

Н. П. ПОЛОЗОВ

**БАЛЛОННЫЕ МАТЕРИИ
И
ВЕРЕВОЧНЫЙ ТАКЕЛАЖ**



ОНТИ НКТП СССР
ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ АВИАЦИОННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1934

Н. П. ПОЛОЗОВ

БАЛЛОННЫЕ МАТЕРИИ
И
ВЕРЕВОЧНЫЙ ТАКЕЛАЖ



ОНТИ ВКТИ СССР
ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ АВИАЦИОННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1934

Опечатки и авторские исправления

<i>Стр.</i>	<i>Строка</i>	<i>Напечатано</i>	<i>Следует читать</i>	<i>По чьей вине</i>
11	10 сверху	100 м³	100 000 м³	ред.
12	31 снизу	аппарат S	аппарат U	авт. и ред.
13	5 сверху	слова «вместе с шпинделем машины» выбросить		авт
31	Табл. 4 1-й столбец	1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8	10; 12; 14; 16; 18	тип.
35	14 снизу	$e^{\frac{S}{100}}$	$e^{\frac{b}{100}}$	
70	Подпись под фиг. 65	под постоянными нагрузками.	после предварительных постоянных нагрузок.	авт.

Н. П. Полозов, Баллонные материи и веревочный такелаж.

В книге подробно разбирается вопрос о баллонных материях, идущих на постройку оболочек для воздушных кораблей: даны сведения о тканях для баллонных материй, описаны основные типы материй: прорезиненные, бодрюшированные, лакированные; далее рассматривается: испытание баллонных материй (прочность, удлинение, вес, газопроницаемость) и предъявляемые к ним технические требования, влияние различных условий на газопроницаемость деформации баллонных материй, влияние метеорологических условий.

Специальный раздел посвящен веревочному такелажу, который применяется в воздухоплавательном деле как подвеска для корзин и гондол и служит для крепления аэростатов на биваке. Рассматриваются требования к такелажу, основные типы, влияние узлов на прочность, влияние метеорологических условий.

Книга предназначена в качестве учебного пособия для воздухоплавательных вузов, конструкторов и инженерно-технического персонала дирижаблестроения.

Редактор *Ф. С. Шаховской.*

Техн. редактор *А. Н. Савари.*

Сдано в набор 29/V 1934 г. Подпис. к печ. 8/X 1934 г. Изд. № 206. Инд. МА-60-5-4(3). Тираж 2000. Кол. печ. л. 4¹/₄. Кол. печ. зн. в л. 58000. Форм. бум. 62 × 94¹/₁₆. Уполю. главл. В-69920. Заказ 8189.

1-я Журнальная типография ОНТИ НКТП СССР, Москва, Денисовский пер., 30.

БАЛЛОННЫЕ МАТЕРИИ

1. РАЗДЕЛЕНИЕ БАЛЛОННЫХ МАТЕРИЙ И ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К НИМ ТРЕБОВАНИЯ

С развитием воздухоплавания назрела необходимость в тех материалах, которые вполне удовлетворяли бы требованиям конструкции воздухоплавательных аппаратов. В аппаратах легче воздуха весьма ответственную роль выполняет оболочка, заключающая в себе газ и несущая прикрепленные к ней или надетые на нее грузы. Это назначение ее выдвигает следующие основные требования к материалам для оболочек: они должны обладать достаточной прочностью и быть хорошими газохранилищами, т. е. не пропускать газ. Стремление иметь при воздушном передвижении наибольшее количество полезного груза предъявляет к воздухоплавательным материалам требование наивозможно меньшего веса; это требование, конечно, распространяется и на оболочку.

Перед процессом газонаполнения оболочка должна быть освобождена от воздуха, для чего все оболочки, кроме металлических¹, раскладывают на плоскости, после чего и производят наполнение их газом. При освобождении оболочек от газа их приходится скручивать и закатывать, а при хранении на складах и при перевозках — складывать плотными складками. Все указанные операции выдвигают требование — иметь такой материал для оболочек, который мог бы выдерживать перегибы и складки, не понижая основных качеств оболочки и в особенности не нарушая целости газонепроницаемого слоя, т. е., иначе говоря, необходимо иметь эластичный материал, на котором не отражались бы свертывания, перегибы и т. п.

В эксплуатационных условиях оболочка подвергается воздействию осадков, переменной влажности, росам. Чередующиеся намокание и высыхание оболочки действуют на ткань разрушающим образом. Поэтому одним из требований, предъявляемых к оболочке, является ненамокаемость ее (негигроскопичность) и соответствующая окраска наружного слоя, хорошо защищающая от солнечных лучей.

Служа газохранилищем и наполненная большей частью горючим газом, оболочка должна быть также огнеупорной; это условие, выдвигаемое в особенности в последнее время, требует еще подробных исследований, так как одновременно с осуществлением этого условия необходимо сохранить качества оболочки в отношении веса и эластичности.

Далее, в условиях летной службы необходимо иметь настолько надежный материал для оболочки, который если бы и изменял свои качества в сто-

¹ Здесь не имеется в виду оболочка Циолковского.

рону ухудшения, то это изменение происходило бы как можно медленнее; иначе говоря, оболочка должна обладать достаточно долгим сроком службы.

Наконец, вследствие того, что стоимость оболочки достаточно высока; необходимо, чтобы материал, идущий на ее изготовление, имел наименьшую стоимость; это уменьшит стоимость воздухоплавательного аппарата, в которой суммы, затрачиваемые на оболочку, занимают далеко не последнее место.

Материал для постройки оболочек воздушных кораблей называется баллонными материями. На основании вышеизложенного к современным баллонным материям необходимо предъявлять следующие основные требования. Они должны быть: 1) прочными, 2) легкими, 3) газонепроницаемыми, 4) эластичными, 5) негигроскопичными, 6) невозгораемыми, 7) обладать долгим сроком службы, 8) дешевыми.

Изготовить баллонную материю, вполне удовлетворяющую перечисленным основным требованиям, — задача нелегкая, требующая исключительного внимания как с производственной, так и исследовательской точки зрения.

Баллонные материи разделяются на следующие три основных типа: 1) материи прорезиненные, 2) материи бодрюшированные, 3) материи лакированные.

Наименование того или иного типа баллонной материи происходит от применения соответствующего вида газонепроницаемого слоя, заключенного или нанесенного на материю. В первом типе материи таким слоем служит резина, во втором — бодрюш и в третьем — лаковая пленка или пропитка.

Применение бодрюшированных материй для оболочек вызвано их высокими газонепроницаемыми качествами; поэтому в последние годы развития воздухоплавания бодрюшированные материи получили большое распространение (главным образом в области жесткого лирижаблестроения). Из материи с наклеенной на нее бодрюшевой пленкой в дирижаблях жесткой системы изготовляют газовые мешки, которые должны обладать весьма высокими газонепроницаемыми свойствами. Для оболочек другого назначения, например для оболочек сферических аэростатов, в сущности говоря, не требуется такая высокая степень газонепроницаемости, поэтому применение здесь дорогостоящей бодрюшевой пленки в качестве газонепроницаемого слоя нецелесообразно; в этих оболочках наиболее подходящими будут прорезиненные материи. Для оболочек дирижаблей мягкой и полужесткой систем, а также для оболочек привязных аэростатов желательно иметь материал с весьма высокими газонепроницаемыми свойствами. Но эти оболочки по своему назначению подвергаются непосредственному воздействию погоды, и применение здесь бодрюшированной материи с ее высокими газонепроницаемыми качествами заставило бы достаточно восприимчивую к сухости и влажности пленку бодрюшированной материи предохранять очень прочными покрытиями, что утяжеляет оболочку и нередко уменьшает ее эластичность. Поэтому конструктора отдают предпочтение для этих типов оболочек дирижаблей и аэростатов прорезиненной баллонной материи. В этом отношении газовые мешки дирижаблей жесткой системы находятся в более благоприятных условиях, — они служат газоместилцами и помещены под внешней оболочкой, обтягивающей металлический каркас, и потому лучше защищены от метеорологических воздействий.

Газонепроницаемый слой, по которому получает наименование тот или иной тип материи, наносится на ткань, которая главным образом воспринимает все напряжения, возникающие в оболочках воздушных кораблей.

Переходя к описанию баллонных материй и тканей для них, дадим несколько определений, характеризующих некоторые основные свойства их:

1) временным сопротивлением ткани или баллонной материи назовем разрушающий груз в килограммах, приходящийся на 1 м ширины материи;

2) относительное удлинение ткани или баллонной материи будем определять в процентах по обычной формуле, применяемой в испытании материалов, т. е. относительное удлинение равно:

$$\frac{l_1 - l_0}{l_0} \cdot 100,$$

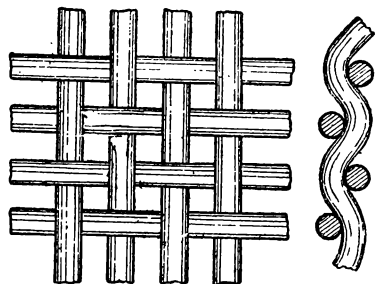
где l_0 — расчетная длина образца, l_1 — длина образца после приложения нагрузки;

3) вес ткани или баллонной материи будем определять в граммах для 1 м²;

4) газонепроницаемость баллонной материи будем определять в литрах с 1 м² в 24 часа при 15° С.

II. ТКАНИ ДЛЯ БАЛЛОННЫХ МАТЕРИЙ

В современных баллонных материях применяют почти исключительно хлопчатобумажные ткани. Ткани изготовляют из самых лучших сортов хлопка, волокна которого обладают однородностью и достаточной длиной (38—42 мм). Хлопчатобумажные воздухоплавательные ткани изготовляются текстильными фабриками в виде полос (длиной от 40 до 100 м и шириной от 1 до 1,35 м), которые носят название «кусков» материи. Нити тканей, расположенные вдоль длинной стороны куска, называются нитями «основы», нити поперечные — нитями «утка». Переплетение нитей основы и утка применяется исключительно простое или полотняное, т. е. такое, где нити утка перпендикулярны к нитям основы и проходят попеременно то под нитями основы, то над ними (фиг. 1).



Фиг. 1. Переплетение нитей воздухоплавательных тканей.

Номера нитей основы и утка должны быть подобраны так, чтобы как временные сопротивления, так и удлинения ткани при разрыве в направлениях вдоль основы и вдоль утка были бы близки друг к другу.

К воздухоплавательным тканям предъявляются следующие основные требования: 1) прочность, 2) определенные пределы деформаций, 3) легкость, 4) отсутствие ткацких пороков, 5) долговечность службы, 6) дешевизна.

Средние значения свойств хлопчатобумажных тканей даны в табл. 1 на стр. 6.

Рассмотрим некоторые из пороков ткани, с которыми приходится встречаться.

1. Близна — брак, при котором в куске ткани вдоль основы не хватает одной или нескольких (подряд) нитей; тогда говорят: «близна в одну нить» или «близна в две нити» и т. д. Этот порок получается от обрыва нитей основы.

2. Недосека — брак, при котором в ткани по ширине ее отсутствуют одна или несколько уточных нитей,

Таблица 1¹

Наименование тканей	Временное сопротивление в кг/м		Относительное удлинение в момент разрыва в %		Вес 1 м ² в г
	Основа	Уток	Основа	Уток	
I. Легкий тип	550	500	6—11	7—13	55—60
II. Средний тип	850	800	7—14	8—16	94—98
III. Тяжелый тип	1 250	1 125	10—15	10—15	130—140

3. Подплетина—брак, при котором обрываются несколько нитей основы (до 50).

4. Забойна—брак, при котором в направлении утка наблюдается густая набивка нитей по всей ширине полотна.

5. Редочь—брак, при котором число нитей вдоль утка на единицу ширины меньше расчетного.

6. Недоработка нитей—брак, при котором нити основы выступают скобками над нитями утка, не переплетаясь с ними, как им полагается по расчету. Недоработка нитей в направлении утка носит название поднырки.

7. Грязные нити—брак, при котором на нити в ткацком производстве попадает масло, которое окрашивает нити в черный или грязный цвет.

8. Шпаруточные проколы—брак, при котором в куске ткани вдоль длинной стороны на расстоянии 3—7 см от кромок наблюдаются проколы от шпаруток.

Не перечисляя остальных ткацких пороков, заметим, что в воздухоплавательных тканях пороки вообще недопустимы, и если некоторое их количество попадается в куске ткани, то они в дальнейшем при прорезинке или бодрюшировании подлежат вырезу. Такие вырезы неэкономичны, так как приходится вырезать ткань с нанесенным на нее уже слоем резины, бодрюша или лака; поэтому количество незначительных пороков в воздухоплавательных тканях должно быть минимальным. Незначительные пороки, как, например, близны в одну или две нити, иногда оставляют в легком или среднем типе воздухоплавательных тканей, при условии, что эти пороки незначительны по своей протяженности (5—10 см), но тогда эти места отмечают и, после нанесения газонепроницаемого слоя, наклеивают на них небольшие заплаты.

III. ПРОРЕЗИНЕННЫЕ БАЛЛОННЫЕ МАТЕРИИ

Прорезиненные баллонные материи разделяются на следующие основные виды: 1) материи однослойные, 2) материи двухслойные и 3) материи трехслойные (фиг. 2). Наименование того или иного вида материи зависит не от числа слоев резины, а от числа слоев ткани, причем резину в некоторых случаях наносят на наружную и внутреннюю поверхности баллонных материй. Двухслойные баллонные материи разделяются на: а) параллельно-дублированные и б) диагонально-дублированные. Первые изготавливаются таким образом, чтобы нити одного слоя ткани были параллельны нитям другого

¹ Не исключена возможность изготовления промежуточных типов тканей с соответствующей интерполяцией механических и физических показателей.

слоя ткани; вторые изготавливаются так, чтобы один из слоев ткани был расположен по отношению к другому под углом (этот угол обычно равен 45°).

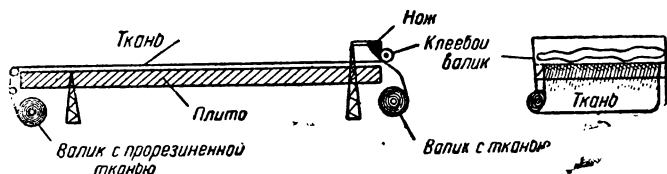
В трехслойных баллонных материях два слоя ткани параллельны друг другу, а третий слой, средний или наружный, расположен под углом в 45° к первым двум.

Ткань, применяемая для изготовления баллонной материи, в большинстве случаев бывает хлопчатобумажная. Ее роль — воспринимать все натяжения, которые создаются в оболочках воздушных кораблей; резиновый слой служит только для придания материи газонепроницаемых свойств.

Резиновый слой накладывается на кусок ткани в виде резинового клея той или иной густоты. Наложение клея производится на специальных заводских машинах (фиг. 3), причем на ткани, после прохода ее под клеевым валиком, остается тонкий слой резино-



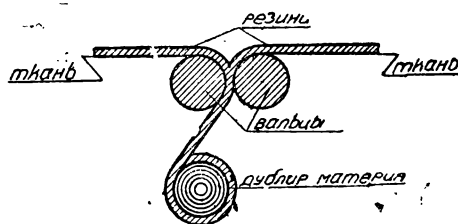
Фиг. 2. Схема баллонных материй.



Фиг. 3. Схема машины для прорезинки баллонных материй (шпреди́нг-машинг).

вого клея; прорезиненная таким образом ткань проходит затем над горячей плитой для испарения бензина и сворачивается в рулон. Для получения слоя резины требуемой толщины и наилучшей газонепроницаемости одну и ту же ткань надо прогонять через машину несколько раз; это дает более эффективные результаты, нежели, если бы требуемой толщины слой резинового клея был наложен сразу.

Прорезиненная ткань или поступает в вулканизацию, если изготавливают однослойную материю, или же, при изготовлении двухслойных или трехслойных материй, ее дублируют

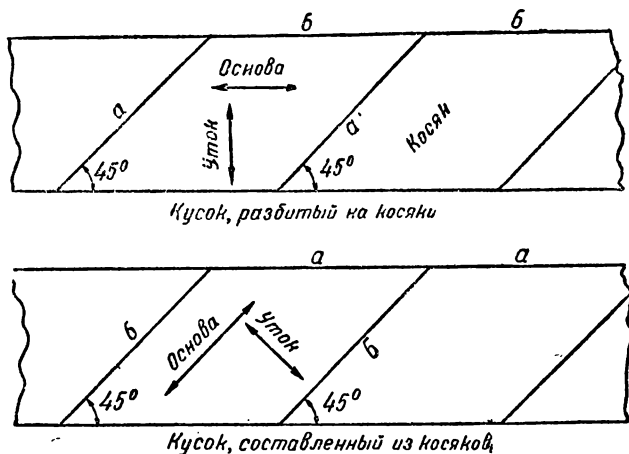


Фиг. 4. Вальцы для дублировки ткани

с другой, подобным образом прорезиненной тканью. Так как рабочий резиновый слой при указанном выше способе прорезинки накладывается на материю только с одной стороны, то процесс дублировки состоит в том, чтобы склеить два покрытые резиной слоя ткани. Склейка производится при помощи специальных вальцов (фиг. 4). Толщина резиновых слоев на каждом куске ткани должна быть подобрана так, чтобы общий рабочий слой резины

после склейки слоев в дублированную материю обладал бы наилучшим газо- непроницаемым свойством. Затем материя поступает в вулканизацию, которая заключается в обработке материи паром при температуре выше 100°C и давлении около 2 ат . Такая обработка производится в течение $1\frac{1}{2}$ час.

Для изготовления параллельно-дублированной баллонной материи не требуется никаких, кроме указанных выше, дополнительных операций. Изготовление диагонально-дублированной материи требует некоторых дополнительных операций, которые заключаются в расположении второго слоя материи под углом в 45° . Для этого прорезиненный обычным способом кусок материи разрезают на части, называемые в производстве «косяками» (фиг. 5); после этого косяки снова склеивают в кусок материи, но так,



Фиг. 5. Изготовление куска материи из косяковых слоев.

что нити в новом склеенном куске будут под углом в 45° к кромкам вновь склеенного куска, а не параллельны или перпендикулярны к ним; такой вновь изготовленный кусок дублируется обычным способом с другим прорезиненным параллельным куском. Таким образом, один слой ткани параллелен, а другой по отношению к нему расположен под углом 45° , откуда и происходит наименование материи — «диагонально-дублированная». После дублирования материя поступает в вулканизацию.

В трехслойных материях два слоя ткани параллельны, а третий — направлен под углом в 45° к первым двум. В этих материях имеются два рабочих резиновых слоя, не считая слоев резины, нанесенных на наружные поверхности материи.

Слои ткани, идущие на изготовление баллонных материй, могут быть или одного или различных типов; от их прочности или деформации зависит прочность и деформация баллонных материй. В табл. 2 приведены средние значения качеств баллонных материй, применяемых в современном воздухоплавании. Таблица не обнимает всех видов баллонных материй, которые могли бы быть изготовлены из различных сочетаний тканей, но содержит основные требования для баллонных материй, которые могут быть предъявлены промышленности.

Таблица 2

Наименование материй	Временное сопротивление в кг/м		Относительное удлинение в %		Максимальная газопроницаемость в л с 1 м ² в 24 часа	Вес 1 м ² в г
	Основа	Уток	Основа	Уток		
Однослойная не окрашенная . .	800	750	7—12	8—16	10	205
» окрашенная	800	750	7—12	8—16	10	220
» окрашенная	600	550	6—10	8—15	10	180
Двухслойная диагонально-дублированная	1 100	1 000	10—12	12—15	10	335
Двухслойная диагонально-дублированная	1 000	950	7—12	8—15	10	310
Двухслойная диагонально-дублированная	600	550	6—10	8—15	10	250
Двухслойная параллельно-дублированная	1 800	1 700	8—12	10—15	10	335
Двухслойная параллельно-дублированная	1 300	1 200	7—10	8—12	10	250
Двухслойная неокрашенная . .	1 300	1 200	7—10	8—12	10	220
Трехслойная	2 000	1 800	8—12	10—15	4	470
»	1 900	1 750	8—12	10—15	4	430
»	1 300	1 200	6—10	8—12	4	400
Трехслойная от дирижабля «Норвегия»	2 100	1 850	13	13	2,8	430

IV. БОДРЮШИРОВАННЫЕ БАЛЛОННЫЕ МАТЕРИИ

Слово «бодрюш» — французское и в воздухоплавании обозначает обработанную соответствующим образом пленку с слепой кишки животных: быков, коров, свиней и баранов («бодрюшевую пленку»). Применение бодрюша в качестве оболочек-газовместилищ имеет свою, достаточно давнюю историю. В 1783 г., к которому относится начало воздухоплавания, во Франции Боманкур выпустил небольшой, наполненный водородом аэростат, оболочка которого была изготовлена из бодрюша. Аэростат имел диаметр около 0,5 м, следовательно, объем — около 0,06 м³ и поверхность оболочки — около 0,8 м². Предполагая, что такой аэростат был изготовлен из двойной пленки, получим вес всей оболочки с проклеенными швами около 35—40 г; аэростат указанной кубатуры может поднять 60—70 г, т. е. такой аэростат поднимет еще некоторое количество полезного груза. Оболочка аэростата «Аэро-Монгольфьер», на котором в 1785 г. при попытке перелететь Ламанш погиб Пилатр де-Розье, также была перекрыта пленками бодрюша.

Слепая кишка быка или коровы имеет в длину от 45 до 100 см и в диаметре — от 5 до 10 см. Внутренности убитого на бойне животного поступают для соответствующей сортировки и очистки от нечистот в первое отделение кишечного завода, обычно находящееся непосредственно при бойнях. После очистки от нечистот и слизи слепая, тонкие и толстые кишки подвергаются калибровке и промывке. Отрезанная слепая кишка представляет собой замкнутую с одного конца трубку, с которой бодрюшевая пленка отделяется ручным способом. Для отделения пленки вдоль кишки делается острым ножом надрез, который не доходит до замкнутого конца, так что после

снятия со слепой кишки на одном конце пленки образуется кармашек. Снятие пленок требует определенного искусства, и чтобы избежать брака от разрывов, необходимо отделение пленок от кишек поручать специально обученным рабочим. Затем пленки промывают, очищают от слизи (если последняя не удалена), сортируют по размерам и пересыпают с обеих сторон мелкозернистой солью; после этого они надеваются своими кармашками при помощи палки-шаблона одна на другую; 25 таких надетых одна на другую пленок составляют один пакет. Наконец, пакеты скручивают, перевязывают и укладывают в бочки, где их пересыпают слоями соли, и уже в бочках выпускают из кишечного завода.

Дальнейшая обработка пленок заключается в их обессоливании, для чего они подвергаются последовательной промывке в ваннах воды; после этого, если это требуется, пленки освобождаются от жировых наростов и прослоек механическим способом и поступают в ванну с небольшим содержанием глицерина. Через сутки обработанная указанным способом пленка натягивается на плотную ткань и после просушки в натянутом состоянии легко сдвигается с ткани уже в виде тонкого сухого листа. После обрезки краев листы пленок имеют размеры от 10×45 до 25×90 см.

Если сухую пленку вновь смочить, натянув предварительно на материю, и прикрепить к ней с помощью воды другую пленку, то после высыхания достигается достаточно прочная склейка; это позволяет собирать сравнительно небольшие по размерам пленки в полотнища любых размеров. Если требуется получить пленку в два и более рядов, то на первый слой пленок накладывается второй, причем приклейка пленки к пленке может быть произведена при помощи воды или же воды с небольшим содержанием глицерина; второй ряд пленок обычно накладывается в перпендикулярном направлении. Таким образом могут быть получены любых размеров полотнища пленок одиночных, двойных, тройных и т. д. Временное сопротивление одиночной пленки достигает 60—80 кг/м, двойной пленки — 100—180 кг/м, тройная пленка дает более высокие сопротивления разрыву и т. д. Склейка пленок водой или водой с глицерином совершенно обеспечивает приведенные выше прочности, — во всяком случае, в момент разрыва разрушение происходит не в местах склейки (швах), а целых местах, причем до момента разрыва не наблюдается расслоения пленок между собой, если пленки дублированы.

Изготовленные полотнища пленок наклеивают, применяя специальный клей, на материю; в состав клея входят: вода, желатин, глицерин, креозот, едкий натр. Материя применяется преимущественно хлопчатобумажная, но возможно применение и шелковой. От материи требуется, чтобы она была наивозможно легкая и достаточно прочная. Полотнища бодрюша, наклеенные на ткань и пролакированные затем со стороны ткани и со стороны бодрюша, и представляют готовую бодрюшированную материю; эта материя может быть и двухслойная (по числу слоев ткани), когда пленки расположены между слоями ткани; из этих материй готовят по требуемому раскрою газовые мешки жесткого воздушного корабля. Следует указать, что окончательно не установлен тот или иной тип бодрюшированной материи. Известны случаи приготовления оболочек, состоящих только из одного бодрюша без применения ткани, но в этих случаях оболочка состояла из восьми слоев пленок; далее, англичане применяли в качестве оболочки для баллонов жестких воздушных кораблей слегка прорезиненную ткань

с наклеенными на нее при помощи жидкого резинового клея пленками из бодрюша. В Германии во время войны 1914—1918 гг., за недостатком пленок от следрой кишки, применялись пленки от частей свиных кишек или тонких кишек крупного рогатого скота. Газонепроницаемость таких пленок достаточно близка к газонепроницаемости бодрюша, но эти пленки обладают большим весом. При применении других пленок один слой пленок все-таки всегда изготовлялся из бодрюша. Чтобы наглядно представить себе количество пленок, расходуемых для изготовления бодрюшированной материи, укажем, что для постройки баллонов жесткого воздушного корабля объемом около 100 м^3 потребуется около 1 млн. пленок. В табл. 3 даны средние значения свойств пленок и бодрюшированных материй.

Таблица 3

Характеристика пленок и материй	Временное сопротивле- ние в кг/м		Относитель- ное удлине- ние в %		Вес 1 м^2 в г	Газопрони- цаемость в л с 1 м^2 в 24 часа
	Основа	Уток	Основа	Уток		
Однослойная бодрюширо- ванная баллонная мате- рия	650	600	6—10	10—18	160—180	0,01—0,3
То же	1 000	1 000	7—12	10—17	180—190	» »
Двухслойная диагонально- дублированная баллонная материя	700	650	7—12	10—18	225	» »
То же	1 100	1 000	7—12	10—17	240	» »
Двухслойная параллельно- дублированная	1 300	1 200	8—12	10—16	240	» »
Однослойный бодрюш . .	60	80	5—8	5—8	4—16	Неопределенная
Двухслойный бодрюш . .	100	180	15—18	15—18	26—33	0,01—0,5

V. ЛАКИРОВАННЫЕ МАТЕРИИ

Лакированными называют такие материи, в которых газонепроницаемым слоем является лаковая пленка. Газонепроницаемые свойства, достигаемые лаками, вообще говоря, удовлетворительны, но применяемые пока в воздухоплавании лаки — масляные, нитроцеллюлозные, пропитки — обладают недолговечностью или малой эластичностью, а также под влиянием метеорологических условий вредным действием на ткани.

Замена прорезиненной или, в особенности, бодрюшированной баллонной материи лакированной или пропитанной материей является задачей, над которой работает исследовательская мысль. Но получить лакированную или пропитанную баллонную материю, более легкую, прочную, эластичную, газонепроницаемую и долговечную, пока еще не удалось. Некоторые лаки (например нитроцеллюлозные) после нанесения их на ткань дают последней прирост крепости, достигающей значительной величины, но во время эксплуатации на воздухе этот прирост уменьшается, затем исчезает и в дальнейшем начинает уменьшаться прочность самой ткани. Масляные лаки, придавая ткани хорошую газонепроницаемость и будучи достаточно эластичными,

под влиянием метеорологических условий (в особенности—высокой температуры) начинают действовать на ткань разрушающим образом, причем сохраняется удовлетворительная газонепроницаемость, но прочность и эластичность ткани утрачиваются. Прежде оболочки сферических аэростатов изготовляли иногда из лакированной материи, причем лак втирался в ткань, но такие материи обладали большой липкостью и оболочка при складывании часто склеивалась.

В условиях эксплуатации иногда приходится прорезиненные или бодрюшированные материи при утере ими газонепроницаемых свойств покрывать газонепроницаемыми лаками, что позволяет продолжать эксплуатацию таких оболочек, но в таком случае дальнейшая эксплуатация имеет довольно ограниченный срок и зависит от состояния покрываемой оболочки; в лучшем случае срок службы такой оболочки достигает 3—4 мес. после лакового покрытия.

VI. ИСПЫТАНИЕ БАЛЛОННЫХ МАТЕРИЙ

Прочность материй

Временное сопротивление, как было указано выше, измеряется в баллонных материях в килограммах на 1 *м* ширины. Определение временного сопротивления производится по основе и утку, для чего из материи изготовляются полоски шириной в 50 *мм* и длиной в 400—500 *мм*. Длина полоски зависит от выбора расчетной длины; при выборе последней, равной 200 *мм*, длина 400—500 *мм* является нормальной; при увеличении расчетной длины соответствующим образом увеличивается и длина образца.

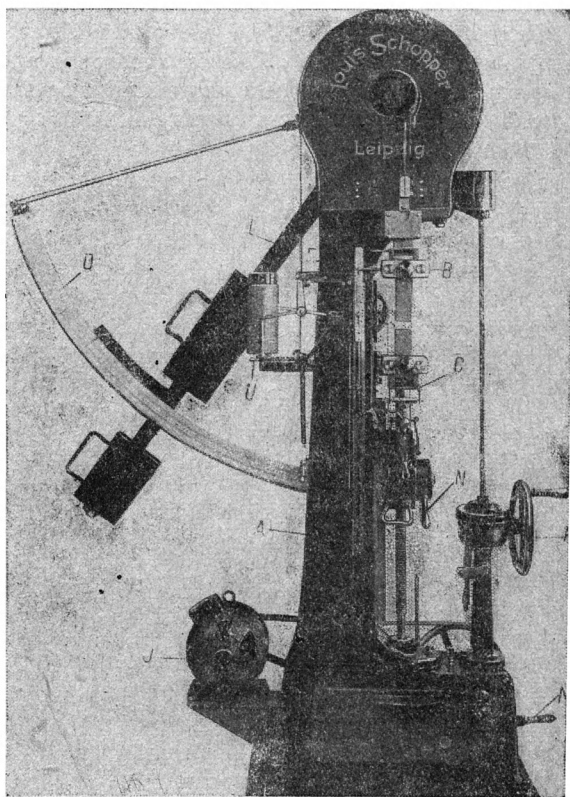
Для определения разрывного усилия в полоске служат разрывные машины, преимущественно фирмы Шопер (на фиг. 6 дана одна из последних конструкций). В машине различаются следующие главные части: станина *A*, верхний зажим *B*, нижний зажим *C*, шкала с тремя масштабами *D*, линейка для определения приращения удлинений *E*, диаграммный аппарат *S*, электромотор *I*, ручной привод *K*, рычаг *L*, переводной рычаг на ручную или электропередачу *M*, рычаг для включения в шпindelь *N*. Перед испытанием полоска материи зажимается в верхний зажим *B* таким образом, чтобы верхний конец ее немного выходил из зажима; далее полоска протаскивается через нижний зажим *C*, который сначала не укрепляется; нижний конец образца по выходе из зажима *C* пропускается над валиком, укрепленным внизу зажима *C*, и на конец образца навешивается заранее установленный постоянный груз (200—250—500 *г*), после чего образец получает некоторое предварительное натяжение. Далее образец центрируется, т. е. устанавливается в вертикальной плоскости без перекосов, для чего служат деления, нанесенные на зажимах *B* и *C*, по которым образец устанавливают так, чтобы деления, ограничивающие края образца, были одинаковые. После этой установки укрепляют нижний зажим и снимают добавочный грузик. Рычаг *L* перед началом испытаний должен быть установлен в исходное положение, т. е. его стрелка должна быть установлена против нулевого значения шкалы. На типе машины, приведенной на фиг. 6, шкала *D* имеет три масштаба: верхний—на 300 *кг* с ценой делений в 0,5 *кг*; средний—на 900 *кг* с ценой делений в 1 *кг*, нижний—на 1500 *кг* с ценой делений в 2 *кг*. Для работы по верхней шкале рычаг *L* должен быть освобожден от всех добавочных грузов; для работы по средней шкале на рычаг *L* наве-

шивается верхний груз; для работы по нижней шкале на рычаг *L* добавляют еще нижний второй груз. После правильной установки образца машину приводят в действие электромотором или ручным приводом, для чего рычаг *M* предварительно устанавливают на соответствующую отметку. Зажим *C* опускается вниз вместе с шпинделем машины, а рычаг *L* начинает двигаться вдоль дугообразной шкалы *D*. В момент разрыва образца рычаг *L* останавливается, а его стрелка на соответствующей шкале укажет разрывное усилие испытуемого образца в килограммах.

При выборе полосы шириной в 50 мм разрывное усилие для нее, определенное на машине в килограммах, надо умножить на двадцать, чтобы получить значение временного сопротивления баллонной материи или ткани в килограммах на 1 м. Вообще же при выборе какой-либо другой ширины образца, например в *n* мм, временное сопротивление в килограммах на 1 м определится умножением величины разрывного усилия образца, выраженного в килограммах, на частное $\frac{1000}{n}$.

Временное сопротивление тканей и баллонных материй определяется как для основы, так и для утка, причем для тканей и материй, уже изученных, делают по несколько испытаний как по основе, так и по утку — примерно от 3 до 5 образцов в каждом направлении. В тканях и материях нового происхождения число испытаний должно быть увеличено. Из полученного числа испытаний определяют среднее значение временного сопротивления.

В многослойных (двухслойных и трехслойных) баллонных материях понятие об образце по основе или по утку определяется направлением основы или утка того слоя ткани, который обращен в оболочке к газу (внутренний слой).



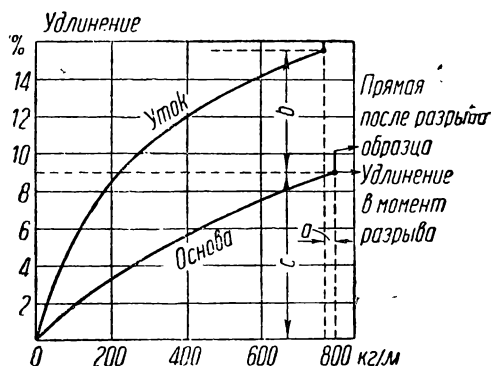
Фиг. 6. Разрывная машина фирмы Шопер.

Определение удлинений тканей и баллонных материй

Одновременно с временным сопротивлением определяется и удлинение в момент разрыва. Относительное удлинение выражают в процентах по

обычной формуле: $\frac{\Delta l}{l_0} \cdot 100$, где Δl — приращение длины образца в момент разрыва, l_0 — расчетная длина образца. Величина Δl просчитывается в мм на линейке, помещенной слева от зажимов машины. Для чтения с точностью до 0,1 мм индекс линейки снабжается нониусом. При определении Δl материй в момент разрыва требуется известный навык, так как даже при незначительном опаздывании чтения по линейке в момент разрыва образца можно прочесть преувеличенную величину приращения длины образца в силу того, что шпиндель машины движется некоторое время после выключения тока, а одновременно с ним продолжает движение и линейка; следовательно индекс линейки будет показывать дальнейшее приращение удлинения уже после разрыва образца.

Также небезынтересен кроме удлинений в момент разрыва и вид деформаций материй за все время испытаний. В этом случае удобно пользоваться



Фиг. 7. Диаграмма растяжения для хлопчатобумажной ткани (непрорезиненной).

графическим изображением, т. е. диаграммами растяжения. В этих диаграммах удобнее изображать удлинения образцов в функции от усилий. Для получения такой диаграммы можно отмечать приращение расчетной длины образца при нескольких промежуточных усилиях до момента разрыва, а потом по точкам строить диаграмму. В машинах Шопера обычно устанавливают для этой цели диаграммный аппарат, который автоматически вычерчивает кривую диаграммы растяжения, так что нет надобности пользоваться отсчетами по линейке; кроме того на кривой

такой диаграммы самостоятельно отмечается удлинение в момент разрыва переломом этой кривой, так что в этом случае можно знать с достаточной точностью удлинения в момент разрыва. На фиг. 7 показана диаграмма растяжения для хлопчатобумажной ткани, где по оси абсцисс откладываются напряжения в килограммах на 1 м, а по оси ординат — относительное удлинение в процентах. Кривые диаграммы вычерчиваются пером самопишущего аппарата для каждого образца основы или утка, а оси координат с соответствующими масштабами наносятся при дальнейшей обработке. Кривые диаграммы для хлопчатобумажной ткани направлены выпуклостью вверх, причем на диаграммах видно, что кривая в момент разрыва образца перестает быть плавной линией, а испытывает перелом и превращается в вертикальную прямую. Проекция точки перелома на ось ординат и укажет относительное удлинение в момент разрыва в процентах. Проекция этой же точки на ось абсцисс покажет временное сопротивление ткани при выбранном нами масштабе оси абсцисс. При испытании образцов все же всегда следует отмечать разрывное усилие образца непосредственно по указанию стрелки рычага машины, умножением которого на соответствующую величину и получим временное сопротивление; что же касается относительных удлинений, то таковые всегда следует брать из диаграммы. В крайнем случае, когда запись с рычага

машины почему-либо пропущена, временное сопротивление можно учесть, проектируя, как указывалось выше, точку перелома кривой на ось абсцисс. Но в этом случае возможна ошибка в определении временного сопротивления на 20—40 кг на 1 мм ввиду мелкого масштаба напряжений и сравнительно большой толщины линии кривой, которую вычерчивает перо самописца.

Ознакомление с диаграммами растяжения весьма полезно и в том отношении, что оно позволяет сделать определенное заключение о качестве нитей: плавный вид кривых (без ступенек) указывает на отсутствие неравномерных по прочности нитей, в противном случае имели бы ступенчатую кривую, которая указывала бы на обрыв группы нитей до момента общего разрыва образца, что вообще надо считать недопустимым в баллонных материях или воздухоплавательных тканях. Баллонная материя или воздухоплавательная ткань должна быть сконструирована так, чтобы временное сопротивление вдоль основы и утка мало отличалось одно от другого; также желательно иметь близкие друг к другу удлинения в момент разрыва. Если обратиться к рассмотрению диаграмм растяжения, то поставленное выше требование будет удовлетворено, если кривые растяжения основы и утка налагались бы друг на друга или бы имели отклонения одна от другой на незначительную величину. Опыты постройки оболочек показали, что в этом случае легко получается хорошая проектная форма независимо от раскроя: трапециoidalного или веретенообразного. В текстильных материалах, а следовательно, и в баллонных материях приходится считаться с неравномерностью материала, но тем не менее эту неравномерность необходимо заключить в определенные пределы в области прочности и деформаций. Если принять требование к временному сопротивлению основы баллонной материи или ткани за некоторую вполне определенную величину, то в отношении временного сопротивления утка необходимо дать допуски. Временное сопротивление по утку часто бывает менее такового по основе, но это не является правилом. Превышение временного сопротивления материи против выставленного требования к нему при сохранении всех остальных качеств материи никогда не является мотивом для забракования. Поэтому здесь рассмотрим временное сопротивление по утку только в случае уменьшения против временного сопротивления основы. Полагая, что коэффициент безопасности для оболочек воздушных кораблей равен 5,5—6, будем рассчитывать такие допуски для временного сопротивления утка, чтобы в любом виде баллонных материй этот коэффициент безопасности нигде не был ниже 5,5 в направлении утка, причем полагаем, что коэффициент безопасности для основы выбран равным шести. (Здесь предположено, что конструктор, имея расчетные данные напряжений в оболочке, выбирает по сортаменту баллонных материй такую, которая удовлетворяла бы поставленным требованиям о коэффициентах безопасности.) При поставленных выше условиях отклонение значений временного сопротивления по утку не должно отличаться от такового по основе более чем на 8,3% (в сторону уменьшения), причем временное сопротивление по основе принято за исходное. Обозначив временное сопротивление по утку p и временное сопротивление по основе K , получим окончательно

$$p \geq K - 0,08K = 0,92 K.$$

Обращаясь теперь к рассмотрению удлинений, отметим на основании опыта, что оболочки получались хорошей формы, когда для них была применена

баллонная материя с удлинениями в пределах 5—17%. Но для каждого типа применяемой материи необходимо поставить требование, чтобы удлинения по основе и утку, находясь в указанных пределах, были бы близки друг к другу, т. е. были бы связаны некоторым соотношением.

Обозначим относительное удлинение в момент разрыва по основе, выраженное в процентах, через a и по утку через b . Считаясь с наличием неровноты материй по удлинениям, возможно допустить отклонения в относительных удлинениях утка по отношению к основе не более, чем на половину относительных удлинений основы, т. е. на величину $\frac{a}{2}$; в этом случае оболочки, построенные из такой материи, приемлемы по деформациям в эксплуатации. Тогда имеем:

1) Относительное удлинение по основе в момент разрыва меньше такового по утку.

Тогда должно быть

$$b \leq a + \frac{a}{2},$$

т. е.

$$b \leq \frac{3}{2} a.$$

2) Относительное удлинение по основе в момент разрыва больше такового по утку.

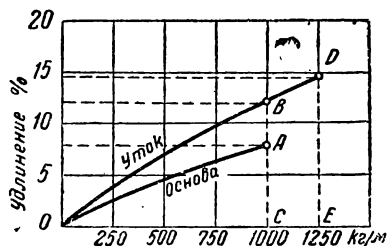
Тогда должно быть

$$b \geq \frac{a}{2},$$

или окончательно:

$$\frac{3}{2} a \geq b \geq \frac{a}{2},$$

при условии, что относительные удлинения в момент разрыва по основе и утку заключены в пределах от 5 до 17%.



Фиг. 8.

Рассмотрим теперь частный случай, который может встретиться при определении удлинений баллонных материй. Пусть баллонная материя (фиг. 8) по основе удовлетворяет в этом направлении требованию временного сопротивления, соответствующего проекции точки A , причем относительное удлинение в момент разрыва соответствует ординате AC ; временное сопротивление по утку соответствует проекции точки D (здесь временное сопротивление по утку выше, чем по основе), а удлинение в момент разрыва соответствует ординате DE .

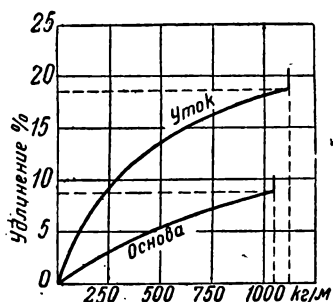
Превышение временного сопротивления по утку против временного сопротивления кондиционного по основе, согласно изложенному выше, не служит мотивом для забракования; если мы обратимся к рассмотрению удлинений в момент разрыва, то может получиться, как и в рассматриваемом примере:

$$DE > \frac{3}{2} AC,$$

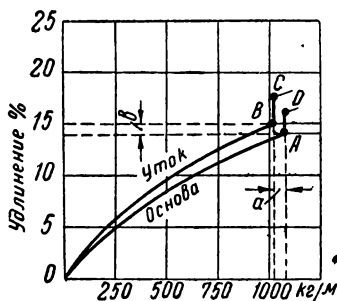
Что не удовлетворяет приведенному выше соотношению по удлинениям. Но, с другой стороны, если бы временное сопротивление по утку соответствовало проекции на ось абсцисс точки *B*, что также удовлетворяет требованию по прочности, то отношение было бы

$$BC = \frac{3}{2} AC,$$

что уже удовлетворяет поставленному выше требованию в отношении удлинений. Следовательно, в подобных случаях, если баллонная материя удовлетворяет требованиям по прочности как по основе, так и по утку, но не удовлетворяет соотношению по удлинениям в момент разрыва, то последнее пересчитывается; величина удлинения по утку определяется ординатой, совпадающей с ординатой для основы в момент разрыва, причем эту ординату следует продолжить до пересечения с кривой, изображающей характер растяжения по утку. Величину этой ординаты, выражающей значение отно-



Фиг. 9. Диаграмма растяжения диагонально-дублированной баллонной материи.

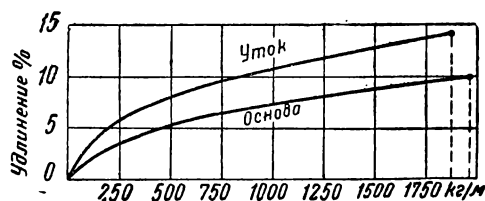


Фиг. 10. Диаграмма растяжения диагонально-дублированной баллонной материи.

сительного удлинения по утку, только и следует вводить в расчет определения отношения удлинений между основой и утком, а не удлинение последнего в момент разрыва.

На фиг. 9 и 10 даны диаграммы растяжения диагонально-дублированной баллонной материи, причем материя с показателями, указанными на фиг. 10, ближе подходит к требованиям на баллонную материя, чем материя на фиг. 9. При испытаниях диагонально-дублированной баллонной материи иногда бывает (как указано на фиг. 10), что материал деформируется до точек *A* и *B* по плавным кривым; далее деформация растет без возрастания нагрузок (линии *BC* и *AD*), после чего вновь наблюдается возрастание нагрузок и деформации по плавным кривым до момента окончательного разрыва. Это явление вызвано следующим: при разрыве образцов диагонально-дублированной баллонной материи (изготовленных так, что наименование образцов по основе или утку соответствует расположению нитей основы или утка параллельного, обращенного к газу, внутреннего, а не косякового слоя) происходит первоначально разрыв именно внутреннего параллельного слоя ткани, обозначенного на диаграмме точками *A* или *B*; диагональный же слой, расположенный по отношению к оси образца под углом в 45° , обладает способностью растягиваться больше и потому

после разрыва параллельного слоя продолжает деформироваться без увеличения нагрузки, что и указано на фиг. 10 вертикальными линиями *СВ* и *AD*. После некоторой деформации диагональный слой иногда оказывается способным воспринимать нагрузки, превышающие таковые для параллельного слоя, чем и вызывается возобновление плавных кривых диаграмм растяжения из точек *С* и *D*. При всех подобного рода явлениях во время



Фиг. 11. Диаграмма растяжения параллельно-дублированной баллонной материи.

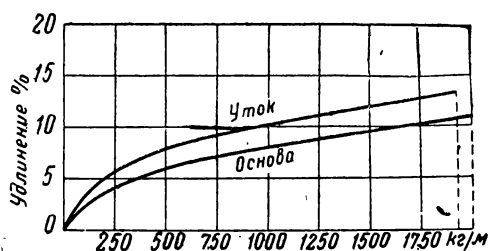
испытаний диагонально-дублированной баллонной материи за временное сопротивление принимают только такое, которое соответствует точкам *A* и *B*, т. е. соответствующее разрыву параллельного слоя, и совсем не учитывается дальнейшее возрастание сопротивления, вызванное диагональным слоем, если оно имеет место. Удлинения в этом случае принимаются также только такие,

которые соответствуют точкам *A* и *B* диаграммы.

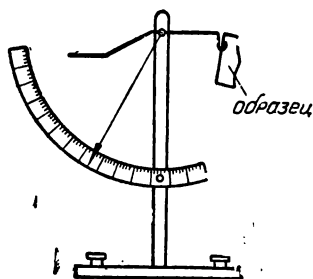
На фиг. 11 представлена диаграмма растяжения параллельно-дублированной баллонной материи, а на фиг. 12 — трехслойной баллонной материи. Как видно из диаграмм, временное сопротивление обеих материй одинаково, но нередко конструкции таких параллельно-дублированных материй, которые по прочности выше трехслойных материй.

Вес баллонных материй

Вес баллонных материй принято измерять в граммах на 1 м^2 . При взвешивании применяют образцы того или иного размера, после чего вес такого образца пересчитывается для веса 1 м^2 . Само взвешивание произ-



Фиг. 12. Диаграмма растяжения трехслойной баллонной материи.



Фиг. 13. Схема весов для взвешивания баллонных материй.

водится на обычных лабораторных весах или на весах специального типа (фиг. 13); образец определенного размера навешивают на крючок или укладывают в чашечку на конце рычага, вследствие чего рычажок отклоняется, а связанная с ним стрелка отмечает некоторое деление на шкале; шкала градуирована для чтения весов непосредственно в граммах для 1 м^2 .

Вес материи не является постоянной величиной, а зависит от степени влажности воздуха; изменение веса баллонных материй в зависимости от изменения относительной влажности воздуха может достигать, по нашему определению, 4—5%. При определении веса баллонных материй это изменение обычно не учитывается, а к баллонной материи предъявляется требование, чтобы ее вес не превосходил заданной величины при всех условиях относительной влажности воздуха. При взвешивании образцов считают достаточным требование, чтобы образцы пробыли в лаборатории до момента взвешивания не менее двух суток.

Определение газопроницаемости баллонных материй

Газопроницаемость балонных материй определяется в литрах с 1 м² в сутки при 15° С. Для определения газопроницаемости существует много приборов; из них к старейшим конструкциям относятся весы Ренара, довольно долгое время применявшиеся при определении газопроницаемости образцов, но требующие сутки для испытания одного образца; приборы Шорта, показывающие утечку газа на самой наполненной газом оболочке, но не показывающие литража газопроницаемости. За последнее время д-ром Шекспиром сконструированы приборы, позволяющие определять газопроницаемость образцов, рулонов материй, наполненных оболочек, отдельных точек, с учетом величины газопроницаемости. Эти приборы позволяют определять значение газопроницаемости баллонных материй в относительно короткий срок и получили большое распространение. Из последних французских приборов следует отметить прибор фирмы «Зодиак», позволяющий определять газопроницаемость при больших давлениях. Безусловный интерес представляет установка с интерферометрами для определения газопроницаемости, примененная в американском Бюро стандартов по баллонным материям.

1) Приборы д-ра Шекспира для исследования газопроницаемости. Полный комплект приборов д-ра Шекспира для исследования газопроницаемости состоит из четырех аппаратов следующего назначения: 1) для испытания вырезанных образцов, 2) для испытания невырезанных образцов (рулонов), 3) для испытания наполненных газом оболочек, 4) для испытания отдельных мест (деталей) диаметром в несколько миллиметров (особенно удобный для испытания утечки в швах).

Действие приборов основано на принципе «катарометра» (чувствительный элемент), который представляет электроприбор, определяющий состав смеси двух газов путем измерения их термической проводимости. Катарометр состоит из двух одинаковых платиновых спиралей, помещенных каждая в латунной оправе. Обе спирали образуют две ветви мостика Уитстона, остальные две ветви образованы манганиновыми катушками. Когда через мостик проходит ток, то платиновые спирали нагреваются, причем их температура выше температуры латунной оправы, в которой они помещены; вследствие разницы температур происходит передача тепла от проволок к оправе, причем скорость передачи зависит от термической проводимости газов, которыми в данный момент окружены спирали. Одна из спиралей катарометра помещается всегда в постоянном газе, в данном случае — в чистом воздухе, а другая спираль в периоды опыта на газопроницаемость окружена газовой смесью, которую необходимо испытать. Перед началом испытания обе спирали окружены чистым воздухом и мостик балансируется.

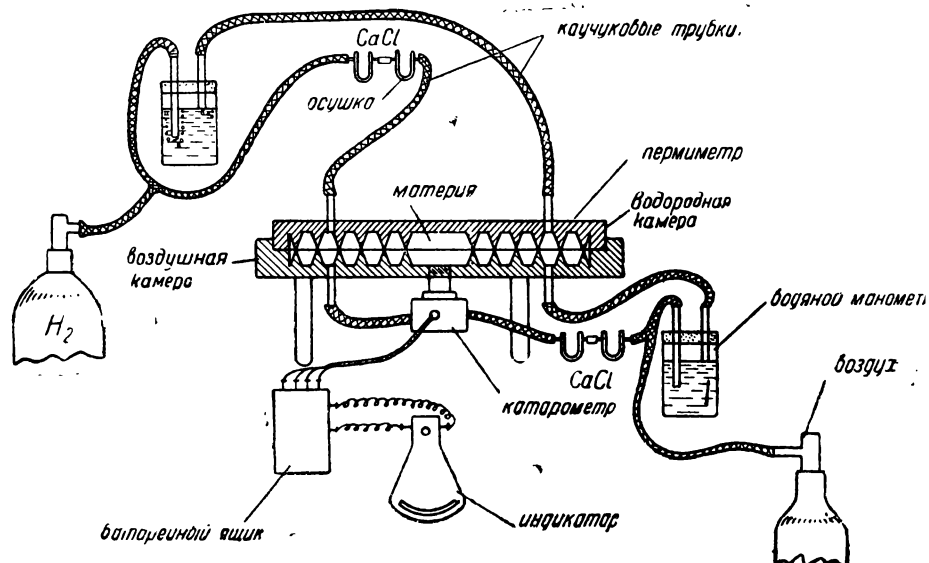
Когда же состав газа, окружающего одну из спиралей, изменяется, то изменяется и температура этой спирали и, следовательно, изменяется ее сопротивление. Но тогда нарушается равновесие мостика Уитстона, и измененный ток, проходящий через мостик, измеряется по гальванометру, что позволяет определить изменение состава газа. Гальванометр в таком случае может быть непосредственно проградуирован в процентах. Рабочий ток, который применяется для катарометра, составляет 120 миллиампер. Если катарометр подключить к какому-нибудь сосуду с постоянным объемом, в который просачивается с постоянной скоростью водород или гелий, то степень его процентного содержания можно отсчитывать по отклонению стрелки гальванометра; таким сосудом в приборах д-ра Шекспира служит так называемый пермиметр, куда просачивается водород или гелий через баллонную материю с вполне определенной площадью. Таким образом, зная площадь образца, расчетный объем пермиметра и скорость движения стрелки гальванометра, можно непосредственно вычислить газопроницаемость материи в литрах с 1 м^2 в 24 часа. Катарометр имеет четыре шнура, которые прикрепляются в соответствующих пронумерованных местах к батарейному ящику, вмещающему аккумуляторы и реостат; на этом же батарейном ящике имеются два контакта со знаками $+$ и $-$, от которых проходят провода к зажимам гальванометра также с соответствующей полярностью. Шкала гальванометра градуирована на 10% содержания в воздухе водорода или гелия, каждый 1% разделен на пять или десять делений. На шкале в соответствующем месте нанесена красная черта, служащая отметкой для регулирования тока. Гальванометр имеет установочный винт для приведения стрелки на нуль шкалы. Когда все электропровода соединены, то нажимают кнопку, помещенную на батарейном ящике, с надписью «Test» (испытание), при этом стрелка гальванометра быстро отклоняется и устанавливается на некотором делении на шкале. Чтобы получить ток в 120 миллиампер, необходимо привести стрелку к красной черте на шкале гальванометра; для этого вращают винт реостата, также помещенного на батарейном ящике, после регулирования тока отпускают кнопку «Test» и стрелка возвращается или к нулю шкалы или устанавливается на том делении, которое указывает процентное содержание водорода или гелия в воздухе, действию которых подвергается в данный момент катарометр. Нулевое положение прибора зависит еще от процентного содержания водяных паров. Это электрическое нулевое положение может быть отрегулировано специальным винтом, помещенным внутри самого катарометра. В сущности особой точности установки на нуль не требуется, так как измерение газопроницаемости зависит не от точности отклонения стрелки гальванометра, а только от степени изменения отклонения.

Прибор для испытания на газопроницаемость вырезанных образцов материи. Прибор состоит из пермиметра, катарометра, батарейного ящика, индикатора (гальванометра), осушительных приборов, манометров и прибора для заделки краев образцов (фиг. 14 и 15а).

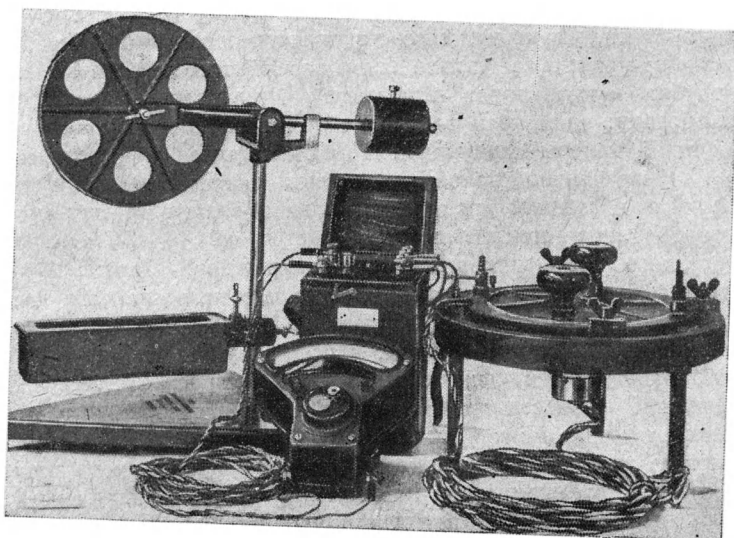
Перед испытанием из материи вырезают круг, края которого подвергают обработке на специальном приборе (фиг. 15а и 15б).

Этот прибор представляет собой два диска, между которыми зажимается круглый образец материи таким образом, чтобы его края выходили наружу примерно на 15 мм. Диски укреплены на металлическом штативе. На том же штативе под диском укреплена продолговатая ванна с двойными

стенками, между которыми налита вода. Ванну наполняют смесью воска с вазелином (в пропорции вазелина 3,5 и воска 1 весовых частей). Если



Фиг. 14. Схема прибора для испытания на газопроницаемость вырезанных образцов материи.

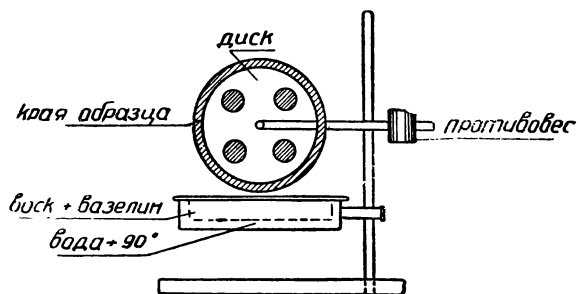


Фиг. 15а. Прибор д-ра Шекспира и прибор для обработки краев образца.

воду между стенками ванны довести до кипения, то смесь расплавляется. Тогда осторожно опускают диски с материей к ванне таким образом, чтобы выступающие края образца были целиком погружены в смесь, и медленно

поворачивают диски, делая в 1 мин. 3—4 поворота. По окончании этой операции диски поднимают вверх, составу дают осесть на краях образца, после чего образец осторожно вынимается из дисков и поступает для испытания в пермиметр.

Пермиметр представляет собой барабан, куда помещается образец баллонной материи. Зажатый в пермиметре образец разделяет последний на две камеры: воздушную, где ввинчен катарометр (фиг. 14), и водородную. Каждая камера имеет по два крана: для впуска и выпуска газа, в одном случае воздуха, в другом — водорода. В воздушную камеру пермиметра ввинчивают катарометр, причем ввинчивание производят доотказа и нарезку катарометра предварительно смазывают составом для заделки краев образца. Крышку пермиметра



Фиг. 156. Схема прибора для обработки краев образца.

которая в этом приборе служит одновременно и водородной камерой, накладывают флянцами на такие же флянцы воздушной камеры пермиметра, причем на флянцы последнего предварительно накладывают испытуемый образец. Таким образом образец своими краями, заделанными в составе, зажимается между флянцами пермиметра, а для окончательного зажима образца

служат четыре винта, укрепленные по окружности пермиметра. Перед испытанием образца открывают все четыре крана пермиметра, на которые надевают резиновые трубки, и производят испытание тщательности заделки образца следующим образом: один кран водородной камеры соединяют с одним из кранов воздушной камеры каучуковой трубкой; далее из остальных двух кранов один (безразлично какой) соединяют с водяным манометром, а через оставшийся последний кран вдувают воздух до тех пор, пока разность столбов на манометре не установится на 40—50 мм водяного столба, после чего этот четвертый кран закрывают. Первые 2—3 мин. разность столбов в манометре несколько уменьшается, после чего наступает равновесие, если образец хорошо заделан. Наблюдение за манометром достаточно провести в течение 10 мин., и если результаты удовлетворительны, то можно приступать к испытанию; в противном случае, если наблюдается уменьшение разности столбиков в манометре, необходимо отыскать причину утечки, которая может происходить или через краники, или около флянцев, или у нарезки катарометра. В таком случае снова тщательно смазывают соответствующие места и вновь производят испытание на непроницаемость пермиметра. По получении удовлетворительных результатов один кран водородной камеры соединяют с водородным баллоном, а краник воздушной камеры — с баллоном сжатого воздуха или газометром.

Для проведения испытания образцов всегда в одинаковых условиях необходимо вести опыты с сухими образцами. Просушка образца производится следующим образом: в резиновые шланги, соединяющие пермиметр с соответствующими баллонами, включают по две трубки с хлористым каль-

цием (CaCl) или с фосфорным ангидридом (P_2O_5). Газ и воздух в сухом состоянии поступают в пермиметр и протекают вдоль заделанного образца с обеих сторон его поверхности и выходят через другую пару краников пермиметра. Сухой газ и воздух пропускаются в течение 15—20 мин. после чего можно считать, что ткань испытуемого образца потеряла свою влагу.

Опыт необходимо проводить при одном давлении, для чего употребляют простые манометры, представляющие собой трехгорлую банку, в крайние отверстия которой пропущены через пробки стеклянные трубки, а среднее отверстие оставляется открытым. В банку наливают воду, а трубки опускают ниже уровня воды на 10 мм. Эти манометры перед пермиметром включаются на тройниках в газо- и воздухопроводы. Перед началом опыта давление газа и воздуха регулируют так, чтобы у концов стеклянных трубок, погруженных в воду, только-только не показывались пузырьки. После выхода газа и воздуха из пермиметра в газо- и воздухопроводы включается такой же манометр, который носит название контрольного и отличается от предыдущего тем, что стеклянные трубки опущены на 1 мм ниже уровня воды: «кипение» у концов стеклянной трубки указывает, что газ и воздух протекают через всю систему нормально. Не исключена возможность включения в газопровод обычных U-образных манометров в точках, непосредственно близких к пермиметру. Для определения температуры в газопровод непосредственно за пермиметром включают стеклянную трубку с термометром, по которому и определяется температура за все время опыта. Когда прибор проверен, электропровода соединены и просушка подходит к концу, можно приступать к самому испытанию на газопроницаемость. Для этого сначала закрывают входной кран воздушной камеры пермиметра, а потом выходной кран этой же камеры, краники газовой камеры остаются открытыми. На заготовленном бланке или листке отмечают начальное показание индикатора и температуры и пускают секундомер. Через каждые 2 мин. вновь отмечают показания индикатора и температуры. Опыт считают удовлетворительным, когда колебания температуры за все время не превышают $0,7^\circ\text{C}$ и разности между соседними показаниями индикатора делаются постоянными, т. е. стрелка гальванометра движется равномерно. Обычно для нормальной материи достаточно для наблюдения 20 мин. Для материй дефектных бывают случаи, что стрелка гальванометра движется настолько быстро, что в сравнительно короткий промежуток времени проходит расстояние до красной черты на шкале; в этом случае, конечно, приходится выбирать более короткие интервалы для времени. Нормально испытание заканчивается, когда стрелка указывает 1—1,5%, содержания водорода в воздухе. Для определения газопроницаемости в литрах на 1 м^2 в 24 часа при данной температуре служит формула д-ра Шекспира, которая получена нижеследующим образом.

Обозначим через S увеличение содержания водорода в 100 частях смеси за время T минут (т. е. показание индикатора за время T), через A обозначим площадь испытуемого образца в кв. сантиметрах, через V —объем воздушной камеры пермиметра в см^3 . Тогда

$$\frac{(100 + S)S}{100 T}$$

будет равняться увеличению содержания водорода в 1 мин. в 100 частях воздуха и

$$\frac{(100 + S) S}{100 T} \cdot \frac{V}{100}$$

будет объем водорода, проходящего в 1 мин.

Переходя к литрам с 1 м² в сутки, очевидно, получим:

$$\frac{144 (100 + S) S}{100 A t} \cdot V.$$

Так как в каждом приборе A и V — вполне определенные величины, то, соединяя в предыдущей формуле все известные цифровые величины в один коэффициент K , получим окончательно формулу для определения газопроницаемости Z :

$$Z = \frac{K(100 + S) S}{T}$$

(в литрах с 1 м² в 24 часа при температуре °C), где S — показание индикатора за время T в минутах.

Прибор для определения газопроницаемости невырезанных кусков. Основная часть его состоит из периметра, который, так же как и в основном приборе, разделяется материей на воздушную и водородную камеры (фиг. 16). В этом периметре водородная камера расположена в нижней части аппарата и снабжена входным и выходным кранами для газа. Воздушная камера (на фигуре — катарометрический круг, изображенный отдельно) помещается в периметре в верхней части. Для измерения температур в приборе предлагается применять специальный круг, указанный на фиг. 16, с гнездом для термометра, который накладывают на нижнюю камеру перед началом опыта и после измерения температуры заменяют катарометрическим кругом.

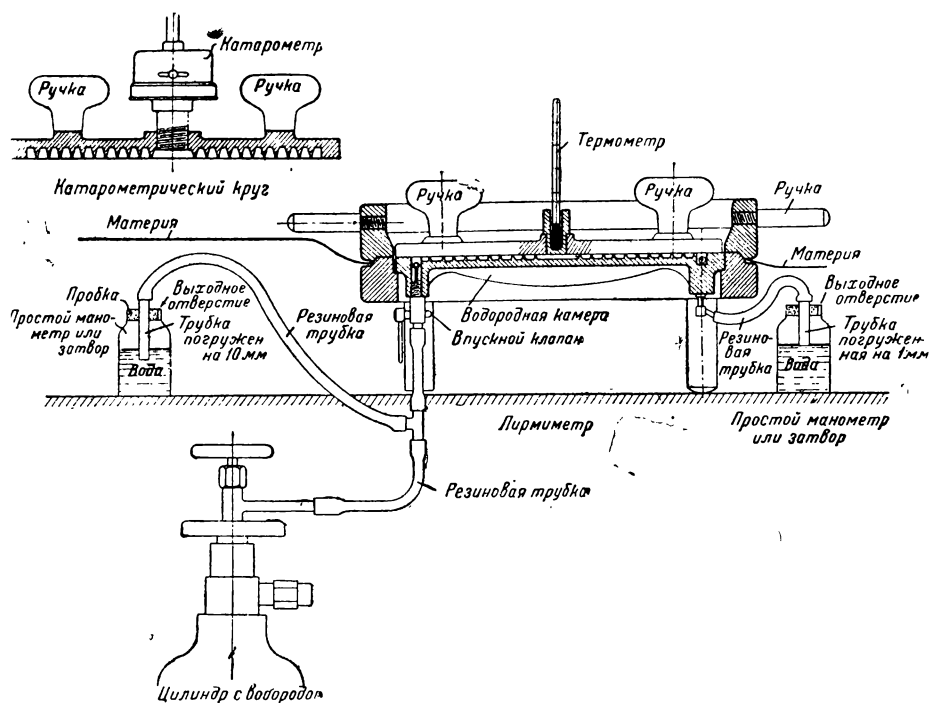
Определение температур лучше производить не при помощи температурного круга, а при помощи термометра, включенного в стеклянной трубке в газопровод, непосредственно за выходным краником водородной камеры; последний способ позволяет определять температуру в любое время опыта. Для определения газопроницаемости на флянцы нижней камеры, предварительно смазанные составом для заделки образцов, накладывают материю тем местом, которое предположено к испытанию, причем концы испытуемого куска могут выступать за флянцы, как угодно. На нижнюю камеру надевают достаточно тяжелое кольцо, которое и прижимает материю к нижней камере. Края верхней камеры периметра (катарометрического круга) так же смазывают газонепроницаемой смесью, после чего круг накладывают на материю внутри прижимного кольца. Входных и выходных краников в этом приборе воздушная камера (катарометрический круг) не имеет и здесь просушка испытуемого места материи не производится. Водород из баллона поступает через входной краник водородной камеры периметра, причем перед последним на тройнике включается простой манометр, как это было указано для основного прибора; за выходным краником водородной камеры включают термометр и контрольный манометр. Электрическая часть этого прибора та же и требует тех же операций, как и в основном приборе

д-ра Шекспира. Начало испытаний можно начинать через 1 мин. после пуска газа, причем порядок отсчетов и записей такой же, как и в основном приборе.

Для вычисления газопроницаемости служит формула:

$$Z = \frac{K(100 + S)S}{T}$$

(в литрах с 1 м² в 24 часа при температуре в °С), где S — показание индикатора за время T в минутах. Коэффициент K в этом случае выводится



Фиг. 16. Схема прибора д-ра Шекспира для невырезанных образцов.

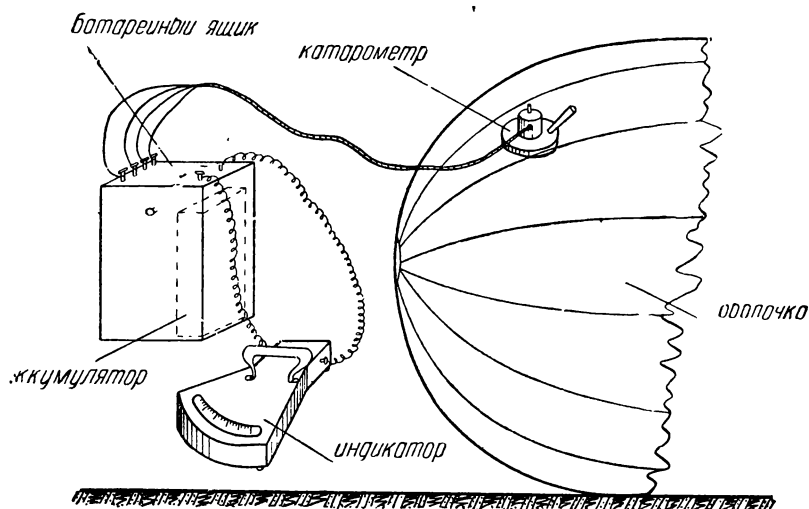
из целого ряда опытов одних и тех же образцов по определению газопроницаемости на этом приборе и на основном приборе.

Описанный прибор может быть применен и для испытания различных мест в ненаполненных газом оболочках, что имеет существенное значение в практике, так как дает возможность не производить вырезывания кусков в самой оболочке. Для испытания необходимо установить нижнюю часть прибора через апендиксовое или клапанное отверстие внутрь оболочки, натянуть на нее нужное для испытания место материи и закрыть снаружи кольцом и крышкой (верхней камерой) прибора, после чего произвести испытание при наличии в эллинге или на биваке водородного баллона.

Прибор для испытания наполненных газом оболочек состоит из диска с ввинченным в него катарометром; прибор предназ-

начен для испытания оболочек, наполненных газом. Катарометр снабжается более длинным проводом, чем в предыдущих приборах. Диск с катарометром снабжается батарейным ящиком и индикатором (фиг. 17), установка которых производится так же, как и в предыдущих случаях. Диск в данном приборе служит воздушной камерой, а водородной камерой служит сама наполненная газом оболочка.

Для производства испытания нужны два наблюдателя: один — накладывает прибор на оболочку аэростата, другой — ведет наблюдение за индикатором. Перед испытанием необходимо следить за тем, чтобы поверхность прибора (диска) была параллельна материи; во время испытания необходимо, чтобы наложенный и удерживаемый наблюдателем прибор не сдвинулся с места, что может привести к неточным результатам опыта.



Фиг. 17. Схема прибора для испытания наполненных газом оболочек.

Началом испытаний является подача команды первым наблюдателем, приложившим правильно диск к оболочке, после чего второй наблюдатель у приборов включает секундомер для отсчета времени. Все отсчеты производятся так же, как и при работе с предыдущими приборами, только интервалы отсчетов здесь целесообразно брать не более 1 мин. и весь опыт вести не более 10 мин., так как более длительный период удержания прибора на оболочке требует от первого наблюдателя утомительного напряжения, что, в свою очередь, может повести к сдвигу диска и таким образом аннулировать испытание.

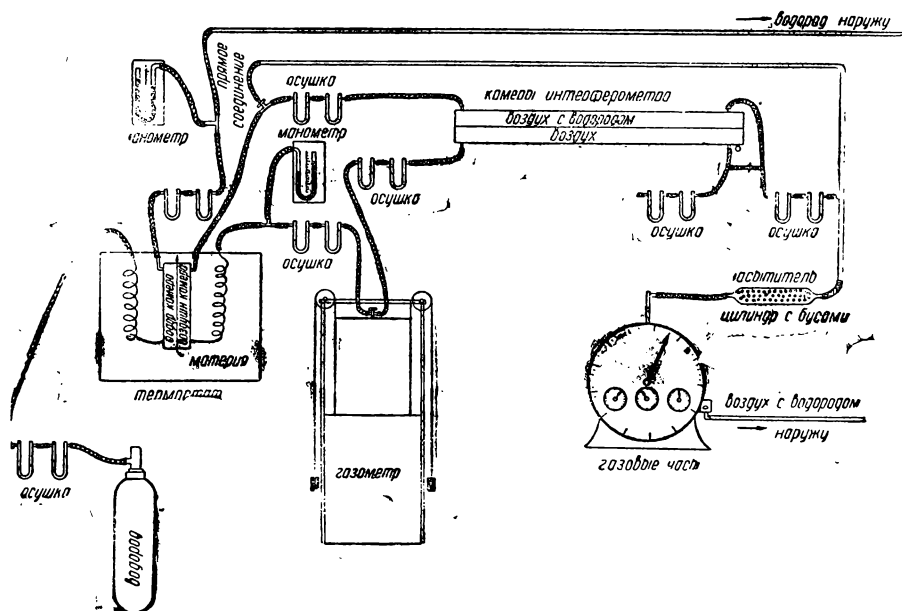
Вычисление значений газопроницаемости производится по обычной формуле:

$$Z = \frac{K(100 + S)S}{T}$$

(в литрах с 1 м³ в 24 часа при температуре в °C), где коэффициент K вычисляется опытным путем в лаборатории, определяя этим прибором газопроницаемость тех материй, для которых значения газопроницаемости

известны заранее. Указанный прибор имеет большее применение в эксплуатации; он позволяет определять газопроницаемость любых мест оболочки, не прибегая к вырезанию кусков, что, в свою очередь, потребовало бы освобождения оболочки от газа.

2) Определение газопроницаемости материй помощью интерферометров. Установка с интерферометрами (фиг. 18) для определения газопроницаемости баллонных материй применялась впервые в американском Бюро стандартов по баллонным материям. Газовый интерферометр состоит из двух камер, смонтированных вплотную друг к другу, длиной каждая 100 см и поперечным сечением в 1 см^2 . С одного конца в камеры интерферометра посылается от электрической лампочки пучок световых лучей,



Фиг. 18. Схема установки с интерферометром.

которые, пройдя сквозь среду камер интерферометра, преломляются в призмах, расположенных у другого конца камер интерферометра, и рассматриваются в виде двух спектров, расположенных один над другим в поле зрения микроскопа, монтированного у призм. Если в одной камере интерферометра находится газ, например воздух, а в другой — газовая смесь, т. е. содержание какого-либо другого газа в воздухе, то при помощи спектрального анализа в интерферометрах определяют процентное содержание этого газа в воздухе.

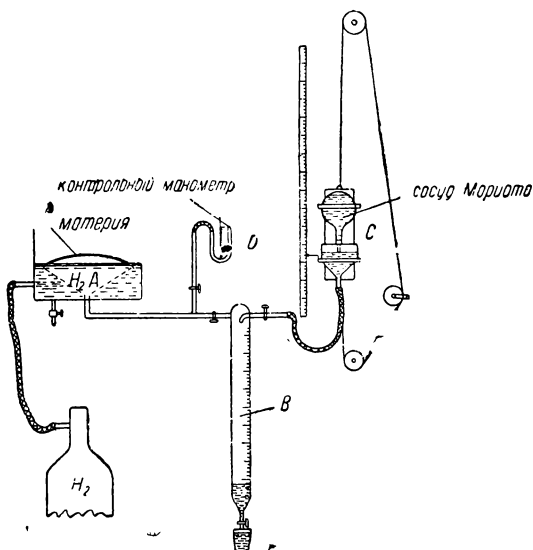
Установка для определения газопроницаемости состоит из барабана, который разделен образцом баллонной материи на две камеры: воздушную и водородную (если определяют газопроницаемость для водорода). В процессе опыта водородная камера наполняется протекающим водородом, а в воздушной камере создается поток воздуха. Водород, получаемый из

баллона (трубы), пройдя осушительные цилиндры, поступает в барабан. Поток воздуха создается или газометром или баллоном с сжатым воздухом, который также проходит через осушку и затем поступает в барабан. Такой пропуск сухого водорода и воздуха вдоль обеих поверхностей образца аналогичен просушке образца в осозном приборе д-ра Шекспира. Барабан помещен в термостате, где поддерживается постоянная температура. В поток воздуха включают манометр для контроля давления. Часть водорода, которая прошла через образец из водородной камеры в воздушную, увлекается струей воздуха в камеру интерферометра, предназначенную для

газовой смеси, причем до поступления в камеру смесь снова подвергается просушке.

В интерферометре путем оптического метода определяют процентное содержание водорода в воздухе, а при помощи газовых часов, включенных после интерферометра, определяют литраж пропущенной смеси. Зная площадь образца, процентное содержание водорода, литраж пропущенной смеси, определяют газопроницаемость испытуемой баллонной материи.

3) Определение газопроницаемости баллонных материй прибором «Зодиак». Прибор состоит из газовместителя *A* (фиг. 19), покрытого сверху образцом испытуемой материи. Края образца во избежание



Фиг. 19. Схема прибора «Зодиак».

утечки газа плотно заделывают и промежуток между стенками газоместителя и наружным кожухом заливают водой, как это указано на фигуре. Газовместитель соединен при помощи газопровода с стеклянным цилиндром *B*, градуированным на кубические сантиметры и оканчивающимся внизу краном. Этот цилиндр одновременно имеет сообщение с сосудом Мариотта, представляющим собой воронку с водой, в которую погружено горлышко наполненной водой и перевернутой колбы. Воронка и колба монтированы так, что имеют возможность передвигаться по вертикали вдоль разделенной на миллиметры линейки. Стрелка, соединенная с воронкой, указывает по линейке, на каком делении установлен сосуд Мариотта. Газопровод, кроме того, соединен с контрольным манометром *D*, указывающим давление газа в миллиметрах водяного столба. Перед началом опыта газ пропускают через газоместитель в цилиндр и после такой продувки закрывают нижний кран цилиндра и вводный кран для газа, так что некоторый объем газа остается заключенным в газоместителе под испытуемым образцом, в газопроводе и цилиндре. Далее, путем передвижения сосуда Мариотта по вертикали добиваются, чтобы некоторое количество воды поступило из воронки

через соединительные трубки в цилиндр и заняло в его нижней части некоторый объем, от которого можно начать отсчет по градуировке цилиндра. Вода, израсходованная из воронки, сейчас же пополнится из колбы, так что уровень воды в воронке опять будет прежним. Передвижением сосуда Мариотта устанавливают его теперь таким образом, чтобы стрелка у воронки указала на миллиметровой линейке количество миллиметров, соответствующее давлению (в миллиметрах водяного столба), при котором желают произвести испытание. По контрольному манометру проверяют, что действительно давление газа установилось такое, которого добивались. Делают отсчет у уровня воды по делениям градуированного цилиндра, отмечают температуру и оставляют прибор на 1 или 2 часа. При утечке, в процессе опыта, газа через поверхность испытуемого образца изменяется давление газа в приборе, которое сейчас же восстанавливается притоком воды из сосуда Мариотта в градуированный цилиндр, так что объем газа, заключенного в цилиндре и в остальных частях прибора, уменьшается, а давление остается прежним. Через установленное время вновь делают отсчет по уровню воды в градуированном цилиндре и по разности второго и начального отсчета определяют количество приточной воды в см^3 .

Пусть поверхность испытуемого образца — $1/n \text{ м}^2$, время опыта — $K \text{ час.}$, объем воды в цилиндре за время опыта — $m \text{ см}^3$; тогда газопроницаемость Z в литрах с 1 м^2 в 24 часа будет:

$$Z = \frac{24}{K} \cdot \frac{m}{1000} \cdot n = 0,024 \frac{mn}{K}.$$

При испытании на этом приборе совершенно необходимо, чтобы во все время опыта была постоянная температура или изменение ее не превосходило 1°C .

4) Другие приборы для определения газопроницаемости. Прибор по методу сжигания газа. Прибор состоит из барабана, который разделяется испытуемым образцом баллонной материи на две камеры. В одной из камер вдоль образца протекает водород, в другой создается поток воздуха. Водород, прошедший через испытуемый образец в воздушную камеру, увлекается потоком воздуха; далее смесь посредством пропуска через трубки с CaCl подвергается просушке и поступает в стеклянный цилиндр с платинированным асбестом, который подогревается пламенем горелки. В трубке водород сжигается в воду. Взвешивание цилиндра на точных весах до и после опыта определит прирост веса за счет воды, по которому и вычисляют количество водорода. Зная площадь образца, количество водорода, сожженного за время T , можно определить газопроницаемость материи в литрах с 1 м^2 в 24 часа. Способ этот обладает большой точностью, но требует много времени на испытание, точной аппаратуры и высококвалифицированных лаборантов.

Весы Ренара-Сюркуфа. Долгое время во многих лабораториях применялись для определения газопроницаемости весы Ренара-Сюркуфа. Прибор состоит из весов; на одной чашке монтировалось газоместилище, которое закрывалось образцом испытуемой баллонной материи, другая чашка весов уравнивалась гирями. Под образец подводился некоторый объем газа, который и оставался под образцом 24 часа. Через сутки, при газо-

проницаемости через поверхность образца, равновесие весов нарушается и это нарушение отмечают по делениям отклонения стрелки весов. Зная поверхность образца, температуру, давление, пересчитывают значение газопроницаемости в принятых единицах. Указанный прибор требует затраты значительного времени на одно испытание, в которое трудно добиться однообразия температуры; изменения же последней отражаются на значении газопроницаемости.

Определение чистоты газа в оболочках аэростатов. При эксплуатации воздухоплавательных объектов весьма важно знать чистоту газа в оболочке. Д-ром Шекспиром сконструирован прибор, позволяющий определить чистоту газа в весьма короткий срок (5—10 мин.). Прибор помещается в портативном ящике, в котором расположены индикатор, катарометр, реостат, аккумуляторная батарея и ручной аспиратор. Измерительный элемент прибора (как и в катарометре) состоит из латунной оправы, где размещены две платиновых спирали, через которые пропускается электрический ток; одна из спиралей посредством отверстий сообщается с испытуемым газом, другая — окружена воздухом. Когда одна из спиралей окружена чистым газом — водородом или гелием (для каждого газа должен быть отдельный прибор), то стрелка индикатора устанавливается на делении 100%; при наличии в газе воздуха стрелка отклоняется на соответствующее число делений. Шкала индикатора градуирована в процентах, причем нулевому делению шкалы соответствует 100%, концу шкалы — 80%; следовательно, чистоту газа по этому прибору можно определять в пределах от 80 до 100%; цена делений шкалы — 0,5%.

Электрический ток передается от батареи и должен иметь постоянную силу. Над катарометром, скрытым в корпусе прибора, помещена трубчатая камера, с одной стороны которой присоединен аспиратор, а с другой — резиновый шланг от аэростата. Перед началом определения чистоты газа прибор устанавливают: включают штепсель аккумуляторной батареи, устанавливают стрелку индикатора специальным регулировочным винтом точно на нуль (100%) и поворачивают винт с индексом на приборе из положения «Off» (выключено) на положение «Test» (испытание). Стрелка индикатора при этом начинает двигаться и должна остановиться на красной черте шкалы, которая нанесена вблизи деления шкалы в 80%; если этого не случится, то стрелку доводят до красной черты при помощи реостата. При таком условии сила тока достигает постоянной определенной величины. Далее винт с индексом снова приводится на положение «Off». Когда проверка силы тока произведена, к трубчатой камере присоединяют резиновую трубку, сообщаемую с оболочкой аэростата (для этой цели удобно воспользоваться трубкой, которая сообщается с манометром для показания сверхдавления). Помощью аспиратора в течение 3—5 мин. производится продувка прибора газом, после чего, не останавливая работы аспиратором, винт с индексом поворачивают из положения «Off» на положение «H₂» или «He» (гелий), при этом стрелка индикатора укажет процентное содержание газа. Полезно и после того, как стрелка остановится на каком-либо делении, с минуту продолжать работу аспиратором, чтобы иметь возможность убедиться в окончательной установке стрелки. После испытания винт с индексом устанавливают на положение «Off», отсоединяют штепсель и шланг. По определенному процентному содержанию газа можно рассчитать его подъемную силу, для чего служит табл. 4 подъемной силы при нор-

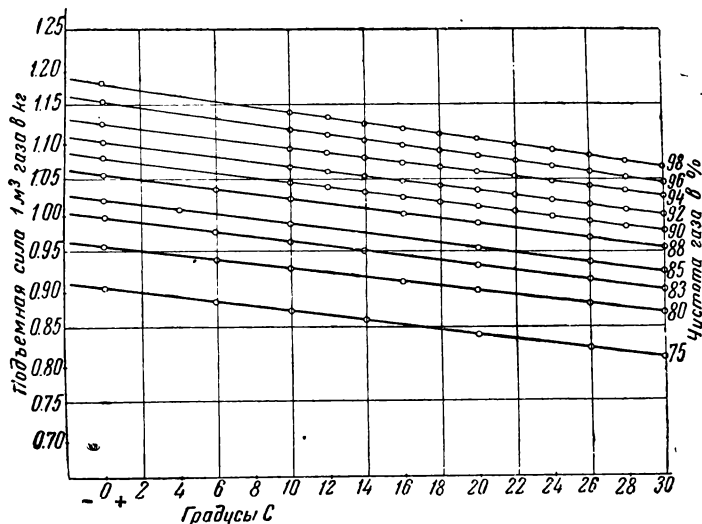
Таблица 4

Значения подъемной силы водорода в зависимости от процентного содержания и температуры

°/о водо- рода Темпе- ратура °С	98	97,5	97	96,5	96	95,5	95	64,5	94	93,5	93	92	91	90	88	85	80	75
	0	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	20	22	24	26	28	30						
0	1,179	1,173	1,167	1,161	1,155	1,149	1,143	1,137	1,131	1,125	1,119	1,105	1,094	1,082	1,057	1,022	0,962	0,902
1,0	1,137	1,131	1,126	1,120	1,114	1,108	1,102	1,096	1,090	1,084	1,078	1,067	1,055	1,045	1,030	0,985	0,927	0,870
1,2	1,129	1,123	1,118	1,113	1,108	1,103	1,095	1,090	1,084	1,078	1,072	1,059	1,048	1,038	1,013	0,978	0,921	0,864
1,4	1,121	1,115	1,110	1,104	1,099	1,094	1,088	1,082	1,076	1,070	1,064	1,052	1,040	1,031	1,006	0,972	0,915	0,857
1,6	1,114	1,108	1,102	1,097	1,091	1,085	1,080	1,074	1,068	1,062	1,057	1,045	1,033	1,022	0,999	—	0,908	0,852
1,8	1,106	1,100	1,095	1,090	1,084	1,078	1,072	1,067	1,061	1,055	1,050	1,038	1,026	1,015	0,992	0,953	0,902	0,846
20	1,099	1,093	1,087	1,082	1,076	1,070	1,065	1,060	1,054	1,049	1,043	1,031	1,020	1,008	0,985	0,952	0,903	0,840
22	1,091	1,085	1,081	1,075	1,069	1,063	1,058	1,053	1,047	1,041	1,036	1,024	1,013	1,000	0,978	0,945	0,890	0,834
24	1,084	1,079	1,073	1,067	1,061	1,056	1,051	1,045	1,040	1,035	1,029	1,017	1,006	0,994	0,972	0,939	0,884	0,828
26	1,077	1,072	1,066	1,060	1,054	1,049	1,044	1,039	1,033	1,027	1,022	1,010	1,000	0,987	0,965	0,933	0,788	0,823
28	1,070	1,065	1,059	1,053	1,047	1,042	1,037	1,032	1,027	1,021	1,015	1,002	0,994	0,980	0,959	0,926	0,872	0,817
30	1,063	1,058	1,052	1,045	1,040	1,035	1,030	1,025	1,020	1,015	1,008	0,995	0,986	0,975	0,953	0,920	0,866	0,812

мальном давлении в зависимости от температуры и чистоты газа. Для определения температуры газа во время опыта в резиновый шланг перед самым прибором следует включить термометр в стеклянной трубке и по нему определять установившуюся температуру газа.

На основании данных табл. 4 составлен график (фиг. 20), позволяющий определить подъемную силу 1 м³ газа, если известна чистота газа в оболочке (в процентах) и температура (в условиях нормального давления).



Фиг. 20. Зависимость подъемной силы водорода от чистоты газа и температуры

VII. О СВОЙСТВАХ ГАЗОПРОНИЦАЕМОСТИ БАЛЛОННЫХ МАТЕРИЙ

Для придания воздухоплавательной ткани газонепроницаемых свойств применяются, как упоминалось выше, резина, бодрюш, лаки и пропитки.

Прорезиненные баллонные материи

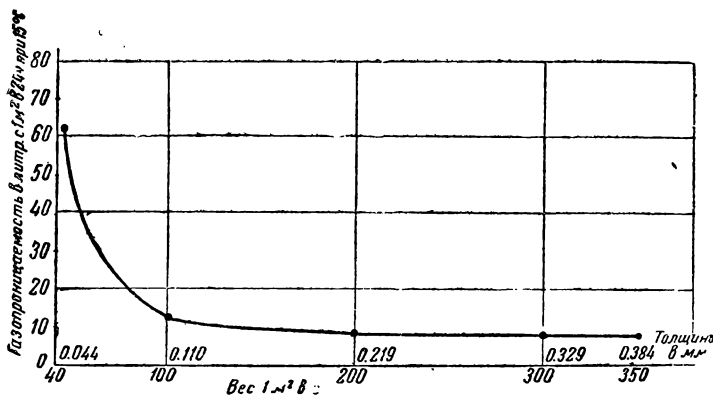
Прорезиненные баллонные материи имеют весьма большое распространение и служат для постройки оболочек сферических, змейковых аэростатов, а также для постройки оболочек мягких и полужестких дирижаблей. Резина обладает меньшей газонепроницаемостью, чем бодрюш и лаки, но отличается хорошей стойкостью в метеорологических условиях и эластичностью.

Получение хорошего газонепроницаемого резинового слоя зависит от сорта резины, обработки ее во время заводской подготовки, примесей в ней, тщательности изготовления резиновых клеев, тщательности и способа наложения на ткань, взового количества резинового слоя на ткани, режима вулканизации. Несоблюдение в той или иной мере установленного режима изготовления прорезиненной баллонной материи почти всегда влечет более быстрые изменения ее газонепроницаемых свойств в периоды эксплуатации. Поэтому на тщательное и правильное изготовление прорезиненной баллонной материи должно быть обращено особое внимание.

Многочисленные опыты над прорезиненными баллонными материями доказали, что для достижения газопроницаемости в пределах от 6 до 10 л с 1 м² в 24 часа при 15°C достаточно одного резинового слоя в 100 г на 1 м²; весовое уменьшение этого слоя влечет сильное увеличение газопроницаемости и, наоборот, весовое увеличение этого слоя весьма мало сказывается на улучшении газонепроницаемых свойств. Таким образом для одного рабочего резинового слоя в однослойных и двухслойных материях вес резинового слоя, для достижения лучшей газонепроницаемости, установлен в пределах 95—105 г на 1 м².

На фиг. 21 приведена зависимость газопроницаемости от изменения веса резины на 1 м² или же от изменения толщины этого слоя в долях миллиметра.

Опыт проведен для резинового слоя нормального качества и при 15°C. Из кривой, представленной на фигуре, видно, что резкое изменение газопроницаемости происходит вблизи весового слоя резины в 100 г на 1 м².



Фиг. 21. Зависимость газопроницаемости резины от веса на 1 м² или толщины резинового слоя.

дальнейшее утолщение которого влечет и резкое увеличение газопроницаемости. В то же время увеличение весового слоя более 100 г на 1 м², т. е. утолщение слоя резины, мало улучшает газонепроницаемые свойства, что обнаруживается весьма пологой ветвью указанной кривой. При другой температуре будут получены другие значения величин газопроницаемости, о чем подробно изложено ниже, но, во всяком случае, характер кривой останется тот же; при других качествах резины значения газопроницаемости будут иные, но с соблюдением указанной закономерности кривой, т. е. при других температурах и при других качествах резинового слоя будут семейства кривых, расположенные или выше или ниже кривой приведенного примера.

Атмосферное давление в обстановке лаборатории, как показали опыты, не отражается на значении газопроницаемости баллонных прорезиненных материй: так, изменение давления от 735 до 775 мм ртутного столба, если и дает изменения в десятых долях литра с 1 м² в 24 часа при одинаковых температурах, то это изменение настолько незакономерно, что его следует отнести к самим постановкам опытов и считать, что в указанных пределах атмосферного давления значение газопроницаемости не изменяется.

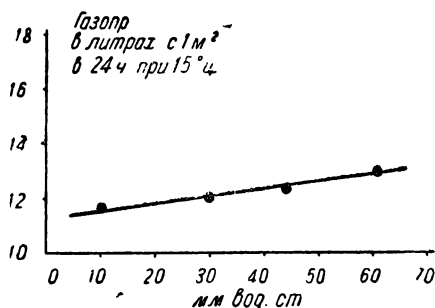
При производстве определений газопроницаемости баллонной материй последняя со стороны газа испытывает некоторое сверхдавление. Оболочки в аэростатах всегда находятся под известным сверхдавлением, измеряемым в миллиметрах водяного столба. На практике это сверхдавление можно рассматривать не превышающим 60 мм водяного столба.

Рассмотрим, какое значение для газопроницаемости имеет изменение сверхдавления. Проведенные лабораторные опыты дали нижеследующие результаты (см. табл. 5).

Таблица 5

Сверхдавление в мм водяного столба	Газопроницаемость в л с 1 м ² в 24 часа при 15°C
8	11,5
27	11,9
44	12,1
61	12,3

На фиг. 22 указана эта зависимость газопроницаемости от изменения сверхдавления. Это изменение, как видно из опыта и графика, весьма незначительно, — примерно газопроницаемость увеличивается на 0,015 л



Фиг. 22. Зависимость газопроницаемости резины от изменения сверхдавления.

увеличении сверхдавления на 1 мм водяного столба, поэтому при испытаниях прорезиненных баллонных материй на газопроницаемость выбирают среднюю величину сверхдавления, например в 30 мм водяного столба, которой и придерживаются во все время опыта, причем допускают отклонения в сверхдавлении от средней величины в ± 5 мм, не принимая это отклонение во внимание. Д-р Шекспир для своих приборов принимает величину сверхдавления газа в 10 мм водяного столба. При испытании оболочек аэростатов в на-

полненном виде в периоды их эксплуатации сверхдавление газа даже не отмечают и не вводят никаких поправок в значение газопроницаемости от изменения величины сверхдавления, и действительно, десятые доли литра имеют мало значения в практической обстановке. Здесь следует отметить, что совсем небезынтересен вопрос об изменении значений газопроницаемости и при больших сверхдавлениях в пределах от 100 до 500 мм водяного столба, а в некоторых случаях — и выше, что, повидимому, и будет ближайшей задачей лабораторных исследований.

Влияние температуры на газопроницаемость прорезиненных баллонных материй

Самое большое влияние на изменение газопроницаемости прорезиненных баллонных материй оказывает температура. Опыты, проведенные в различных лабораториях, с достаточной ясностью подтверждают эту зависимость.

На фиг. 23 приведена зависимость газопроницаемости от температуры для различных баллонных материй. Изменения температур взяты в пределах от 10 до 75°C. Для материй однородных и обладающих как первоначально, так и в дальнейшем хорошими эксплуатационными качествами определено, что изменение значений газопроницаемости достигает 4—5% при изменении температуры на 1°C. Для сравнения баллонных материй по газонепроницаемым качествам или изменений значений газопроницаемости какой-либо одной баллонной материи в периоды эксплуатации необходимо проводить все испытания на газопроницаемость при одной и той же температуре, поскольку последняя имеет большое значение, но, с другой стороны, не всегда возможно создать условия установленной температуры, в особенности в условиях эксплуатации оболочек (в эллингах, в поле). Поэтому также необходимым является умение приводить значение газопроницаемости баллонной материи при любой температуре к значению газопроницаемости при температуре раз и навсегда установленной. Примем такую стандартную температуру равной +15°C, примем также, что значение газопроницаемости прорезиненных баллонных материй изменяется на 5% при изменении температуры на 1°C (эта цифра несколько больше в пределах от 0 до 30°C и весьма близка к истинной в пределах от 30 до 70°C).

Обозначим через Z газопроницаемость баллонной материи, полученную при опыте при температуре t° ; через Z_{15} — газопроницаемость той же материи, но при температуре $t = 15^\circ$.

По формуле сложных процентов будем иметь следующую зависимость:

$$Z = Z_{15} e^{\frac{S}{100} \cdot (t-15)},$$

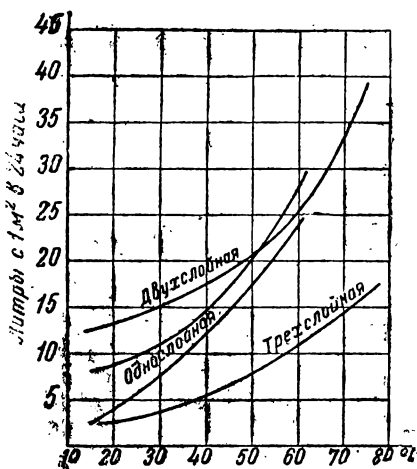
где e — основание натуральных логарифмов, или же для приведения значений газопроницаемости к температуре в 15°C имеем:

$$Z = Z_{15} e^{\frac{(t-15)}{20}} = Z_{15} e^{\frac{\Delta t}{20}},$$

где $\Delta t = t - 15$.

Задавая последовательно значениями для $Z = 1, 2, 3, 4$ и т. д. и вычисляя соответственно значения Z_{15} по приведенной выше формуле для каждого 1°C, можно составить таблицу значений для приведения газопроницаемости материй к значениям при 15°C, а по ней график, которым удобнее пользоваться при пересчете.

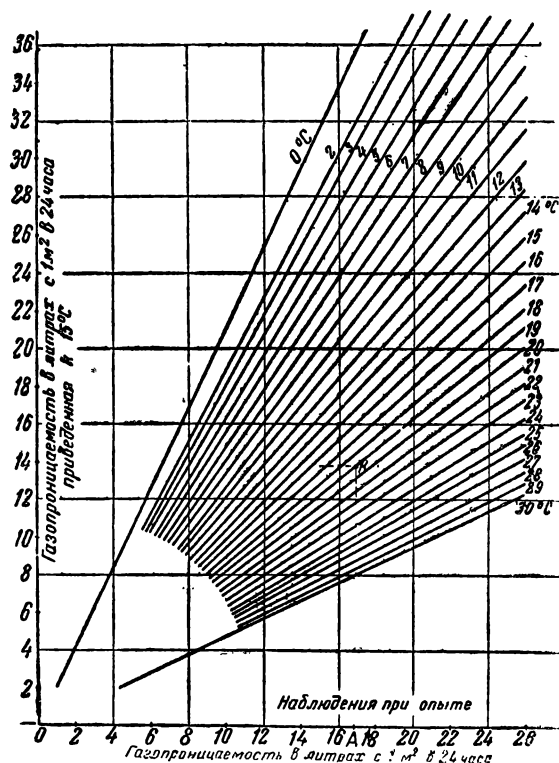
На фиг. 24 построен такой график, где по оси абсцисс отложена газопроницаемость в литрах с 1 м² в 24 часа, которую вообще можно получить при опытах. По оси ординат в том же масштабе отложены газопроницаемости в литрах с 1 м² в 24 часа, но уже отнесенные к температуре в 15°C.



Фиг. 23. Зависимость газопроницаемости от температуры.

Сам график представляет пучок прямых, где каждой прямой присвоена своя температура.

При пользовании этим графиком для приведения значений газопроницаемости к 15°C достаточно определить прибором значение газопроницаемости в литрах с 1 м^2 в 24 часа и отметить температуру, при которой опыт произведен; так, например (фиг. 24), пусть по данным опыта газопроницаемость какого-либо места оболочки или баллонной материи определена в 17 л с 1 м^2 в 24 часа и отмечена температура в 19°C . Тогда на оси абсцисс



Фиг. 24. График для приведения значений газопроницаемости 15°C .

газопроницаемости в влажных образцах. Приведем некоторые результаты этих опытов наших лабораторий (см. табл. 6, 7 и 8).

Как видно из приведенных результатов, всюду следует отметить уменьшение газопроницаемости от состояния влажности или намокаемости материй, но поскольку отсутствует учет состояния влажности, то пока затруднительно связать какой-либо числовой зависимостью уменьшение газопрони-

цаемости к 15°C достаточно определить прибором значение газопроницаемости в литрах с 1 м^2 в 24 часа и отметить температуру, при которой опыт произведен; так, например (фиг. 24), пусть по данным опыта газопроницаемость какого-либо места оболочки или баллонной материи определена в 17 л с 1 м^2 в 24 часа и отмечена температура в 19°C . Тогда на оси абсцисс графика находим точку А, соответствующую 17 л, проводим через эту точку вертикаль до пересечения с прямой, соответствующей 19°C , — на нашей фигуре точка К, и проектируем эту точку на ось ординат, где и прочитываем газопроницаемость в литрах с 1 м^2 в 24 часа, но уже приведенную к 15°C ; в нашем примере это значение будет равно 14 л¹.

Влияние влажности на газопроницаемость баллонных материй

Влажность оказывает заметное влияние на газопроницаемость баллонных материй. В настоящее время еще не установлена точная зависимость газопроницаемости материй от того или другого состояния их влажности. Отдельные опыты, произведенные над сухими и влажными баллонными материями, указывают уменьшение значений

¹ Указанный перерасчет относится к баллонным материям, которые на опыте дают нормальную газопроницаемость до 30 л с 1 м^2 в 24 часа. Для материй с большой газопроницаемостью (50—150 л) требуется еще лабораторная проработка этого вопроса.

Таблица 6
Газопроницаемость в л с 1 м² в 24 часа при 15° С

	Сухая	Вымоченная в воде в те- чение 30 мин.	Повторное испытание через 48 час.
Диагонально-дублированная алюминиро- ванная	9,2	6,2	7,3
Уменьшение газопроницаемости (в %) . .	—	32,6	20,7

Таблица 7
Газопроницаемость в л с 1 м² в 24 часа при 15° С

	Сухая	Подвергну- тая атмoсф. осадкам и испытанная немедленно	Повторное испытание через 48 час.
Однослойная окрашенная на текстильных фабриках	7,5	3,65	7,30
Уменьшение газопроницаемости (в %) . .	—	51,4	2,7
Двухслойная диагонально-дублированная, окрашенная в желтый цвет	12,7	3,80	12,5
Уменьшение газопроницаемости (в %) . .	—	70	1,6

Таблица 8
Результаты по английским данным
Газопроницаемость в л с 1 м² в 24 часа

Сухая материя	После пропуска влажного газа в течение		Уменьшение газопроницаемости в % после пропуска влажного газа через	
	12 час.	50 час.	12 час.	50 час.
10,9	10,8	9,3	1	15
11,4	10,7	8,8	6	23
47,2	30,5	22,8	36	52
26,4	15,8	15,6	40	41

цаемости с возрастанием влажности. Материи, имеющие на наружной поверх-ности окраску на резиновом клею, воспринимают влагу меньше, чем материи, окрашенные без резинового клея или неокрашенные. Материи, обладающие большей газопроницаемостью, после увлажнения обладают и большим уменьшением газопроницаемости. При лабораторных испытаниях, когда необхо-димо сравнить газонепроницаемые свойства различных материй или вести

периодическое испытание одной и той же материи, необходимо поставить материи в одинаковые по влажности условия; для этой цели, поскольку не всегда можно достигнуть одинаковой степени влажности материй, лучше всего проводить опыты только над сухими образцами, для чего с достаточной гарантией может служить основной прибор д-ра Шекспира, предусматривающий просушку образцов с двух сторон перед началом опыта.

Влияние чистоты газа на газопроницаемость

Чистота газа оказывает влияние на степень газопроницаемости. В лабораторных условиях с этим вопросом не считаются, так как обычно для опытов газ берется из баллонов сжатого водорода, где чистота обеспечена на 98—99%. При испытании оболочек, наполненных газом, в эллинге или в поле при определении газопроницаемости баллонной материи источником газа служит сам баллон, чистота газа в котором только в первые моменты после газонаполнения достигает 97—98%, а в дальнейшей эксплуатации чистота газа в некоторых случаях понижается до 85—83%, после чего производят новое газонаполнение.

В этих случаях значение газопроницаемости, определенное при помощи полевых приборов, может и не соответствовать тому значению газопроницаемости, которое получили бы при полноценной чистоте.

Считают, что степень газопроницаемости прорезиненных баллонных материй находится в прямой пропорциональной зависимости от чистоты газа. В настоящее время наши лаборатории заняты изучением этого вопроса; его разрешение даст возможность вносить коррективы в значение газопроницаемости баллонных материй при испытании их в полевой обстановке.

Проницаемость воздуха внутри оболочки

Расход газа вследствие газопроницаемости оболочки нормального качества настолько незначителен, что оказывает мало влияния на подъемные качества корабля. Даже больший расход легко может быть пополнен свежим газом. Большее значение имеет чистота газа в оболочке, так как от нее главным образом зависит подъемная сила газа.

Чистота газа меняется (уменьшается) по мере эксплуатации и доходит, наконец, до такого предела, когда весь газ должен быть сменен, что и достигается полным выдавливанием газа и наполнением свежим газом.

По английским данным засорение газоместилца кислородом и азотом достигает величины $\frac{1}{15}$ — $\frac{1}{12}$ от значения газопроницаемости.

Газопроницаемость бодрюшированной и лакированной (пропитанной) материи

Выше указано, что значение газопроницаемости для бодрюшированной материи незначительно (0,01—1 л с 1 м² в 24 часа), на эту материю не распространяются законы изменения газопроницаемости от температуры, влажности и т. п., которые приведены для прорезиненных материй, но эти вопросы еще мало освещены нашими лабораториями. Что же касается сохранения чистоты газа, то, по заграничным данным, по опытам с моделями из бодрюшированной материи, оказалось, что засорение воздухом газом

стилища из бодрюшированной материи имело место в большей степени, чем засорение газоместилища из прорезиненной материи. Но надо отметить, что практика эксплуатации немецких жестких дирижаблей не подтверждает этого вывода для бодрюшированной материи.

Оболочка баллонета жесткого судна может притти в негодность по газопроницаемым свойствам после некоторого периода эксплуатации сразу, но это «старение» не похоже на процессы «старения» в прорезиненных материях. Удержать хорошую газонепроницаемость бодрюшированной материи можно путем подбора соответствующей рецептуры лака, покрывающего бодрюш и ткань и защищающего бодрюш от сухости, влажности и других перемен. «Старение» лака влечет за собой и быстрое «старение» бодрюша и засорение газоместилища. Обращаясь к указанным заграничным опытам с моделями из бодрюшированной материи, следует сказать, что оболочка из такой материи, покрытой лаками и вполне удовлетворительной по эластичности и сопротивлению влиянию внешних условий, вряд ли могла дать засорение воздухом большее, чем оболочка из прорезиненной материи; полученные результаты, очевидно, надо отнести за счет плохого качества выбранной бодрюшированной материи.

Газопроницаемость для гелия

Проницаемость баллонных материй (прорезиненных) для гелия меньше, чем для водорода, и составляет около 70%, от газопроницаемости водорода. При наполнении оболочек гелием менее страшен вопрос и засорения газоместилища воздухом, благодаря возможности очистки гелия от посторонних газов.

VIII. ДЕФОРМАЦИИ БАЛЛОННЫХ МАТЕРИЙ

Диаграммы растяжений, приведенные в разделе VI «Испытание баллонных материй», дают лишь предварительное представление о деформации.

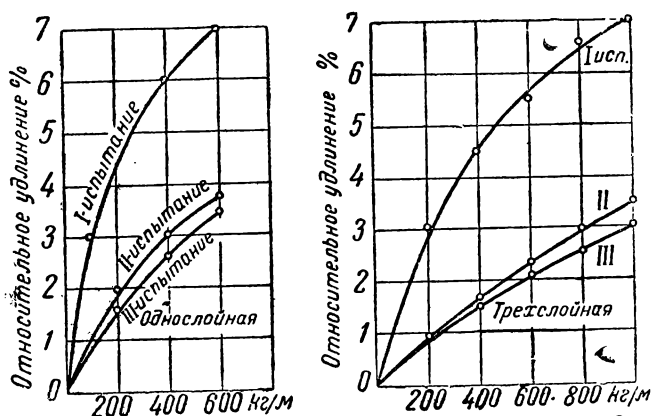
В испытаниях металлов диаграмма растяжения дает достаточно полную картину о деформациях металла, заключая в себе и закон Гука и давая материал для конструкторского расчета; в баллонных материях закон Гука неприменим, и, кроме того, на деформациях отражаются первоначальные нагрузки, даже незначительные по своей величине.

Влияние повторных нагрузок на удлинение баллонных материй

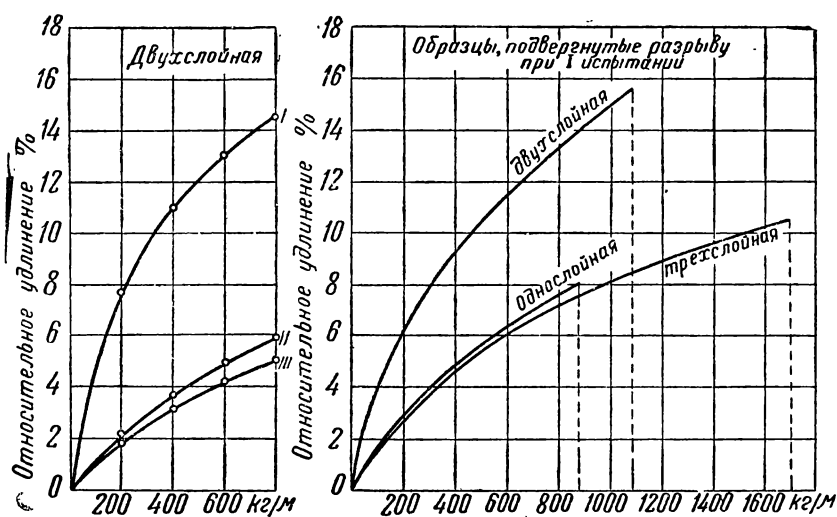
Из приведенных в разделе VI «Испытание баллонных материй», диаграмм растяжения видно, что образцы материй даже при небольших нагрузках обнаруживают вполне заметную деформацию. Если образцы не доводить до разрыва, нагружая их примерно на 75% от величины разрушающего груза, и на вытянутых таким образом образцах вновь отмечать расчетный участок, установленный при первом испытании, то такие образцы, будучи подвергнуты второму и третьему повторным испытаниям, дадут величины деформаций, резко отличающиеся от таковых при первом испытании.

На фиг. 25 и 26 даны диаграммы растяжения образцов однослойной, двухслойной и трехслойной баллонных материй, подвергнутых нагрузкам. Растяжение образцов произведено на разрывной машине для испытания

тканей, причем заранее устанавливалась для образцов предельная неразрывная нагрузка; после этого зажимные клеммы машины приводились к перво-



Фиг. 25. Диаграмма растяжения образцов однослойной (слева), трехслойной (справа), баллонных материй.



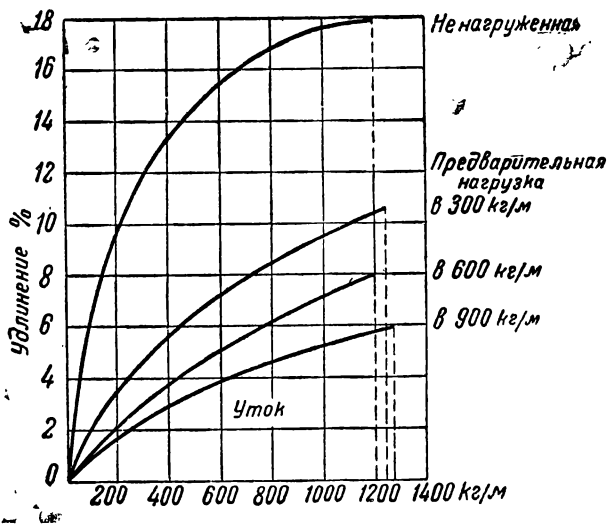
Фиг. 26. Диаграмма растяжения образцов двухслойной баллонной материи (слева); диаграмма растяжения образцов однослойной, двухслойной и трехслойной баллонных материй, подвергнутых разрыву при первом испытании (справа).

начальной длине, и тот же образец, после протягивания через нижнюю клемму, подвергался такой же по величине повторной нагрузке. На диаграммах видно, что уже второе испытание дает кривую растяжения, лежащую значительно ниже соответствующей кривой первого испытания. Следующее

повторное (третье) испытание дает кривую растяжения, мало отличающуюся от кривой предыдущего (второго) испытания. Отмеченные на диаграмме изменения величин деформаций наблюдаются во всех трех типах баллонных материй: однослойной, двухслойной и трехслойной, что указывает на большое значение впервые приложенных нагрузок.

Для характеристики указанных материй приведены диаграммы растяжения тех же материй, доведенных при первом испытании до разрыва. Все образцы материй до испытания хранились в одинаковых условиях в помещении с температурой около $+15^{\circ}\text{C}$ и относительной влажностью около 60% .

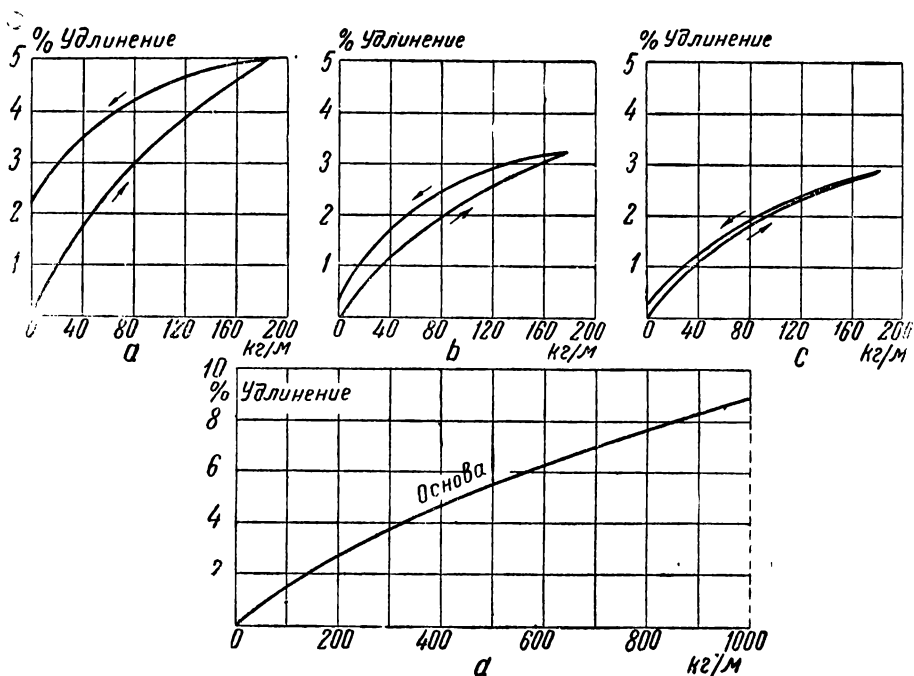
На фиг. 27 показаны изменения удлинений диагонально-дублированной баллонной материи, подвергнутой предварительным нагрузкам в 25, 50 и 75% от величины временного сопротивления: после этих предваритель-



Фиг. 27. Влияние предварительных нагрузок на удлинение диагонально-дублированной баллонной материи.

Материя, подвергнутая натяжению до $\frac{1}{6}$ величины временного сопротивления и потом разгруженная до нуля (фиг. 26), дает остаточную деформацию, достигающую большой величины (в данном примере до $2,25\%$), причем кривая разгрузки расположена выше кривой нагружения; при повторном нагружении уже вытянутого таким образом образца (фиг. 26) остаточное удлинение близко к нулю ($0,35\%$). Третье нагружение этого же образца дает величины деформаций, близкие к данным второго опыта. Изменение площадей, ограниченных кривыми нагрузки и разгрузки и нулевой ординатой, представленных на трех схемах, достаточно ясно характеризует влияние предварительных натяжений на деформацию баллонных материй. Материя, предварительно вытянутая, приобретает способность деформироваться

под влиянием нагрузок по некоторому постоянному закону, причем величины деформаций при нагружении и обратном разгрузении настолько близки друг к другу, что их можно считать одинаковыми, чего совершенно нельзя усмотреть в материях, не подвергнутых предварительной вытяжке.



Фиг. 28. Диаграмма растяжения по основе двухслойной диагонально-дублированной материи.

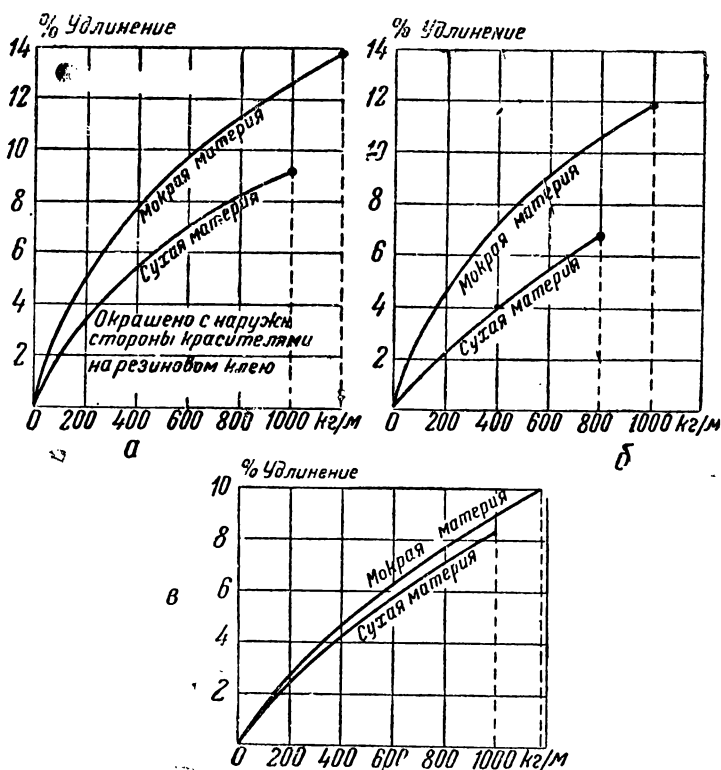
Влияние влаги на удлинение баллонных материй

Баллонная материя обычно покрывается окраской с наружной стороны. Внутренняя сторона баллонной материи в современных типах остается неокрашенной. Красители наносятся на материю или в тонком слое резинового клея, или же ткань окрашивается непосредственно на текстильных фабриках. Иногда тонкий слой резины наносится и на внутренней стороне баллонной материи. Наиболее гигроскопична материя или неокрашенная или окрашенная без примеси резинового клея; менее гигроскопична материя, наружная поверхность которой окрашена красителями на резиновом клею; наконец, малогигроскопична материя, на которой резиновый клей нанесен, хотя бы тонкими слоями, на наружной и внутренней ее сторонах.

Разумеется, что во всех перечисленных материях имеется основной газо-непроницаемый слой резины, заключенный между слоями ткани или нанесенный на одной из сторон ткани.

На фиг. 29 указаны изменения деформации баллонных материй, подвергнутых вымачиванию в течение 30 мин. Как следовало ожидать, действие влаги на изменение удлинений более всего сказывается в баллонных материях наиболее гигроскопичных (неокрашенных или окрашенных без применения

резинового клея) (фиг. 29) и наименьшее изменение удлинений будет в материях малогигроскопичных, т. е. со слоями резины, нанесенными, хотя бы и тонко, на наружной и внутренней сторонах материи. Во всех случаях при увеличении величин удлинений вымоченной материи по отношению к сухой материи наблюдается повышение прочности вымоченной материи.



Фиг. 29. Изменение деформаций баллонных материй, подвергнутых вымачиванию в течение 30 мин.: а — двухслойная диагонально-дублированная материя, — окрашена с наружной стороны красителями на резиновом клею; б — однослойная, — окраска без резинового клея; в — двухслойная диагонально-дублированная, — окрашена с наружной стороны красителями на резиновом клею, с внутренней стороны слегка прорезиненная.

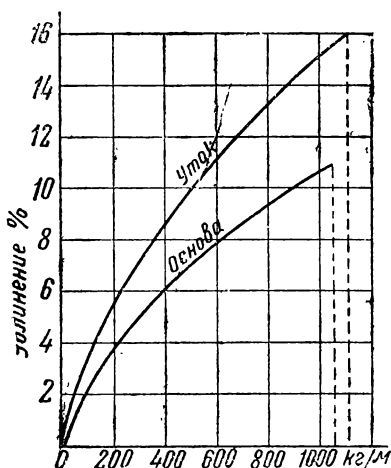
Влияние времени на удлинение баллонных материй

Выше упоминалось, что даже незначительные первоначальные нагрузки оказывают влияние на величину удлинений баллонных материй. Рассмотрим здесь деформацию баллонной материи, подвергнутой постоянной нагрузке в течение некоторого времени определенного промежутка времени.

На фиг. 30 представлена диаграмма растяжения по основе и утку диагонально-дублированной баллонной материи. Временное сопротивление этой материи по основе 1040 кг/м при удлинении в момент разрыва около 11%, по утку — 1100 кг/м при удлинении 16%. Если материю подвергнуть постоянной нагрузке по основе в 200 кг/м и оставить воздействие этой на-

грузки в течение некоторого времени, в нашем примере в течение 20 дней (фиг. 31), то наблюдается нижеследующая картина: удлинение возрастает от нуля до значительной величины в первые минуты после приложения нагрузки; затем в течение первых часов наблюдается весьма небольшой, но все же заметный прирост удлинений. В дальнейшем увеличение удлинений протекает настолько медленно, что необходимо воздействие постоянной нагрузки в течение нескольких дней, чтобы величина удлинений изменилась на доли процента. Само собой разумеется, что состояние влажности за весь период времени испытания не должно изменяться в больших пределах, что могло бы повлиять на характер деформации.

Интересно отметить, что величина удлинений под влиянием постоянной нагрузки в 200 кг/м достигает в первые часы приложения этой нагрузки значения 7% и к концу 20-го дня — около 8% ; в то же время, если обратиться к диаграмме растяжения этой материи, то значение удлинения по основе при напряжении в 200 кг/м достигает только 4% ; это показывает, что величины удлинений, взятые из диаграмм растяжения без учета влияния некоторой длительности приложения нагрузки, являются условными и характеризуют материю лишь в периоды приемки.



Фиг. 30. Диаграмма растяжения по основе и утку диагонально-дублированной баллонной материи.

По снятии нагрузки (фиг. 31) величина удлинения уменьшается, но никогда не исчезает. Это остаточное удлинение достигает весьма значительной величины (в рассматриваемом примере оно равно $5,5\%$). Если материю после снятия нагрузки оставить в покое в течение нескольких дней, то это остаточное удлинение несколько уменьшается, но незначительно; так, в баллонных материях всегда имеет место остаточное удлинение при применении даже небольших нагрузок.

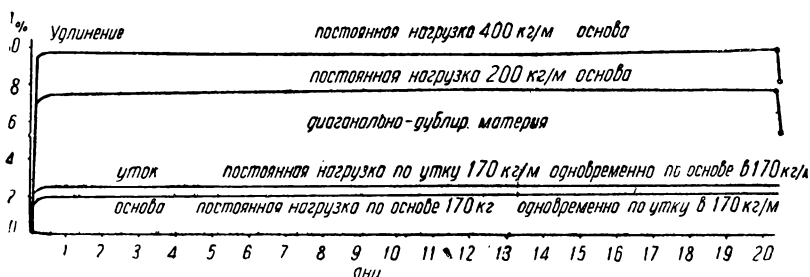
При применении к баллонной материи постоянных нагрузок более значительных, например в 400 кг/м (фиг. 31), т. е. вдвое больше предыдущей нагрузки, наблюдаем тот же характер изменения величин удлинения в функции от времени; сами величины удлинений здесь больше, чем в предыдущем случае, но не в прямой пропорциональности от нагрузок, как это и следовало ожидать, зная характер кривых из диаграмм растяжения.

К концу 20-го дня действия постоянной нагрузки удлинение достигает значения около 10% , в то же время значение удлинений при нагрузке тех же 400 кг/м в диаграмме растяжения дает только 6% . При удалении постоянной нагрузки наблюдается остаточное удлинение большее, чем в предыдущем случае; она достигает величины 8% в первые моменты после снятия нагрузки.

Рассмотрим еще один случай действия длительной постоянной нагрузки (фиг. 31). Та же баллонная материя была подвергнута воздействию длительной постоянной нагрузки в 170 кг/м , но в отличие от предыдущих

опытов, где нагрузка действовала только в направлении основы, здесь применена одинаковая нагрузка сразу в двух взаимно перпендикулярных направлениях: в направлении основы и в направлении утка.

Как видно из фигуры, характер изменения удлинений в зависимости от времени здесь такой же, как и в рассмотренных выше двух случаях, но величины удлинений резко уменьшились, достигая значений к концу 20-го дня немного более 2% по основе и 2,5% по утку. Эти значения удлинений представляют большой интерес, так как оболочки аэростатов претерпевают преимущественно натяжение одновременно в двух взаимно перпендикулярных направлениях.



Фиг. 31. Влияние времени на удлинение баллонных материй под постоянными нагрузками.

Растяжение баллонных материй в двух взаимно перпендикулярных направлениях

Напряжения, возникающие в оболочках воздушных кораблей, по своей величине достаточно разнообразны; будем рассматривать напряжения в цилиндрической матерчатой оболочке и деформации, ими вызванные. Напряжения в цилиндрической оболочке определяются по обычным формулам, полагая, что оболочки наполнены воздухом:

$$S \text{ кг/м} = \frac{p \cdot D}{4}$$

для напряжений в оболочке, параллельных оси цилиндра,

$$S \text{ кг/м} = \frac{p \cdot D}{2}$$

для напряжений, перпендикулярных первым,

где p — сверхдавление в мм водяного столба или давление изнутри в кг/м², D — диаметр цилиндра в м, S — напряжение, возникающее в оболочке, в кг/м.

Из этих формул видно, что напряжения в оболочке, параллельные оси цилиндра, будут в два раза меньше, чем напряжения к ним перпендикулярные.

Опытным путем можно создать такие комбинации напряжений в баллонных материях и изучить деформации, ими вызываемые.

Рассмотрим диагонально-дублированные баллонные материи с временным сопротивлением около 1000 кг/м. Допустим, что из таких материй цилиндрические оболочки построены таким образом, что уток направлен вдоль

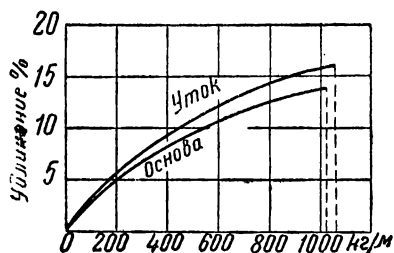
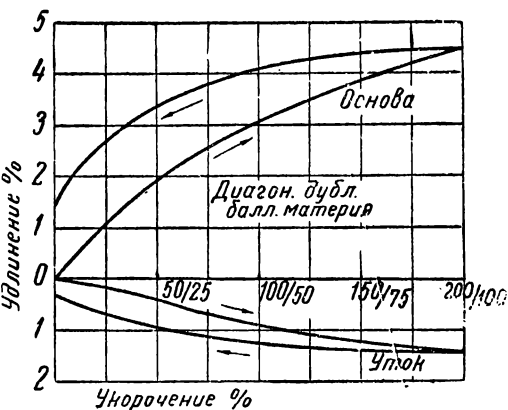
оси цилиндра (последнее имеет место при трапециoidalном раскрое). В такой оболочке будем иметь напряжения по утку при условии наполнения цилиндра воздухом.

На фиг. 32 представлены деформации диагонально-дублированной материи, причем на приведенной здесь же диаграмме растяжения для нее видно, что эта материя обладает хорошими показателями, т. е. почти одинаковым временным сопротивлением как по основе, так и по утку и весьма близкими удлинениями в обоих направлениях. Эта материя, будучи подвергнута на-

пряжениям одновременно по основе и по утку (причем напряжения основы здесь взяты в два раза больше, чем напряжения по утку), деформируется, как указано на фиг. 32.

При постепенном нагружении основы от 0 до 200 кг/м и утка от 0 до 100 кг/м основа удлиняется, достигая относительного удлинения 4,5% при нагрузке в 200 кг по основе и 100 кг по утку; уток при той же комбинации нагрузок претерпевает укорочение, достигающее при максимальной нагрузке 1,5%, т. е. цилиндрическая оболочка, изготовленная из этой материи, будет иметь увеличение диаметра и сокращение длины цилиндра. При обратном ходе, т. е. при доведении нагрузок до нуля, будем иметь, как видно из диаграммы, остаточное удлинение по основе до 1,5% и остаточное укорочение по утку до 0,25%.

Здесь следует оговорить, что остаточные удлинение и укорочение были бы больше, если бы материя была подвергнута большим нагрузкам; в данном примере выбран коэффициент безопасности около 5 и по нему определено



Фиг. 32. Деформация баллонных материй при одновременном действии нагрузок по основе и утку.

допускаемое напряжение в оболочке до 200 кг/м. Остаточные удлинения указаны сразу после доведения напряжений оболочек до нуля; после некоторого времени эти остаточные деформации несколько уменьшатся, но никогда не исчезнут. Оболочки, изготовленные из баллонной материи с показателями, приведенными на фигуре, всегда обладают хорошей формой. Удлинения и укорочения, приведенные выше, надо считать нормальными.

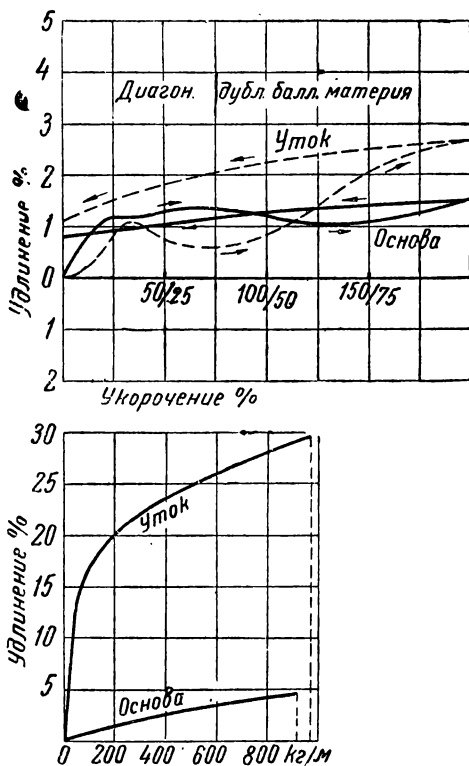
При другом раскрое — веретенообразном, где основа направлена вдоль оси цилиндра, а уток перпендикулярен к нему и, следовательно, будет обладать напряжениями, вдвое большими, чем основа, следует ожидать таких же деформаций, как и в разобранный пример, вследствие одинаковых деформаций основы и утка, указанных в диаграмме растяжения.

Рассмотрим теперь другую диагонально-дублированную материю, обладающую примерно таким же временным сопротивлением, как и рассмотренная выше.

На фиг. 33 приведена диаграмма растяжения этой материи, из которой видно, что материя, обладая одинаковым временным сопротивлением по основе и утку, имеет большое различие в удлинениях, достигающее в момент разрыва по основе около 5%, а по утку — около 30%. Такая материя, будучи подвергнута напряжениям одновременно по основе и по утку в том же порядке, как это рассмотрено в предыдущем примере, дает картину деформаций, резко отличающуюся от рассмотренного выше. Во-первых, здесь наблюдается (фиг. 33) отсутствие области укорочений для утка; наоборот, уток претерпевает удлинения большие, чем основа, несмотря на то, что он подвергался напряжениям вдвое меньшим, чем основа. Затем характер кривых при нагружении носит волнообразный вид, лишенный известной закономерности, какая наблюдалась в предыдущем примере. Величины остаточных удлинений, после доведения обоих напряжений до нуля, сравнительно невелики, достигая до 0,8% по основе и несколько более 1% по утку. В этом случае матерчатый цилиндр, изготовленный из этой оболочки, должен иметь небольшое увеличение в диаметре и увеличение своей длины.

При применении веретенообразного раскроя, где уток подвергается большим напряжениям, чем основа, для этой материи следует ожидать непомерно большой деформации в направлении утка, т. е. в данном случае увеличения диаметров; последнее, надо полагать, настолько изменит форму оболочки, что не позволит вести правильной эксплуатации последней. Во избежание в будущем искажения формы, правильность которой всегда имеет существенное значение в оболочках, в этих случаях следует избегать применения в оболочках воздушных кораблей материй с такими показателями независимо от применяемого раскроя.

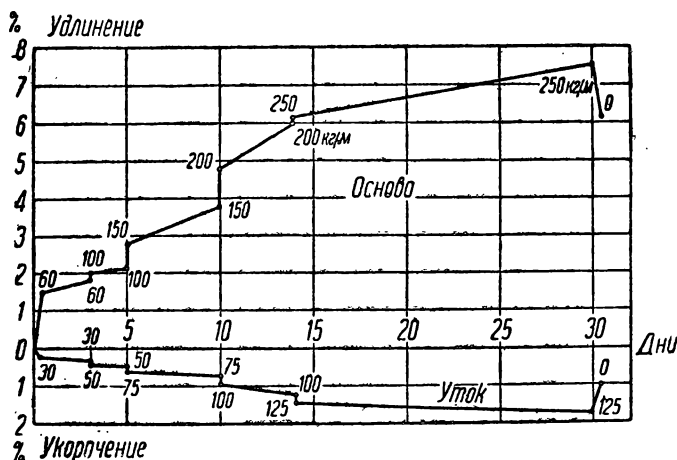
Все приведенные примеры деформаций баллонных материй еще не охватывают вопроса в целом и не могут вполне удовлетворить конструктора или эксплуатационника; весьма важны вопросы, каковы же будут деформации в условиях естественной эксплуатации на воздухе, где имеют



Фиг. 33. Деформация баллонных материй при одновременном действии нагрузок по основе и утку.

значение температура, влияние солнца, переменная влажность, переменные нагрузки и т. п.?

На фиг. 34 представлен пример изменения удлинений баллонной материи, которая была поставлена в условия, близкие к естественной эксплуатации. Материя была подвергнута переменным напряжениям таким образом, чтобы напряжения по основе были в два раза больше одновременных напряжений по утку. Тип баллонной материи был избран такой, который указан на фиг. 30, т. е. тот, который мы относим к вполне удовлетворительным типам материи. Материя была поставлена в естественные метеорологические условия в течение 30 дней, т. е. условия переменных температур, переменной влажности и переменной облачности. Деформации материи представлены в функции от времени и переменных нагрузок, причем наблюдаются следующие свойства: удлинения основы растут с увеличением нагрузок и с вре-



Фиг. 34. Деформация баллонных материй при одновременном действии нагрузок по основе и утку.

менем; укорочения утка, наблюдаемые с нулевой точки, имеют переменное значение в течение всего 30-дневного периода в зависимости от комбинаций нагрузок в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

По предлагаемому графику все же достаточно трудно судить о какой-либо закономерности изменения удлинений от влажности, солнечного сияния, переменных температур; здесь, надо полагать, имело место и таяние льда, скопившегося в самой ткани, во время оттепели или солнечного сияния, и замерзание воды вновь при понижении температуры и т. п. Поэтому единственным интересным фактом надо считать реальные цифры удлинений или укорочений при максимальной нагрузке, или остаточное удлинение или укорочение при удалении всех нагрузок. В данном примере имеем при максимальном напряжении по основе в 250 кг/м и по утку 125 кг/м удлинение основы в $7,5\%$ и укорочение утка в $1,8\%$. При удалении же всех нагрузок после 30-дневного периода имеем остаточное удлинение основы несколько более 6% и укорочение утка в 1% .

Нормальные характеристики баллонных материй

Конструктору, решающему вопросы деформации оболочки от напряжений по основе и утку, недостаточно знания деформаций, исходя из напряжений только цилиндрической оболочки; важно также учесть деформации, вызываемые любым сочетанием напряжений по основе и утку. Немецкие исследователи Гаас и Дитциус в своем труде «Растяжение материи и деформация оболочек мягких воздушных кораблей» указали способ определения этих деформаций в баллонных материях при растяжении в двух взаимно перпендикулярных направлениях и дали «нормальную характеристику» баллонной материи.

В окончательном своем виде нормальная характеристика состоит из двух диаграмм, на каждой из которых представлены семейства кривых, изображающих закон изменения деформаций баллонной материи в зависимости от комбинаций одновременных напряжений по основе и утку.

В диаграмме, соответствующей деформациям основы, по оси абсцисс отложены напряжения по основе, по оси ординат вверх — удлинения по основе, вниз — укорочения по основе. Каждая кривая из семейства имеет надпись, соответствующую одновременному напряжению по утку. Зная напряжение по основе, отыскивают это значение на оси абсцисс и через это значение проводят ординату до пересечения с той кривой, надпись на которой соответствует одновременному напряжению по утку. Проекция точки пересечения на ось ординат укажет деформацию основы в зависимости от напряжений в двух направлениях. При пользовании этим графиком не исключена, конечно, возможность интерполяции.

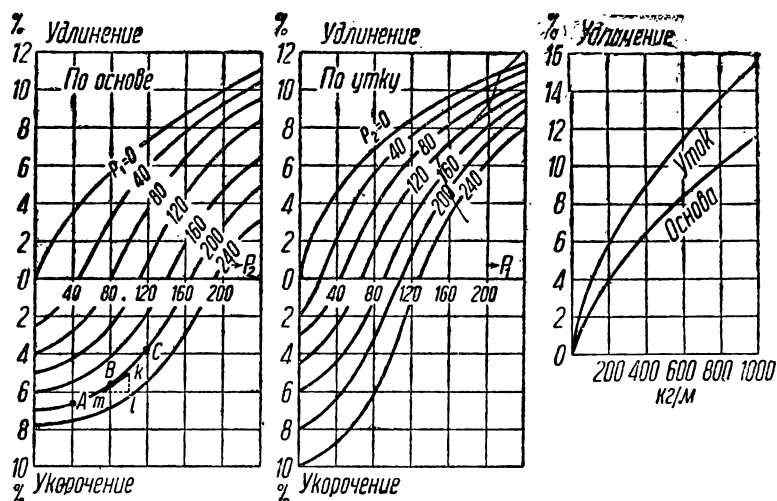
В диаграмме, соответствующей деформациям по утку, по оси абсцисс отложены напряжения по утку, а надписи на кривых соответствуют одновременным напряжениям основы. Поступая, как и в предыдущем случае, прочитывают деформации утка по оси ординат в зависимости от напряжения в двух направлениях.

Нет никаких сомнений, что конструктору весьма важно предвидеть будущую форму оболочки, в особенности в мягких и полужестких дирижаблях, которая после деформации материи будет всегда отличаться от расчетной. Эта измененная форма может потребовать и пересчета напряжений, что уже говорит о необходимости учета деформации. Приведенные соображения говорят за то, что нормальная характеристика баллонных материй, позволяющая решить важные вопросы при конструировании, должна быть приложена к каждому типу баллонной материи, предлагаемой производством к постройке из нее ответственных частей оболочки.

При построении нормальных характеристик баллонных материй по методу Гаас и Дитциус необходимо внести некоторые ограничивающие правила к методике самого построения. Для баллонных материй, из которых строятся оболочки воздушных кораблей, коэффициент безопасности принимаем равным шести (обоснование этого коэффициента указано ниже); при этом полагаем, что в течение некоторого определенного срока службы оболочки баллонная материя, из которой оболочка изготовлена, потеряет некоторую долю своей прочности, и наступит момент, когда необходимо оболочку забраковать по мотивам недостаточной прочности. Если имеет место потеря прочности в материале, то, следовательно, имеет место и изменение коэффициента безопасности. Моментом забракования для баллонных материй,

а следовательно, и для оболочек, считаем то положение, когда коэффициент безопасности достигнет величины, равной четырем (вместо шести) и принятой нами для новых материй. При таких условиях будет такой момент в периоды последних сроков службы оболочки, когда будет иметь место коэффициент безопасности, равный четырем. На основании этого положения необходимо при построении нормальных характеристик баллонных материй выбирать максимальные напряжения для основы и утка, которым должна быть подвергнута баллонная материя, не превышающими, но и не меньшими $\frac{1}{4}$ временного сопротивления баллонных материй.

Следующим необходимым обстоятельством, которым должна сопровождаться нормальная характеристика, является приложение к ней диаграммы растяжения испытываемой баллонной материи. Действительно, первое впе-



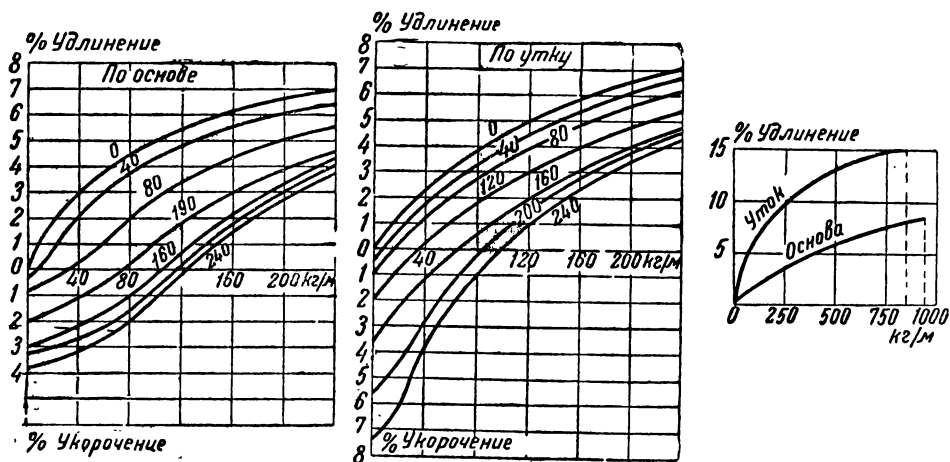
Фиг. 35. Нормальная характеристика диагонально-дублированной баллонной материи

чатление о свойствах материи дает диаграмма растяжения как в области временного сопротивления, так и в области деформаций. Поэтому безусловный интерес представляет вопрос об относительной зависимости нормальной характеристики от первоначальных свойств материи.

На фиг. 35 приведена нормальная характеристика диагонально-дублированной баллонной материи, а также дана и диаграмма растяжения этой материи. Максимальные напряжения при построении нормальной характеристики определены по принятому нами правилу. Материя, нормальная характеристика которой представлена на фиг. 35, по данным практики является удовлетворительной, т. е. такой, где деформации оболочки не выходят из расчетных предположений конструктора. Если обратиться к диаграмме растяжения этой материи, то можно обнаружить, что временные сопротивления по основе и утку одинаковы, деформации основы и утка, если и различны, но достаточно близки друг к другу; так как деформации утка больше, чем деформации основы при одинаковых напряжениях, то это

обстоятельство отразилось и в нормальной характеристике этой материи, т. е. имеет место, что при одних и тех же сочетаниях напряжений по основе и утку реактирует быстрее на удлинение и укорочение, чем основа, чего не было бы, если бы по диаграмме растяжения деформации основы и утка были одинаковы.

На фиг. 36 приведена нормальная характеристика хлопчатобумажной ткани, из которой изготовляют баллонную материю. Как видно из приведенной здесь же диаграммы растяжения этой ткани, последняя едва удовлетворительна в смысле удлинений и отстает от требований равномерности удлинений по основе и утку. В зависимости от этих свойств ткани имеем и нормальную характеристику ее, отражающую эту неравномерность деформации основы и утка.

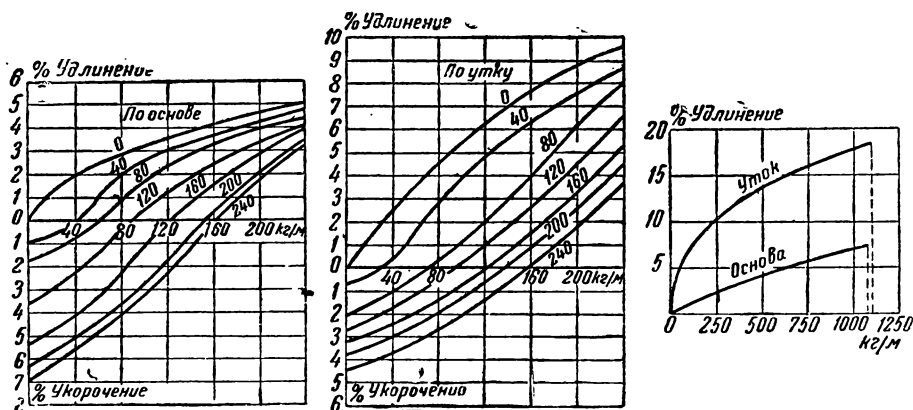


Фиг. 36. Нормальная характеристика непрорезиненного перкаля, тип «Z»: диаграмма растяжения.

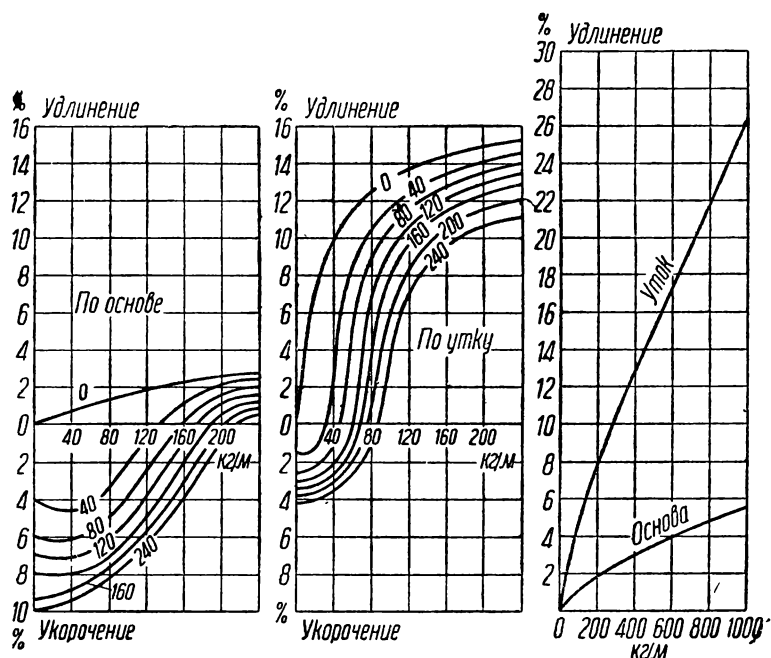
Если из такой хлопчатобумажной ткани изготовить баллонную диагонально-дублированную материю, то нормальная характеристика такой материи, приведенная на фиг. 37, указывает, что прорезинение и дублировка хлопчатобумажной ткани несколько сказываются на ее деформации, но удерживают в основном первоначальные деформации непрорезиненной ткани.

Приведем еще пример нормальной характеристики диагонально-дублированной баллонной материи, изображенной на фиг. 38. На приведенной здесь же диаграмме растяжений этой материи видно, что эта баллонная материя обладает исключительной неравномерностью в деформациях между основой и утком. Деформация по утку в момент разрыва в пять раз превышает таковую по основе. Такую материю относим к разряду весьма неудовлетворительных и, обращаясь к рассмотрению нормальной характеристики этой материи, видим, что деформации по основе занимают главным образом область укорочений, а деформации по утку — область удлинений. При изготовлении из такой материи оболочек мы не будем иметь при расположении в раскрое направлений утка вдоль оси судна, а направлений основы — пер-

пендикулярно к ней, увеличение диаметров и сокращение длины оболочки, что считается нормальным для хороших по форме оболочек, изготовленных



Фиг. 37. Нормальная характеристика диагонально-дублированной баллонной материи: диаграмма растяжения.



Фиг. 38. Нормальная характеристика диагонально-дублированной прорезиненной баллонной материи: диаграмма растяжения.

из материй с равномерными удлинениями (опыт постройки оболочек мягких дирижаблей по данным Гаас и Дитциус); мы, вероятно, будем иметь сокращение диаметров и увеличение длины оболочки (см. приведенную на фиг. 38

нормальную характеристику), что может отразиться на форме оболочки, мало проверенной в нашей летной практике. При применении же к этой материи веретенообразного раскроя будем иметь, судя по нормальной характеристике, большое сокращение длины корабля и непомерно большое увеличение диаметров, что, уже заранее можно сказать, настолько исказит расчетную форму оболочки, что сделает неприменимой указанную материю для постройки.

Нормальная характеристика дает возможность определять кроме деформаций оболочки в каждом сечении и изменений длины оболочки еще модули упругости, которые также неодинаковы в каждом сечении оболочки и зависят от сочетаний напряжений p_2 и p_1 по основе и утку. Так, например, модуль упругости для основы диагонально-дублированной баллонной материи, нормальная характеристика которой приведена на фиг. 35, в сочетаниях напряжений в точках A , B , C будет иметь значения, приведенные в табл. 9:

Таблица 9

	Напряжение основы p_2 в кг/м	Напряжение утка p_1 в кг/м	Модуль упругости в кг/м
Точка A	40	200	5 200
» B	50	200	3 200
» C	120	200	2 000

Определение модулей упругости производят графически прямо из нормальной характеристики. Например, для модуля упругости основы в точке B при сочетаниях напряжений $p_2=80$, $p_1=200$ проводим к точке B касательную; тогда отношение катетов $ml:kl$ есть $\operatorname{tg} \angle mkl$, т. е. величина модуля упругости в точке B . В нашем масштабе ml соответствует 32 кг, kl соответствует 1%, т. е. 0,01; следовательно, модуль упругости в точке B будет

$$\frac{32}{0,01} = 3\,200 \text{ кг/м.}$$

Как видно из приведенной выше таблицы модулей упругости в точках A , B , C и т. д., каждой точке будет соответствовать своя величина модуля упругости, т. е., иначе говоря, каждому сочетанию напряжений, по основе и утку можно найти свое значение величины модуля упругости.

При определении формы упругой линии оболочки, наполненной воздухом, при изгибе имеем обычное уравнение:

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{M}{EI},$$

где M — изгибающий момент; $I = \pi R^3$ — момент инерции окружности и, наконец, E — модуль упругости, определяемый из нормальной характеристики только для одного поперечного сечения оболочки. Следовательно, зная M , I и E , можно определить форму упругой линии оболочки при чистом изгибе.

IX. ВЛИЯНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ПРОЧНОСТЬ И ГАЗОПРОНИЦАЕМОСТЬ БАЛЛОННЫХ МАТЕРИЙ

Новые баллонные материи, обладающие хорошими качествами по весу, прочности, газопроницаемости и т. д., далеко не всегда одинаковы в дальнейшем своем применении в оболочках воздушных кораблей. Нередко бывает, что материи, лучшие по первоначальным признакам, гораздо хуже выдерживают условия эксплуатации. Это зависит от применения малостойких материалов, производственных процессов изготовления, вредно действующей окраски и т. п.

Вполне естественно, что при выборе того или иного материала для построек оболочек, кроме выявления его первоначальных свойств, необходимо предвидеть и срок службы, который является одним из основных требований, предъявляемых к баллонным материям. Лаборатории, занимающиеся исследованиями воздухоплавательных материалов, в том числе и баллонными материями, ориентировочно разрешают вопросы о сроке службы материи путем выдерживания образцов на открытом воздухе, подвергая баллонную материю всей совокупности метеорологических воздействий, которые имеют место и при эксплуатации оболочек, изготовленных из этих материй.

Такая экспозиция баллонных материй решает вопросы о сроках службы не совсем полностью: во-первых, образцы подвергаются воздействию погоды как с наружной, так и с внутренней стороны, чего нет в оболочках; во-вторых, образцы не испытывают давления газа и, в-третьих, не всегда возможно воспроизвести те напряжения в образцах, которые имеют место в оболочках. Тем не менее применение экспозиции позволяет сравнивать между собой газопроницаемость и механические свойства различных баллонных материй и выбирать те из них, которые по сроку службы являются наиболее устойчивыми. Образцы, выставляемые на воздух через определенные промежутки времени, подвергаются исследованию на прочность и газопроницаемость, причем для определения прочности (или временного сопротивления) приходится из образцов изготовлять полоски нормальной ширины и длины и определять их разрывное усилие; для определения газопроницаемости надо несколько раз испытывать на газопроницаемость одно и то же место в разные периоды времени, что, действительно, даст возможность учитывать изменение газопроницаемости от влияний метеорологических условий, не считаясь с неравномерностью материй по газопроницаемости разных мест. За время экспозиции производится учет температур, влажности, облачности, осадков и, если представляется возможным, суммы тепла солнечной радиации.

Рассмотрим примеры экспозиции нескольких баллонных материй и связанные с ней изменения газопроницаемых и механических свойств. Экспозиции подвергались:

Материя № 1 — диагонально-дублированная, весом 345 г 1 м²; диагональный слой окрашен в светлую краску на резиновом клею.

Материя № 2 — диагонально-дублированная, весом 385 г 1 м²; диагональный слой окрашен в желтый цвет на резиновом клею.

Материя № 3 — диагонально-дублированная, весом 335 г 1 м²; диагональный слой содержит алюминиевый порошок на резиновом клею.

Материя № 4 — диагонально-дублированная, весом 342 г 1 м²; диагональный слой окрашен в темную краску на резиновом клею.

Материя № 5 — однослойная, весом $210 \pm 1 \text{ м}^2$; окрашена в желтый цвет.

Материя № 6 — трехслойная от дирижабля «Норвегия», весом $435 \pm 1 \text{ м}^2$; окрашена в наружном слое в светлоголубую краску на резиновом клею.

Материя № 7 — трехслойная, весом $385 \pm 1 \text{ м}^2$; не окрашена.

На фиг. 39 (см. вклейку) представлены изменения газопроницаемости и прочности первых пяти материй в зависимости от времени экспозиции и метеорологических условий. По оси абсцисс графика отложены дни экспозиции, по оси ординат — газопроницаемость в литрах с 1 м^2 в 24 часа, приведенная к 15°C , и временное сопротивление материй в кг/см .

Выше графика даны значения максимальной и минимальной температур, облачности и относительной влажности и количества осадков на каждый день. Значения газопроницаемости образцов с первого дня экспозиции обозначены сплошными линиями, значения газопроницаемости других образцов тех же материй, выставленных с 60-го дня опыта, — пунктирными линиями, значения временного сопротивления материй — пунктирными линиями с точками.

Как видно из графика, значения газопроницаемости баллонных материй по времени экспозиции далеко не постоянны; некоторые материи с течением времени имеют небольшие колебания по значениям газопроницаемости, другие — претерпевают заметные изменения и, наконец, третьи — утрачивают совсем свои газопроницаемые свойства.

Лучшей из представленных на фиг. 39 материй является материя № 3. Имея первоначальное значение газопроницаемости около $8 \text{ л с } 1 \text{ м}^2$ в 24 часа при 15°C , материя претерпевает незначительные колебания в течение 120 дней экспозиции, нигде не превосходящие 12 л , а к концу последнего дня экспозиции газопроницаемость не превосходит 6 л .

Материя № 1 за то же время экспозиции претерпевает большие изменения газопроницаемости. Имея первоначальное значение около $11 \text{ л с } 1 \text{ м}^2$ в 24 часа при 15°C , газопроницаемость колеблется, спустя месяц экспозиции, между 20 и 30 л , в отдельных случаях достигая 34 л . К концу экспозиции значение газопроницаемости вновь заключено в пределах $20\text{—}30 \text{ л с } 1 \text{ м}^2$ в 24 часа при 15°C . Материя № 2 обладала тем свойством, что ее значения газопроницаемости после выставления на воздух изменялись в сторону увеличения; уже через 65 дней после экспозиции получились значения газопроницаемости в $40 \text{ л с } 1 \text{ м}^2$ в 24 часа при 15°C , а через 100 дней превысили 110 л .

Материя № 5 хорошо выдерживает экспозицию около 90 дней, после чего в трехдневный срок наступает разрушение газопроницаемого слоя, достигающего по значению газопроницаемости ее $320 \text{ л с } 1 \text{ м}^2$ в 24 часа при 15°C .

Материя № 4, обладая первоначальными значениями газопроницаемости около $5 \text{ л с } 1 \text{ м}^2$ в 24 часа при 15°C , в течение 80 дней экспозиции имела весьма незначительные колебания, нигде не превосходившие 10 л ; далее наступает быстрое ухудшение и к 100-му дню экспозиции значение газопроницаемости этой материи превосходит $217 \text{ л с } 1 \text{ м}^2$ в 24 часа при 15°C .

Из рассмотренных пяти баллонных материй, находящихся во время экспозиции в одинаковых метеорологических условиях, лучшей и вполне удовлетворительной следует признать материю № 3; к типу удовлетворительных следует отнести и материю № 1, но она уступает типу № 3. Материю № 2 считаем неудовлетворительной, как не сопротивляющуюся метеорологическим

воздействиям. Материю № 4, несмотря на более чем хорошие газонепроницаемые свойства в первые три месяца экспозиции, принуждены отнести к разряду весьма неудовлетворительных в силу ее свойства в короткий срок после установившихся хороших значений газопроницаемости настолько ухудшать значения последних, что эксплуатация оболочек, построенных из таких материй, делается катастрофической. Материя № 5 отнесена нами к разряду удовлетворительных, несмотря на ее свойства выдерживать экспозицию только в течение трех месяцев, — в этой материи имеется с одной стороны незащищенный резиновый слой в периоды экспозиции, и, следовательно, материя поставлена в более жесткие условия по сравнению с материями двухслойными.

Если обратиться к графической сводке метеорологических данных, сопровождающих экспозицию баллонных материй, то можно отметить, что на разложение некоторых материй влияют переход от низких температур к высоким, увеличение количества осадков, уменьшение облачности и, следовательно, увеличение солнечного сияния, а также уменьшение относительной влажности воздуха; в эти периоды материя подвергалась попеременному намоканию и высыханию, усиленному солнечному свету и сравнительно высокой температуре, всегда большей при действии солнечных лучей, чем температура окружающего воздуха; все эти совместные воздействия и привели к разрушению газонепроницаемого слоя тех материй, которые отнесены нами к разряду неудовлетворительных; остальные материи удержали свои нормальные газонепроницаемые свойства без резких изменений. Материи, выставленные спустя 60 дней после первоначальной экспозиции, в общих чертах повторили данные первоначальной экспозиции; в частности имеем материю № 2 — также не сопротивляющуюся метеорологическим воздействиям, материю № 1 — с средними колебаниями по признакам газопроницаемости и материю № 3 — с теми же хорошими показателями, как и в начальной экспозиции. На графике не приведены значения газопроницаемости и ее изменения материй № 6 и 7; для этих материй можно отметить, что при первоначальных значениях, не превышающих $3,5 \text{ л с } 1 \text{ м}^2$ в 24 часа при 15°С , за 120 дней экспозиции колебания в значениях газопроницаемости не превосходили $4 \text{ л с } 1 \text{ м}^2$ в 24 часа, что указывает на вполне хорошие качества этих материй.

Рассматривая изменения временного сопротивления баллонных материй, отмечаем для некоторых материй, как, например, для материи № 2, сохранение первоначальной крепости за все время экспозиции; для остальных двухслойных материй первые периоды экспозиции мало отражаются на изменении временного сопротивления, а в некоторых случаях наблюдается иногда прирост крепости (материя № 1). В дальнейшем временное сопротивление меняется в сторону уменьшения; в нашем примере это уменьшение определяется пределами $15—25\%$. Потеря прочности в однослойных материях больше за тот же период эксплуатации и достигает $35—37\%$.

Рассмотренные примеры стойкости различных баллонных материй, подвергнутых метеорологическим воздействиям, позволяют сравнивать различные типы материи и выбирать из них такие, срок службы которых наибольший. Выбранные типы материй могут быть подвергнуты более подробному изучению в области сроков службы, в результате чего может быть избран окончательный тип материи, наиболее удовлетворяющий требованиям эксплуатации. В развитие этого способа отбора двухслойные материи диагонально-

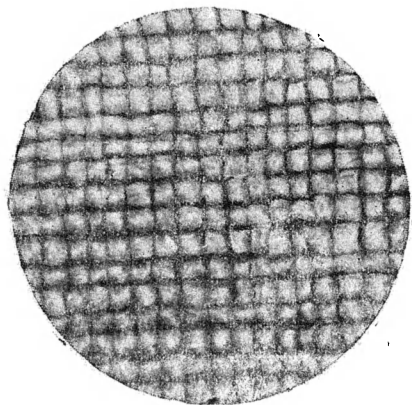
дублированные, одна с алюминиевым порошком в наружном слое, другая — с светлой окраской, были подвергнуты экспозиции на воздухе на срок несколько более 300 дней, причем за указанный период времени обе материи имели нормальные изменения газопроницаемости за первые 200 дней, не превосходившие значений 18 л с 1 м² в 24 часа при 15°С, считая первоначальные значения 8 л. Через 300 дней экспозиции значения газопроницаемости материи, покрытой алюминиевым порошком, не превосходили 30 л с 1 м² в 24 часа при 15°С, материи с светлой окраской — 40 л. Изменение временного сопротивления было таково, что наблюдалось падение прочности за 200 дней на 15—18%, за 300 дней — около 30%. Наблюдения за изменением прочности показывают, что уменьшение прочности на 30% происходит более или менее равномерно, далее падение прочности происходит более интенсивно.

Наблюдения за изменением газопроницаемости показывают, что для хороших материй колебания в значениях газопроницаемости не превосходят 40 л с 1 м² в 24 часа при 15°С достаточно долгое время, после чего изменения газопроницаемости происходят быстрее в сторону увеличения газопроницаемых свойств. Такое свойство материй подвергает некоторому риску дальнейшую эксплуатацию оболочек, прочность которых уменьшилась на 30%, и газопроницаемость превысила 40 л в 1 м² в 24 часа при 15°С; это предвещает требование брать такие оболочки под очень тщательный надзор, что не всегда возможно в условиях эксплуатации, или же совсем прекращать эксплуатацию подобных оболочек. Если считать последнее положение за правило, то по отношению к баллонным материям должно предъявить требования, чтобы уменьшения прочности на 30% и значения газопроницаемости, не превышающие 40 л с 1 м² в 24 часа при 15°С, наступали бы в материях через возможно длительный срок. В настоящее время промышленность изготавливает материи, в которых указанные пределы наступают в эксплуатационных условиях примерно через 2 года эксплуатации в условиях умеренного климата. Сроком службы в 2 года обладают материи, которые отнесены к разряду хороших; удлинение этого срока, безусловно, желательно, т. е. желательно отдаление наступления момента, когда прочность материи теряется на 30% и газопроницаемость достигает 40 л с 1 м² в 24 часа при 15°С, что в свою очередь требует улучшения технологических процессов изготовления баллонных материй, изыскания лучших рецептов и защиты от вредного влияния метеорологических воздействий.

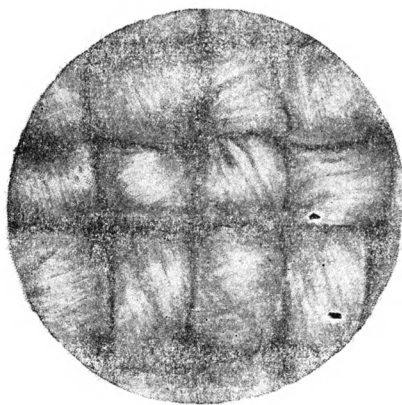
«Старение» материй очень часто можно определить и по внешнему виду. Материи становятся жесткими, ломкими, начинают появляться пятна темных оттенков, а в случаях полного разложения — пятна совершенно темных оттенков с полной потерей в пораженных местах эластичности; газопроницаемость этих поврежденных мест невероятно высока, а именно: превышает 1000 л с 1 м² в 24 часа при 15°С. При обстоятельствах другого порядка, когда по внешним признакам очень трудно решить вопрос о пороках материй, непременным условием служит испытание баллонных материй в полевой или лабораторной обстановке, и эти результаты испытаний решают вопросы о дальнейшей эксплуатации оболочек воздушных кораблей.

Рассмотрим внешний вид прорезиненных баллонных материй, подвергнутых воздействию метеорологических условий, на микроснимках при различных увеличениях. Микроснимок на фиг. 40 дает представление о структуре ткани баллонной материи, снятой со стороны, обращенной к газу, т. е. со стороны

основного слоя ткани новой баллонной материи. Увеличение дано в 25 раз, и при этом увеличении ясно видно правильное переплетение ткани без всякого влияния на схему переплетения каучукового слоя.

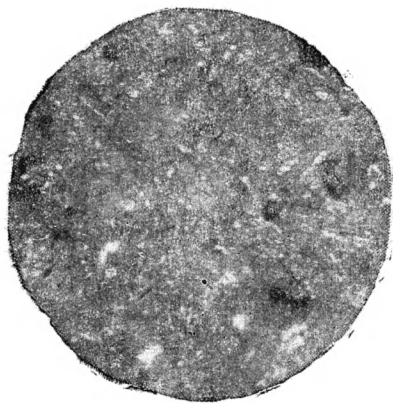


Фиг. 40. Новая баллонная материя со стороны ткани. Увеличение в 25 раз.

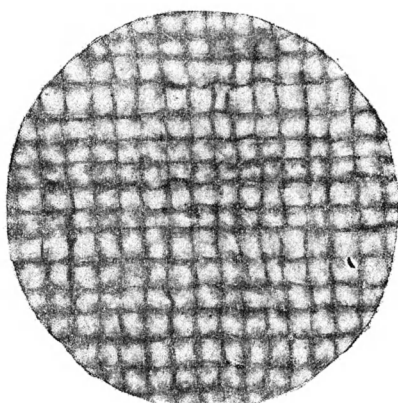


Фиг. 41. Новая баллонная материя со стороны ткани. Увеличение в 100 раз.

На микроснимке на фиг. 41 показана новая ткань при увеличении в 100 раз; здесь опять ясно видно переплетение нитей основного обращенного к газу слоя без влияния следующего за ним каучукового слоя. На микроснимке



Фиг. 42. Каучуковый слой новой баллонной материи. Увеличение в 100 раз.



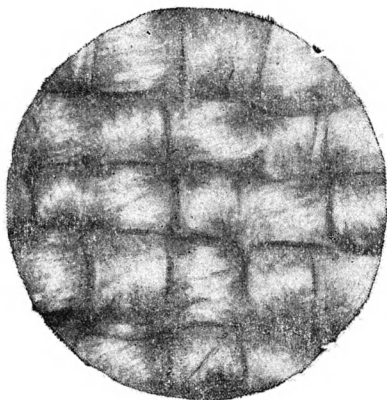
Фиг. 43. Баллонная материя со стороны ткани с малозаметными признаками разложения. Увеличение в 25 раз.

на фиг. 42 дано изображение каучукового слоя новой материи с увеличением в 100 раз, причем; как видно из фигуры, в новой материи через каучуковый слой весьма смутно просвечивают нити основного слоя ткани.

На микроснимках на фиг. 43—45 представлены баллонные материи с небольшими наружными признаками разложения: на фиг. 43, 44 — со стороны ткани, а на фиг. 45 — со стороны каучука; в этом последнем снимке через

каучук уже достаточно ясно заметно переплетение нитей следующего за ним слоя ткани.

На микроснимках на фиг. 46—48 показаны баллонные материи с явными



Фиг. 44. Баллонная материя со стороны ткани с малозаметными признаками разложения. Увеличение в 80 раз.



Фиг. 45. Каучуковый слой баллонной материи с малозаметными признаками разложения. Увеличение в 80 раз.

признаками разложения, причем один снимок (фиг. 46) сделан со стороны ткани, а другие (фиг. 47, 48) — со стороны каучука. В этих случаях мы отмечаем на снимке со стороны ткани нечеткое изображение переплетения



Фиг. 46. Баллонная материя с явными признаками разложения со стороны ткани. Увеличение в 80 раз.

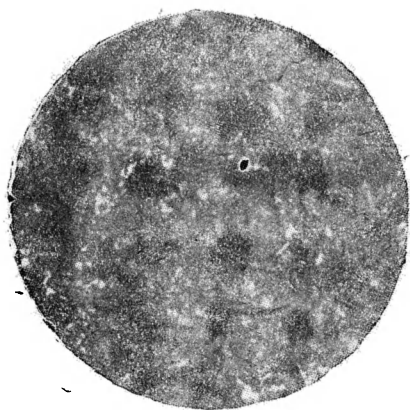


Фиг. 47. Баллонная материя с явными признаками разложения со стороны каучука. Увеличение в 80 раз.

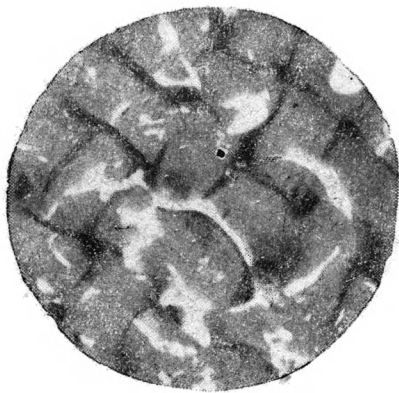
нитей, вызванное «старением» каучука, проникшим на чистую прежде поверхность ткани; снимки со стороны каучука показывают ясное просвечивание переплетения нитей следующего за ним слоя ткани, чего никогда не наблюдаем в новой материи при слое каучука в 100 г на 1 м².

На фиг. 49, 50 показаны другие виды разложения со стороны ткани, а на фиг 51, 52 — со стороны наружного резинового слоя.

На фиг. 53 приведен вид двухслойной баллонной материи, снятой с внутренней стороны (т. е. со стороны ткани); вес 1 м² ткани, из которой

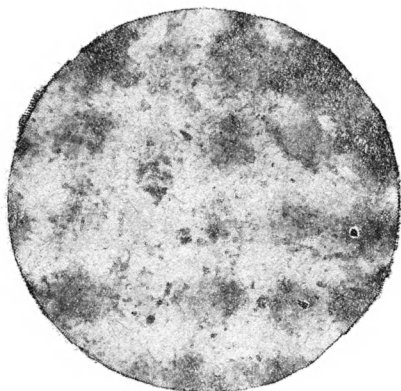


Фиг. 48. Баллонная материя с явными признаками разложения со стороны каучука. Увеличение в 80 раз.

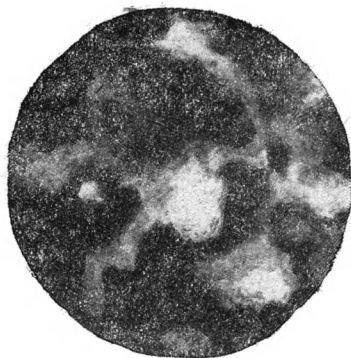


Фиг. 49. Баллонная материя с явными признаками разложения со стороны ткани

изготовлена эта материя, примерно около 100 г. На снимке видно плотное переплетение нитей с малым просветом слоя каучука, следующего за слоем ткани. На фиг. 54 приведена двухслойная баллонная материя, изготовленная



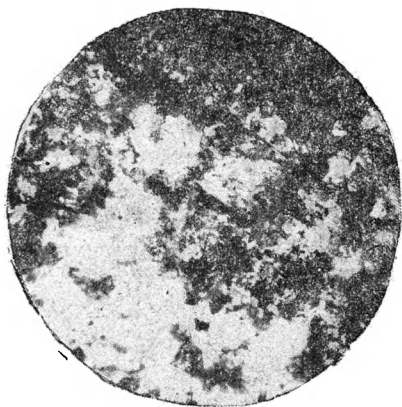
Фиг. 50. Баллонная материя с признаками разложения со стороны ткани.



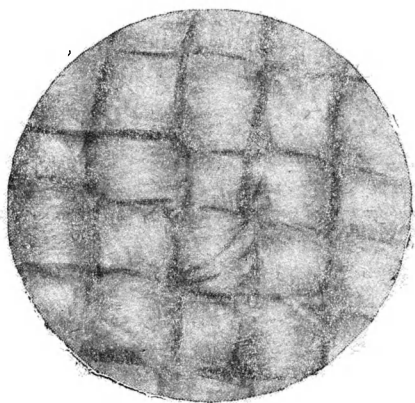
Фиг. 51. Баллонная материя с признаками разложения со стороны резинового слоя.

из более легкой ткани (65—67 г на 1 м²); в этом случае наблюдается недостаточное число нитей на погонной единице; на снимке заметны большие «окна» просвечивающего за тканью слоя каучука. Из практики эксплуатации отмечено, что такие материи обладают незначительным сроком службы, и при выборе более легких тканей (высокие номера ниток) необходимо обращать внимание, чтобы плотность ниток была вполне достаточной на единице длины ткани.

Ухудшение внешнего вида прорезиненных баллонных материй почти всегда сопровождается потерей эластичности и неприятным запахом от разлагающегося резинового слоя. В громадном большинстве случаев испытание баллонной материи с явно поврежденными местами на газопроницаемость дает

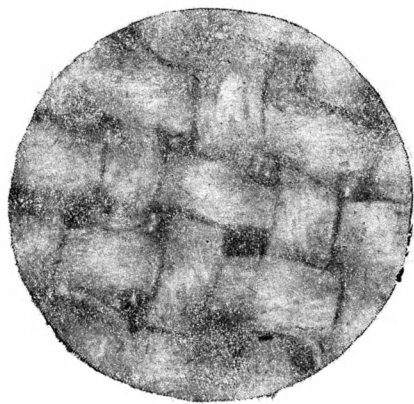


Фиг. 52. Баллонная материя с признаками разложения со стороны каучукового слоя.



Фиг. 53. Двухслойная баллонная материя со стороны ткани. Увеличение в 80 раз.

столь высокое значение последней, что это и служит мотивом забракования оболочки. Не всегда, однако, хороший внешний вид оболочки свидетельствует об ее хорошем состоянии. Нередки случаи, когда безупречная по внешнему виду оболочка дает настолько сильную утечку газа, что эксплуатация ее делается невозможной. В этом случае, не принимая во внимание особых случаев, механических повреждений или утечку через швы, надо причину непригодности баллонной материи искать по двум вариантам: 1) резиновый слой неравномерно наложен на материю при нормальном весе каучука на 1 м^2 (фиг. 54а), причем в местах утонения каучукового слоя происходит наибольшая утечка газа, некомпенсируемая ни в коем случае местами утолщений; 2) нормальный каучуковый слой получил повреждения (трещины) при складывании или хранении оболочки при морозе. В этом случае весьма трудно обычными методами определить природу повреждений.



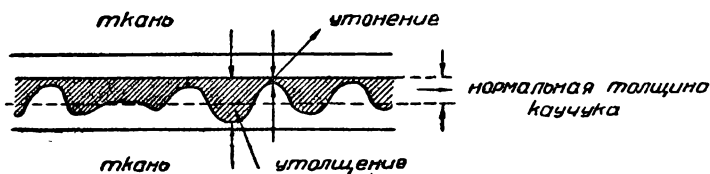
Фиг. 54. Двухслойная баллонная материя (вес 65—67 г на 1 м^2) со стороны ткани. Увеличение в 80 раз.

Если при наличии явных признаков разложения кроме внешнего вида микроснимков приходит на помощь и химический анализ, определяющий при порче прорезиненной материи чрезвычайно большое увеличение смол и уменьшение свободной серы, то при здоровом каучуковом слое, хотя бы и имеющем механические повреждения, никакой химический анализ не поможет.

В этом случае наиболее реальным и действительным средством является просмотр материи при 1000-кратном увеличении под ярким освещением; тогда сильные просветы в утоненных или поврежденных местах каучукового слоя укажут на ненормальности этого слоя.

Все перечисленные выше исследования баллонных материй, главным образом прорезиненных, позволяют предъявить к ним обоснованные требования по весу, прочности, удлинению, газопроницаемости; средние значения этих качеств материи указаны в табл. 2, 3 и 5—8, приведенных в начале книги.

Коэффициент безопасности для оболочек, являющихся и газоместилыщами и несущих подвешенные грузы, должен быть не меньше шести; при выборе этого коэффициента учитывается и срок службы оболочки и связанная с ним потеря прочности оболочки. Кроме цифрового материала для требований, предъявляемых к оболочкам, исследования материй дают возможность определить нормы для забракования оболочек, что имеет важнейшее значение для эксплуатации.



Фиг. 54а.

Оболочка должна быть забракована: 1) при понижении прочности на 30% от первоначальной крепости; 2) при достижении газопроницаемости 40 л с 1 м² в 24 часа при 15°С; 3) при относительном удлинении в момент разрыва меньшем 4%.

Ставя требование — не меньше двухлетнего срока службы для оболочек воздушных кораблей, имеют в виду умеренный климат; в странах с жарким климатом, где больше солнечного сияния, срок службы будет, очевидно, меньше. У нас пока мало исследований над старением баллонных материй в различных климатических условиях. При постановке таких исследований целесообразно размещать образцы материй одновременно в разных широтах, а старение материи изучать в зависимости от суммы тепла солнечной радиации. Баллонную материю можно считать хорошей, если она мало изменяет свои первоначальные качества по прочности и газопроницаемости, будучи подвергнута воздействию солнца и получив от него 70 000 малых калорий; такую сумму тепла солнечной радиации можно получить в различных широтах в разные сроки; отсюда и различный срок службы оболочек; так, например, оболочка, выдерживающая эксплуатацию около двух лет на широтах Москвы или Ленинграда, на крайнем юге СССР будет служить не более 200—250 дней.

О температурах газа и оболочки имеет важнейшее значение для эксплуатации. Водород и гелий из всех газов обладают наибольшей теплопроводностью. Табл. 10 дает сравнительные значения:

Таблица 10

Наименование газа	Температура °C	K^*	$\frac{K_{\text{газ}}}{K_{\text{воздух}}}$
Воздух	0	0,0000566	1,000
	100	0,0000719	1,000
Аммиак	0	0,0000458	0,810
	100	0,0000709	0,980
Аргон	0	0,0000388	0,686
	100	0,0000509	0,708
CO ₂	0	0,0000332	0,585
	100	0,0000496	0,690
CO	0	0,0000542	0,958
Этан	0	0,0000496	0,876
Гелий	0	0,000344	6,08
	100	0,000398	5,53
Водород	0	0,000416	7,35
	100	0,000499	6,94
O ₂	0	0,0000570	1,007
	100	0,0000743	1,034
N ₂	0	0,0000568	1,004
	100	0,0000718	0,999
Пары воды	0	—	0,415
	100	—	1,05

Оболочка, наполненная водородом или гелием, быстро нагревается под влиянием солнечных лучей, одновременно и газ быстро воспринимает температуру оболочки. Этот нагрев достигает своего максимума в штилевую погоду, при движении же судна или же стоянке на мачте в ветряную погоду происходит потеря тепла, и тем больше, чем лучше обтекаемая форма оболочки. Справочных таблиц, указывающих точные значения температур газа и оболочки во все времена года и на различных высотах, пока еще не имеется; необходимый материал может быть получен путем систематических исследований и главным образом в полетах; эта работа, повидимому, будет ближайшей темой для исследований наших воздухоплавательных организаций.

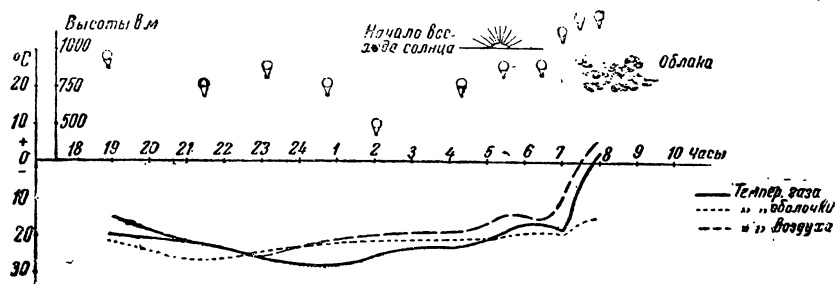
Приведем пока некоторые отдельные примеры температуры газа и оболочки. По данным американского Бюро станлартов по баллонным материям максимальная температура оболочки, наблюдаемая на матерчатых моделях, была 60° C при температуре окружающего воздуха 23° C; такой же была температура газа (водорода). Наблюдение производилось в полдень при наибольшей интенсивности солнечных лучей.

Данные температур оболочки, газа и окружающего воздуха, наблюдаемых автором в одном из полетов на сферическом аэростате, приведены на графике фиг. 55. Из этих данных видно, что температуры оболочки и водорода в ночной период близки к температуре воздуха; при восходе солнца и начале разогрева температура водорода и оболочки резко поднимается и превышение температуры газа и оболочки над температурой окружающего воздуха достигает 21° C даже в первые часы восхода солнца. В полетах оболочка нагревается неравномерно, а именно, надо различать сол-

* K — количество тепла в калориях, протекающее в 1 сек. через площадь 1 см² при температурном градиенте 1° C на 1 см.

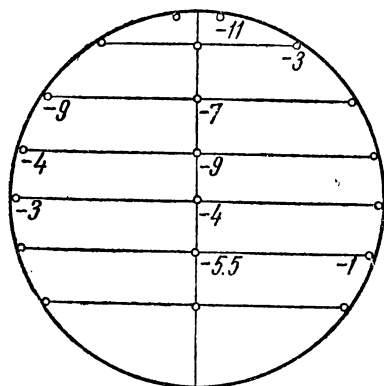
нечную и теневую стороны оболочки, которые при вращении меняются своими местами. Распределение температур по оболочке и по газу, наблюдаемое в других полетах, показано на фиг. 56—59; из этих фигур видно, что температуры распределяются далеко не равномерно.

Не указывая сейчас максимальных температур, которых следует ожидать от перегрева, — это — задача будущих исследований, — надо отметить, что

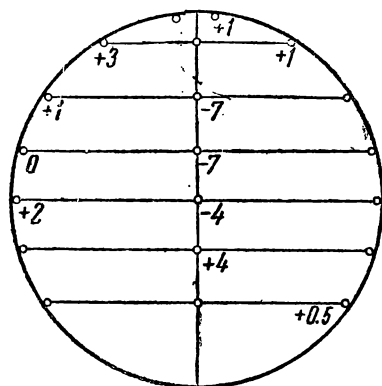


Фиг. 55. Температура оболочки, газа и окружающего воздуха при полете на сферическом аэростате.

этот перегрев (возможно в несколько десятков градусов) не полезен для оболочки: во-первых, с увеличением температуры на 1°C увеличивается и газопроницаемость на 4, во-вторых, с увеличением температуры ускоряются начавшиеся процессы разложения материй оболочки, что в свою очередь



Фиг. 56.

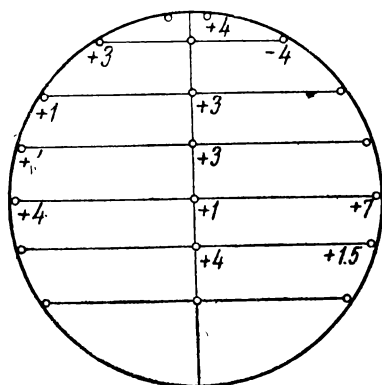


Фиг. 57.

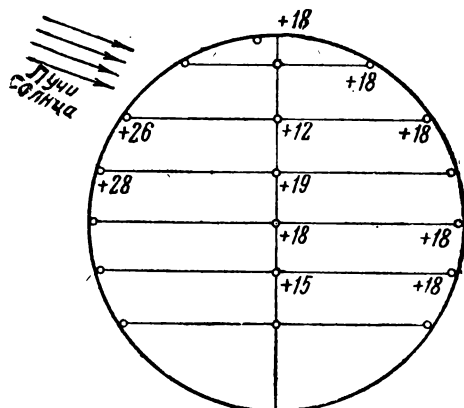
сокращает сроки службы оболочек. На нагрев оболочки оказывает влияние и выбор окраски наружного слоя, — в этом отношении бледные расцветки лучше, в особенности материя, покрытая снаружи алюминиевым порошком; эта последняя позволяет оставаться оболочке более холодной. С другой стороны, имеется стремление окрашивать наружный слой баллонной материи в желтый цвет для предохранения от ультрафиолетовой радиации; в данном случае лучшей материей будет та, у которой наружный слой ткани окрашен в желтый цвет и, кроме того, сверху покрыт алюминиевым порошком.

По данным опыта именно эти материи обладают наибольшим сроком службы.

На качество оболочек влияют также и низкие температуры. Здесь надо различать два случая: оболочки, не наполненные газом, и наполненные. Оболочки, не наполненные газом, допускают их разворачивание, свертывание или закатывание при температурах не ниже -18°C ; при более низких температурах есть риск повредить газонепроницаемый слой оболочки и, следовательно, привести оболочку в негодность. Эксплуатация же оболо-



Фиг. 58.



Фиг. 59.

чек, наполненных газом, возможна и при более низких температурах -35°C без риска повреждений газонепроницаемого слоя, но при условии выполнения оболочки и отсутствия складок. Разрушение же такой оболочки возможно только при температурах выше, чем -18°C . Повреждение газонепроницаемого слоя, полученное оболочкой при неправильной эксплуатации, обнаруживаются не сразу; обычно с наступлением первых весенних дней такая оболочка делается сильно газопроницаемой без наличия каких-либо явных признаков разложения. В дальнейшем газопроницаемость увеличивается и через 1—1,5 мес. оболочка делается совершенно непригодной для эксплуатации.

ВЕРЕВОЧНЫЙ ТАКЕЛАЖ

Веревочный такелаж в воздухоплавательном деле имеет такое же важное значение, как оболочка, гондola или корзина. В привязных аэростатах, в сферических аэростатах, в дирижаблях малой кубатуры такелаж приме-

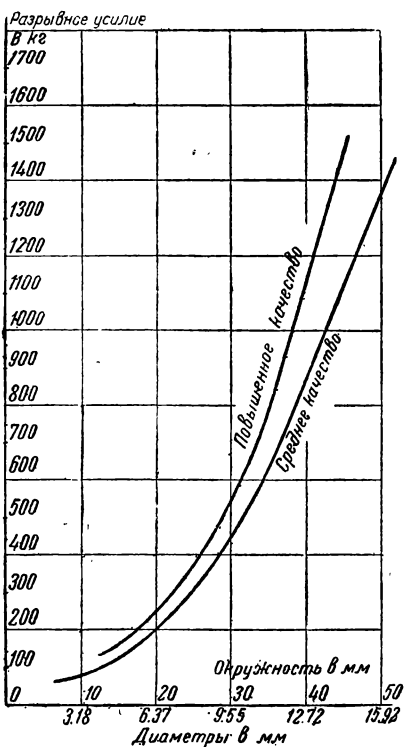
няется как подвеска для корзин и гондол, а также служит для крепления аэростатов на биваке. К веревочному такелажу должны быть предъявлены нижеследующие требования: 1) прочность, 2) легкость, 3) эластичность, 4) долгий срок службы, 5) дешевизна.

Веревочный такелаж, применяемый в настоящее время в воздухоплавании, разделяется на: 1) льняной, 2) хлопчатобумажный, 3) пеньковый и на 4) такелаж из экзотических волокон.

Наибольшее распространение имеет льняной такелаж. Льняной и хлопчатобумажный такелаж разделяется на типы: а) крученые веревки, б) плетеные веревки, в) фалы с сердцевинкой или без сердцевинки.

Главное применение имеют крученые веревки, а из них четырехрядные; каждая прядь в свою очередь состоит из трех прядок; таким образом вся веревка состоит в общем из 12 прядок. Эта конструкция по эластичности и прочности наилучшая. Такая веревка получила название: «четырёхрядный английский шнур».

При испытании веревочных изделий определяют: 1) разрывное усилие в кг, 2) вес 1 пог. м в г, 3) окружность или диаметр в мм.



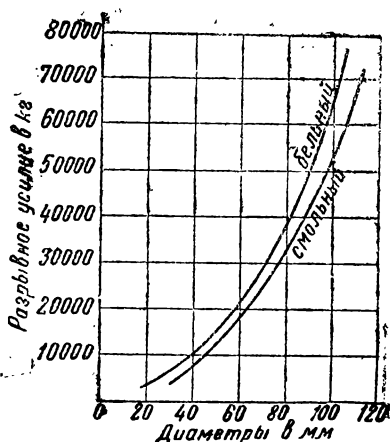
Фиг. 60. Льняной четырехрядный шнур: зависимость разрывного усилия от диаметра.

Разрывное усилие определяется на разрывных машинах со специальными зажимами. Большое распространение получили за последнее время зажимы «улитки»; при применении этого зажима разрыв происходит почти всегда нормально; несколько затруднительно в этом случае измерение удлинений, которые могут представлять интерес для характеристики веревок. Разрывное

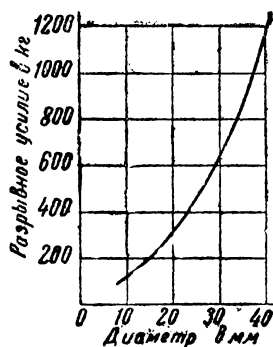
усилие определяется всегда полностью для всей веревки; совершенно не разрешается производить разрывы расплетенных отдельных прядей веревки, а потом суммировать усилия по числу прядей, так как получается ошибка в разрывном усилии для всей веревки в сторону увеличения.

Вес определяется взвешиванием или всего мотка веревки с дальнейшим промером длины или же взвешиванием отдельных образцов, пролежавших в лабораторной обстановке не менее двух суток при нормальной относительной влажности 60—70%.

На фиг. 60—62 приведена зависимость разрывного усилия от диаметра льняных и бумажных веревок и пеньковых канатов. Вес 1 пог. м веревок льняных и бумажных (не считая пеньковых канатов для гайдропов), при-



Фиг. 61. Пеньковый трехпрядный канат: зависимость разрывного усилия от диаметра.



Фиг. 62. Хлопчатобумажная селфакторная трехпрядная веревка: зависимость разрывного усилия от диаметра.

меняемых в воздухоплавании, в зависимости от диаметра заключен в пределах от 2 до 200 г. Вес зависит от добротности пряжи, идущей на изготовление веревок, от конструкции веревки, от тщательности технологического процесса изготовления.

Если написать отношение

$$\frac{P}{g} = K,$$

где: P — разрывное усилие в кг и g — вес 1 пог. м в кг, то веревка будет вполне удовлетворительна в отношении прочности и веса, если коэффициент K будет иметь значение 12 000—14 000.

Рассмотрим ниже некоторые механические качества хлопчатобумажных и льняных веревочных изделий по данным, полученным на основании лабораторных исследований.

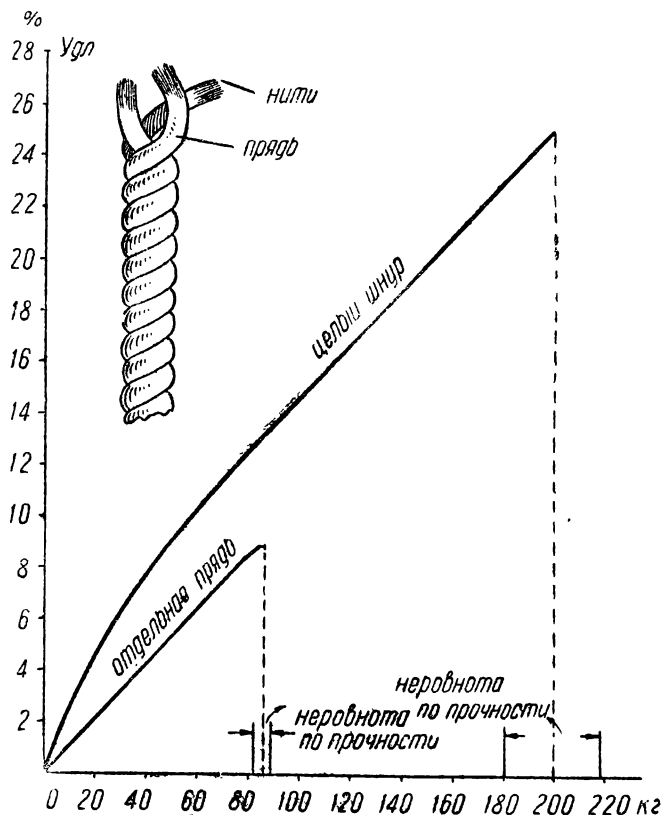
1. ХЛОПЧАТОБУМАЖНЫЙ ТРЕХПРЯДНЫЙ ШНУР

На фиг. 63 представлена диаграмма растяжения всего шнура и отдельной пряди. Среднее значение разрывного усилия для всего шнура составляет 200 кг, среднее разрывное усилие для отдельной пряди — 85 кг. Считая

разрывное усилие шнура по суммарным усилиям отдельных прядей, получим $85 \times 3 = 255 \text{ кг}$ вместо истинных 200 кг , что составляет ошибку:

$$\frac{250-200}{200} \cdot 100 = 25\%$$

в сторону преувеличения; в силу этого никогда нельзя допускать испытания крученых веревок по отдельным прядям. Здесь следует оговориться, что если крутка шнура была бы более пологой, то расхождение между такими



Фиг. 63. Диаграмма растяжения хлопчатобумажного трехпрядного шнура ($d = 5,7 \text{ мм}$; в каждой пряди 304 нити, всего нитей 912; вес 1 пог. м — 23 г) и его отдельной пряди.

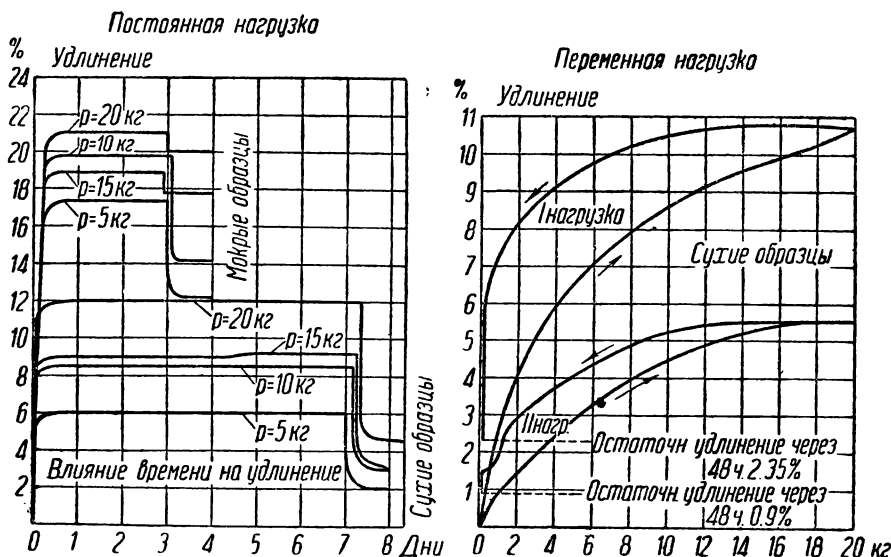
испытаниями было бы меньше; но в то же время во избежание возможного раскручивания нельзя допускать чрезмерной пологости. Поэтому расхождение между суммарным испытанием отдельных прядей и целого шнура в 15% надо считать минимальным.

При применении веревочных изделий в качестве такелажа воздушных кораблей приходится считаться с изменением их длины под влиянием полезных грузов при эксплуатации. Это изменение в больших пределах

нежелательно, так как нарушает расчетные данные для длин. Во избежание большого вытягивания при эксплуатации веревочные изделия подвергаются предварительному вымачиванию и вытягиванию под грузами, после чего из них изготавливаются отдельные части снаряжения.

Рассмотрим изменения механических качеств при различных нагрузках и состоянии влажности.

На фиг. 64 (слева) представлены диаграммы растяжения хлопчатобумажного шнура под постоянными нагрузками в 5, 10, 15 и 20 кг, причем 20 кг представляет $\frac{1}{10}$ разрывного усилия. Нагружению подвергались как сухие, так и вымоченные образцы с учетом влияния времени.



Фиг. 64. Слева: диаграмма растяжения хлопчатобумажного шнура ($d = 5,7\text{ мм}$) под постоянными нагрузками в 5, 10, 15 и 20 кг. Справа: диаграмма растяжения того же шнура под переменными нагрузками.

Из диаграммы видно, что под влиянием постоянных нагрузок образцы весьма быстро принимают соответствующее нагрузке удлинение, мало изменяя его с течением времени; по снятии же нагрузки весьма быстро принимают остаточное удлинение, которое к концу второго дня после снятия нагрузки остается постоянным. Резко отмечается разница между удлинениями и остаточными удлинениями образцов сухих и вымоченных: последние имеют деформации, значительно превосходящие деформации сухих образцов. По значениям величины деформаций тем больше, чем больше величина нагрузки. На той же фигуре (справа) дана диаграмма растяжения того же шнура, подвергнутого нагружению до 20 кг ($\frac{1}{10}$ разрывного усилия) и разгруженного до нуля; повторная такая же переменная нагрузка этого образца, но с постоянной расчетной длиной указывает на значительное уменьшение величин деформаций, сводя остаточное удлинение до минимума.

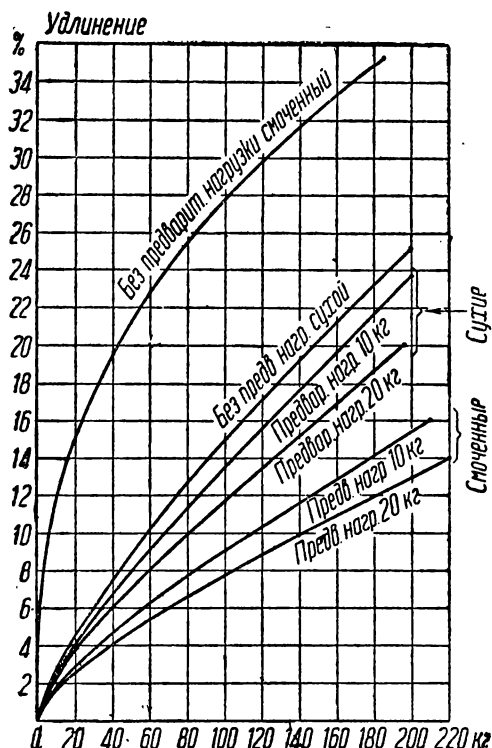
На фиг. 65 показана диаграмма доведенных до разрыва растяжений образцов, которые подвергались постоянным нагрузкам. Из диаграммы видно, что шнур, предварительно смоченный, но не подвергавшийся никаким вытя-

гивающим нагрузкам, обладает непомерно большим удлинением; шнуры сухие после предварительных нагрузок уменьшают свои деформации на сравнительно небольшую величину; шнуры, смоченные после предварительных нагрузок, деформируются заметно меньше по отношению к новому шнуру. Также следует отметить, что предварительное вытягивание не отражается

на прочности шнура в сторону уменьшения. Для рассмотренного шнура предварительное вымачивание и постоянная нагрузка в $\frac{1}{10}$ от разрывного усилия являются наиболее благоприятными, так как в шнуре исчезают излишние, малополезные для эксплуатации удлинения и, кроме того, шнур остается еще достаточно эластичным (14% в момент разрыва), что также необходимо для целей эксплуатации.

II. ЛЬНЯНОЙ ТРЕХПРЯДНЫЙ ШНУР

На фиг. 66—68 приведены данные исследования льняного трехпрядного шнура ($d = 3,7$ мм). Испытания проведены аналогично испытаниям бумажного шнура, приведенным выше. Как видно из данных, приведенных в диаграммах, все выводы, приведенные для бумажного шнура, справедливы и для льняного шнура. Отметим здесь только одно обстоятельство: на фиг. 68 даны диаграммы растяжения образцов, доведенных до разрыва, подвергнутых предварительно вытягивающей постоянной

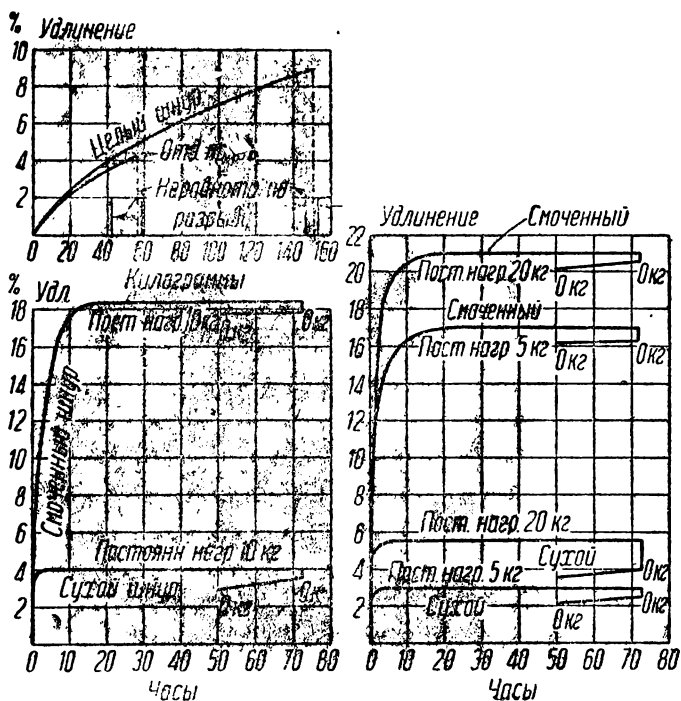


Фиг. 65. Диаграмма растяжения хлопчатобумажного шнура ($d = 5,7$ мм), доведенного до разрыва под постоянными нагрузками.

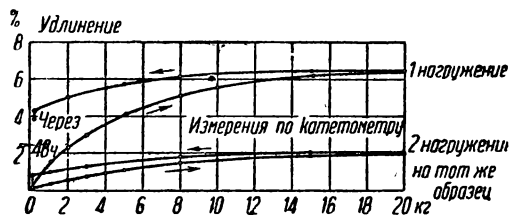
нагрузке. Образец, подвергнутый предварительной нагрузке в 20 кг (вымоченный), стал обладать малой эластичностью, что в эксплуатации надо рассматривать как недостаток, но в то же время для данного типа шнура предварительная нагрузка в 20 кг представляет не $\frac{1}{10}$ от разрывного усилия, а $\frac{1}{7}$; это говорит за то, что в данном случае шнур был перенапряжен, и для него предварительную нагрузку надо было выбрать 12—10 кг, близкую к отношению $\frac{1}{10}$ от разрывного усилия.

На основании изложенного можно сделать следующие выводы для предварительной обработки веревочных изделий:

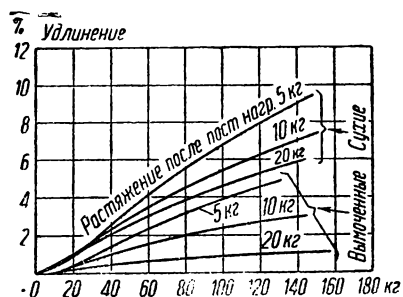
- 1) льняные и хлопчатобумажные веревки перед изготовлением из них воздухоплавательного такелажа должны быть вымочены в воде при $t = 15—25^{\circ}\text{C}$;
- 2) после вымачивания веревки должны быть подвергнуты постоянной нагрузке, составляющей по весу 8—10% от величины разрывного усилия веревки, и на срок не менее 24 час.



Фиг. 66. Данные испытаний льняного трехпрядного (по 12 ниток в пряди) крученого шнура ($d = 3,7$ мм; вес 1 пог. м — 10,7 г).



Фиг. 67.



Фиг. 68.

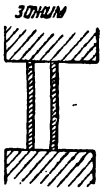
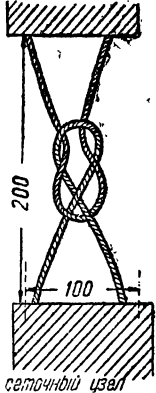
III. ВЛИЯНИЕ ПЕРЕРЕЗЫВАЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ УЗЛОВ

В воздухоплавательном такелаже для соединения отдельных элементов между собой применяют специальные узлы. Не рассматривая здесь довольно многообразных систем узлов, остановимся на трех основных типах: прямом узле, «гусиной лапке» и сеточном узле.

Для определения влияния перерезывающего действия узлов приведем результаты испытаний для различных типов веревок (см. табл. 11).

Таблица 11

Среднее из 10 испытаний на разрывное усилие хлопчатобумажного крученого шнура в кг

Разрывное усилие шнура	Разрывное усилие двойного шнура по схеме 1	Разрывное усилие при прямом узле по схеме 2	Разрывное усилие при узле «гусиная лапка» по схеме 3	Разрывное усилие при сеточном узле по схеме 4	Примечание
196,5	413  Схема 1	285  Схема 2	152  Схема 3	255  Схема 4	При наличии узлов все без исключения разрывы происходили в узлах

Относя полученные результаты испытания с узлами к первоначальной величине разрывного усилия шнура, получим табл. 12 влияния перерезывающего действия узлов на уменьшение прочности шнура.

Таблица 12

Наименование шнура	Уменьшение прочности в % от влияния		
	прямого узла	«гусиной лапки»	сеточного узла
Хлопчатобумажный крученый	31,0	22,7	36

Приведем теперь результаты испытаний влияния перерезывающего действия узлов на льняные крученые и плетеные веревки. Испытания проводились совершенно аналогично испытаниям хлопчатобумажного шнура и с тем же количеством образцов; поэтому дадим лишь таблицу уменьшения прочности от влияния узлов (см. табл. 13).

Таблица 13
Льняные веревки

Наименование льняных веревок	Уменьшение прочности в % от влияния		
	прямого узла	«гусиной лапки»	сеточного узла
Льняная крученая	32,7	32,4	42
Льняная плетеная	16,5	21	29,7

Из табл. 11, 12 и 13 видно, что наиболее неблагоприятным является сеточный узел и что плетеные веревки менее страдают от действия перерезывания в узлах, чем крученые.

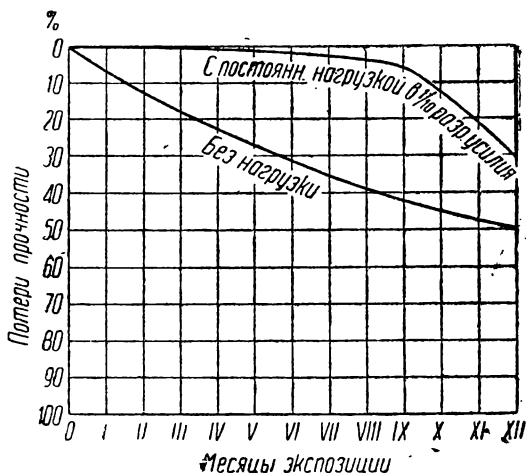
IV. ВЛИЯНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ВЕРЕВОЧНЫЙ ТАКЕЛАЖ

Веревоочный такелаж в периоды эксплуатации подвергается воздействию переменных температур, влажности, солнечного света и переменным механическим воздействиям. Сумма этих воздействий вызывает уменьшение прочности такелажа, причем нередко бывает, что по внешнему виду трудно определить какие-либо изменения.

Для учета этих изменений приведем сводку результатов специальных испытаний по определению влияния метеорологических условий на механические качества веревочного такелажа.

Большое количество (несколько сотен) хлопчатобумажных (крученые и фалы) и льняных (крученые и фалы) образцов с разрывными усилиями от 100 до 1200 кг выставлялось на «старение» под открытым воздухом на 12 мес. (все сезоны года).

Часть образцов была под постоянной нагрузкой в $\frac{1}{10}$ от разрывного усилия, а часть образцов оставалась вовсе ненагруженной. Каждый месяц группа образцов подвергалась разрыву и определялась их прочность и



Фиг. 69. Влияние метеорологических условий на прочность такелажа

удлинение. За каждый месяц определялось изменение прочности образцов по отношению к разрывному усилию новой не экспозируемой веревки. Не приводя здесь многочисленного цифрового материала, дадим графическую сводку изменения прочности для всего такелажа на фиг. 69.

Из приведенной диаграммы видно, что веревочный такелаж под постоянной нагрузкой медленно изменяет свою прочность, уменьшение которой достигает 5%, только к концу девятого месяца после пребывания на воздухе, но дальше наступает весьма быстрое падение прочности и к концу года потеря прочности достигает 30%. Совсем иначе ведет себя такелаж, не подвергнутый какой-либо нагрузке. Здесь уже с первого месяца экспозиции обнаруживается потеря прочности, которая и в дальнейшем возрастает, доходя к концу года до 50%. Эти результаты позволяют думать, что ответственный такелаж воздушного корабля выгоднее держать всегда под нагрузкой, даже и при стоянке на биваке.

На основании изложенных результатов, принимая во внимание и воздействие на прочность такелажа метеорологических условий, а также и влияние всегда имеющихся в наличии узлов, приходится при выборе коэффициента безопасности для такелажа считаться и с тем и с другим фактором. Если принять потерю прочности после годовой эксплуатации до 30% и учесть примерно такое же воздействие узлов, то коэффициент безопасности для ответственного такелажа должен быть выбран не ниже 12. Из этих же результатов может быть установлена и норма для бракования веревочного такелажа: если при испытаниях окажется, что такелаж потерял в своей прочности около 30%, и нам известно, что падение прочности после идет довольно интенсивно, необходимо такой такелаж забраковать и изъять из эксплуатации.

СОДЕРЖАНИЕ

Баллонные материи

I. Разделение баллонных материй и предъявляемые к ним требования	3
II. Ткани для баллонных материй	5
III. Прорезиненные баллонные материи	6
IV. Бодрюшированные баллонные материи	9
V. Лакированные материи	11
VI. Испытание баллонных материй	12
VII. О свойствах газопроницаемости баллонных материй	32
VIII. Деформации баллонных материй	39
IX. Влияние метеорологических условий на прочность и газопроницаемость материй	54

Веревочный такелаж

I. Хлопчатобумажный трехрядный шнур	67
II. Льняной трехрядный шнур	70
III. Влияние перерезывающего действия узлов	72
IV. Влияние метеорологических условий на веревочный такелаж	73

Цена 1 р. 10 коп.

МА-60-5-2(3)