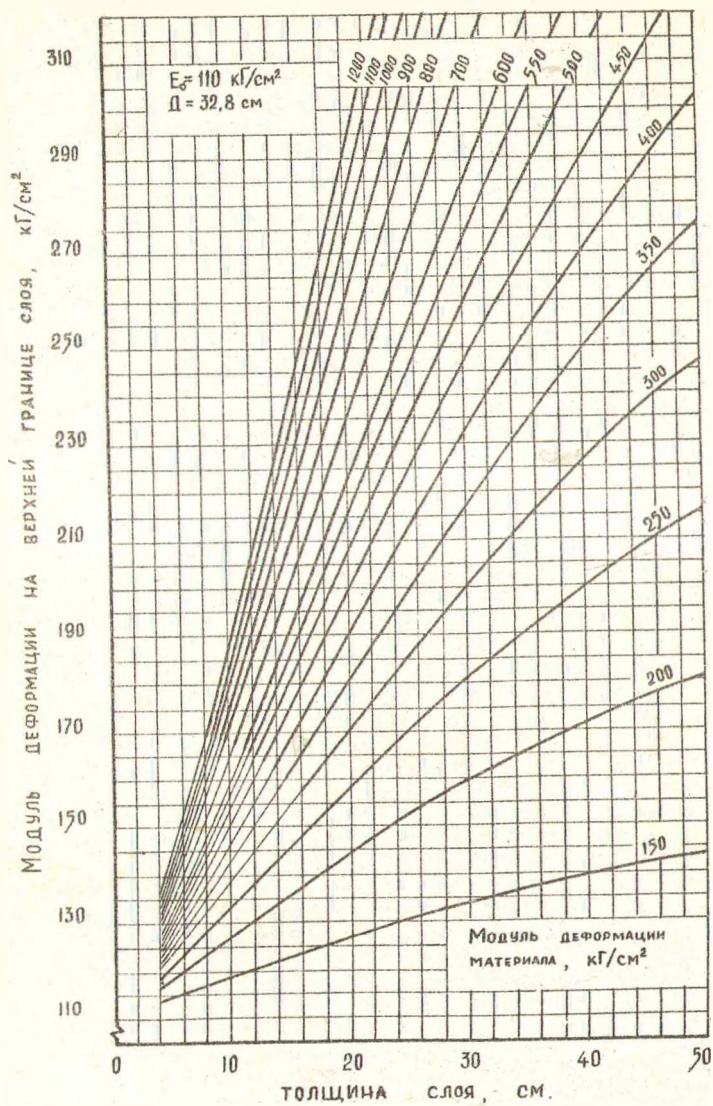


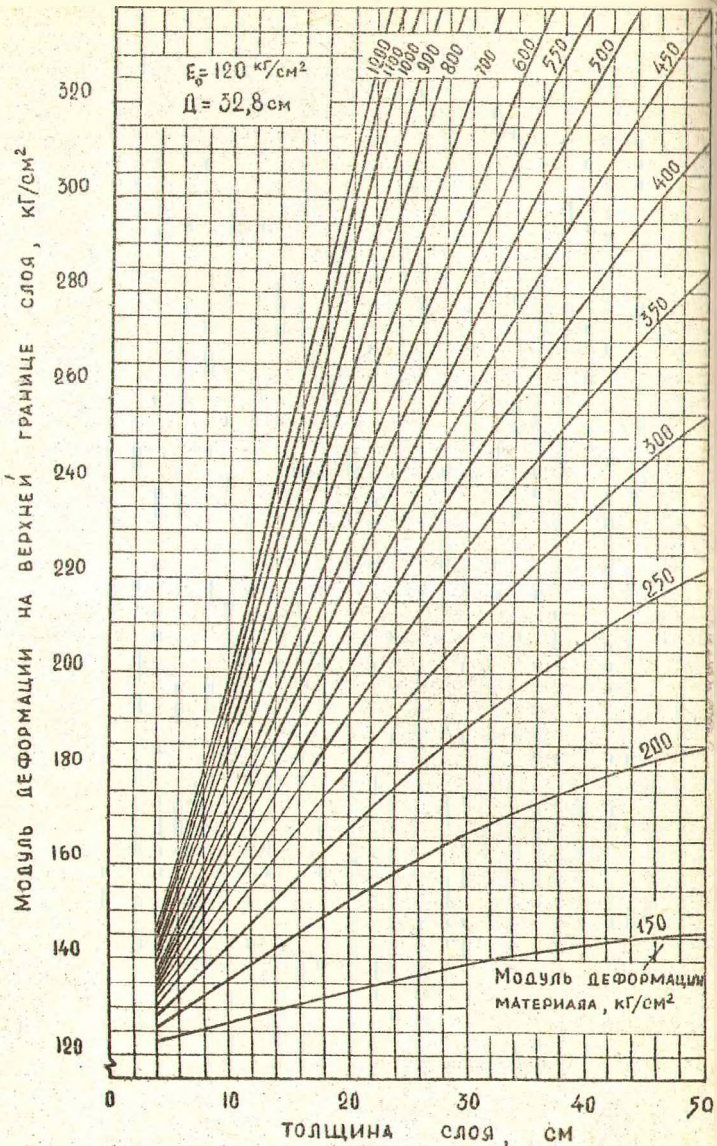
Модуль деформации на верхней границе слоя  $\frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$

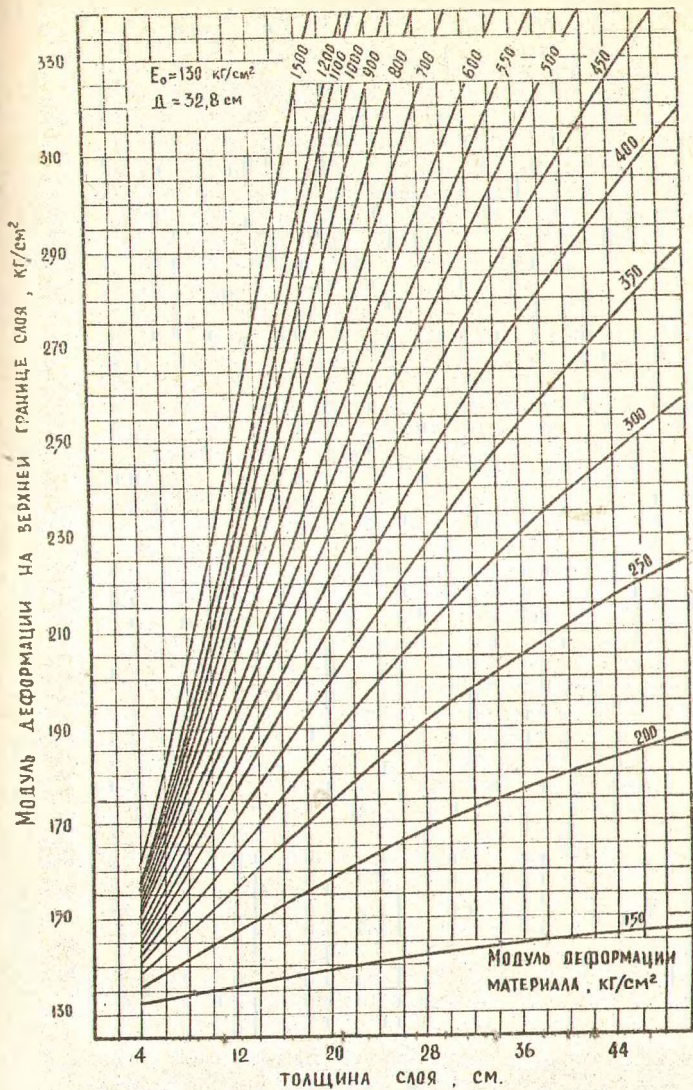


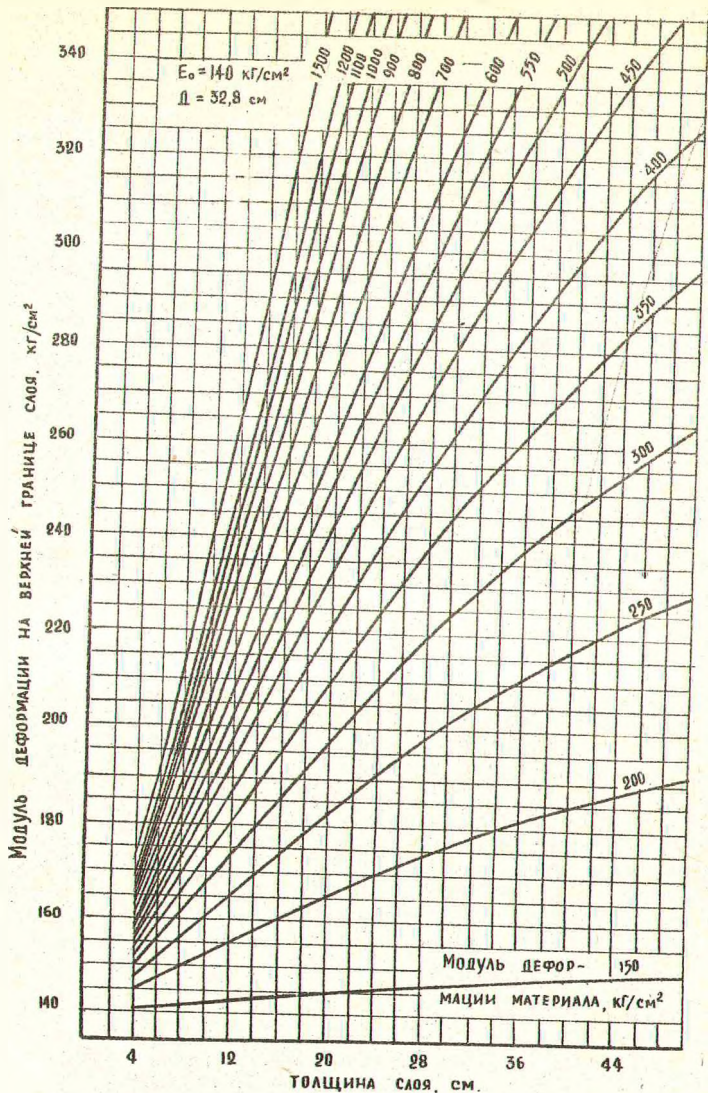


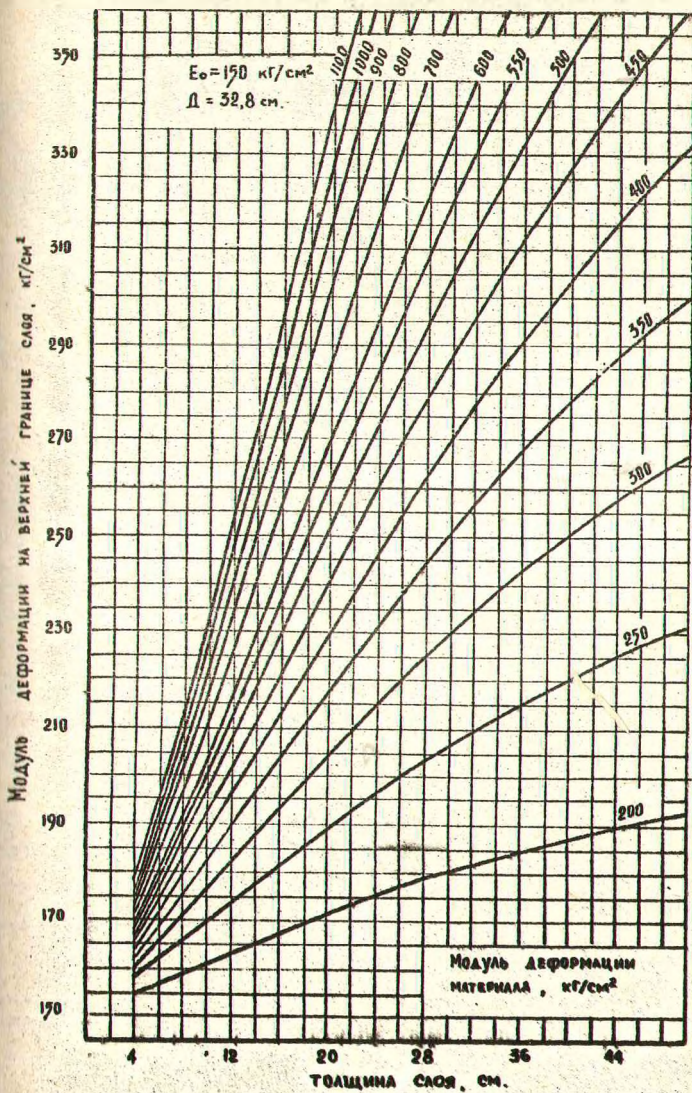


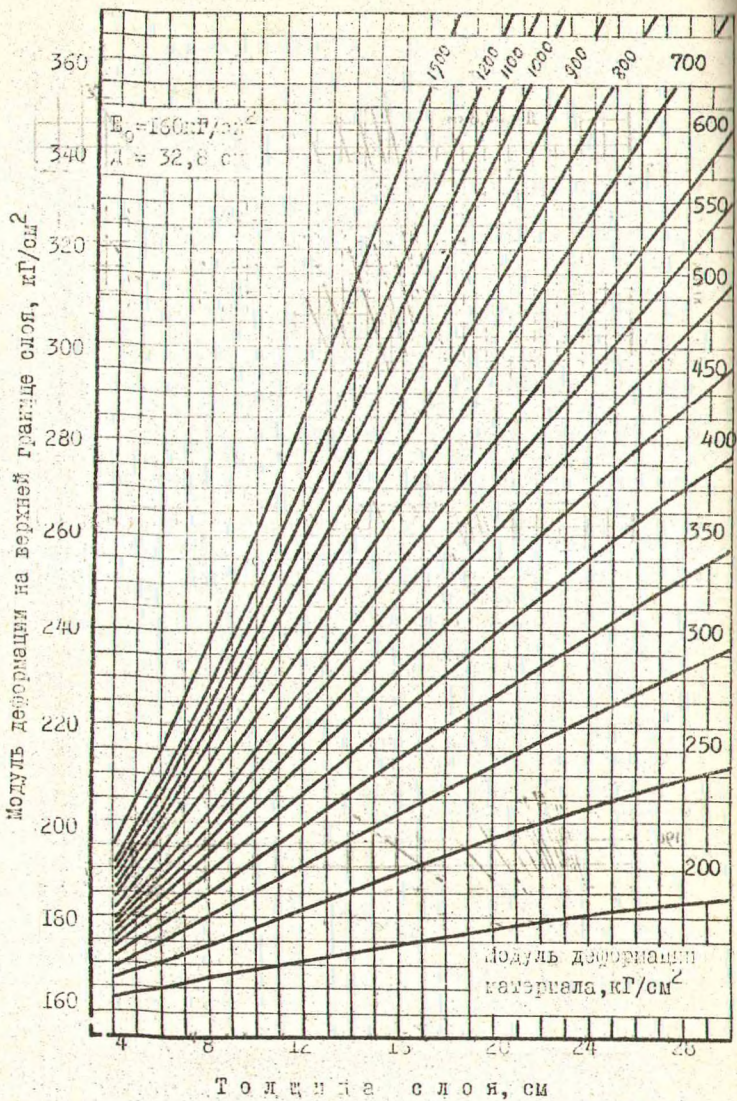




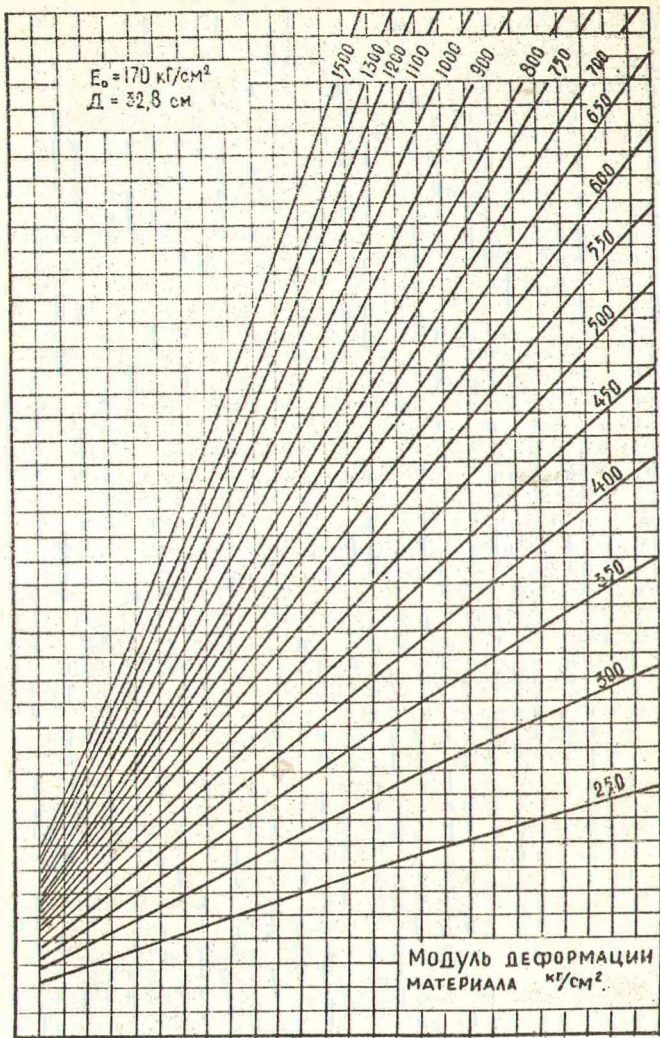




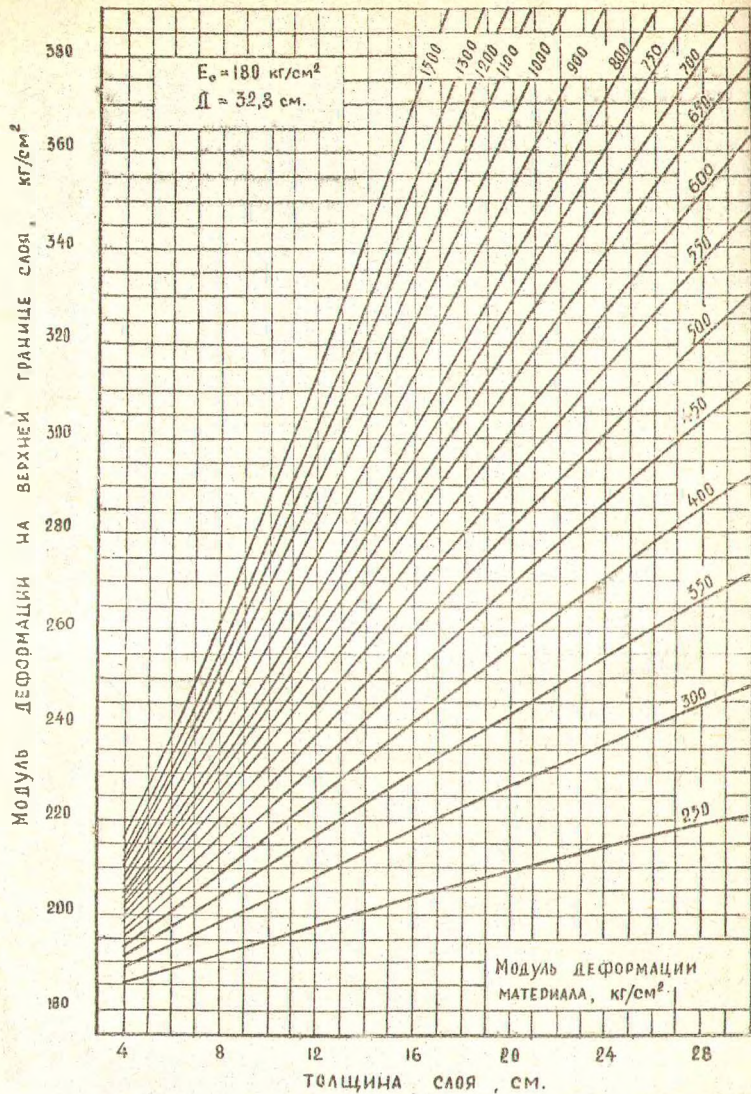




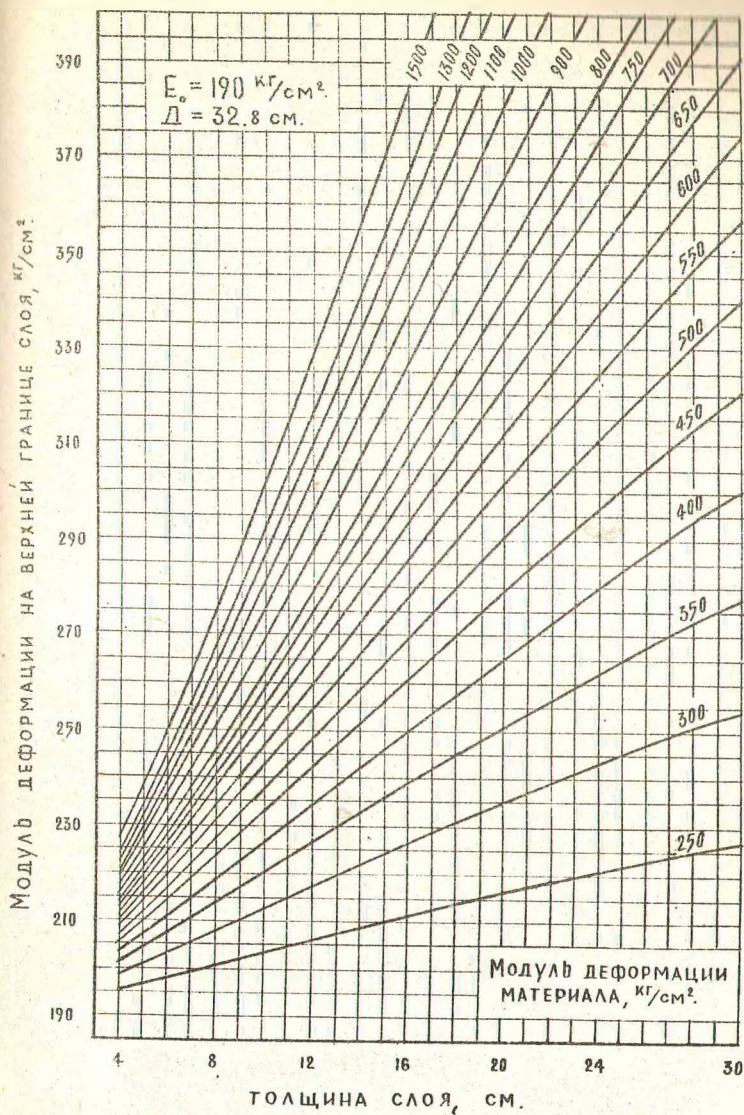
Модуль деформации на верхней границе слоя, кг/см<sup>2</sup>.

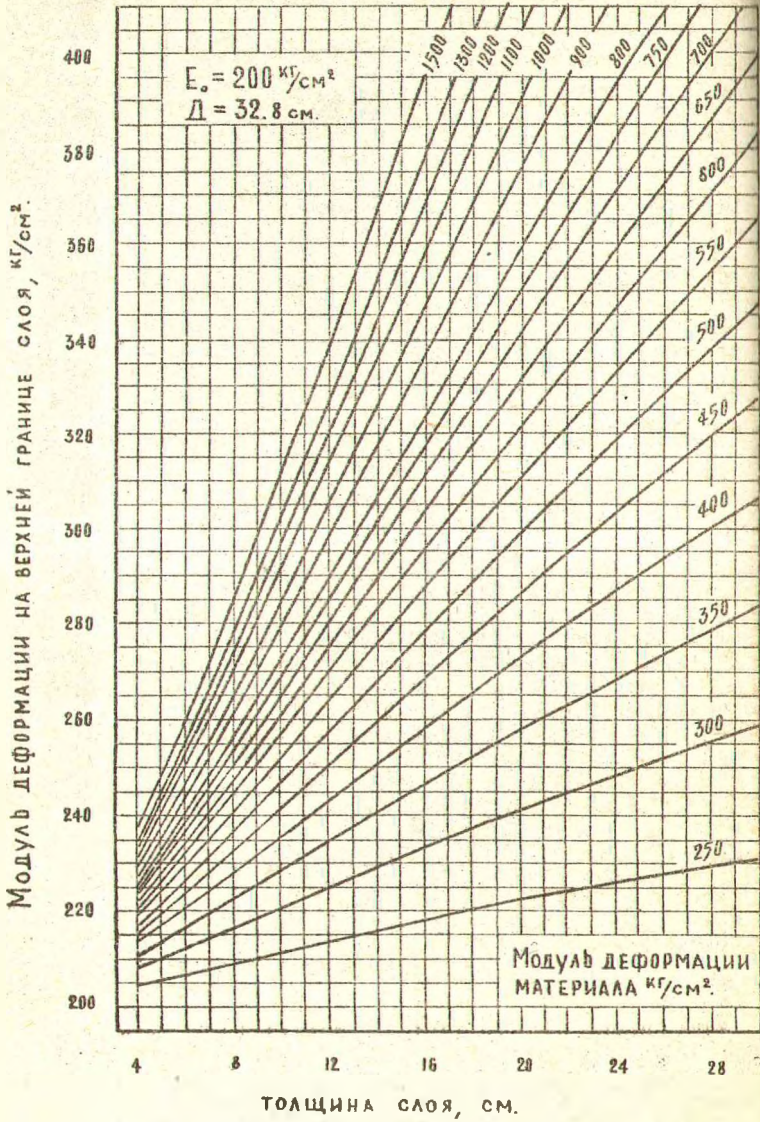


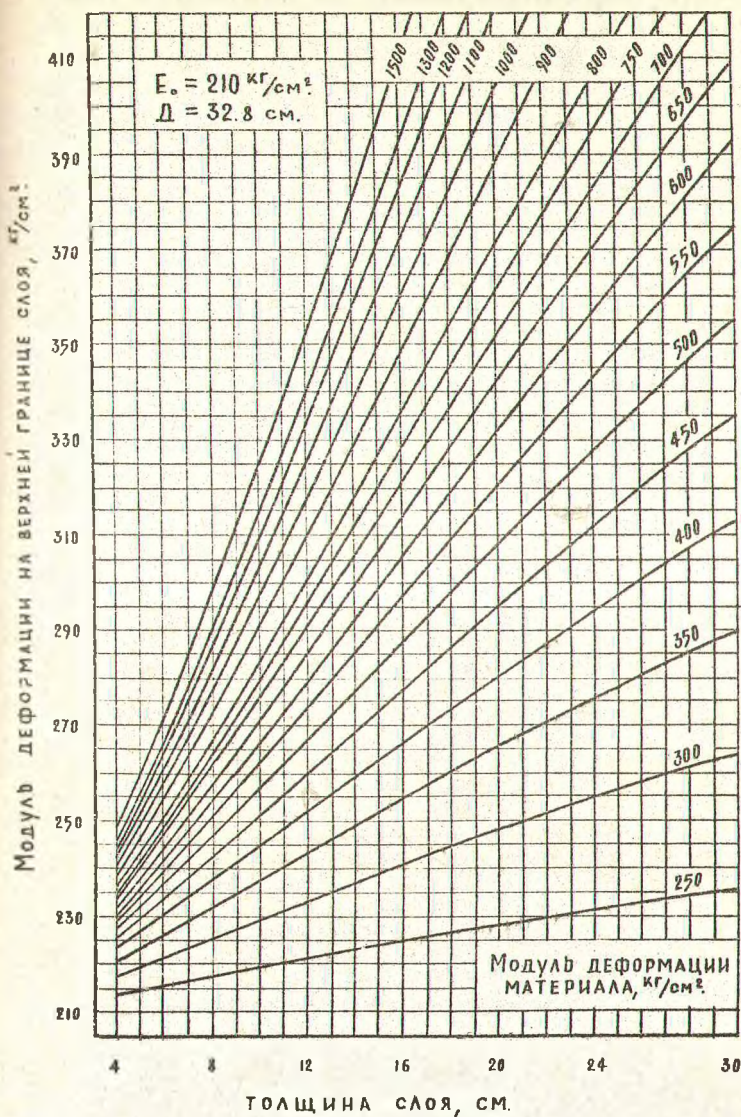
Толщина слоя, см.

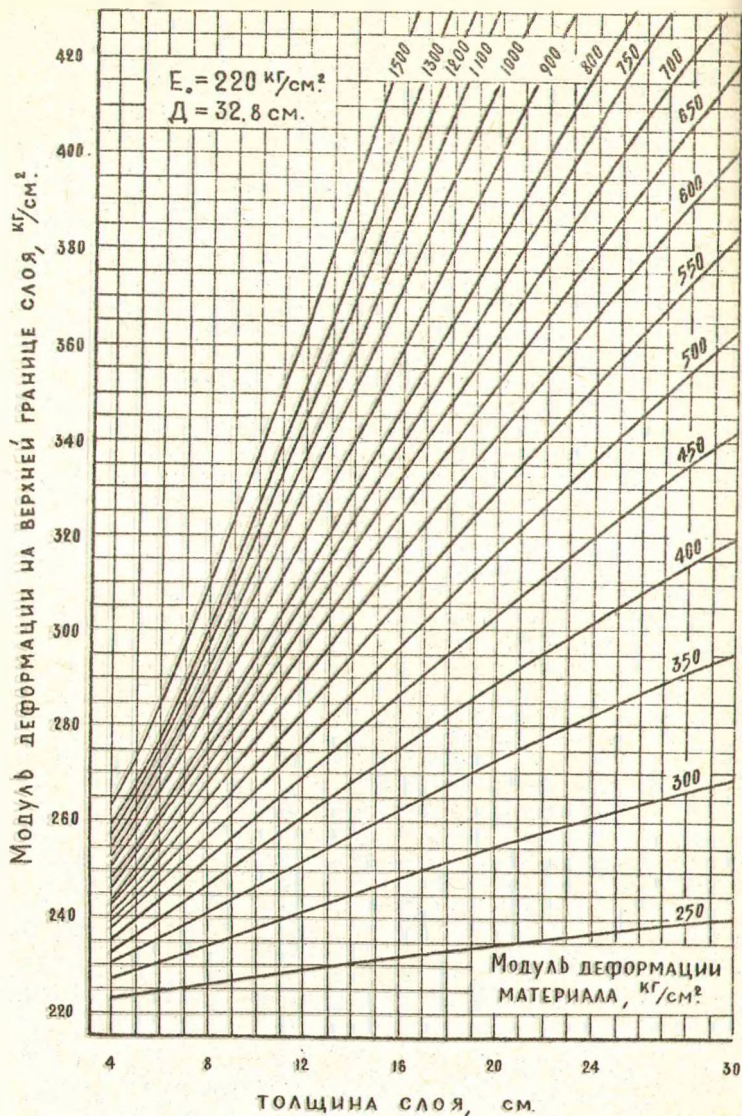


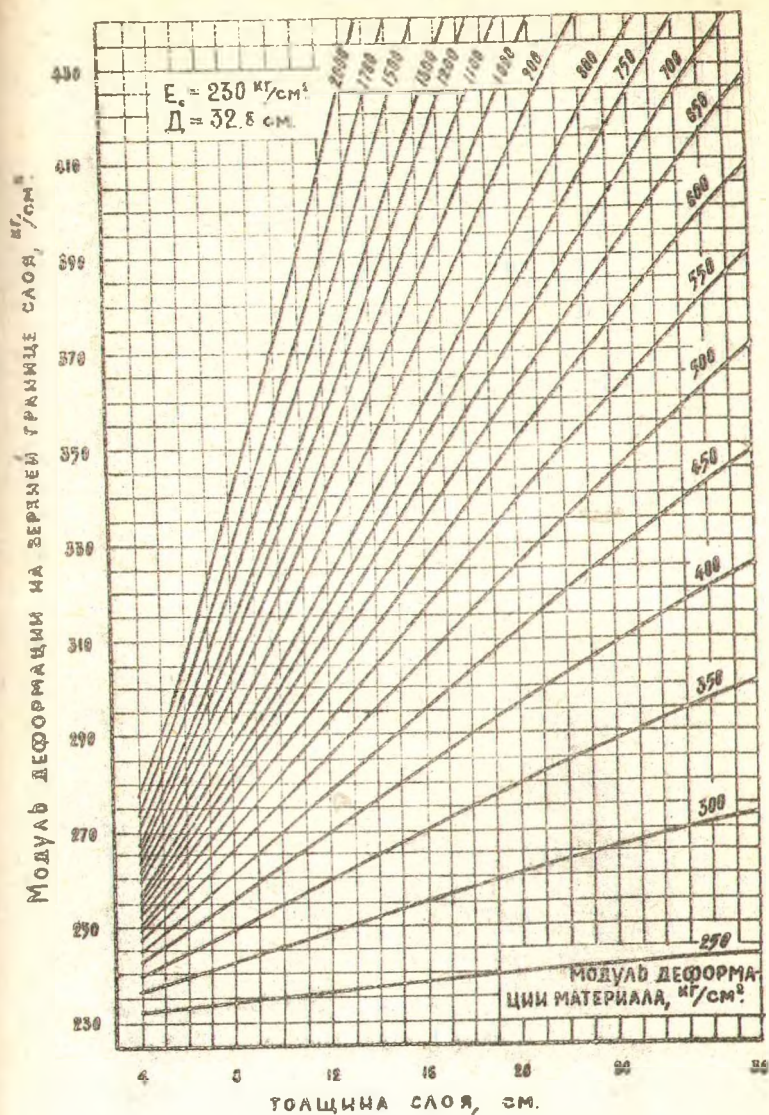


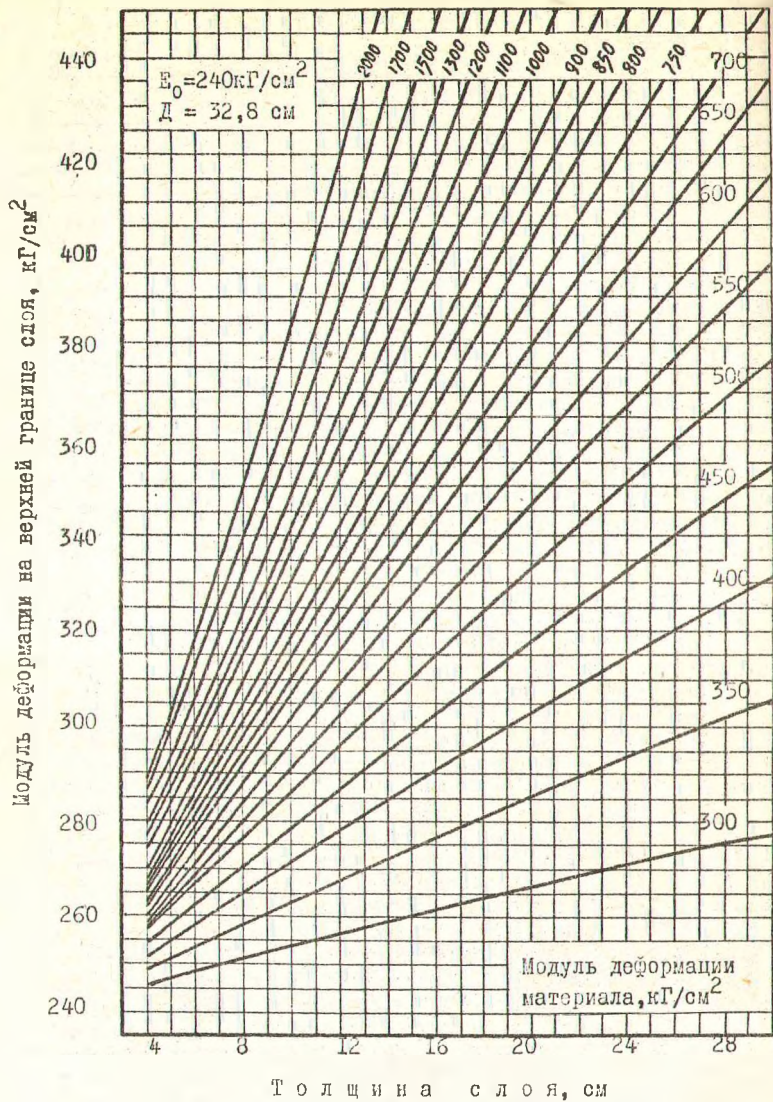


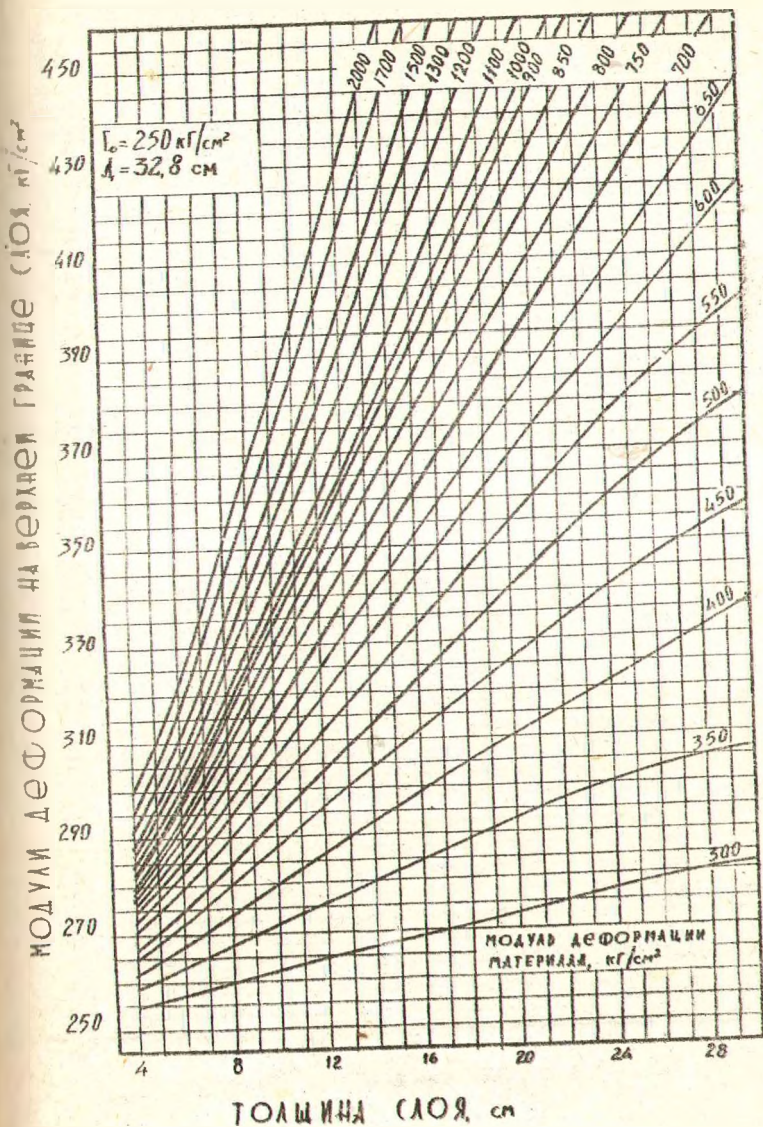


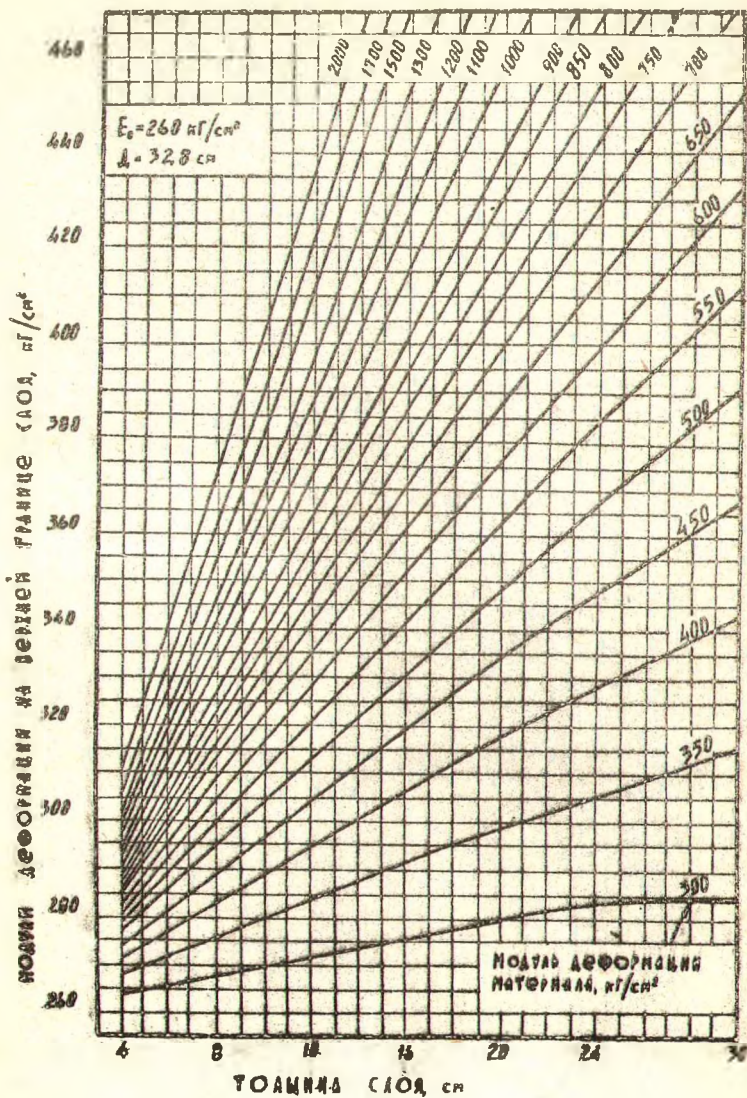




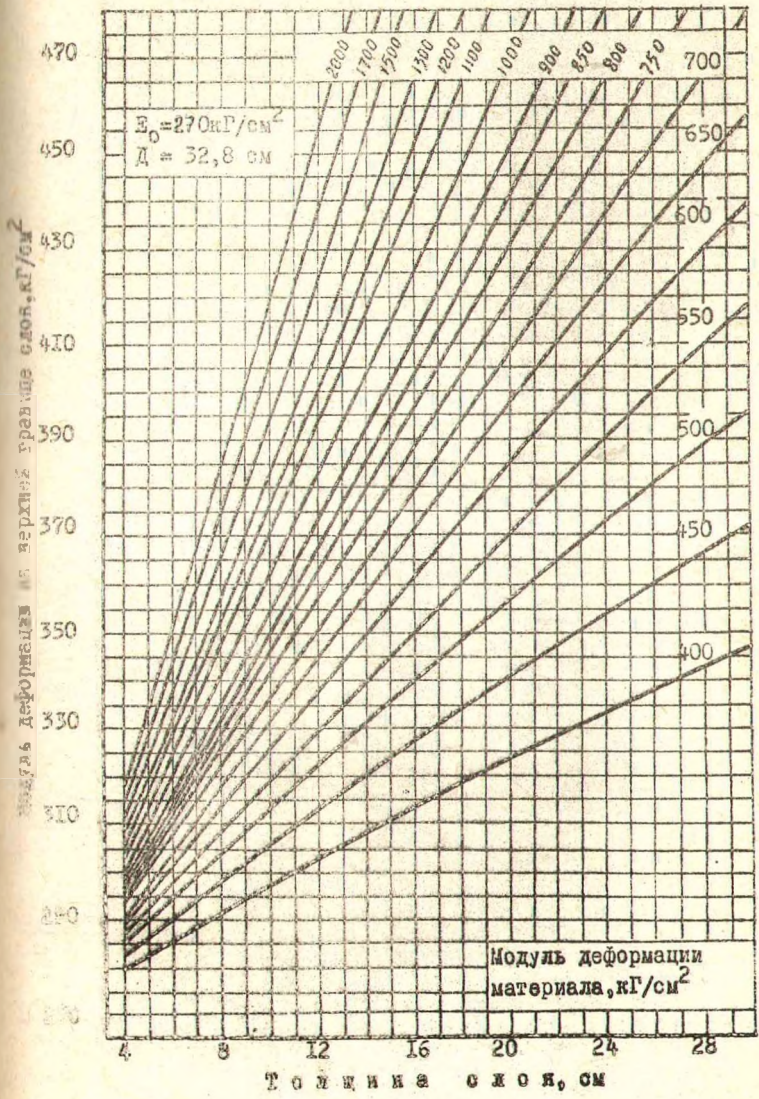


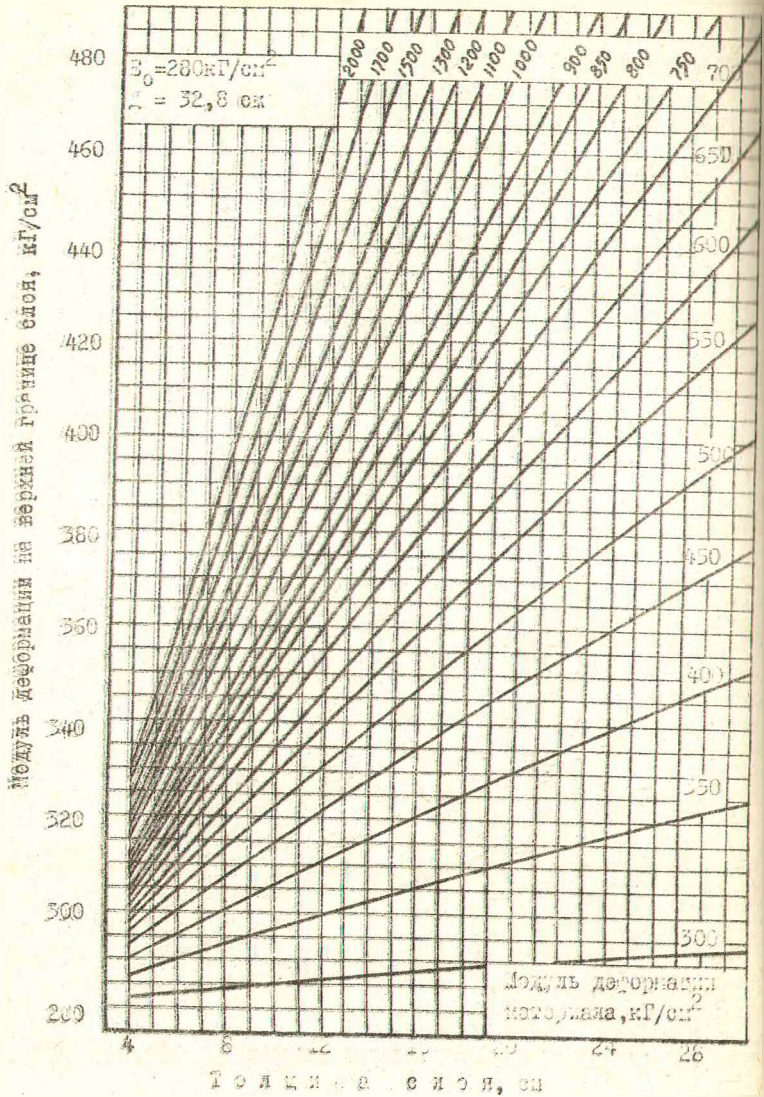


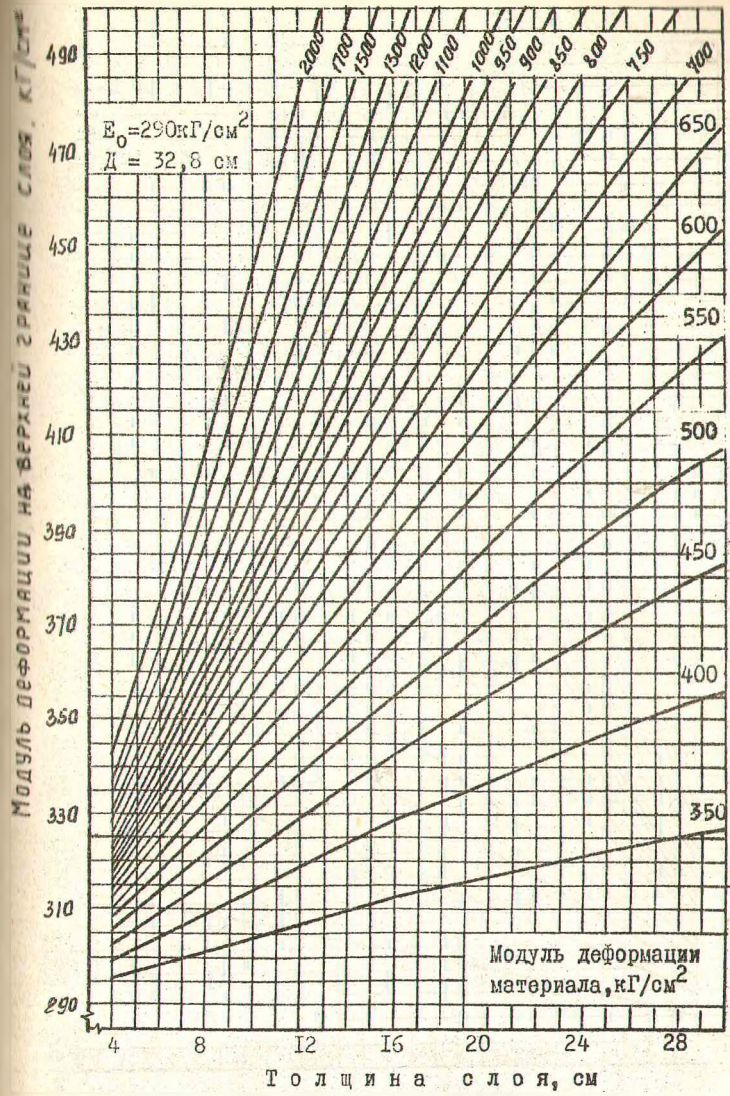


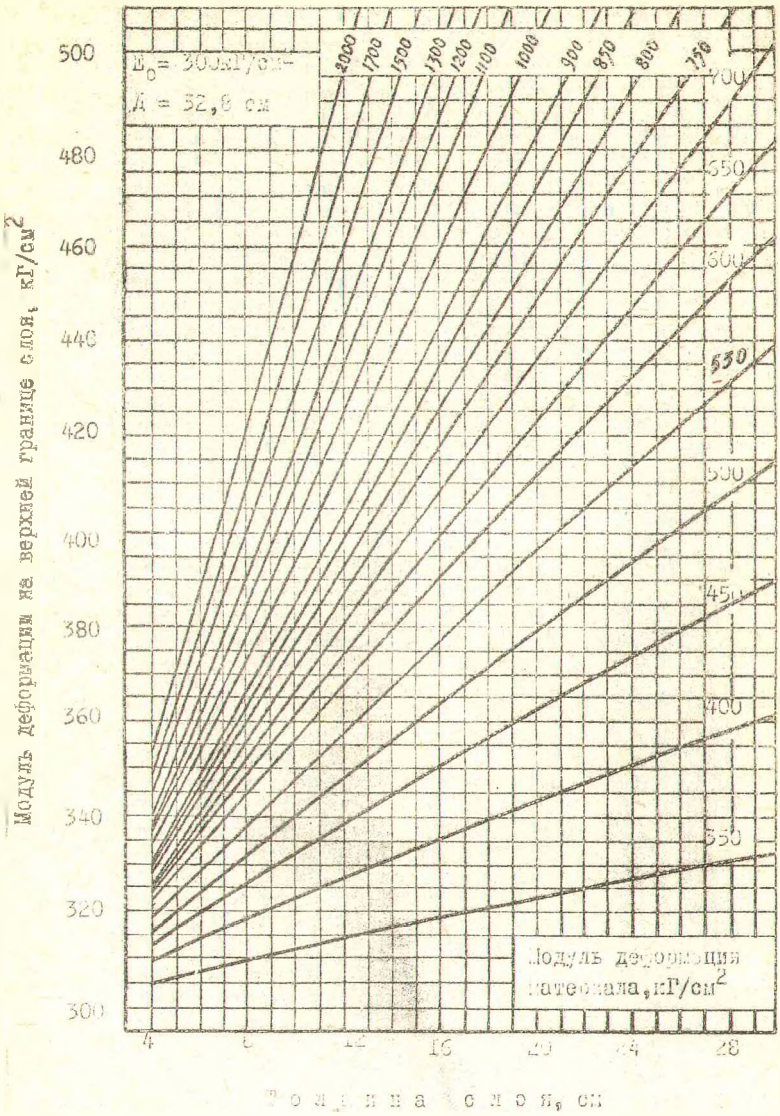


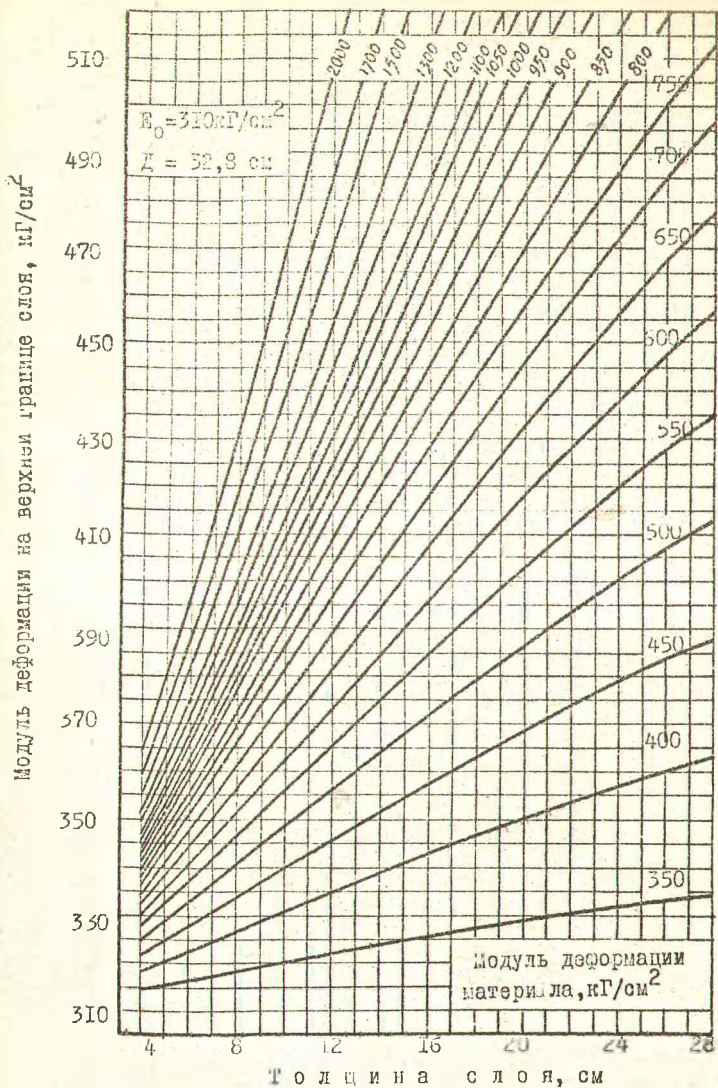


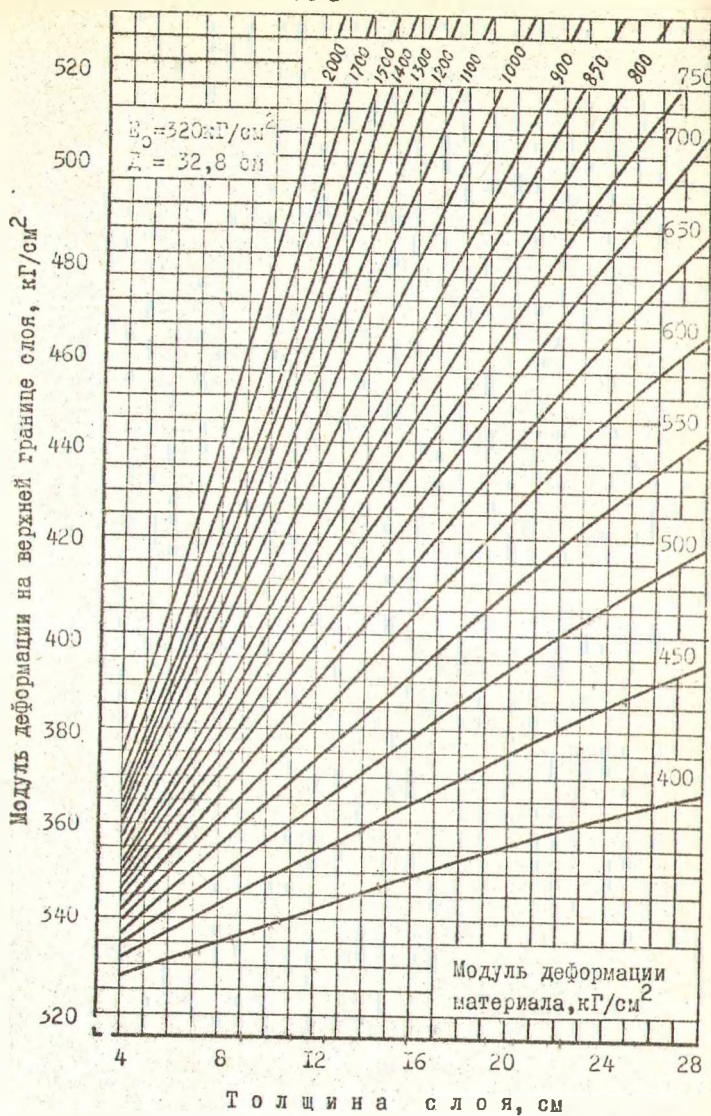


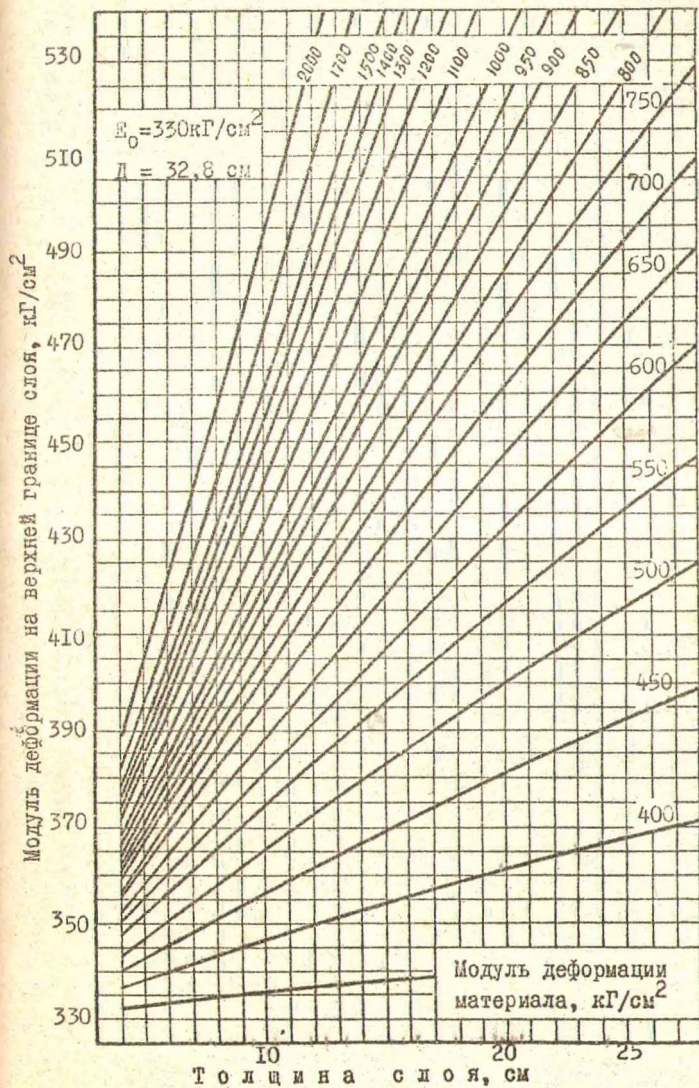


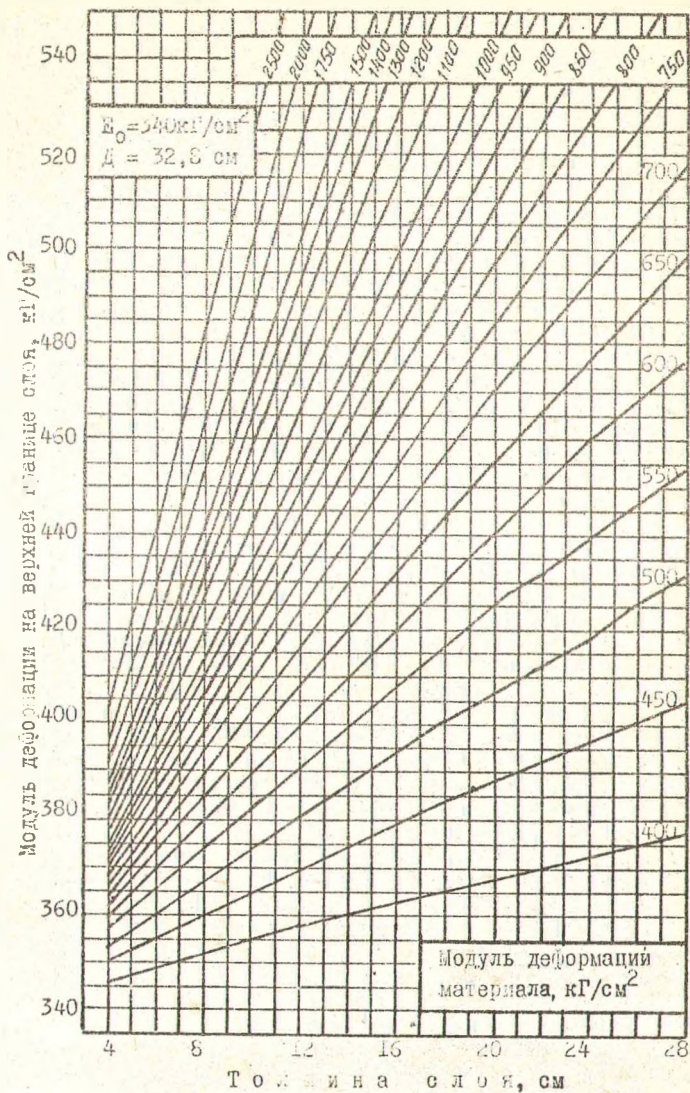




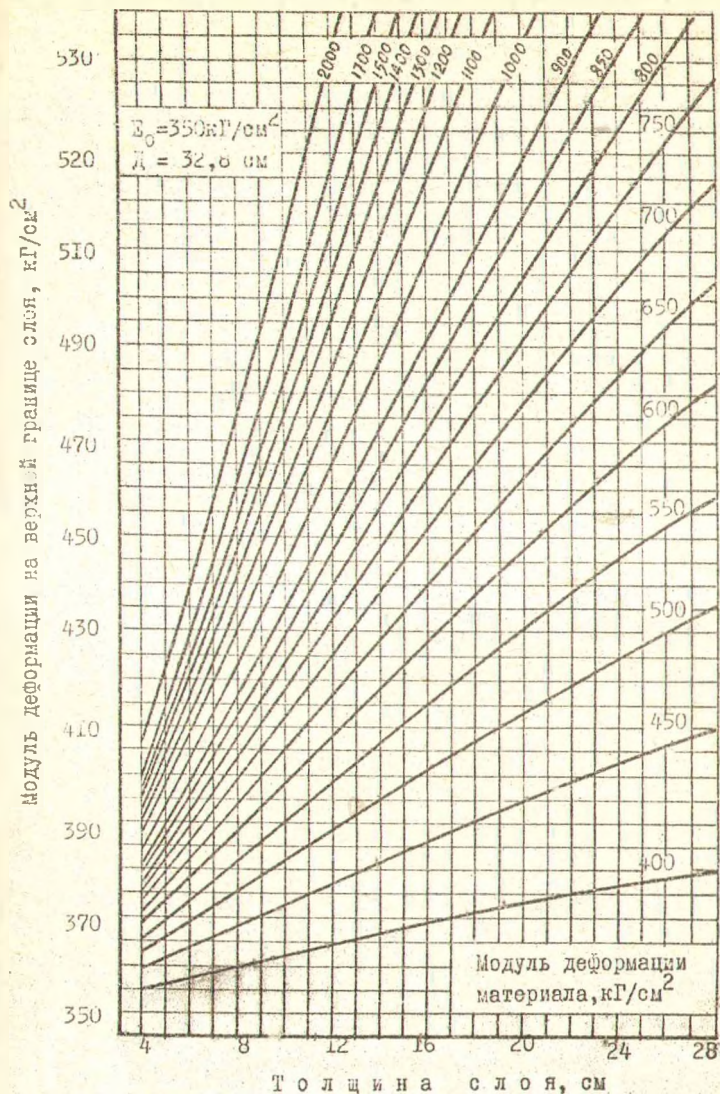


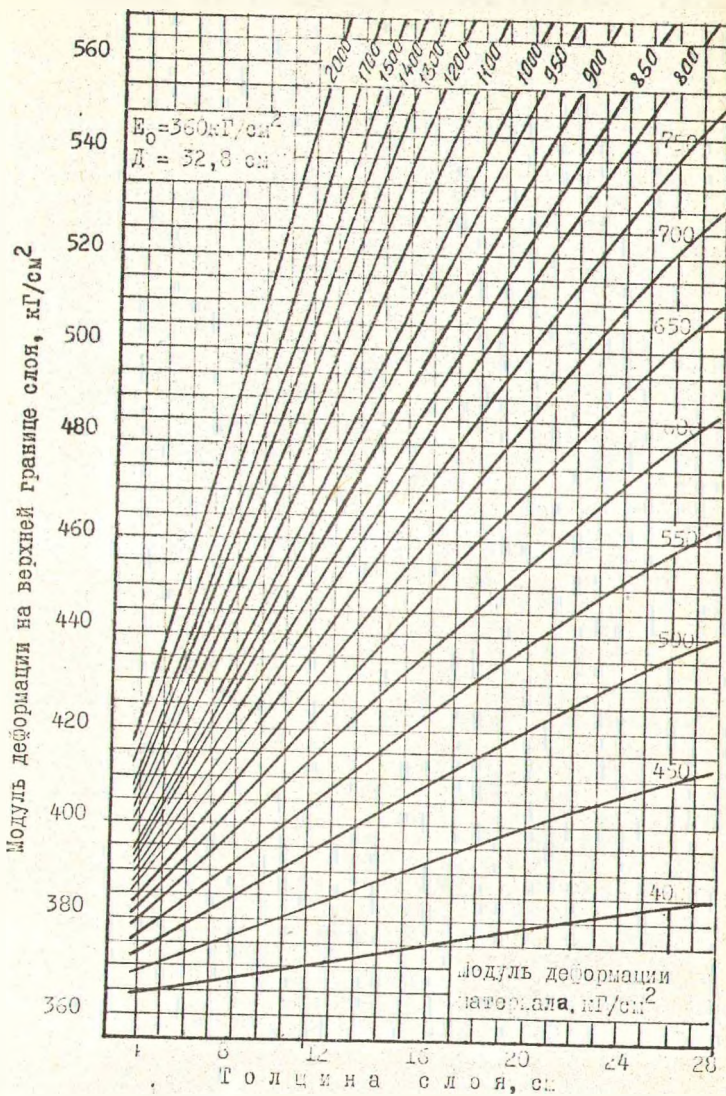




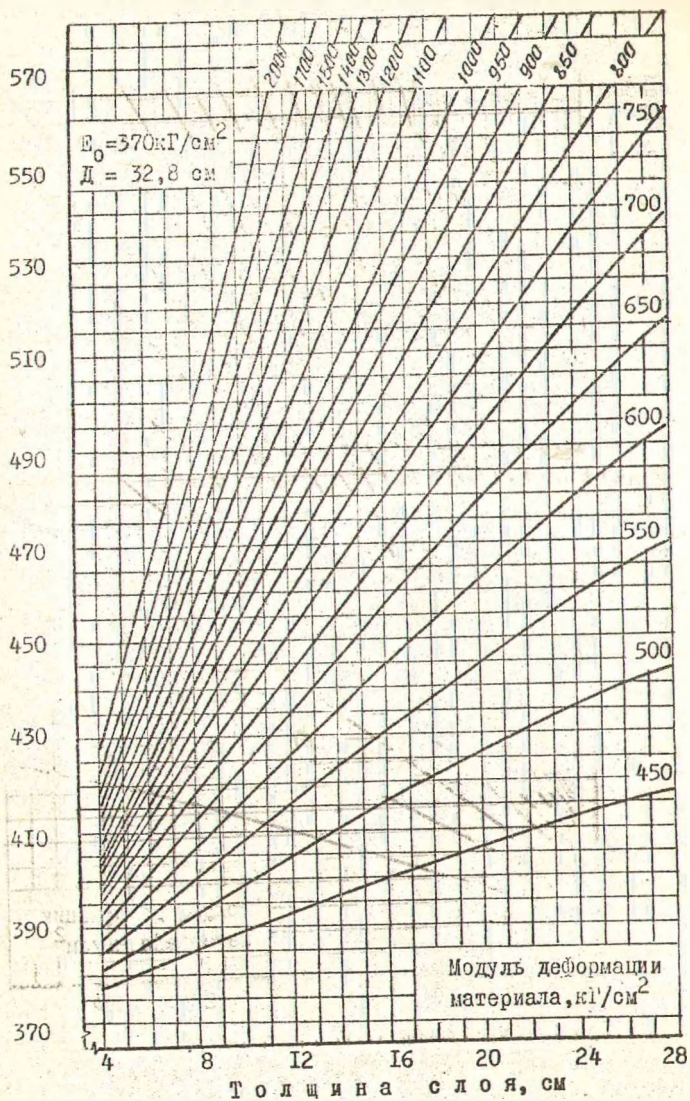


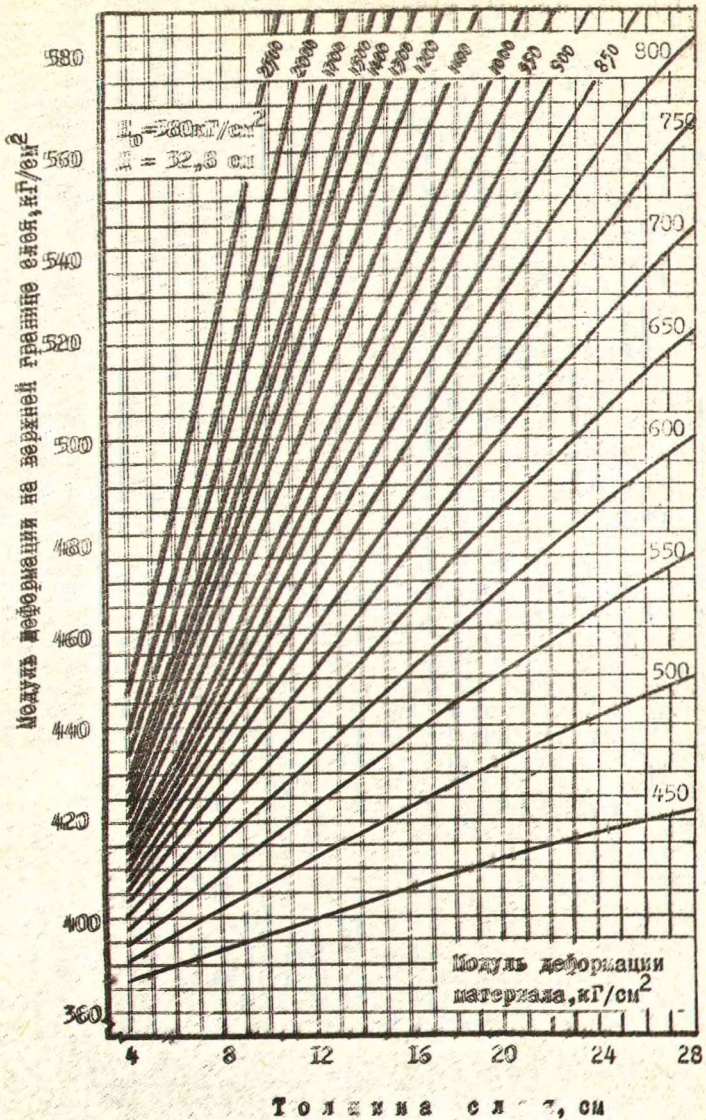


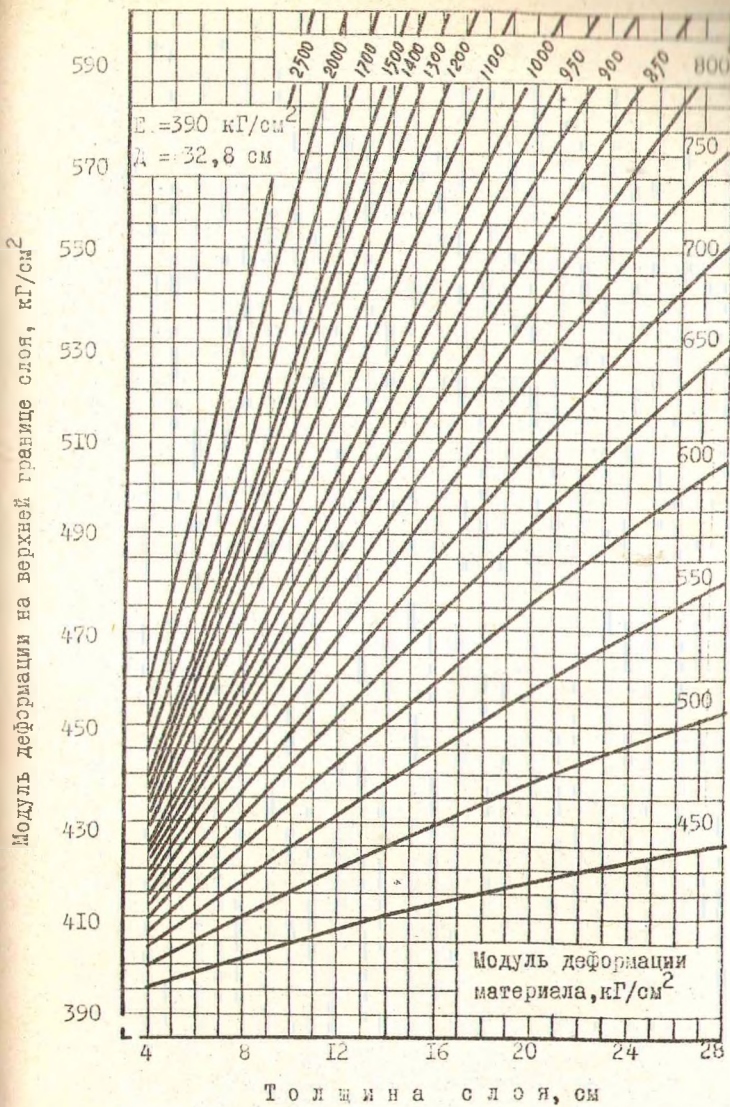


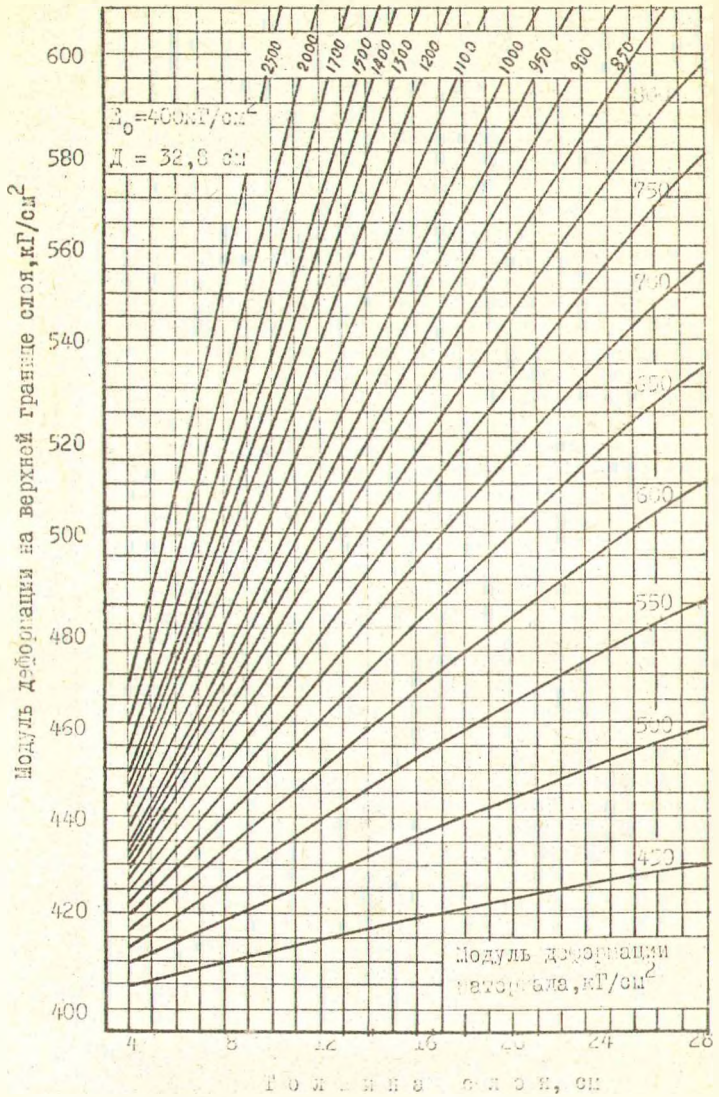


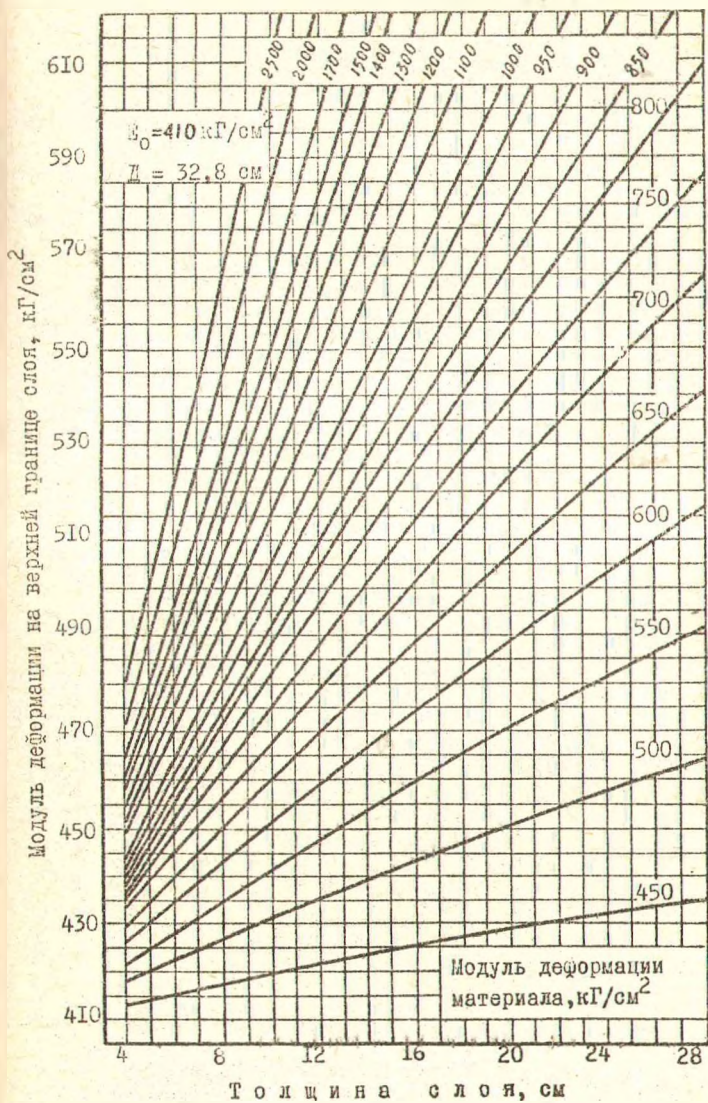
Модуль деформации на верхней границе слоя, кг/см<sup>2</sup>

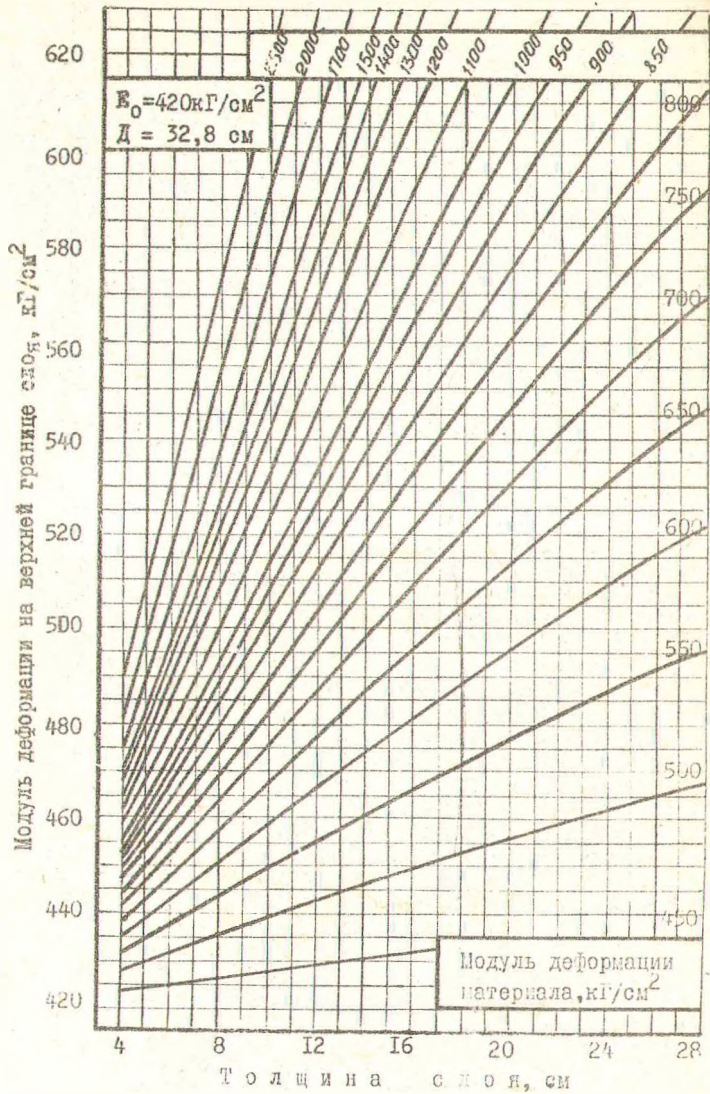




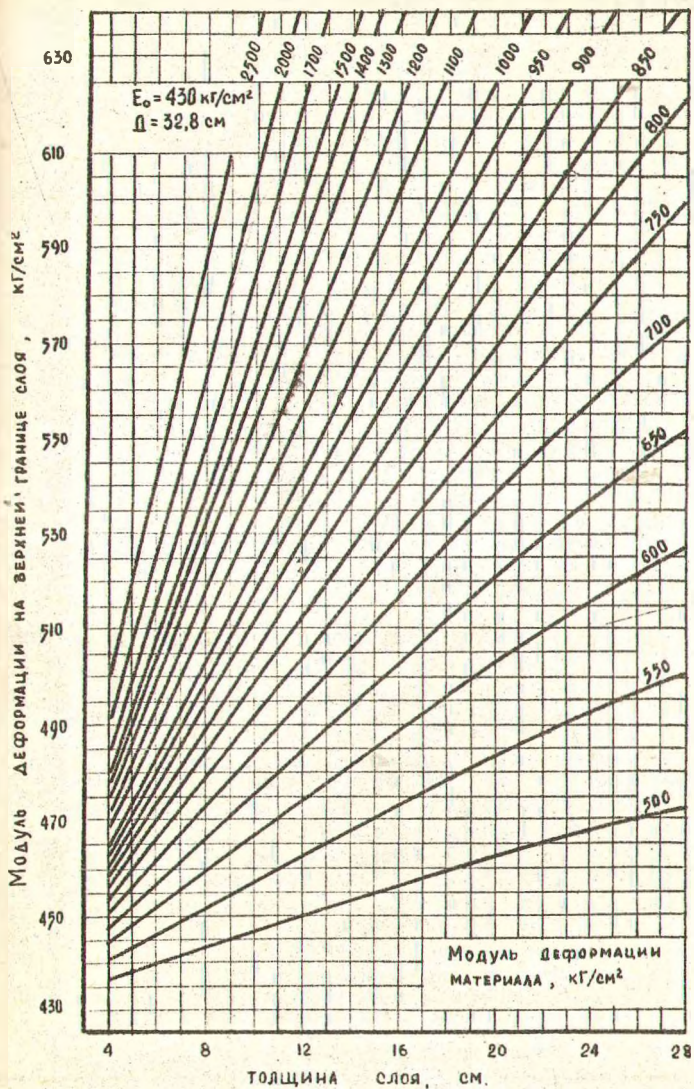




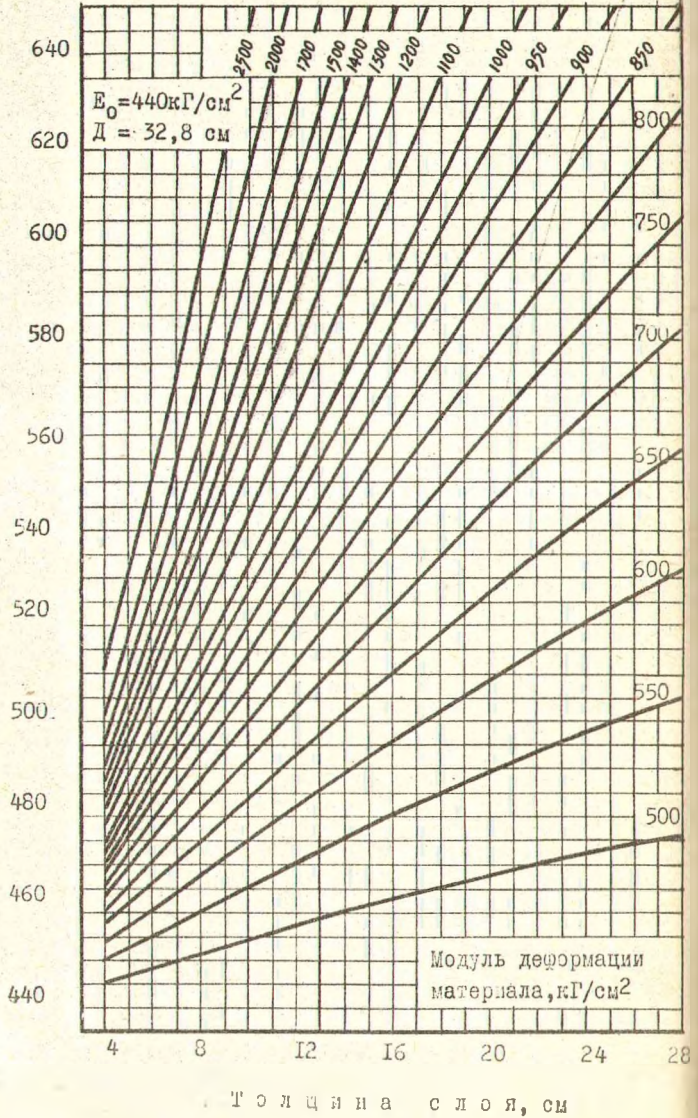


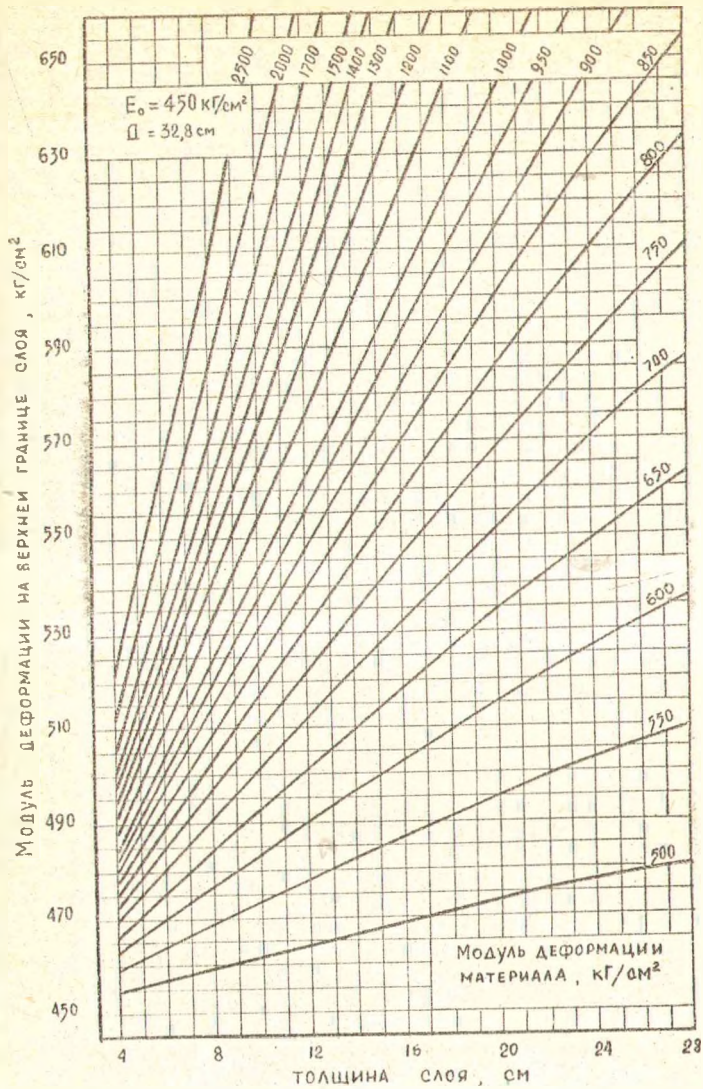


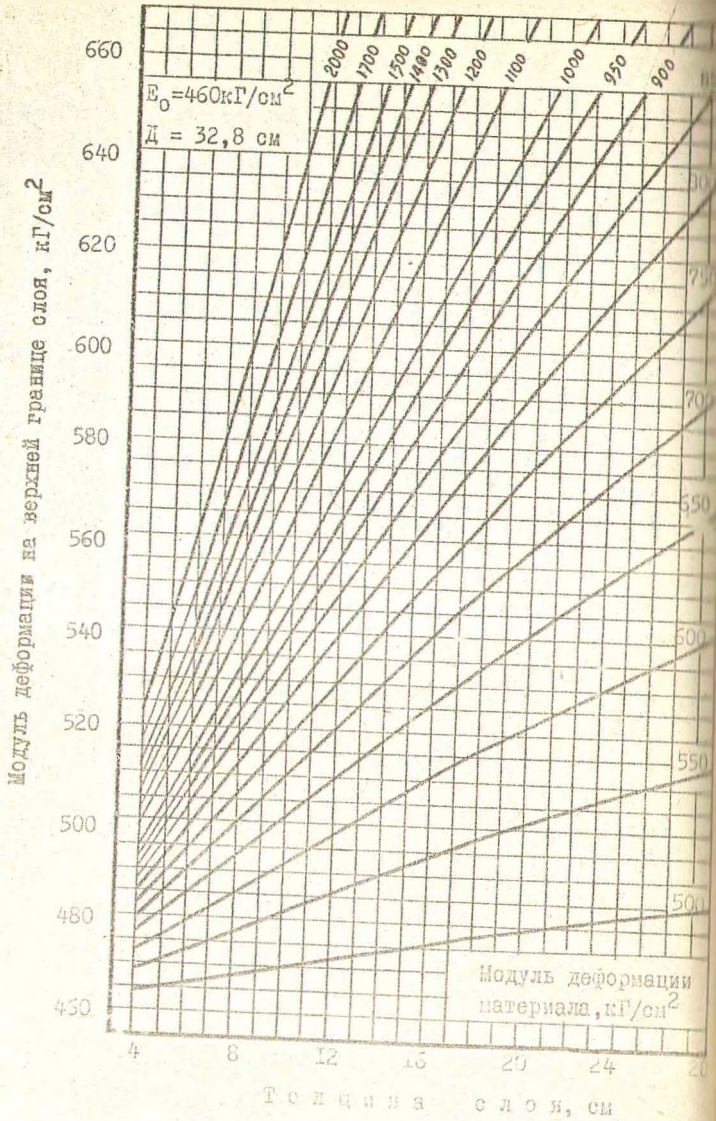


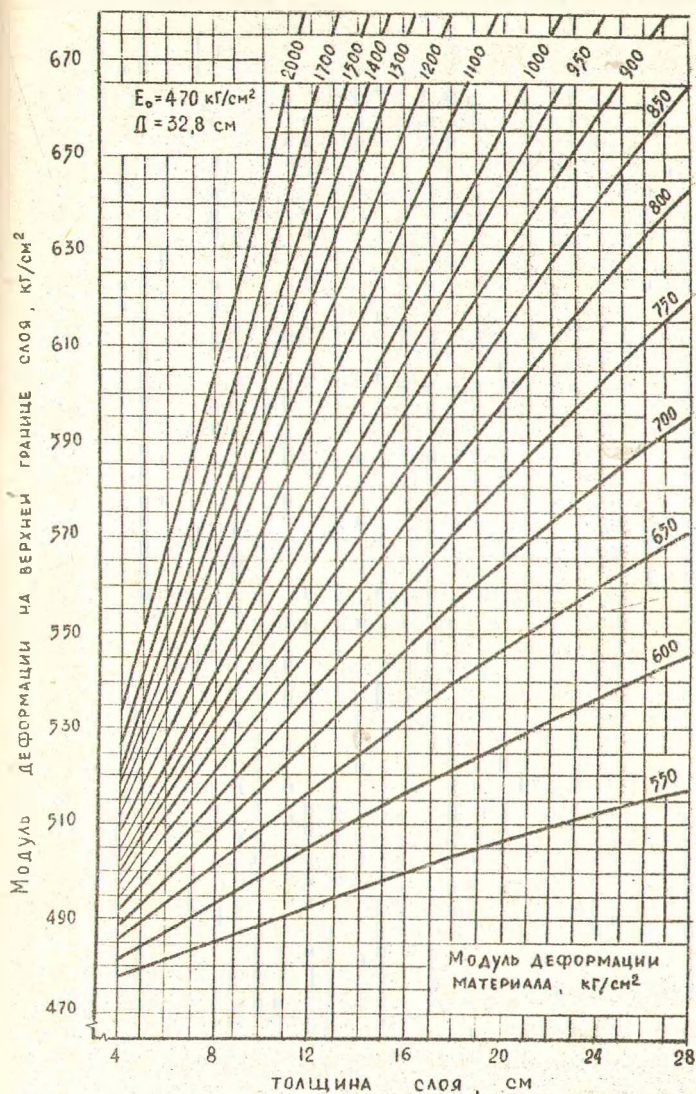


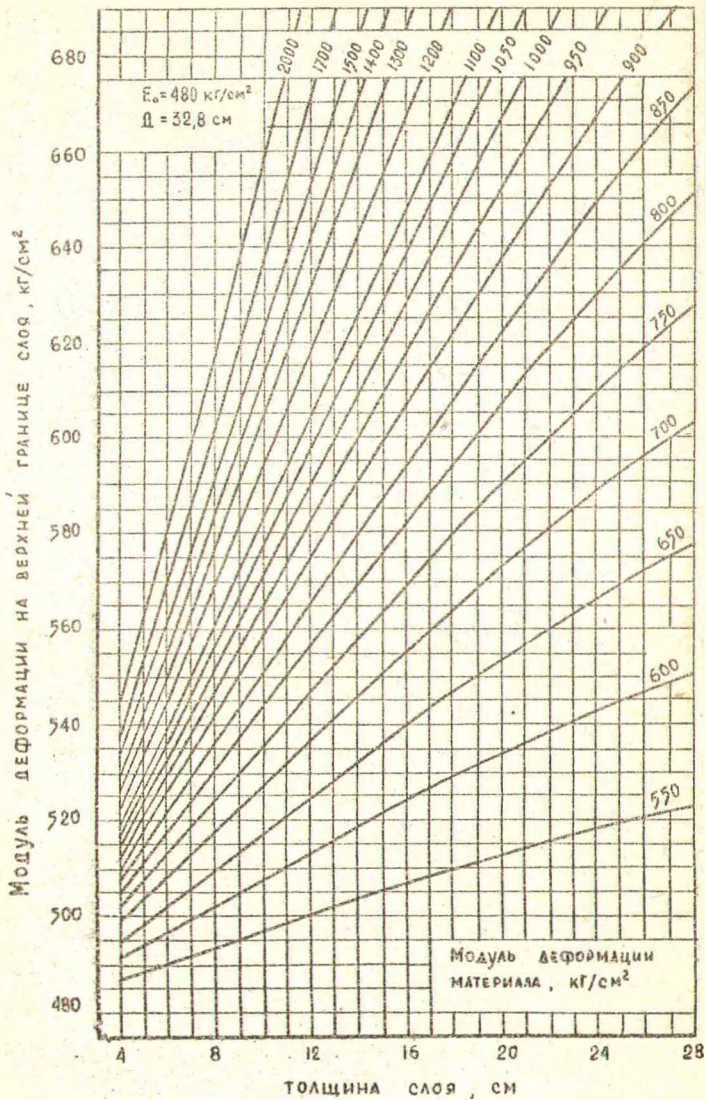
Модуль деформации на верхней границе слоя, кг/см<sup>2</sup>

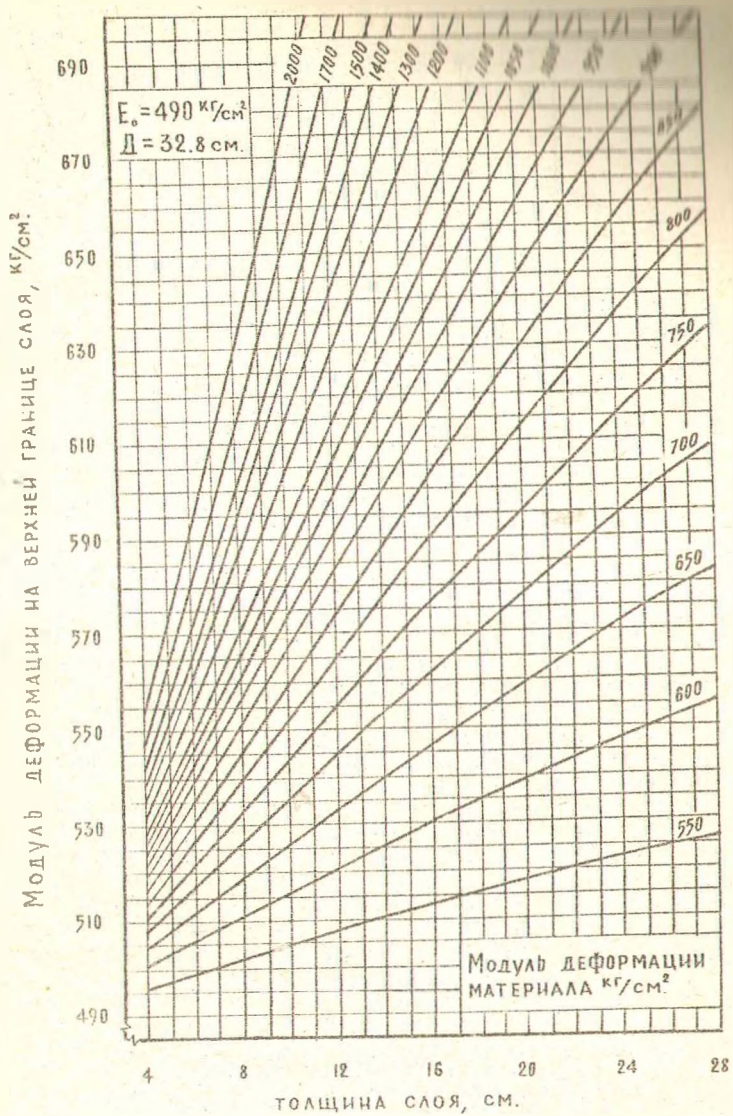


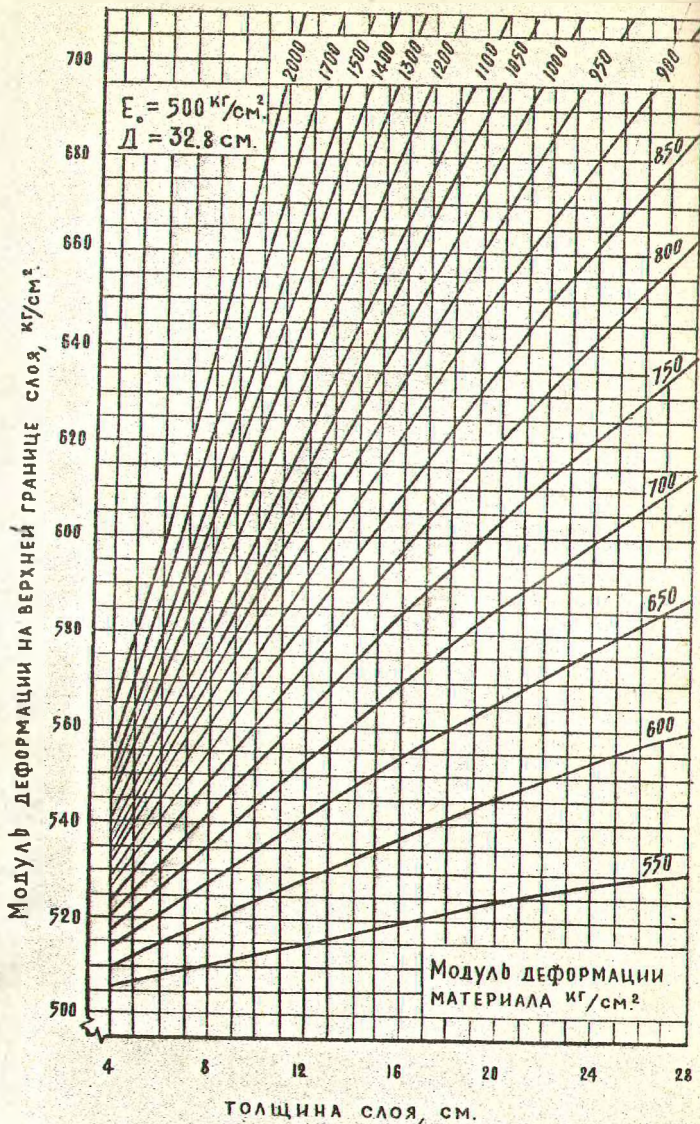








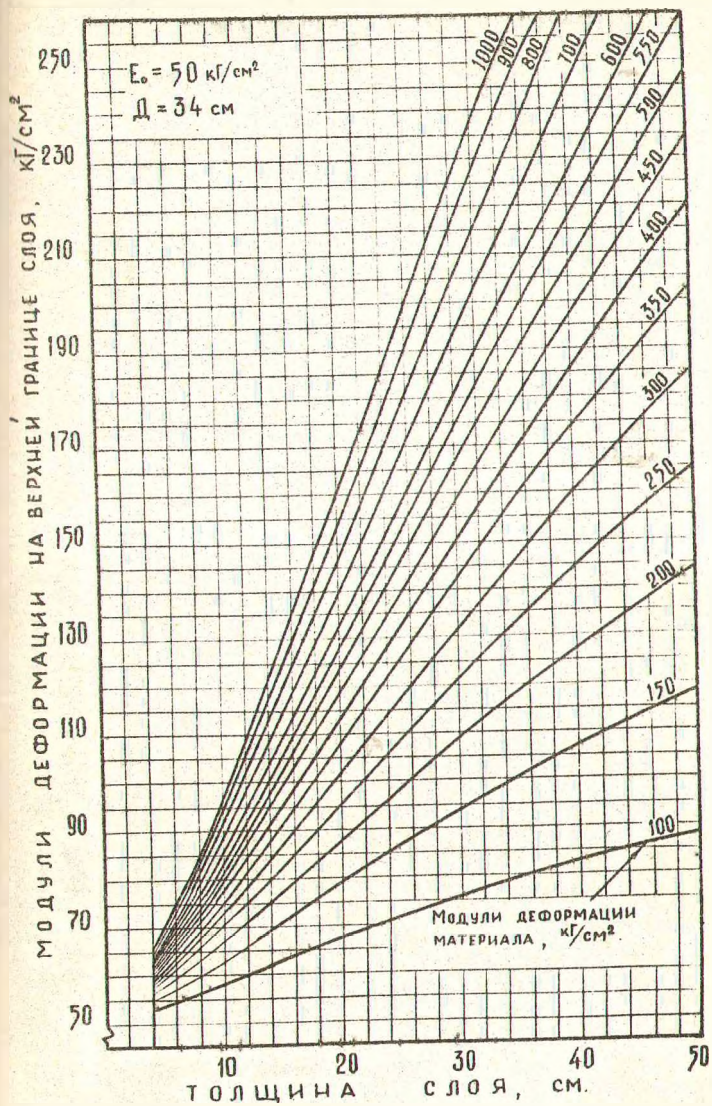


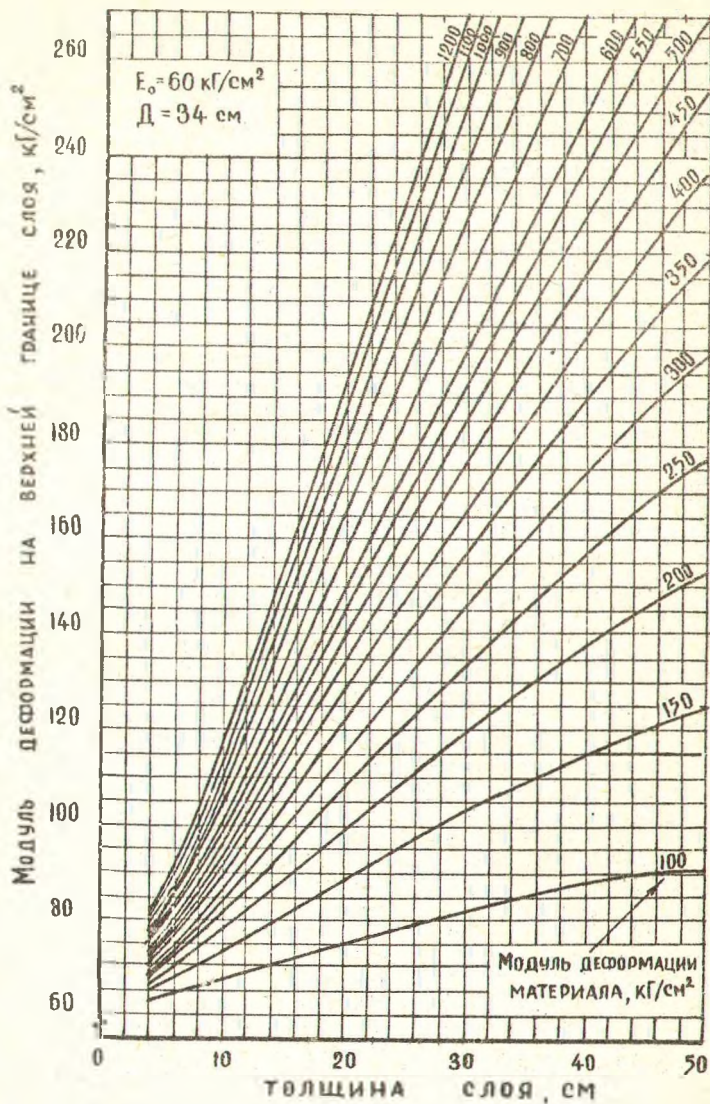


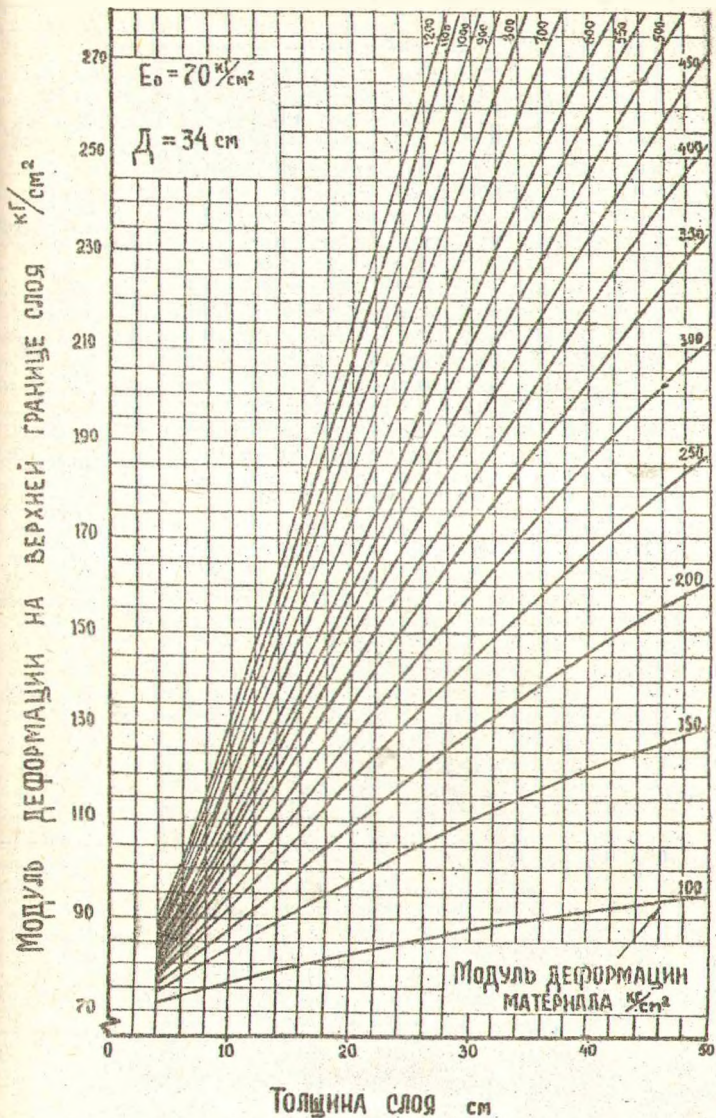


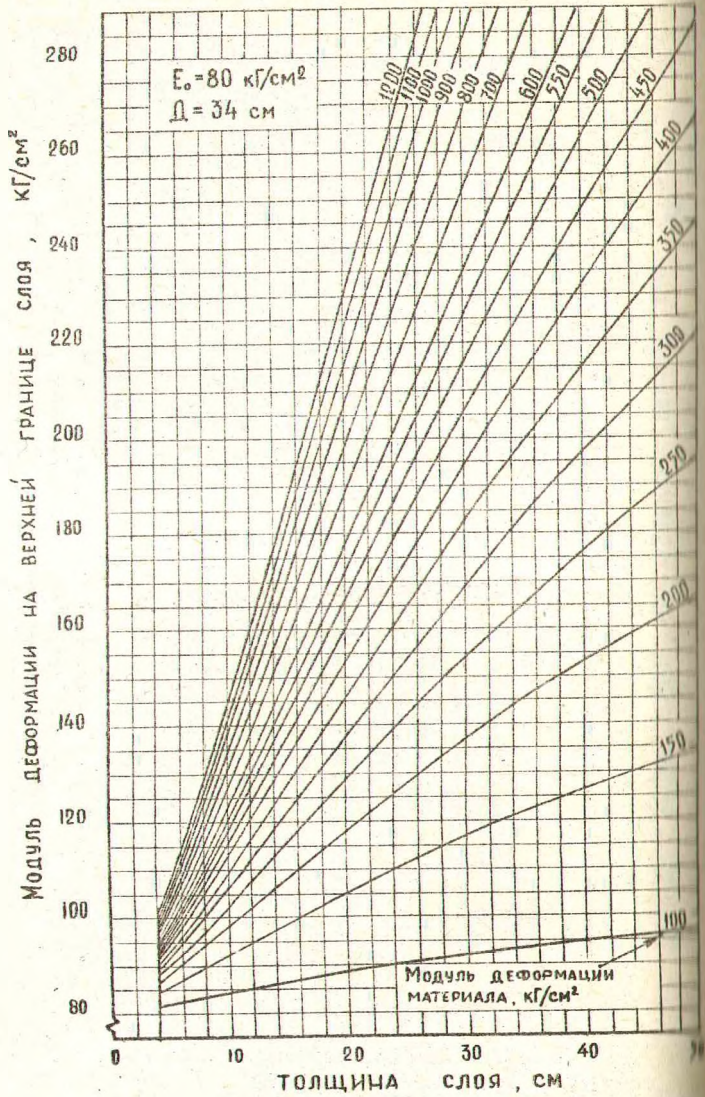
ГРАФИКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОЛЩИНЫ  
КОНСТРУКТИВНЫХ СЛОЕВ ДОРЖНОЙ  
ОДЕЖДЫ ПОД РАСЧЕТНЫЙ АВТОМОБИЛЬ

Н-13

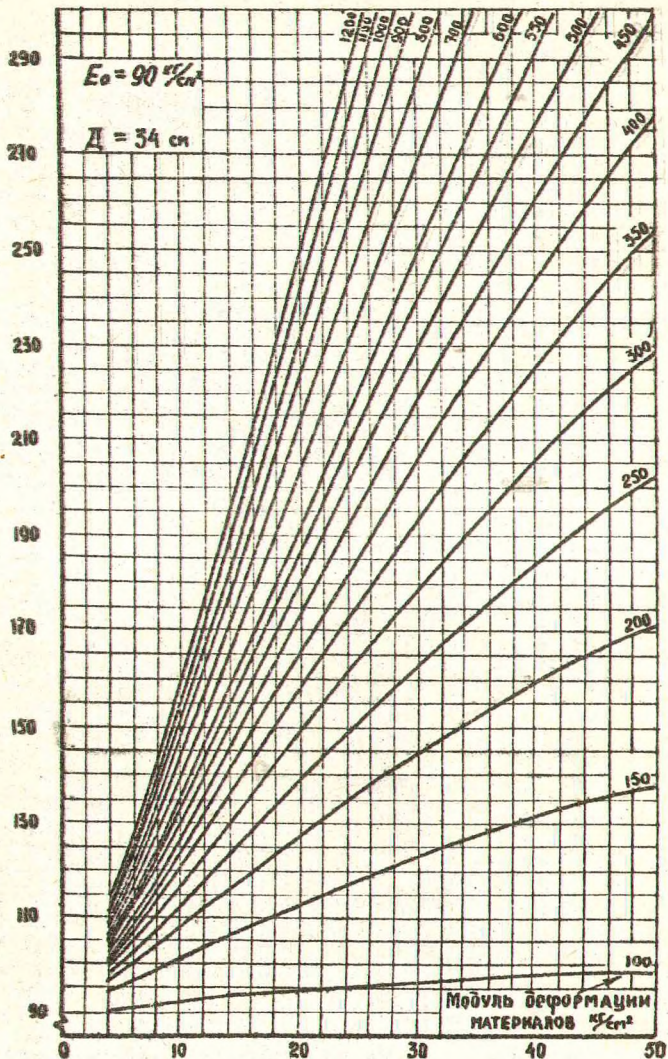


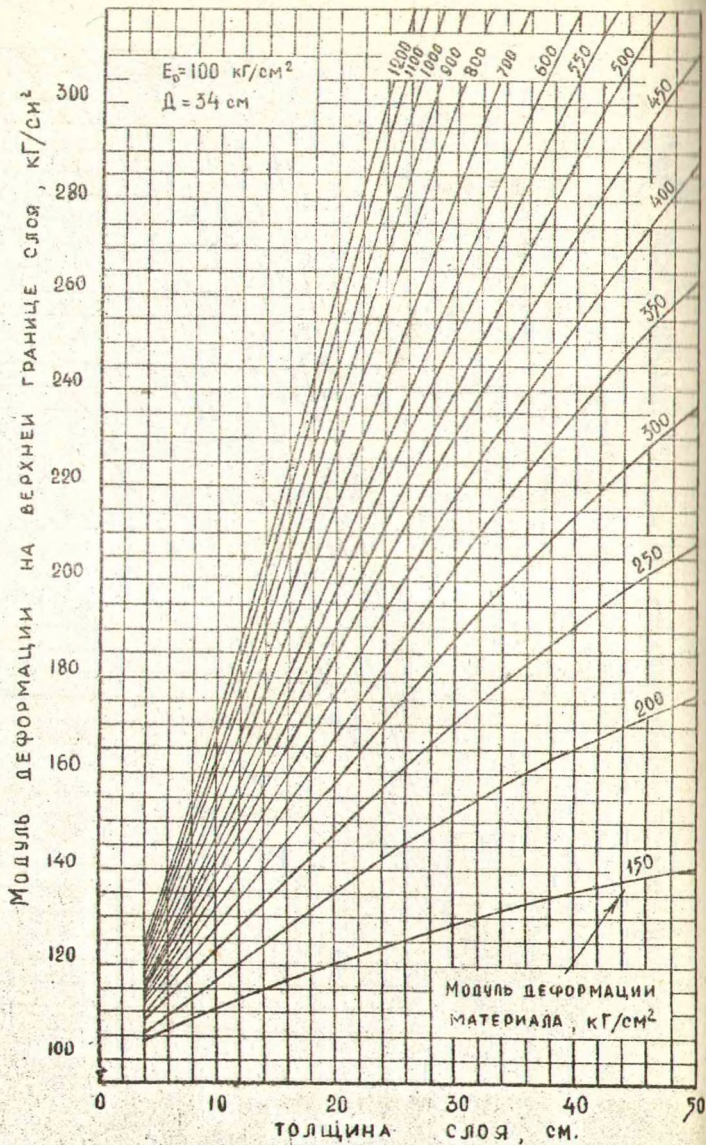


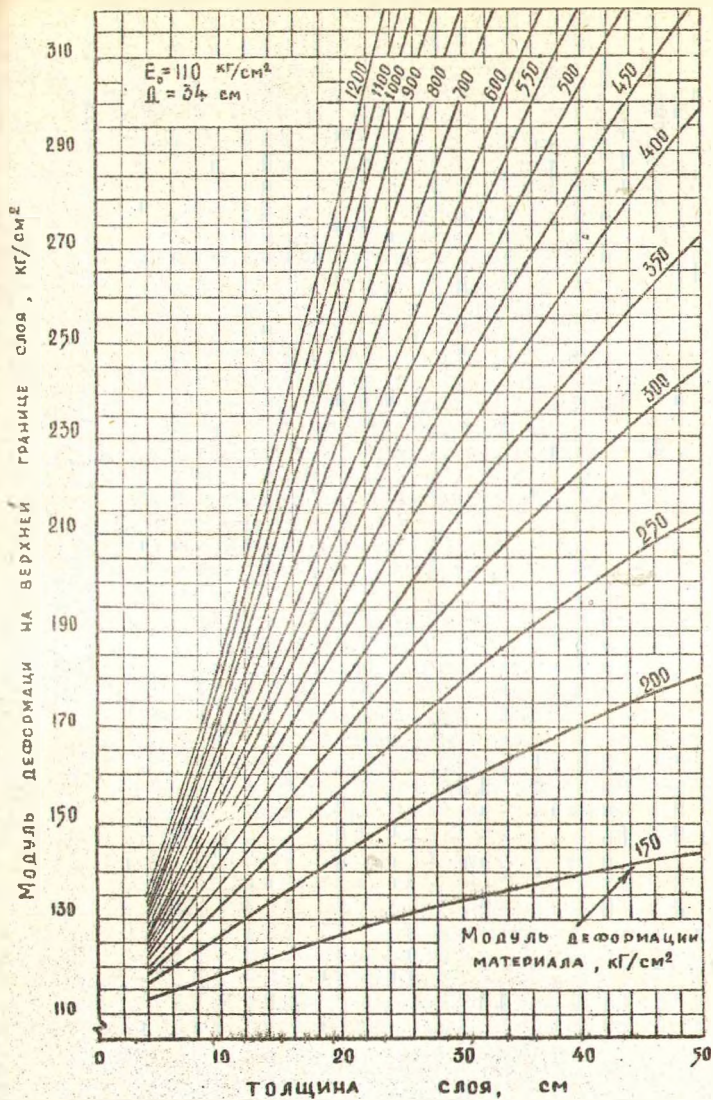




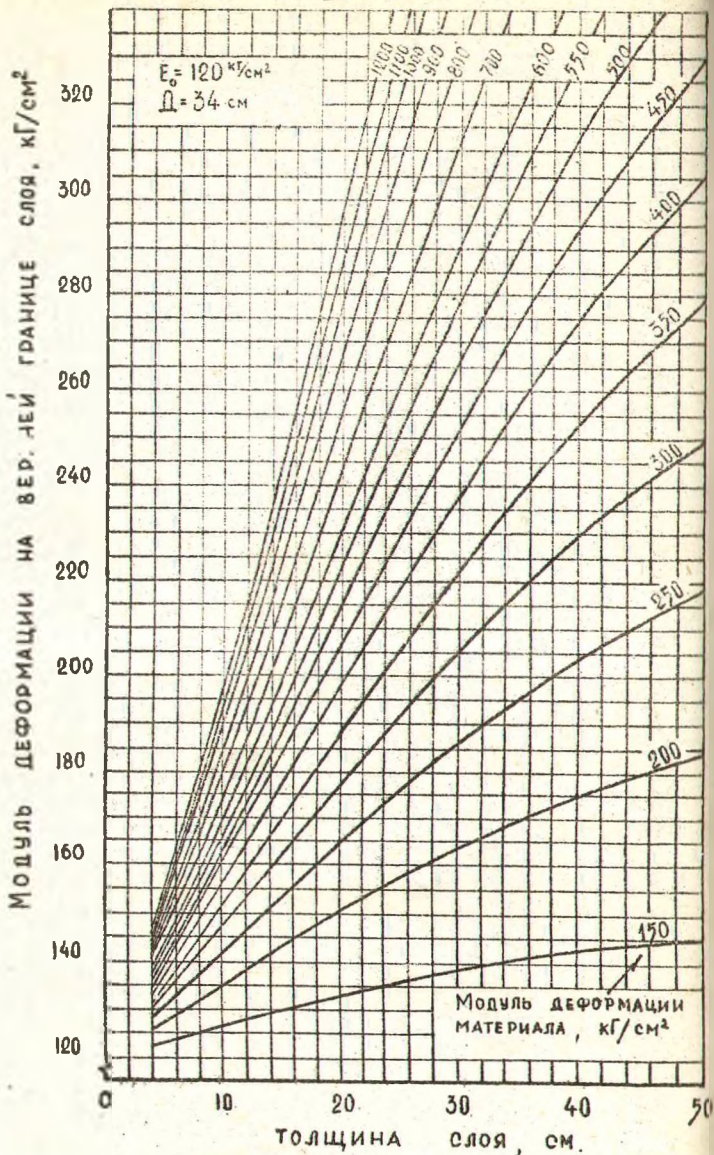
МОДУЛЬ ДЕФОРМАЦИИ НА ВЕРХНЕЙ ГРАНИЦЕ СЛОЯ  $\text{кг/см}^2$

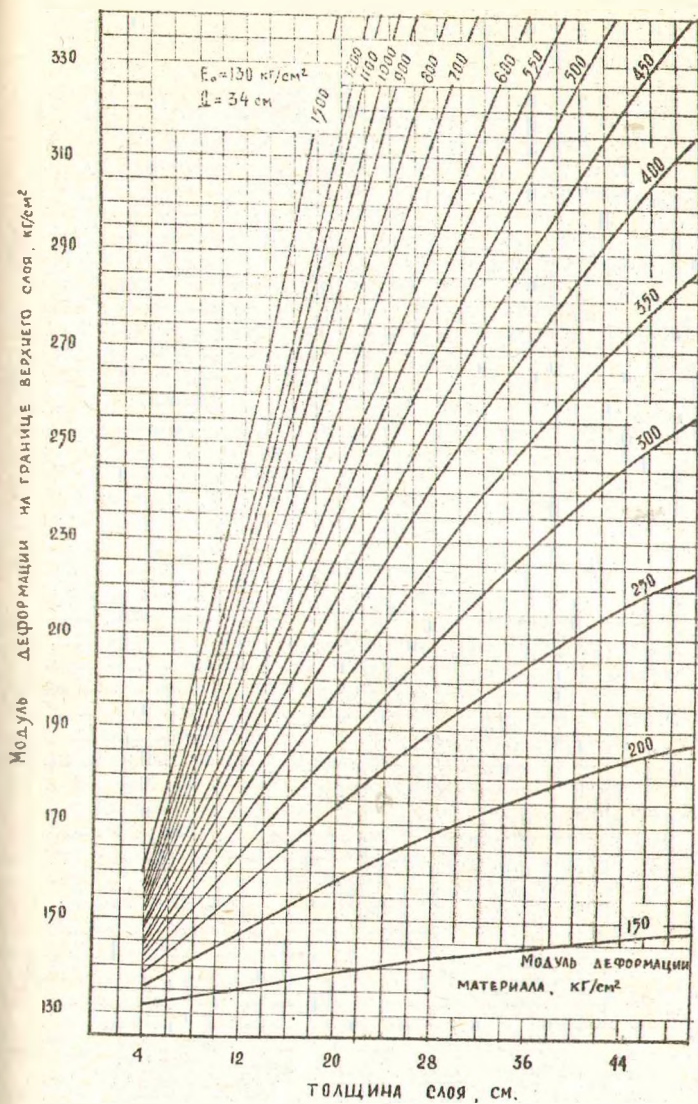


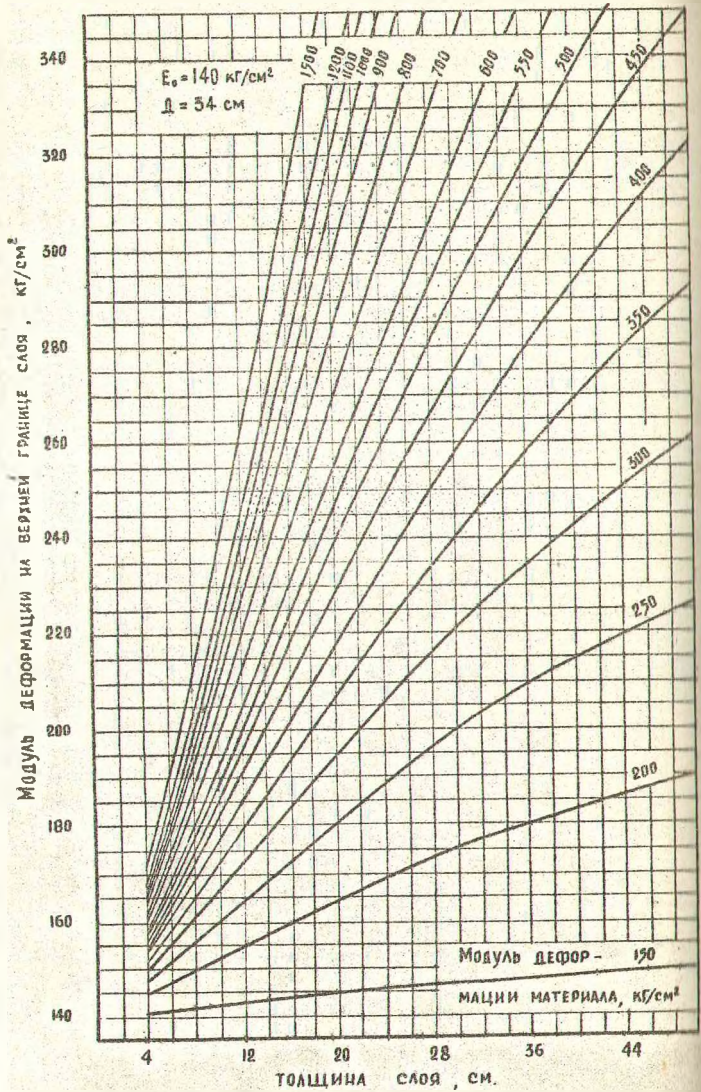


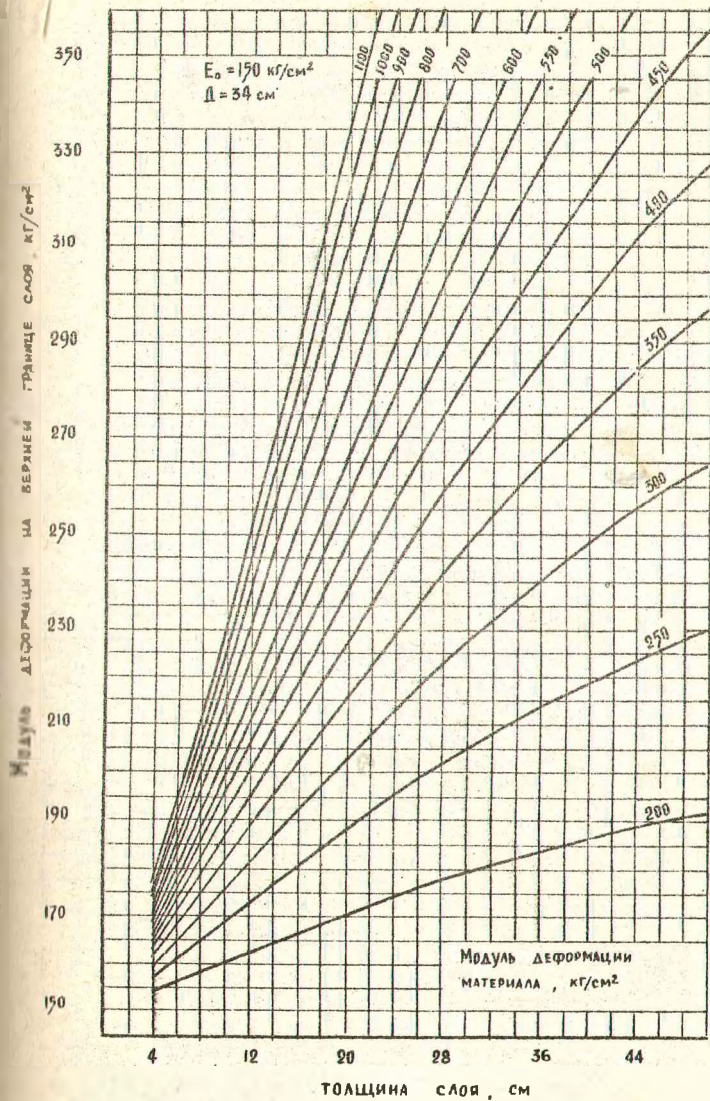


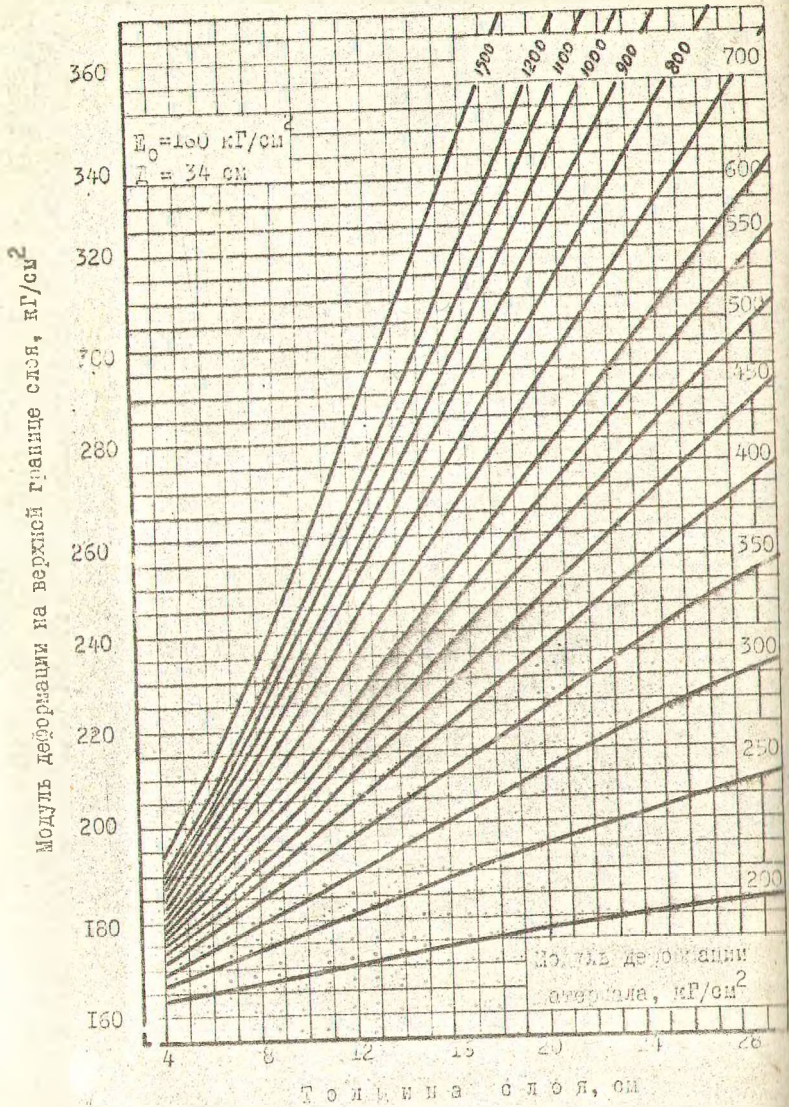


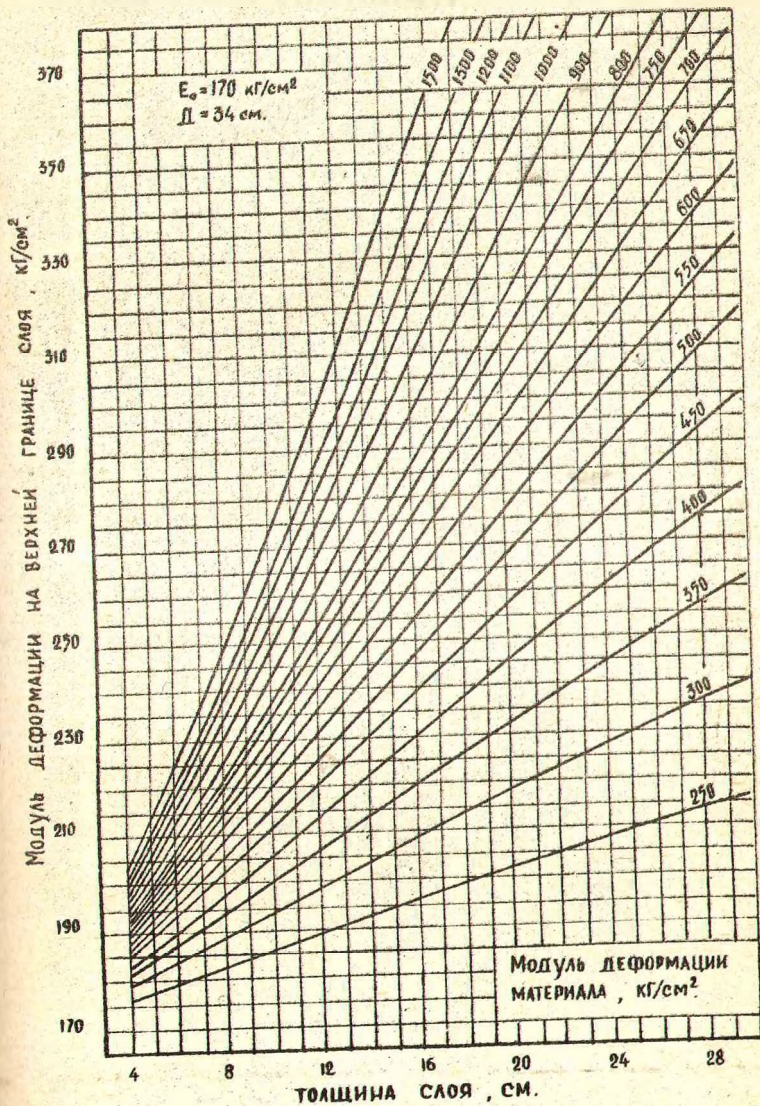


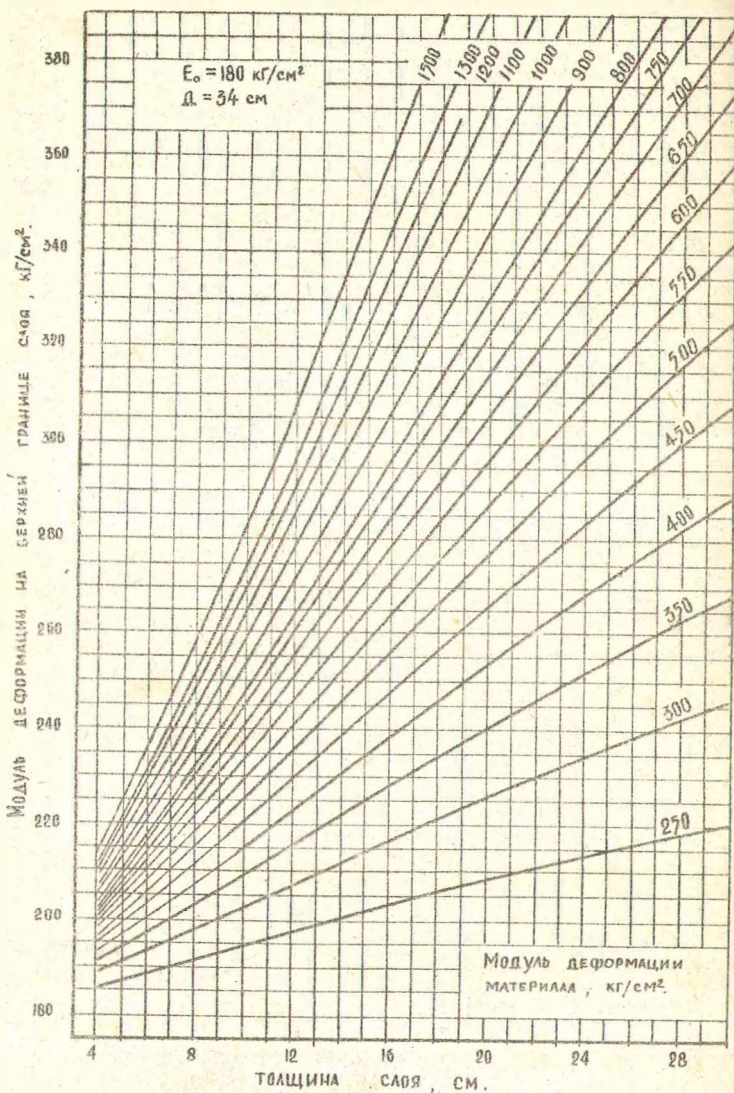


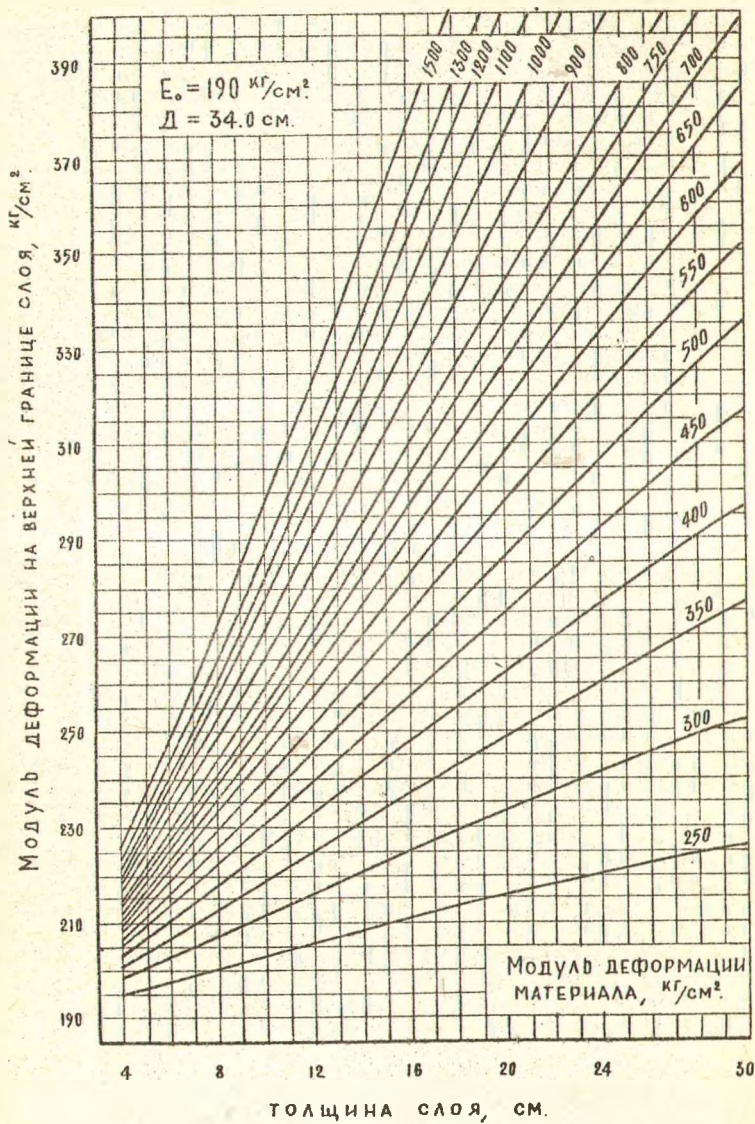




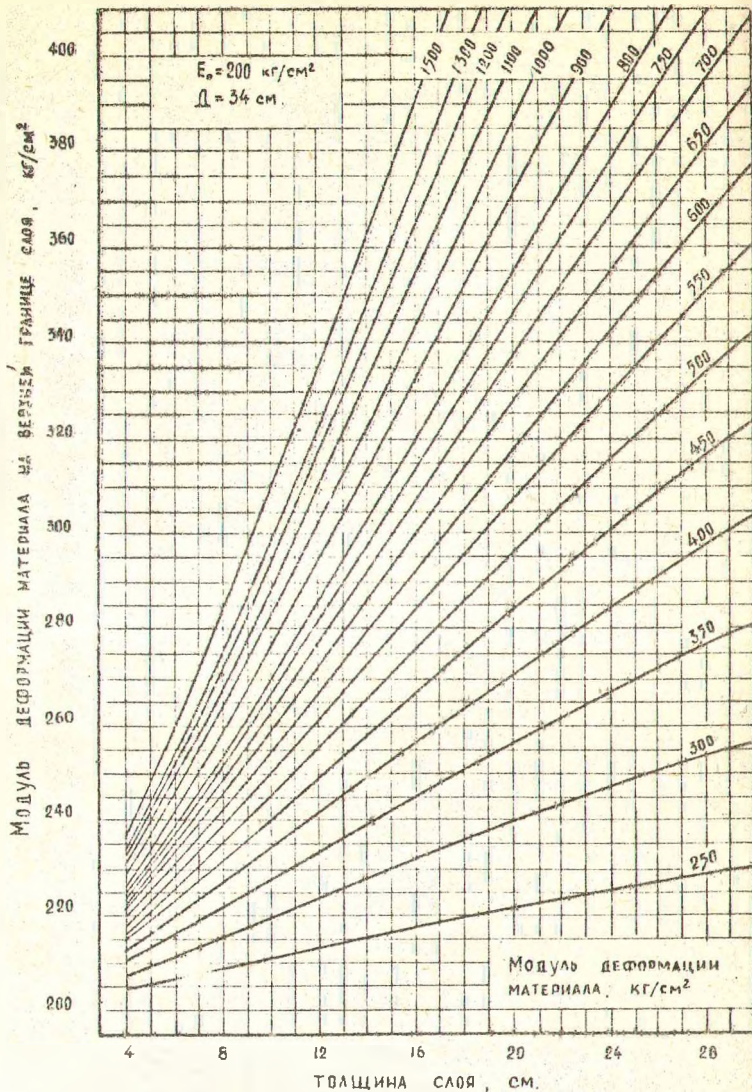


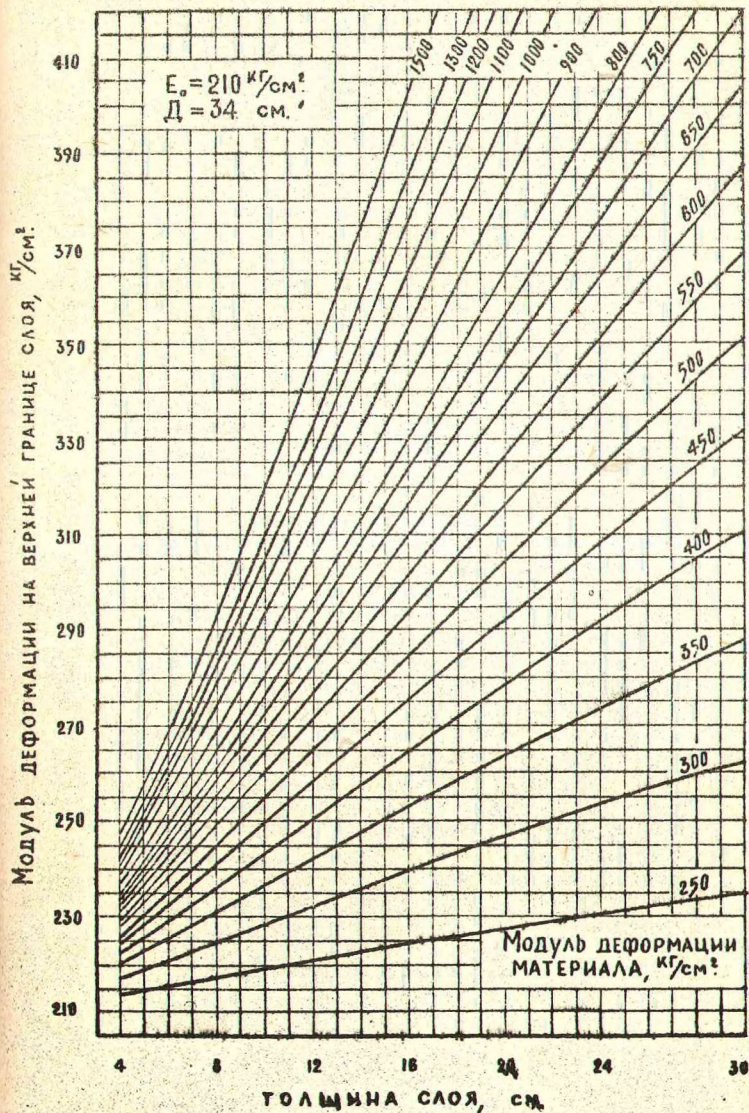


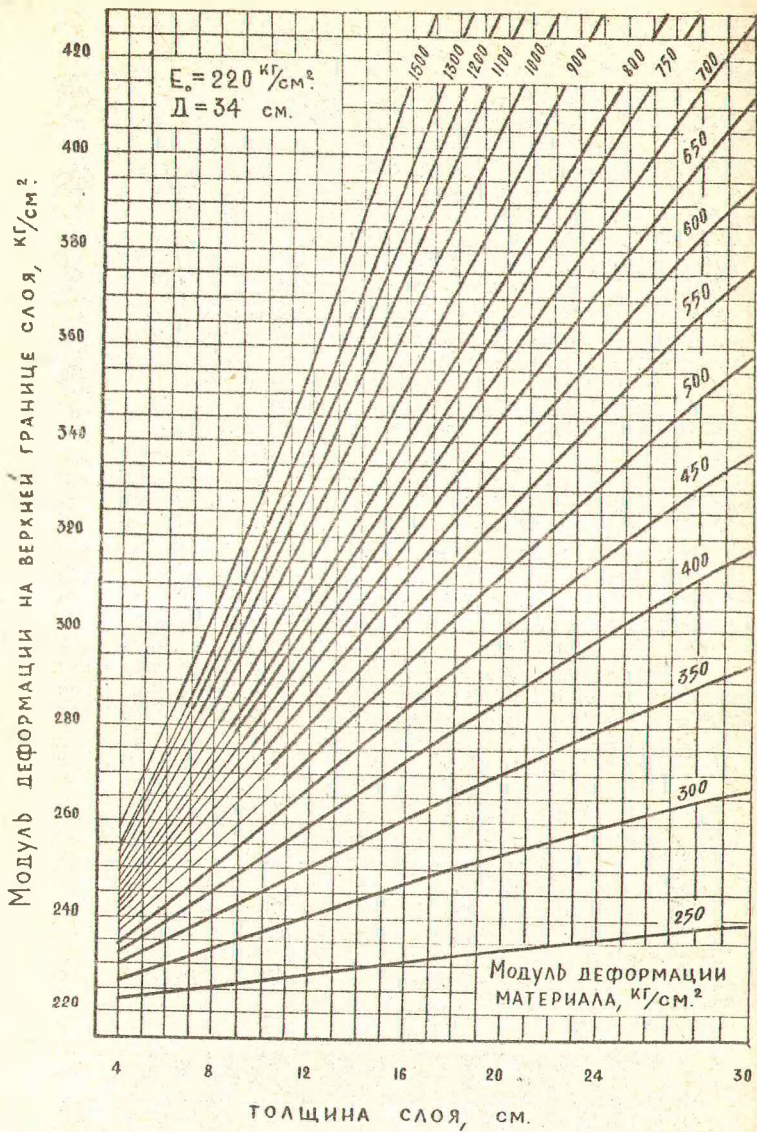


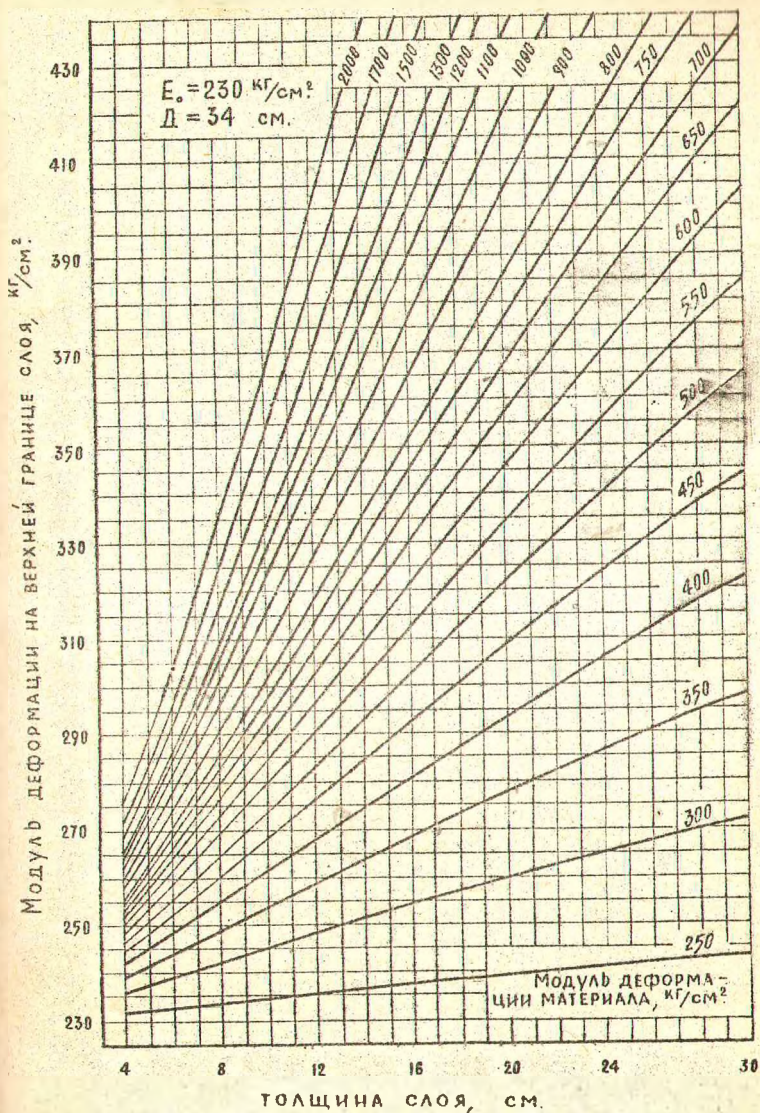


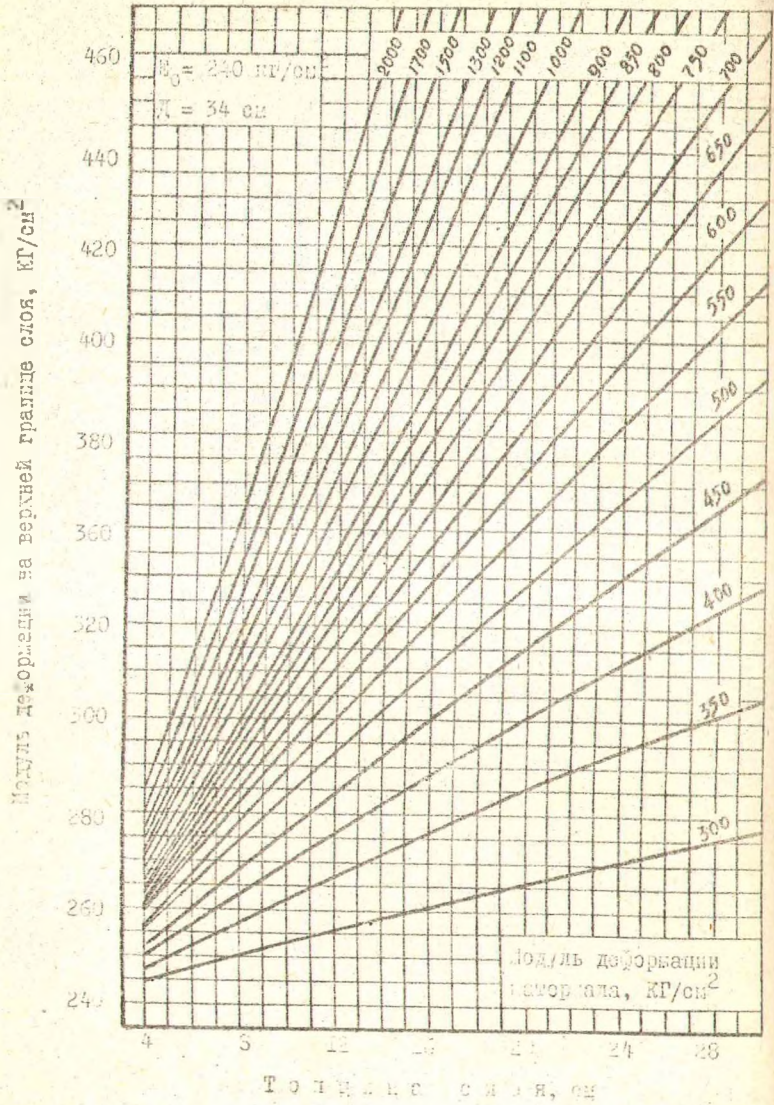




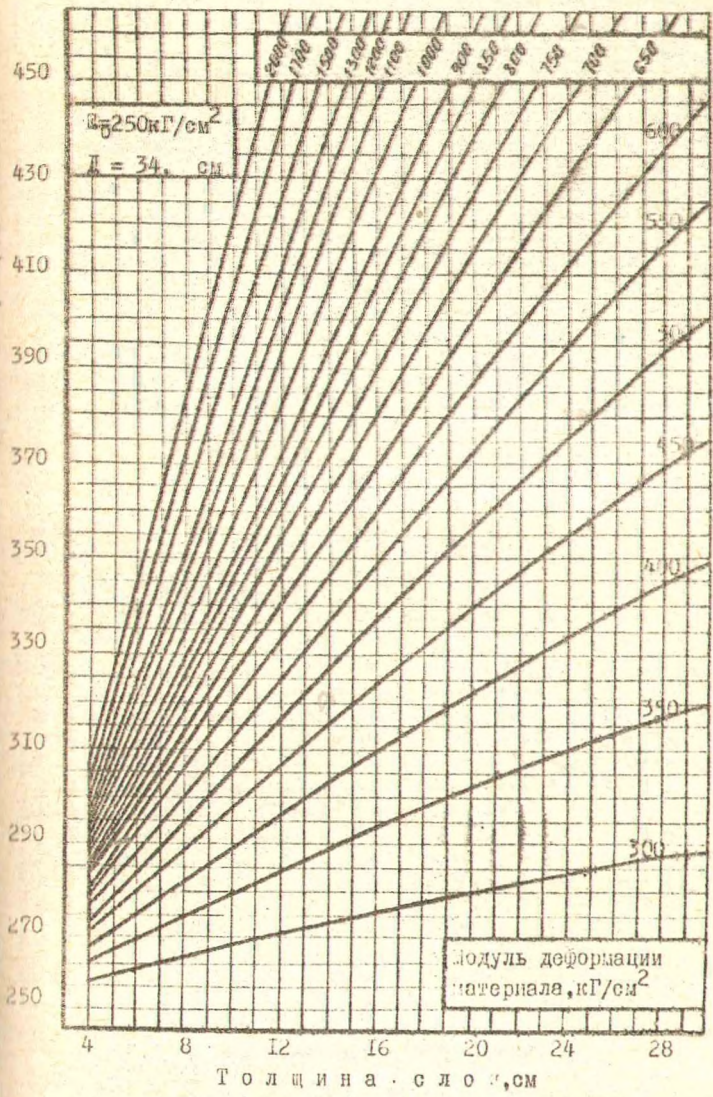


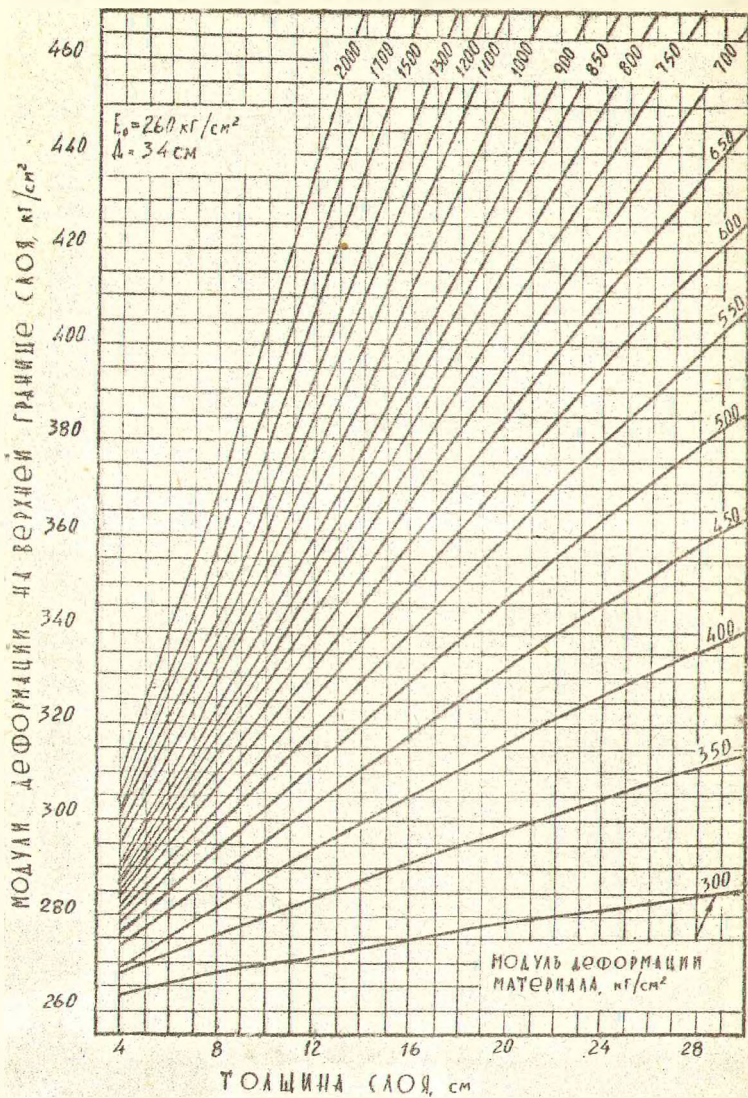


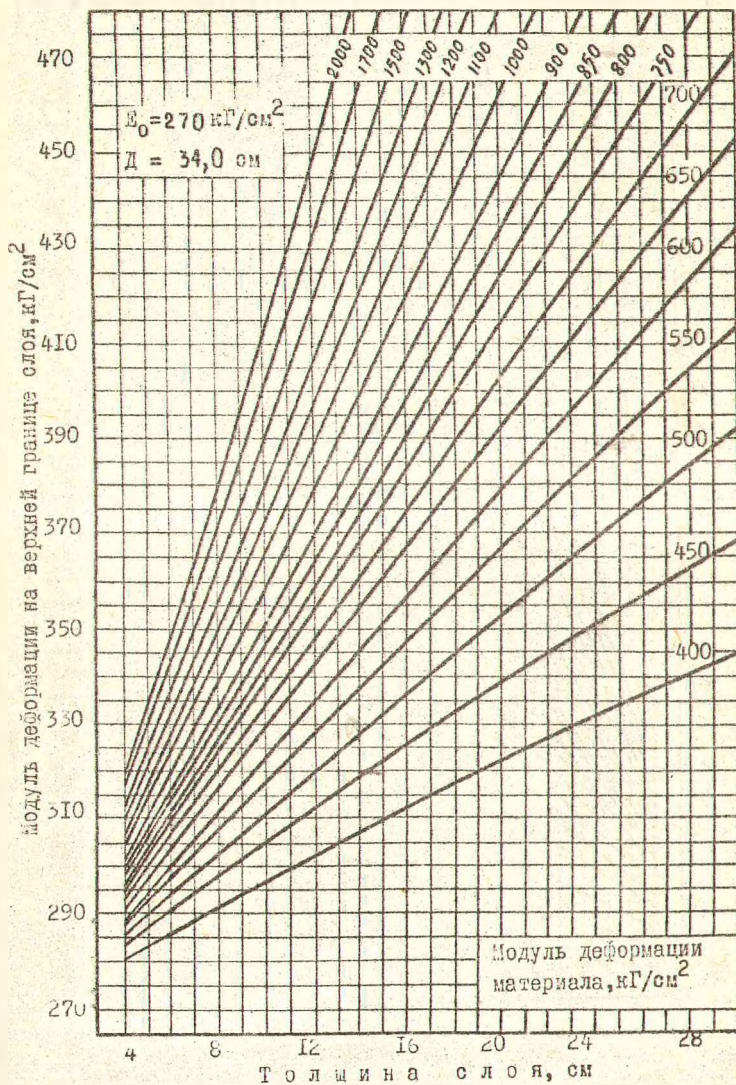




Модуль деформации на средней границе слоя, кг/см<sup>2</sup>

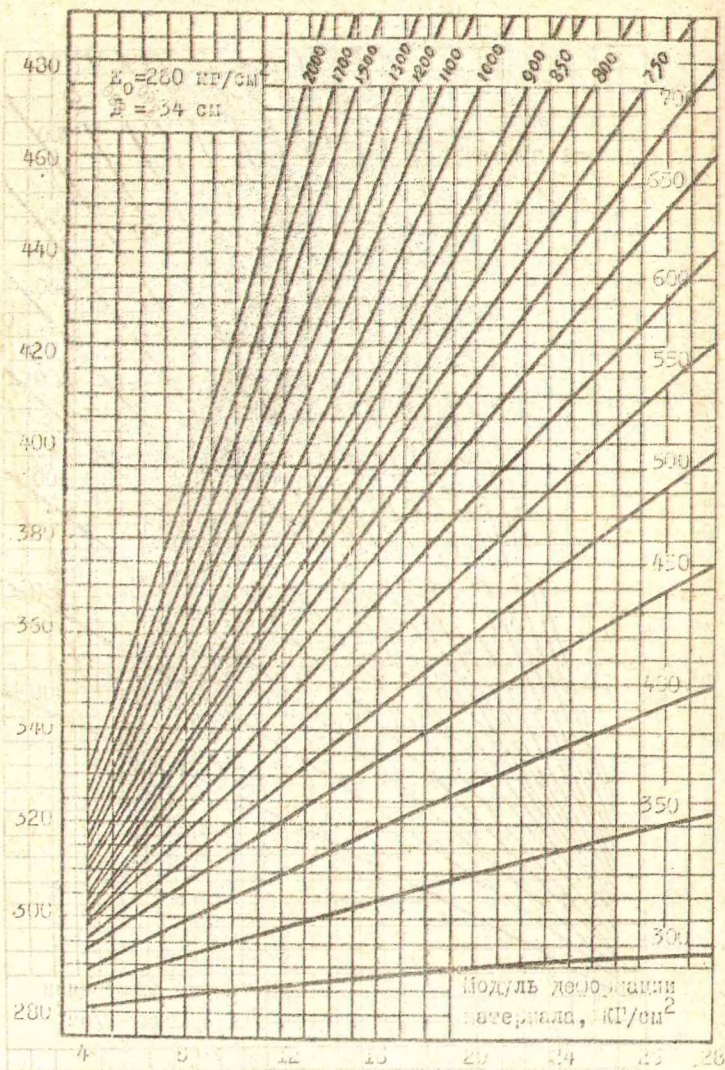








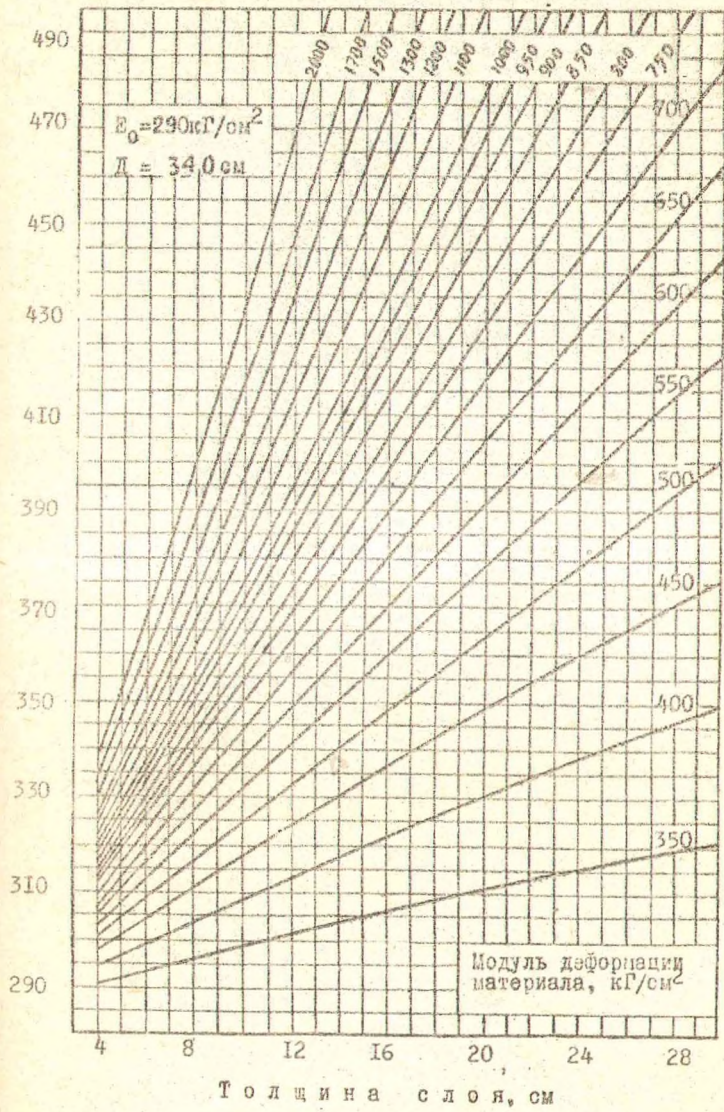
Модуль деформации на верхней границе слоя, кг/см<sup>2</sup>

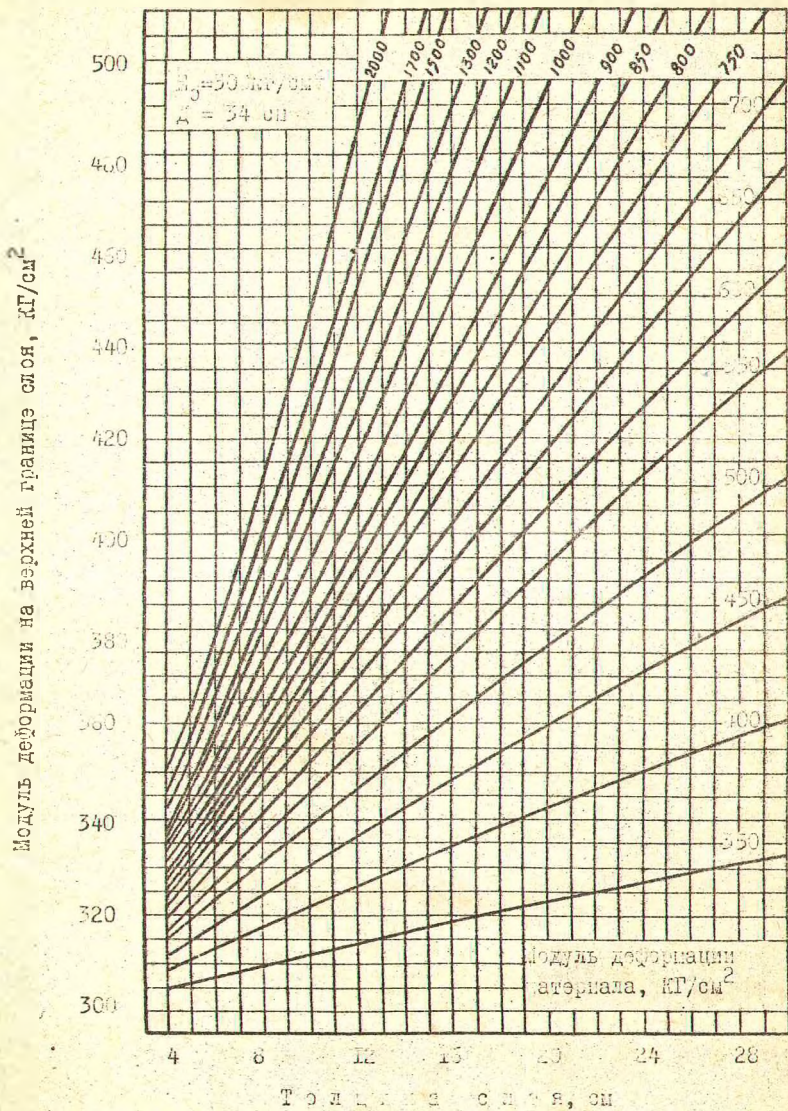


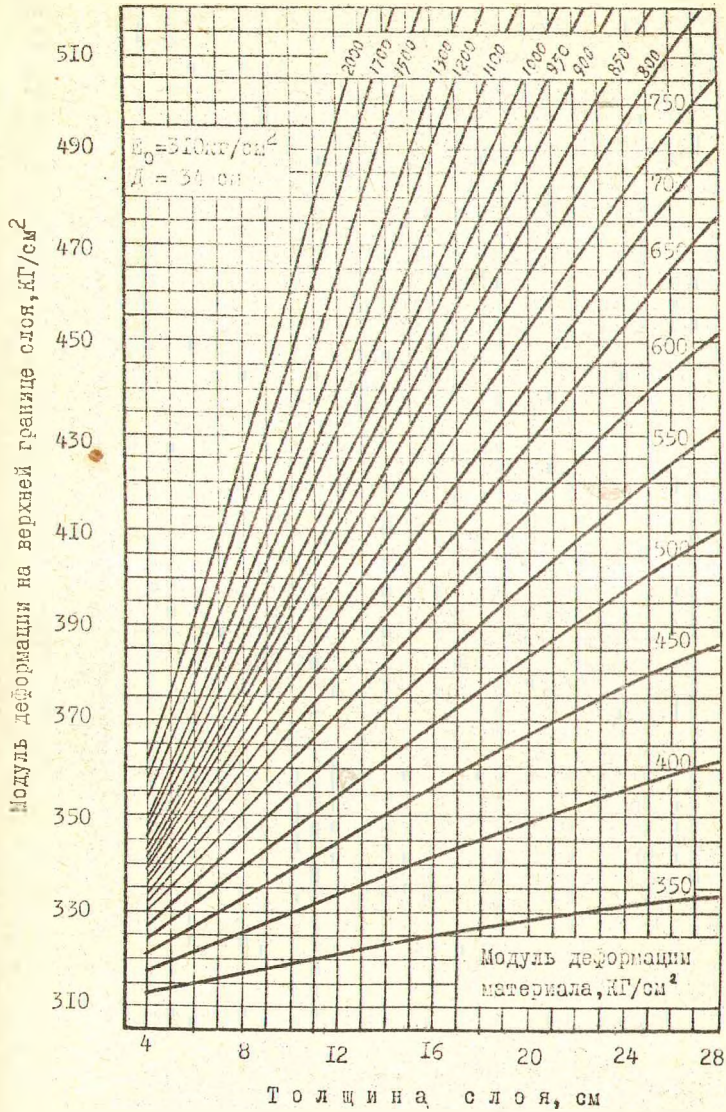
Модуль деформации материала, кг/см<sup>2</sup>

Толщина слоя, см

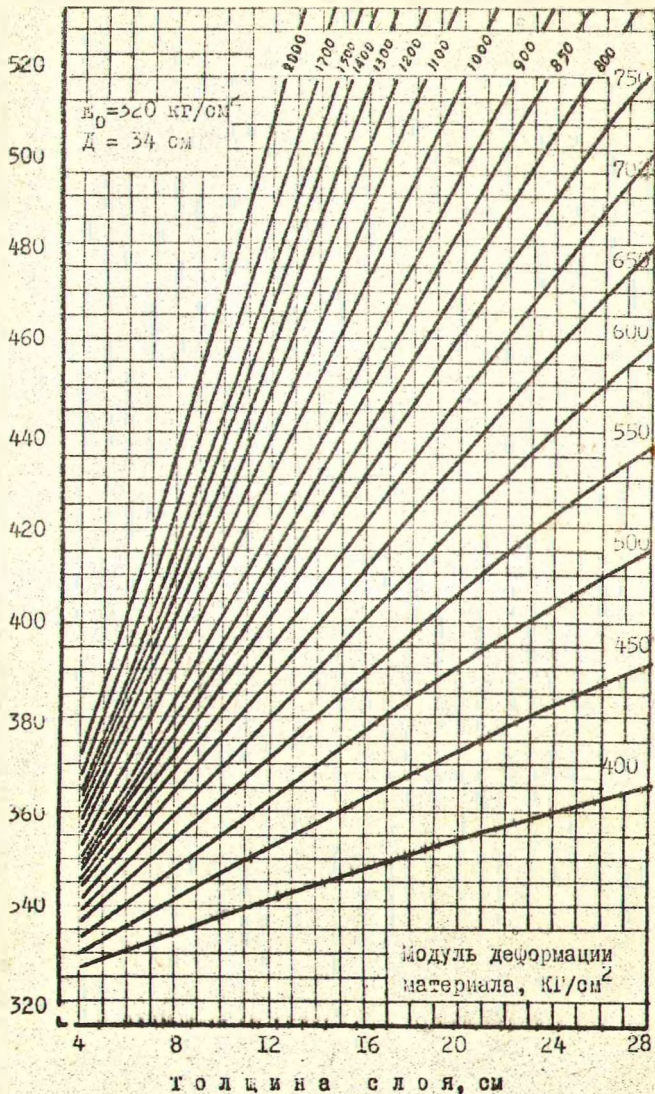
Модуль деформации на верхней границе слоя, кг/см<sup>2</sup>

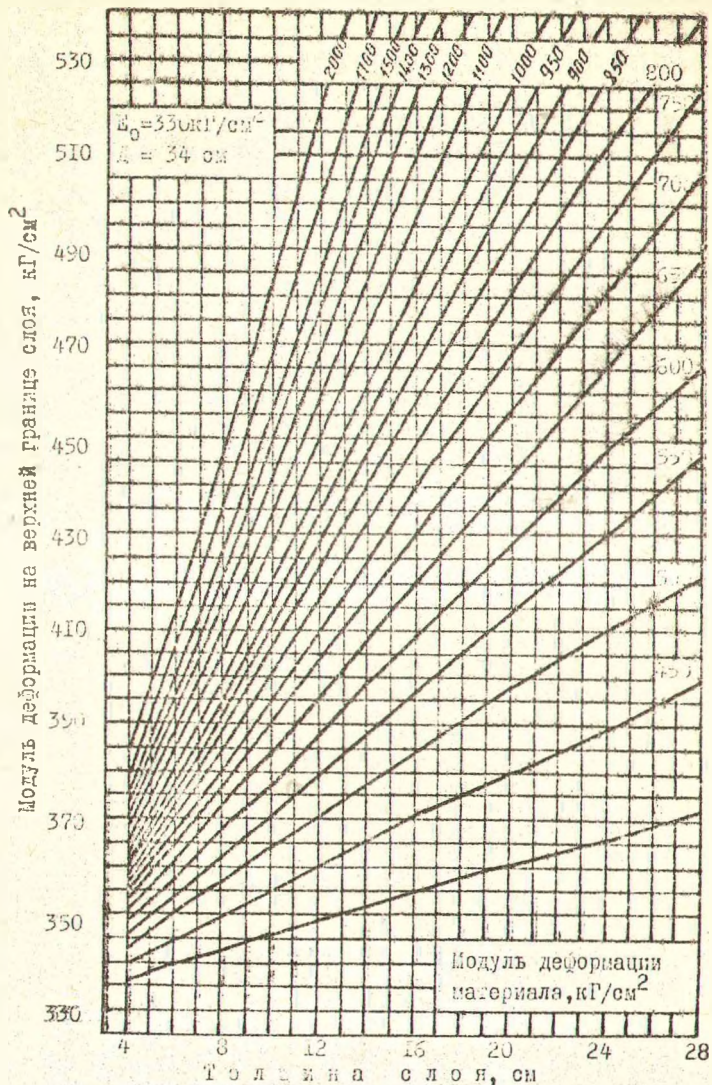


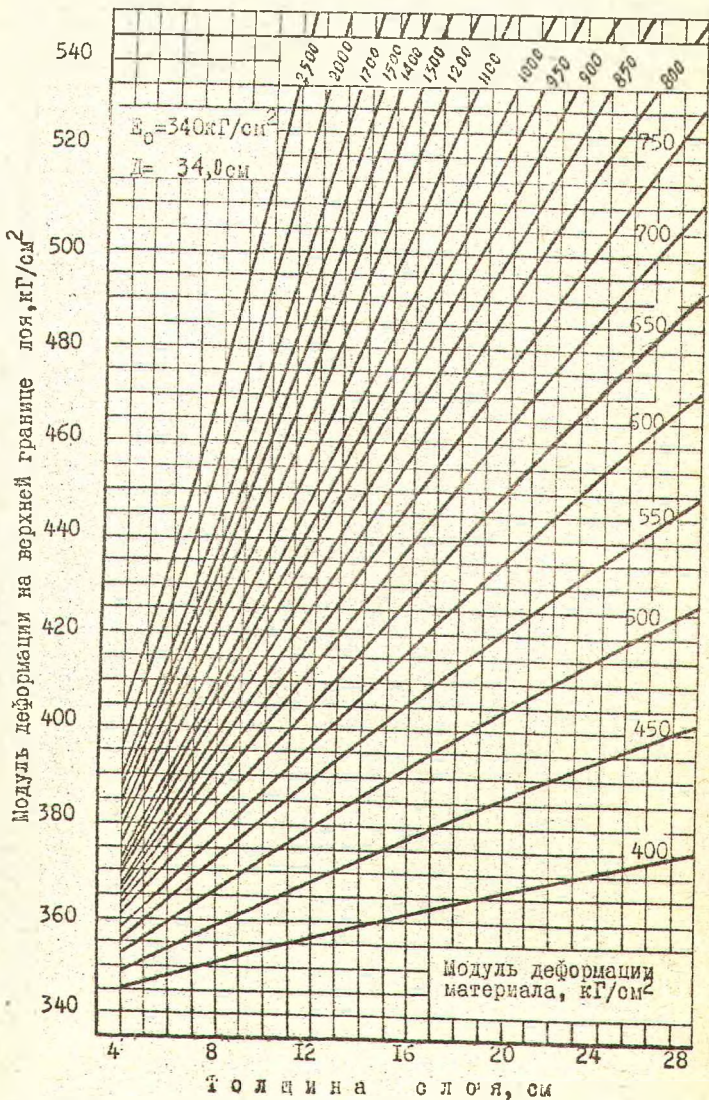


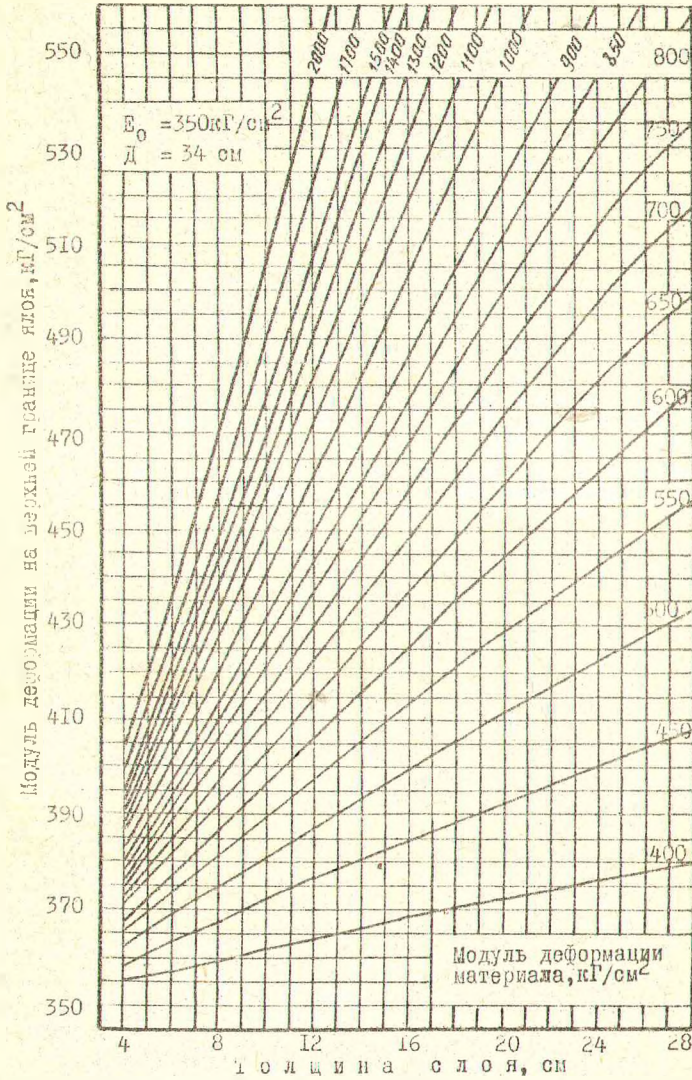


Модуль деформации на верхней границе слоя, кг/см<sup>2</sup>

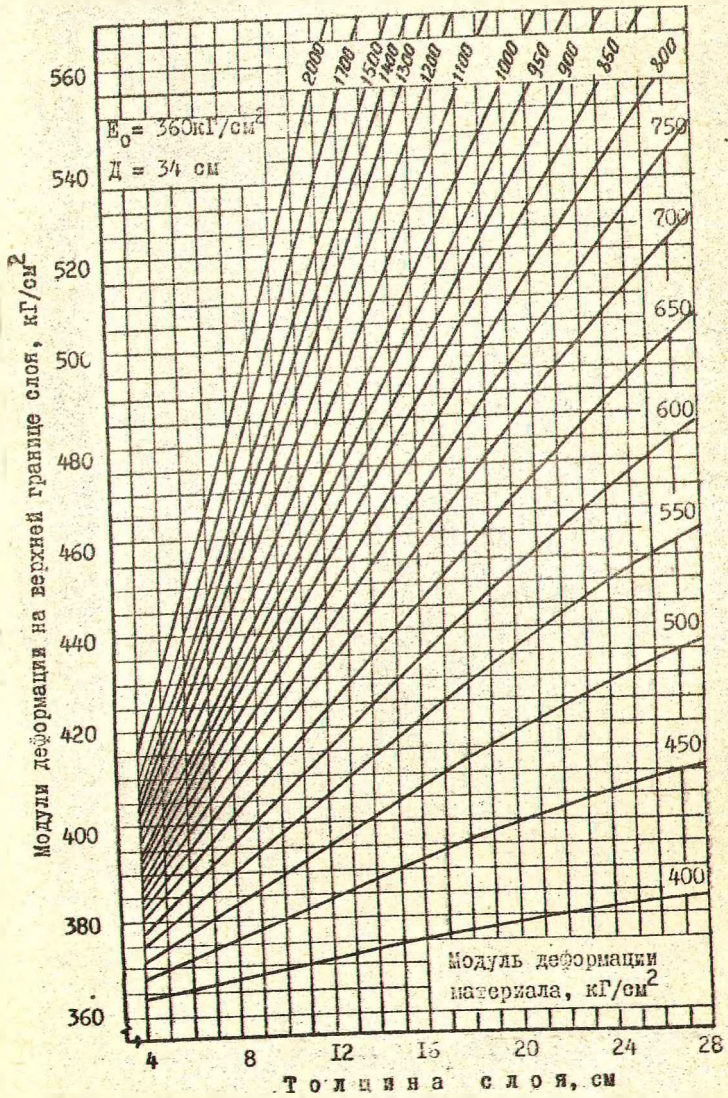


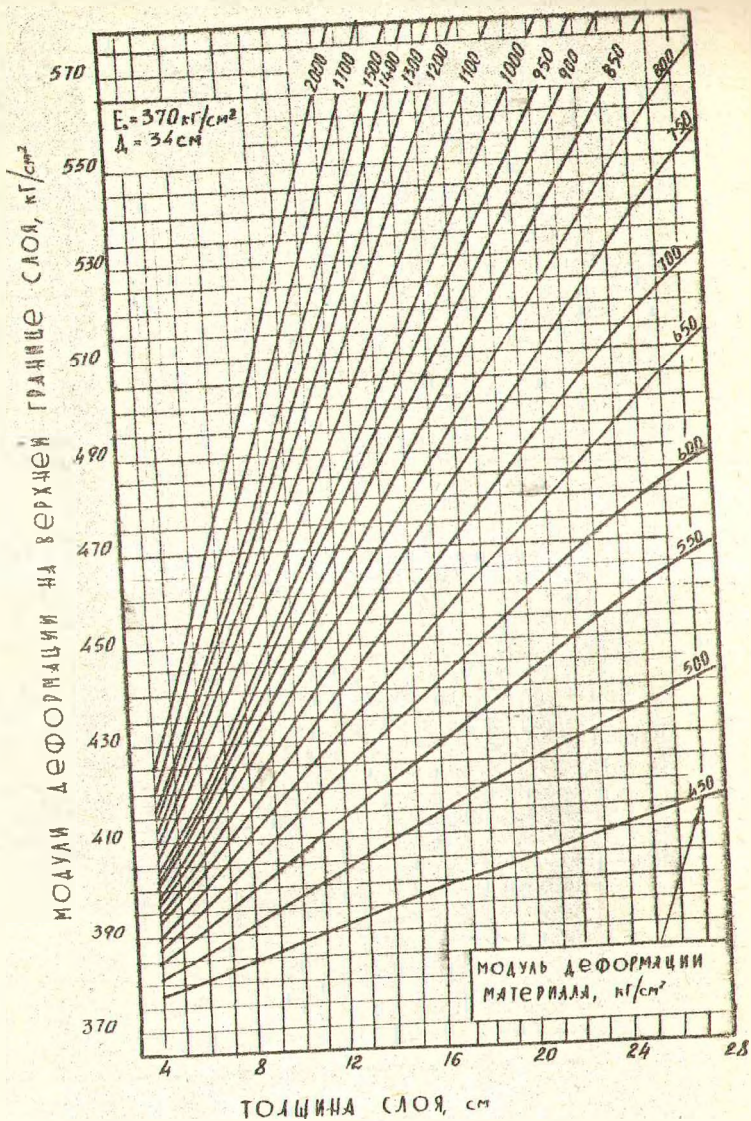


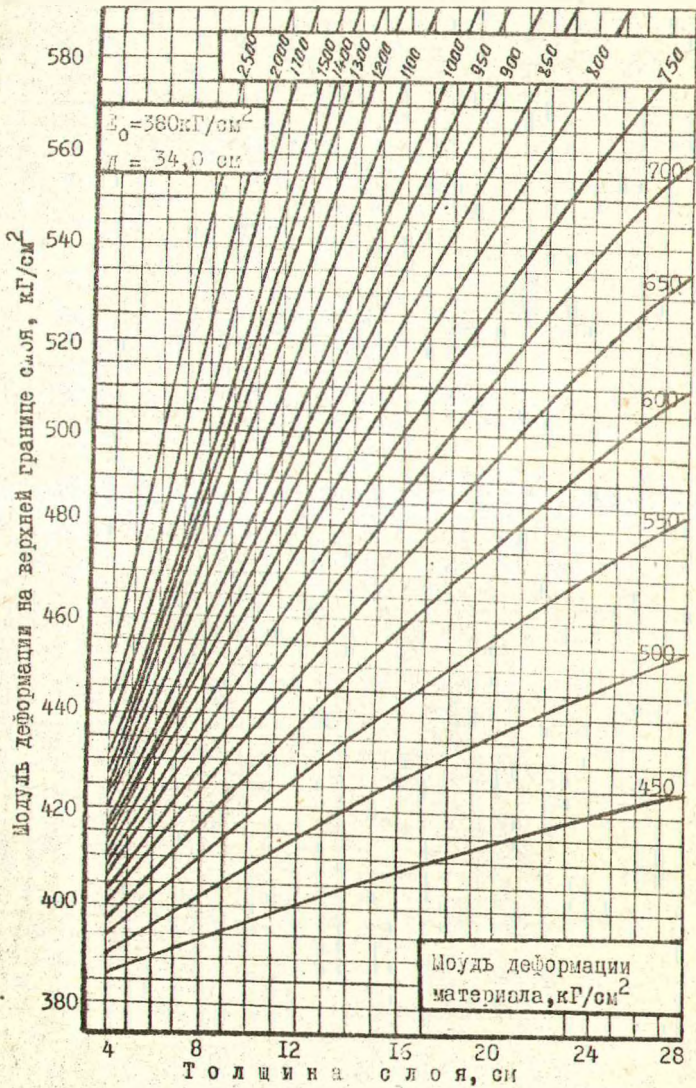


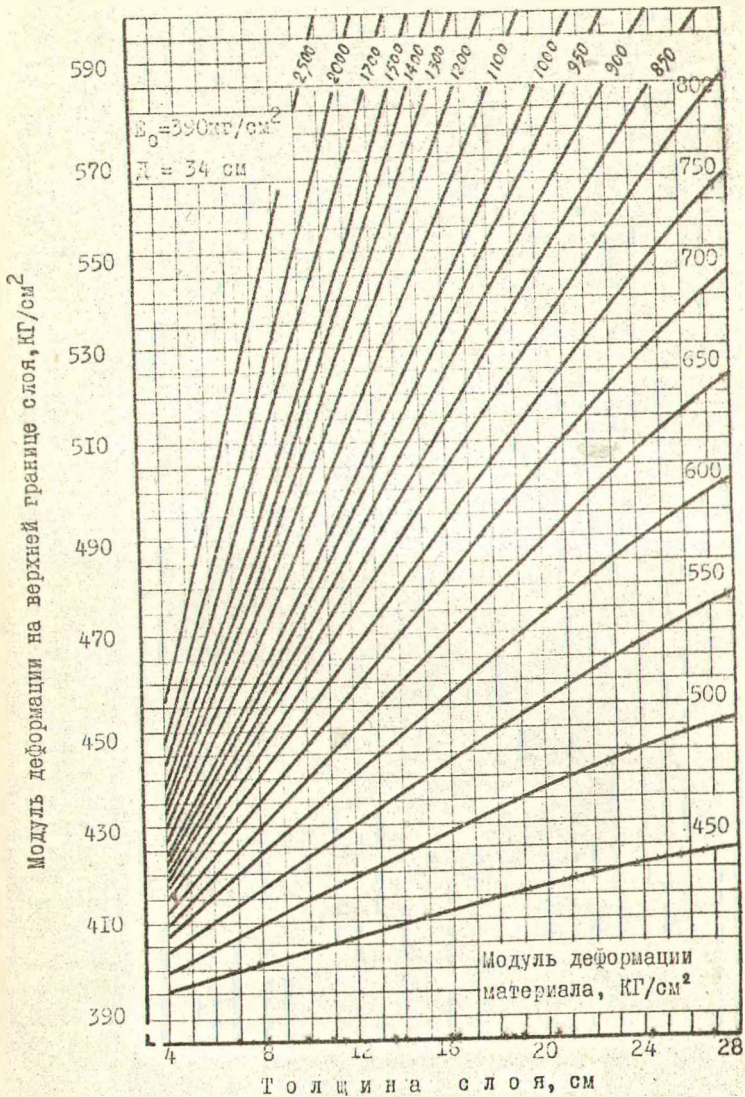


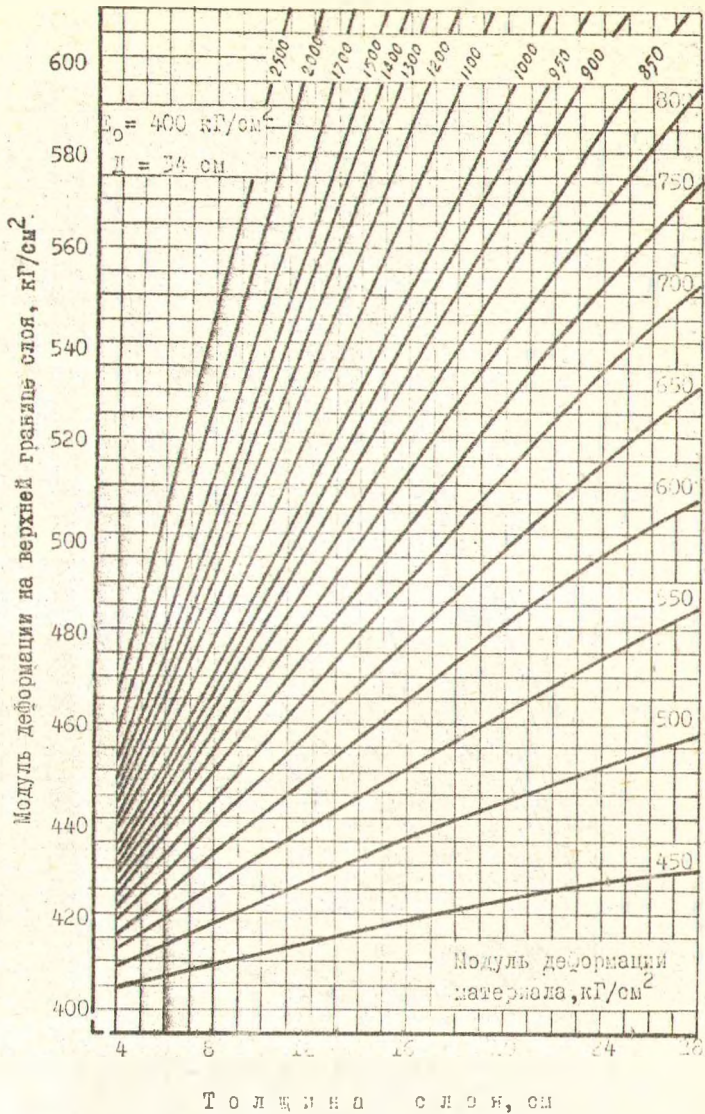


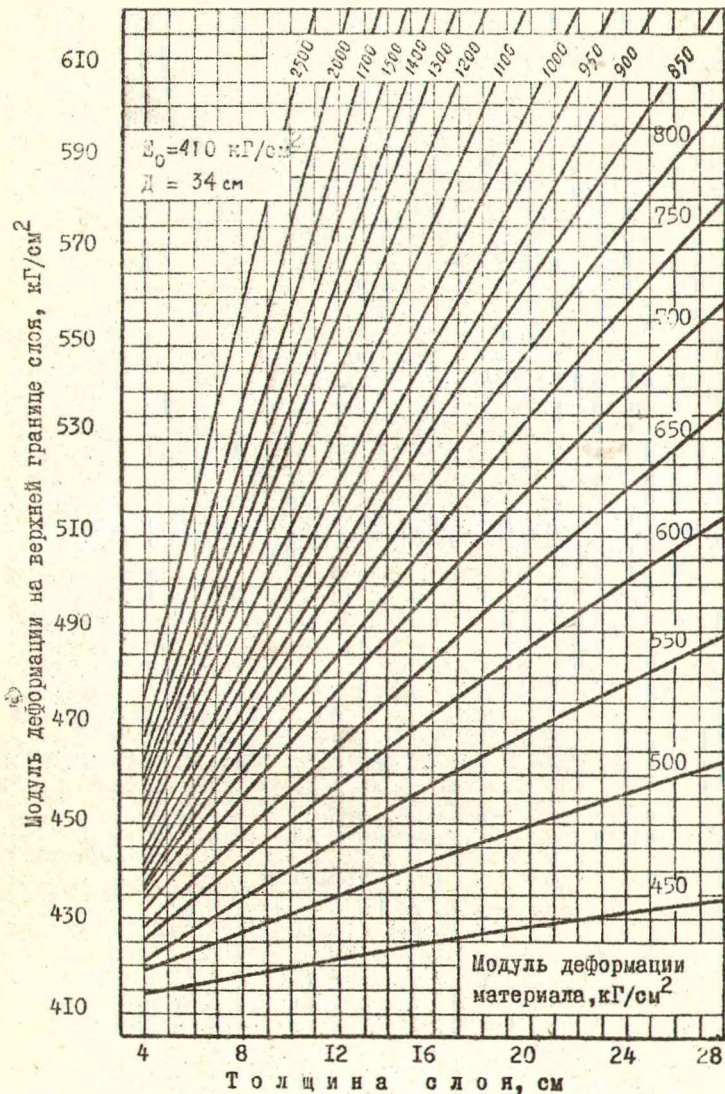




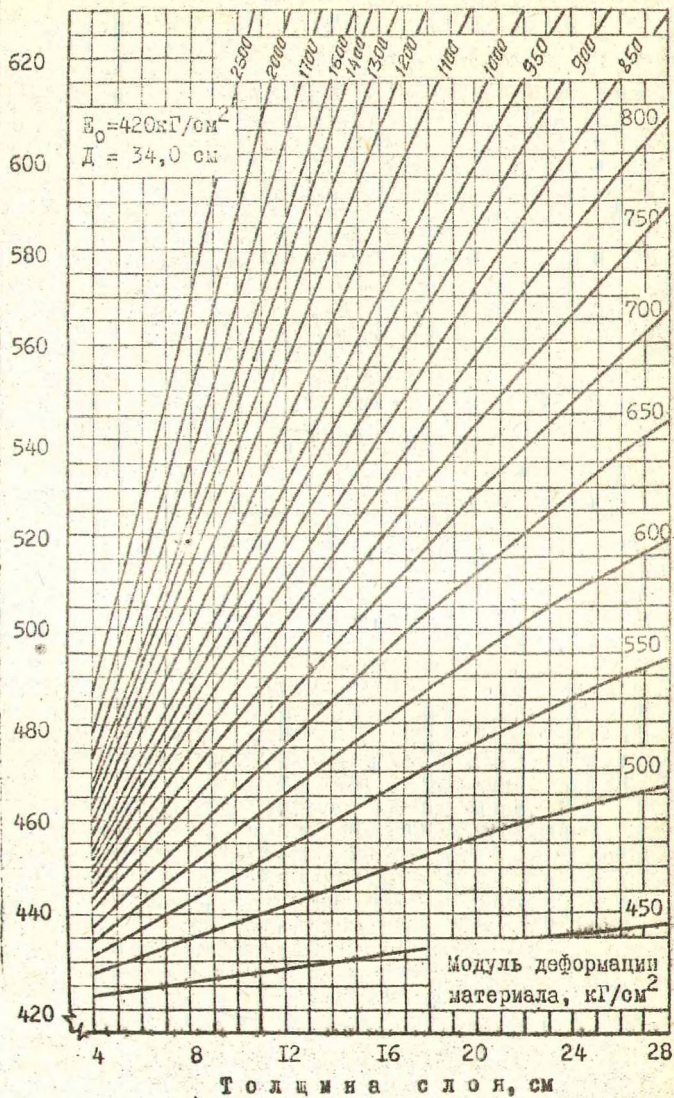




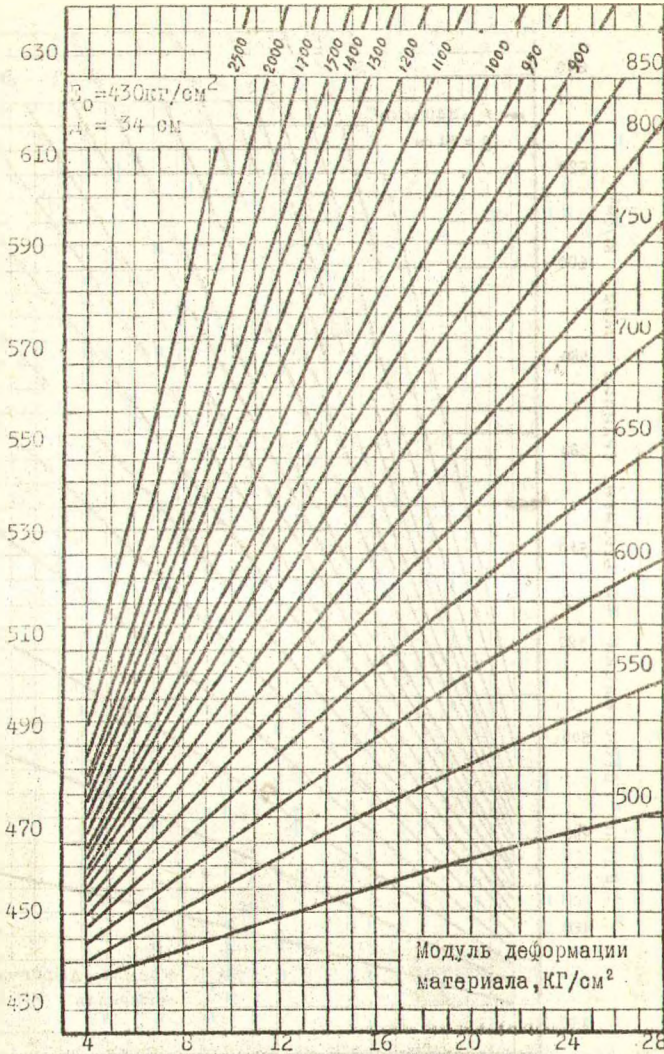




Модуль деформации на верхней границе слоя, кг/см<sup>2</sup>



Модуль деформации на верхней границе слоя,  $\text{кг}/\text{см}^2$



Т о л щ и н а   с л о я ,   с м



