

Н.Н. Давиденков

**Механические свойства и
испытание металлов**

Выпуск 1

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 66.0
ББК 35
Н11

Н11 **Н.Н. Давиденков**
Механические свойства и испытание металлов: Выпуск 1 / Н.Н. Давиденков –
М.: Книга по Требованию, 2017. – 136 с.

ISBN 978-5-458-60492-5

ISBN 978-5-458-60492-5

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2017

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2017

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



Серия Книжный Ренессанс

www.samizday.ru/reprint

ГЛАВА ПЕРВАЯ.

МАШИНЫ И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ.

§ 1. Классификация и схемы испытательных машин.

Классификация испытательных машин может быть произведена по следующим признакам: А) по механической схеме, Б) по техническим приемам производства деформации и измерения силы и В) по виду возбуждаемого машиной в испытуемом образце напряженного состояния.

А. Механическая схема.

Громадное большинство ныне изготавливаемых испытательных машин укладывается в одну из двух следующих схем: машины с задаваемой скоростью деформации и машины с задаваемой скоростью нагружения (возрастания прилагаемой силы). Простейший пример первой из них мы видим на рис. 1, где вращение рукоятки сообщает (посредством червячной передачи с винтом) испытываемому стержню удлинение, зависящее от скорости вращения. На рис. 2 представлен пример второй схемы; здесь передвижение груза P по длинному плечу рычага сообщает образцу на грузку, величина которой зависит от скорости передвижения груза.

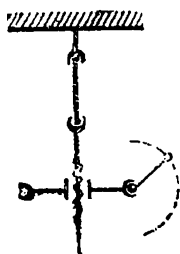


Рис. 1. Схема машины с задаваемой скоростью деформации.

При первой схеме, вращая равномерно рукоятку, мы сообщаем образцу постоянную скорость удли-

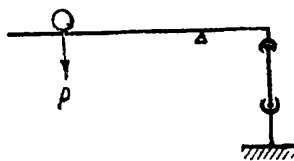


Рис. 2. Схема машины с задаваемой скоростью нагружения.

нения; при этом нагрузка на образец будет изменяться по неизвестному заранее закону, зависящему от свойств материала и размеров образца; она может во время опыта не только возрастать, но и оставаться постоянной и даже падать. Машина должна быть снабжена специальным приспособлением для измерения (путем уравнивания) силы сопротивления образца.

При второй схеме равномерное передвижение груза сообщает образцу постоянную скорость нагружки, в то время как удлине-

ние образца будет изменяться с неизвестной заранее скоростью, зависящей от качества материала.

Практическое различие между обеими схемами выступает особенно рельефно в тех случаях, когда при работе по первой схеме материал обнаруживает спадание нагрузки в известной фазе испытания (напр., при начале текучести у железа, рис. 3) или после образования шейки при растяжении. Это спадание диаграммы испытания указывает на внезапное падение сопротивления, оказываемого образцом внешней силе. Так как, однако, при второй схеме нагрузка непрерывно возрастает, то диаграмма, даваемая прибором (рис. 4), будет также иметь очертание сплошного подъема. Падение сопротивления проявится лишь в том, что удлинение образца получит внезапное

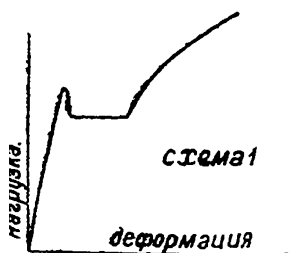


Рис. 3. Схема диаграммы к машине по рис. 1.

ускорение; последнее будет существовать все время, пока вновь возросшее после площадки текучести сопротивление образца не уравновесит получившуюся приращение нагрузку. Это увеличение скорости деформации вносит нежелательное изменение в режим испытания (кривая II—II вместо кривой I—I), и поэтому в подобных случаях применение схемы I оказывается предпочтительным.

Другим типичным моментом различия обеих схем является поведение машин при их остановке. В первой схеме, останавливая машину, мы сохраняем у образца постоянную деформацию; при этом сопротивление образца начинает самопроизвольно падать, и мы получаем возможность изучить в чистом виде явление релаксации. Наоборот, во второй схеме мы сохраняем при остановке постоянство нагрузки, и можем наблюдать текучесть (ползучесть) материала. Те и другие задачи входят в область изучения механических свойств, и потому оба типа машин находят себе применение.

Технически оба типа машин различаются следующим образом. Второй тип не требует специальных приспособлений для измерения силы, отдельных от нагружающего органа машины (на нашем примере — рычаг с грузом); к тому же он проще в конструктивном отношении, особенно в тех случаях, когда увеличение нагрузки достигается приливом жидкости или насыпанием дробы в сосуд при постоянном плече рычага; поэтому он часто применяется в небольших временных установках физиков. Однако, громадное неудобство его заключается в невозможности сообщения образцу сколь угодно значительных деформаций, ибо последние сейчас же вызы-

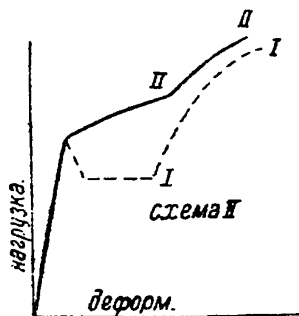


Рис. 4. Схема диаграммы к машине по рис. 2.

вают сильный наклон передаточных рычагов. Поэтому, в технике тип II почти совершенно вытеснен типом I и применяется лишь для малых нагрузок и деформаций.

Как на примеры машин по схеме II, можно указать на известный прибор Микхаэлиса для разрыва цементных восьмерок, разрушающихся почти без всякой деформации; далее на ряд прессов для исследования грунтов (пресс инж. К. Лубны-Герцык¹⁾, пресс автора в ЛФТИ и др.); на некоторые виды прессов Бриелля, на многочисленные установки для изучения так называемой пластичности металлов при высоких температурах, и т. д.

Б. Техника производства деформации и измерения силы.

Все испытательные машины предназначены для производства в испытываемом (или исследуемом) образце той или иной деформации, вплоть до приводящей к его разрушению, и измерения силы, с которой образец сопротивляется этой деформации. В соответствии с этим испытательные машины с задаваемой скоростью деформации должны заключать в себе два функционально различных органа (иногда, впрочем, выполнение обеих функций возлагается на один орган, как, напр., у машин по схеме II или у некоторых гидравлических машин, см. ниже): механизм, производящий деформацию, и механизм, измеряющий силу (механизм, измеряющий деформацию, обычно не составляет одного целого с машиной и потому в комплекс машины нами не включается). Техническую классификацию удобнее всего произвести по двум указанным механизмам в отдельности.

1. Механизм, производящий деформацию. Механизм этот устраивается обычно одного из двух типов: или механический в узком смысле, или гидравлический.

Механическое производство деформации достигается посредством обычных механических средств, служащих для увеличения силы, каковы: винты, шестерни, червяки, рычаги и т. п. Для обыкновенных машин на растяжение или сжатие употребляется почти исключительно винт, натягиваемый шестерней с червячной передачей (рис. 1); при вращении червяка, шестерня, играющая роль гайки для винта, втягивает или выталкивает последний (шпиндельный тип). В более мощных машинах таких винтов, работающих параллельно, устраивают несколько (до четырех).

Нагрузка машины производится или вручную, или от электромотора,—в последнем случае непосредственно или при помощи трансмиссии. В виду необходимости работать на разных скоростях либо ставят моторы, допускающие достаточно широкое изменение скоростей, либо между мотором и машиной включают специальную переменную передачу. Последняя строится или по принципу фрикционной передачи (европейская система), или по принципу коробки скоростей (американская система). При наличии механического двигателя параллельная возможность работы от

¹⁾ Строит. промышленность, 1925, стр. 321.

руки является обязательной для каждой машины, так как пользование зеркальным прибором для измерения упругих деформаций при работе мотора невозможно.

Гидравлическое производство деформации достигается посредством гидравлического пресса того или другого вида, позволяющего сжимать, растягивать или изгибать образец. Как и при механическом приспособлении, здесь преследуется основная цель — достигнуть больших нагрузок на образец применением малой рабочей силы (напр., руки человека). Особенно часто гидравлический привод применяется при машинах большой мощности (свыше 100 т). В простейших случаях употребляется простой ручной насос, которым рабочая жидкость (обычно касторовое масло) подкачивается под поршень машины; этим способом поднимают давление до 200 атм. При более крупных установках применяются электромоторы.

Гидравлический привод позволяет работать на аккумуляторах, в которых заготавливается запас жидкости под определенным рабочим давлением. Аккумуляторы бывают гравитационные (рис. 5), паровые и воздушные; последние применяются

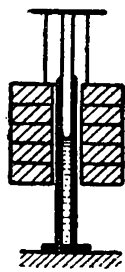


Рис. 5. Схема гравитационного аккумулятора.

обычно лишь при отдельных машинах для смягчения толчков насоса, в то время как первые и вторые обслуживают группу машин. В этом случае громоздкие аккумуляторные и насосные установки могут быть вынесены из машинного зала, и управление машинами становится особенно простым, заключааясь лишь в открывании распределительных кранов (Механическая лаборатория Берлинской испытательной станции; Бюро стандартов в Вашингтоне и др.).

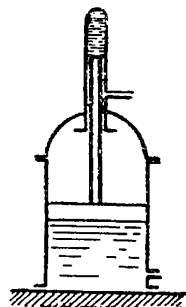


Рис. 6. Схема мультипликатора давления.

В случае, если налицо уже имеется известное, но не достаточное гидростатическое давление (водопровод), применяется мультипликатор давления (рис. 6), принцип которого ясен из чертежа; он увеличивает давление пропорционально отношению площадей поршней низкого и высокого давления.

Сравнивая оба способа производства деформаций, механический и гидравлический, приходится все же отдать предпочтение первому: работа насосов часто вредно отражается на плавности нагрузки, сообщая последней слегка толчкообразный характер; в то же время рабочие цилиндры при высоких давлениях начинают сдавать, т.е. не держат нагрузку достаточно долгое время. Поэтому, для точного определения предела упругости зеркальным прибором гидравлическая нагрузка нежелательна.

2. Механизм, измеряющий силу. Для измерения силы сопротивления образца в виду ее значительной величины обычно применяют принцип уравнивания с уменьшением. Соответствующую

щие приспособления чаще всего относятся к одной из следующих четырех групп:

- I. Рычаг с грузом.
- II. Пружинный динамометр (с рычажной передачей и без нее).
- III. Металлический манометр (Бурдона).
- IV. Ртутный манометр.

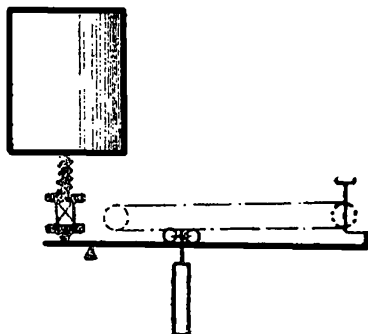


Рис. 7. Схема прессы А. Гагарина.

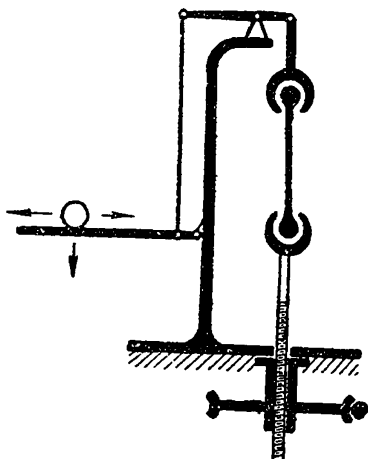


Рис. 8. Схема рычажной машины Мора и Федергафа.

I. Рычаг с грузом. Применяется в трех видоизменениях: подвижной груз, неподвижный груз и маятник.

Подвижной постоянный груз перемещается по длинному плечу снабженного шкалой рычага, на короткий конец которого действует измеряемая сила непосредственно (Гагарин,

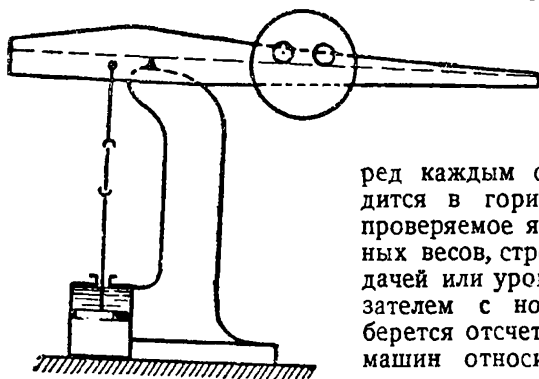


Рис. 9. Схема машин Викстеда и Буктона.

Викстед) или после многократного уменьшения системой промежуточных рычагов (Олсен, Риле, Альфа).

Перед каждым отсчетом рычаг приводится в горизонтальное положение, проверяемое язычками как у десятичных весов, стрелкой с рычажной передачей или уровнем. Груз снабжен указателем с нониусом, по которому берется отсчет шкалы. К этой группе машин относится большинство рычажных машин: русские—А. Гагарина (рис. 7), германские—Мора и Федергафа (рис. 8), Лозенгаузе-на, английские—Буктона (рис. 9), американские Олсена, Риле (рис. 10) и шведские—Альфа.

Большую часть эти машины снабжаются автоматическим приспособлением, устанавливающим

подвижной груз в положение равновесия (часовой механизм, электромагнитная связь, фрикционный механизм, переключатель перемещающего груз мотора и т. п.).

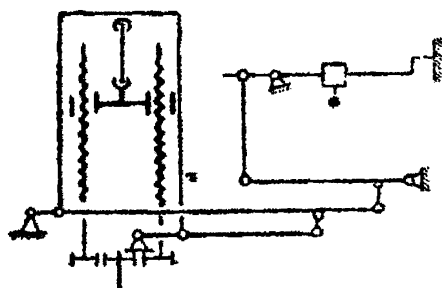


Рис. 10. Схема машины Рэле.

Неподвижный груз остается приложенным к одной и той же точке рычага, но изменяется по величине так, чтобы рычаг становился каждый раз в горизонтальное положение. Груз составляется при этом из десятичного набора гирь, которые вешаются на рычаг в определенной последовательности. Как и всякое

взвешивание, способ обладает очень большой точностью и применяется в наиболее точных машинах: Мартенса (MAN) (рис. 11),

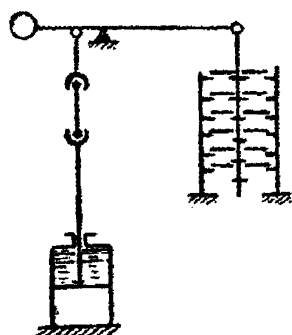


Рис. 11. Схема машины Мартенса.

Эмери (Селлерс) (рис. 12), Вердера (рис. 13). Некоторое неудобство обоих вышеописанных устройств заключается

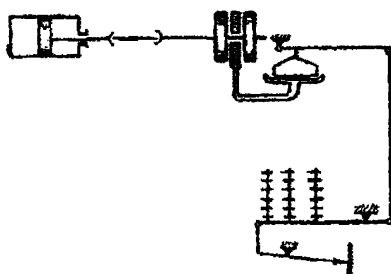


Рис. 12. Схема машины Эмери.

в невозможности непосредственного отсчета силы в любой момент нагружения: необходимы предварительные манипуляции для установки рычагов в горизонтальное положение (нулевой метод).

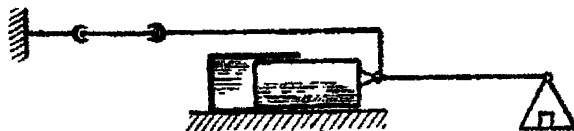


Рис. 13. Схема машины Вердера.

Маятниковый рычаг измеряет момент уравновешивающего груза посредством изменения угла наклона маятника. При

этом сила, действующая на короткое плечо маятника, в малых машинах передается непосредственно с образца, в больших же уменьшена системой промежуточных рычагов. По этому способу построены машины Шоппера (рис. 14), Польмейера

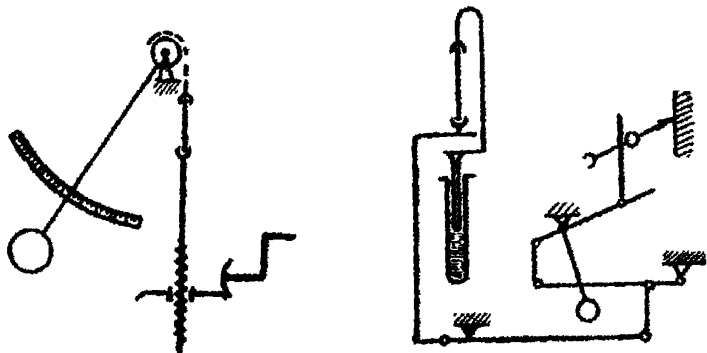


Рис. 14. Схема малых машин Шоппера. Рис. 15. Схема машины Польмейера.

(рис. 15), Мора и Федергафа (новая модель) (рис. 16), частью Амслера (2 и 5 т машины, маятниковый манометр (рис. 17) и др. Удобство

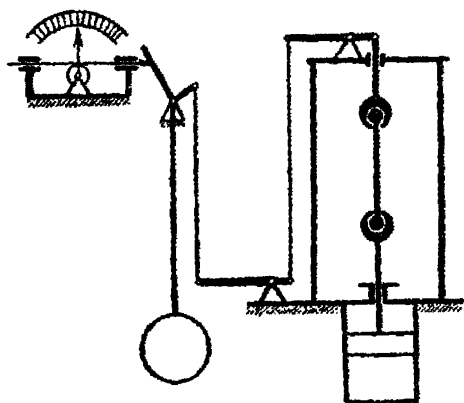


Рис. 16. Схема маятниковой машины Мора и Федергафа.

этого метода состоит в непрерывности его показаний, при вполне достаточной точности и большей простоте по сравнению с горизонтальным рыча-

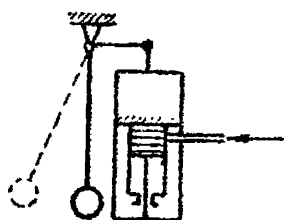


Рис. 17. Схема маятникового манометра Амслера.

гом; в последнее время он начинает вытеснять другие способы измерения (Мор и Федергаф, Лозенгаузен, MAN и др.)

II. Пружинные динамометры обычно применяются только для самых слабых нагрузок. Только в последнее время фирма Шпис в Германии использовала их для более мощных испытательных машин. Нагрузка образца передается на пружину через рычаг I рода в уменьшенном масштабе (рис. 18). Деформация пружины, измеряемая стрелкой, служит мерой силы.

Необходимой составной частью машины является контрольное приспособление в виде съемных грузов, позволяющих время от времени проверять упругость пружины (при выключенной нагрузке на образец). Удар при разрыве образца воспринимается специальным гидравлическим амортизатором. Удобство пружинного динамометра состоит в возможности непосредственного отсчета нагрузки в каждый момент опыта; точность его, однако, меньше, чем рычага с грузом.

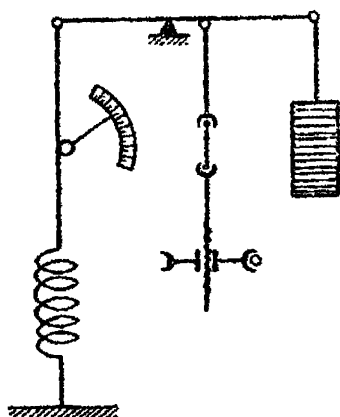


Рис. 18. Схема машины Шписа.

К той же категории относится динамометр Вацау, также применяемый в испытательных машинах; в нем деформация двух жестких тарелочной формы стальных дисков измеряется по изменению объема ртути, налитой в образуемый ими плоский резервуар; последнее с большой точностью определяется по нулевому методу при помощи микрометрического винта, ввинчиваемого в сосуд и приводящего уровень ртути к установленной черте.

III. Металлические манометры (Бурдона) применяются в испытательных машинах двумя принципиально различными способами: 1) путем непосредственного присоединения к рабочему гидравлическому цилиндру машины, что очевидно возможно только в машинах с гидравлическим приспособлением для производства деформации, и 2) путем включения в механизм особого передаточного органа, превращающего силу механического сопротивления образца в гидростатическое давление.

В первом случае манометр измеряет давление жидкости в рабочем цилиндре, которое, будучи умножено на площадь поршня, дает величину усилия, передаваемого на образец. Однако, в этом случае остается не учтенной потеря на трение поршня о стенки цилиндра, достигающая от 0,5 до 1% от нагрузки; поэтому такой простой прием целесообразен лишь для более грубых машин большой мощности, в роде прессов для раздавливания бетонных кубов (Мартенс MAN), и притом при условии принятия всех возможных конструктивных мер для уменьшения трения.

При втором способе между захватом машины и манометром ставится особый гидравлический измеритель ¹⁾ (по немецки *messdose*, или измерительная коробка), трансформирующий механическое усилие в гидростатическое давление. Он представляет собою той или другой формы низкий гидростатический цилиндр с поршнем, на который непосредственно действует измеряемая сила. Для того, чтобы при передаче давления на

¹⁾ Мы предлагаем здесь это название, так как на русском языке до сих пор не установилось соответствующего термина.

жидкость не было заметной потери на трение, применен принцип упругой мембраны (металлической или чаще резиновой), перекрывающей зазор между поршнем и стенками цилиндра. На рис. 19 изображена схема гидравлического измерителя Мартенса (на 10 т). Поршень лежит на мембране (1) из тонкой латуни (0,2 мм), закрепленной по контуру в стенках цилиндра. Эта мембрана препятствует выходу жидкости из-под поршня и в то же время затрудняет перемещение поршня лишь за счет своей упругости; при небольших отклонениях от плоской формы это сопротивление упругости чрезвычайно мало и во всяком случае меньше трения поршня о стенки в случае его шлифования. Для предохранения поршня от перекосов устроены две другие мембраны (2 и 3). Необходимым конструктивным условием для правильной работы измерителя является минимальный ход поршня. В приборе Мартенса он не превышает 0,4 мм; в аналогичном измерителе Эмери, при нагрузке в 50 т, ход поршня составляет всего $6 \cdot 10^{-5}$ мм. Максимальное давление жидкости в измерителе делается порядка 300 атм.

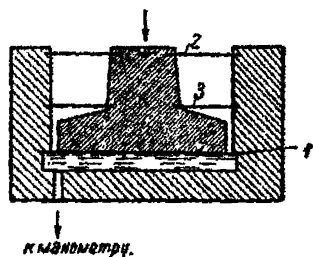


Рис. 19. Схема гидравлического измерителя.

В новейших машинах (Лозенгаузена) гидравлические измерители устраиваются с переменной передачей, наподобие редуктора Амслера, позволяющей пользоваться по желанию двумя шкалами манометра—мелкой (напр. на 50 т) и крупной (на 5 т).

Во всех случаях, когда измерение нагрузок производится посредством металлических манометров, рядом с рабочим манометром ставится контрольный, который служит для периодической проверки показаний рабочего; такая проверка необходима в виду наблюдающегося с течением времени расслабления напряженных пружин (релаксация).

Преимущество описанного способа измерения нагрузок заключается в непрерывности показаний прибора; недостаток—в затруднительности установки, проверки и контроля, а также в меньшей точности по сравнению с рычажными приборами. Метод предпочтителен в заводской обстановке при быстрой и интенсивной работе.

Кроме измерителей прямого действия, в испытательных машинах встречаются и обращенные, превращающие гидростатическое давление рабочего цилиндра в механическое усилие, отклоняющее маятник (пресс Амслера), рис. 17. Для уменьшения трения в цилиндре особым ручным приводом вращают поршень во время работы прессы (замена трения покоя меньшим трением движения).

В машинах Эмери гидростатический измеритель применяется дважды: сначала в прямом виде—с большой площадью для полу-

ТАБЛИЦА 1.

Классификация испытательных машин.

Производ- ство дефор- мации	Механический привод				Гидравлический цилиндр			
	Рычаг с грузом		Пружин. динамометр	Метал. манометр (гидравлич. измеритель)	Рычаг с грузом		Металлический манометр	При гидравлическом измерителе
	Горизонт. рычаг. подвиж. по- стоян. груз	Наклон. рычаг (маятн.)			Горизонт. рычаг. неподвиж. перем. груз	Наклон. рычаг (маятн.)		
Измерение нагрузки							На рабочем цилиндре	
Фирмы	1. Мор и Фе- дергаф (Майнгейм) 2. Лозенгау- зен (Дюс- сельдорф) 3. Гагарин (Москва) 4. Олсен, Риле (Америка). 5. Альфа (Стокгольм)	1. Шоппер (Лейпциг) 2. Тарио- гроцкий (Эссен) 3. Мор и Фе- дергаф (нов. мо- дель) 4. Олсен, Риле (Америка). 5. Альфа (Стокгольм)	Шпис (Зи- гек, Герма- ния)	1. Мор и Фе- дергаф 2. Лозенгау- зен	1. Мор и Фе- дергаф. 2. Буктон, Викстед (Лидс, Англия)	1. Поль- мейер (Эргарлт) 2. Амслер (с проме- жут. об- ращен. гидра- влич. из- мерите- лем)	1. Амслер, (Шаффа- узен) 2. Мартенс (для сжа- тия) 3. Пресс Бринелля 4. Краузе (Берлин)	Мор и Фе- дергаф