


МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Тульский государственный университет»

Политехнический институт  
Кафедра «Промышленная автоматика и робототехника»

Утверждено на заседании кафедры  
«Промышленная автоматика  
и робототехника»  
«17» января 2023 г., протокол № 2

И.о. заведующего кафедрой

 О.А. Ерзин

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ПО ЛАБОРАТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

**«Материаловедение в полиграфическом и упаковочном производстве»**

**основной профессиональной образовательной программы  
высшего образования – программы бакалавриата**

по направлению подготовки  
**29.03.03 Технология полиграфического и упаковочного производства**

с направленностью (профилем)  
**Технология полиграфического производства**

Формы обучения: заочная

Идентификационный номер образовательной программы: 290303-01-23

Тула 2023 год

**ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ**  
**методические указания по выполнению лабораторных работ**  
**по дисциплине (модулю)**

**Разработчик:**

Яковлев Б.С., доцент, канд. техн. наук  
(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание)

  
(подпись)

## **СОДЕРЖАНИЕ**

Лабораторная работа №1	
Определение направления отлива бумаги	4
Лабораторная работа №2	
Определение размерных характеристик бумаги	7
Лабораторная работа №3	
Расчет плотности бумаги	10
Лабораторная работа №4	
Расчет пористости бумаги	12
Лабораторная работа №5	
Изучение впитывающей способности бумаги (по ксилолу)	14
Лабораторная работа №6	
Изучение линейной деформации бумаги при изменении ее влажности	16
Лабораторная работа №7	
Определение степени проклейки бумаги	18
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	
Образец оформления отчета по лабораторным работам	20

# Лабораторная работа № 1 (2 часа)

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ОТЛИВА БУМАГИ

### 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

**Цель работы:** изучение особенностей структуры бумаги как листового материала.

**Задачи работы:** освоение методов определения жесткости и направления отлива бумаги.

### 2. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Листовая бумага нарезается из получаемого рулонного материала. Различают продольное полотно – лист, длинная сторона которого совпадает с направлением движения бумажного полотна (волокна ориентированы параллельно широкой стороне листа), и поперечное полотно – лист, у которого короткая сторона совпадает с направлением движения (волокна ориентированы параллельно узкой стороне листа). Учет направления отлива готовой бумаги (рис. 1.1) особо важен в связи с требованием стабильности поведения бумаги для многих печатных работ, так как отдельные волокна из-за влияния влажности увеличиваются больше в ширину, чем в длину (до отношения 1 : 7). Эту, так называемую «удельную работу деформации» нужно принимать во внимание при печати и послепечатной обработке. Кроме того, жесткость и прочность бумаги в продольном направлении волокон выше, чем в поперечном.

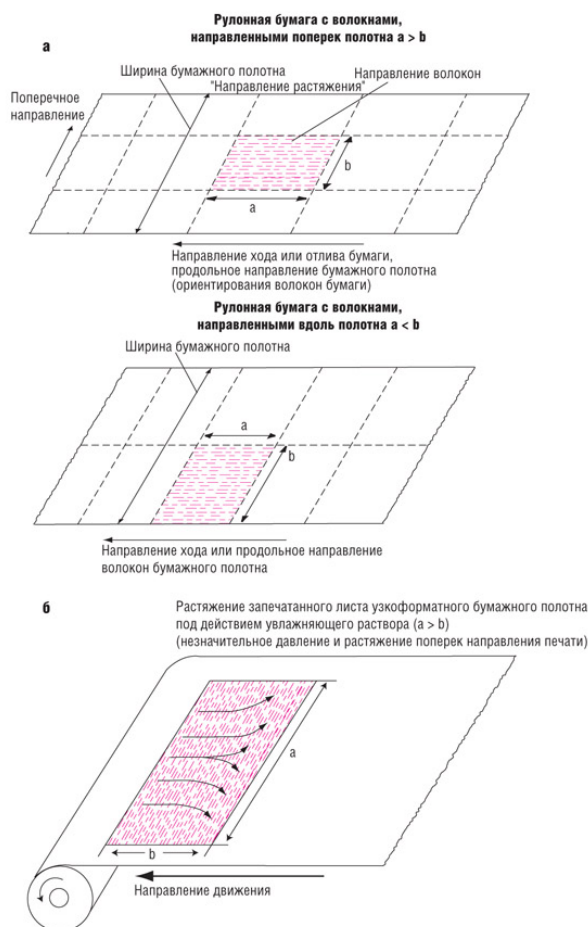


Рисунок 1.1. Направление отлива бумаги при производстве:

- а - лист, отрезанный от бумажного полотна (обозначение направления волокон);
- б - направление положения и движения бумаги при печати на офсетной печатной машине с показом направлений растяжения (меньшее растяжение под действием увлажняющего

раствора в направлении волокна, предпочтительное фальцевание в направлении волокна).

Для определения направления отлива в листе используется различие механических свойств бумаги в этих направлениях: большая жесткость в машинном направлении, что приводит к меньшей деформируемости при провисании под действием собственного веса.

### 3. ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

- 1) Образцы бумаги.
- 2) Линейка.
- 3) Ножницы.
- 4) Карандаш.

### 4. ЗАДАНИЕ НА ЛАБОРАТОРНУЮ РАБОТУ

Полоски надписывают и используют в дальнейшем для определения прочности бумаги на разрыв. По условным знакам, сделанным на полосках, их прикладывают к бумажному листу, определяют и отмечают стрелками машинное и поперечное направления в листе, что необходимо учитывать при дальнейших испытаниях.

### 5. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

На испытуемом листе бумаги чертят полоски размером 15 x 240 мм в двух взаимно перпендикулярных направлениях, соответствующих сторонам листа. Полоски отмечают условными знаками, чтобы фиксировать их расположение на листе, и вырезают. Затем полоски накладывают одна на другую, зажимают с одного конца пальцами, оставляя другие концы висеть свободно под действием собственного веса (рис. 1.2). После этого нижнюю и верхнюю полоски меняют местами и вновь наблюдают за их провисанием. Больше будет провисать менее жесткая полоска, вырезанная в поперечном направлении (рис. 1.2 б). Более жесткая полоска, вырезанная в машинном направлении, провисает меньше и находится на этом рисунке сверху. Если полоска машинного направления будет внизу, она поддерживает поперечную полоску и не дает ей провисать (рис. 1.2 а)



Рисунок 1.2. Определение направления отлива бумаги.

### 6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчетом по лабораторной работе служит заполненный бланк рабочего журнала из приложения 1.

### 7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1) Назовите основные показатели, характеризующие структуру бумаги и картона.
- 2) Что такое размол и как он влияет на основные характеристики структуры бумаги?

- 3) Как влияют наполнители на структуру бумаги?
- 4) Как влияет вид волокнистого материала на структуру бумаги?
- 5) Как влияет структура бумаги на качество оттиска?
- 6) Каковы особенности структуры мелованной бумаги?

## **8. БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

- 1) Вилсон, Л.А. Что полиграфист должен знать о бумаге / Л.А. Вилсон ; пер. с англ., науч. ред. Е.Д. Климовой.— М. : ПРИНТ-МЕДИА-центр, 2005 .— 358 с.
- 2) Стефанов, С. Бумага и картон / С.Стефанов.— М.: Репроцентр-М, 2003 .— 52с.
- 3) Упаковка на основе бумаги и картона / М.Д.Кирван (ред.); пер.с англ. В.Е. Ашкинази; под науч. ред. Э.Л.Акима, Л.Г.Махотиной .— СПб.: Профессия, 2008 .— 488с.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БУМАГИ

### 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

**Цель работы:** выработка практических навыков определения основных размерных характеристик бумаги.

**Задачи работы:** освоение методики и получение навыков определения толщины и массы бумаги.

### 2. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Толщина является важным показателем бумаги и картона как листовых материалов, от нее зависят многие их свойства. Толщина определяется толщиномером (рис. 2.1) и выражается в мм с точностью до 0,01 мм. Для опыта вырезается квадратный образец бумаги размером 100 x 100 мм (он будет использоваться в дальнейшем и для определения массы 1 м<sup>2</sup> бумаги). Измерения толщины производятся в пяти местах образца, затем рассчитывается среднее арифметическое значение –  $h_{\text{ср}}$ .

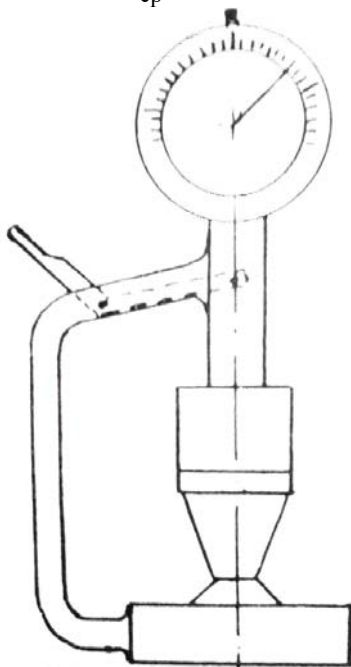


Рисунок 2.1. Толщиномер ТИБ-1.

Масса квадратного метра бумаги, во-первых, характеризует ее толщину, так как чем толще бумага, тем она тяжелее (при условии равной плотности); во-вторых: является показателем, который используется при расчете весового расхода бумаги в зависимости от количества печатных листов и тиража издания. По массе квадратного метра можно также рассчитать длину бумаги в рулоне.

Масса квадратного метра определяется взвешиванием образца бумаги, использованного в предыдущей работе и пересчетом затем массы на квадратный метр. Практически для этого используются специальные квадрантные весы (рис. 2.2), на которых должен взвешиваться образец бумаги площадью в 0,1 м<sup>2</sup>, помещенный на чашку 1. Результат отсчитывается на дуговой шкале 2 по отклонению стрелки 3, причем цифры на шкале сразу указывают величину массы квадратного метра, г/м<sup>2</sup>.

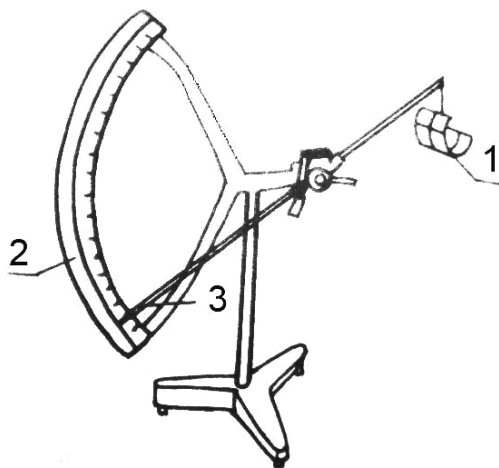


Рисунок 2.2. Квадрантные весы.

В лабораторной работе взвешивается образец размером 100 x 100 мм (0,01 м<sup>2</sup>), и поэтому полученный результат умножается на 10.

Масса бумаги изменяется в зависимости от колебаний влажности бумаги. Поэтому важно вести испытания при постоянной стандартной влажности. Если же это не соблюдается, то массу квадратного метра, полученную при данной влажности бумаги, можно привести к стандартной влажности пересчетом по формуле:

$$M = M' \frac{100 - B'}{100 - B}, \quad \text{где}$$

$M$  – искомая масса квадратного метра при стандартной влажности;

$M'$  – масса квадратного метра при влажности в момент измерения;

$B'$  – влажность бумаги в момент измерения (см лаб. работу №20);

$B$  – стандартная влажность, принятая равной 7%.

### 3. ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

- 1) Образцы бумаги.
- 2) Толщиномер (микрометр издательства ТулГУ).
- 3) Электронные весы.
- 4) Линейка.
- 5) Ножницы.
- 6) Калькулятор.

### 4. ЗАДАНИЕ НА ЛАБОРАТОРНУЮ РАБОТУ

Определить толщину и массу образцов бумаги.

### 5. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Вырезается фрагмент бумаги размером 100x100 мм, на толщимомере определяется толщина бумаги. Затем фрагмент взвешивается на весах и определяется масса бумаги в стандартных единицах измерения (г).



## **6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА**

Отчетом по лабораторной работе служит заполненный бланк рабочего журнала из приложения 1.

## **7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1) Сколько метров бумаги в рулоне, если масса рулона 240 кг, ширина рулона 84 см? Масса 1 м<sup>2</sup> бумаги 60 г/м<sup>2</sup>.

2) Рассчитать, какое количество бумаги (по весу) потребуется для печатания книги тиражом 100 тыс. экз. объемом 20 п.л., если формат бумаги 84×108 см, масса бумаги 60 г/м<sup>2</sup>, а отходы на технические нужды составляют 2,2% (ответ 55,6 т).

## **8. БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1) Вилсон, Л.А. Что полиграфист должен знать о бумаге / Л.А. Вилсон; пер. с англ., науч. ред. Е.Д. Климовой.— М.: ПРИНТ-МЕДИА-центр, 2005.— 358 с.

2) Стефанов, С. Бумага и картон / С. Стефанов.— М.: Репроцентр-М, 2003.— 52с.

3) Упаковка на основе бумаги и картона / М.Д. Кирван (ред.); пер. с англ. В.Е. Ашкинази; под науч. ред. Э.Л. Акима, Л.Г. Махотиной.— СПб.: Профессия, 2008.— 488с.

**Лабораторная работа № 3 (2 часа)**  
**РАСЧЕТ ПЛОТНОСТИ БУМАГИ**

**1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ**

**Цель работы:** ознакомление с понятием плотности (объемной массы).

**Задачи работы:** ознакомление с методами эмпирического и экспериментального определения плотности бумаги.

**2. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ**

При выборе бумаги для печати необходимо учитывать её плотность, от которой будет зависеть внешний вид, а вернее ощущения, от конечного изделия. Для сравнения: плотность обычной офисной бумаги, которую используют в лазерных принтерах, – 80 г/м<sup>2</sup>, а вот визитные карточки, как правило, печатают на бумаге плотностью 300 г/м<sup>2</sup>.

В международной европейской системе плотность бумаги выражается в граммах на квадратный метр (г/м<sup>2</sup>). Ниже приведена удобная таблица для определения веса бумаги в зависимости от плотности и формата.

Плотность – масса 1 см<sup>3</sup> бумаги. Она определяется отношением массы образца материала к его объему:

$$d = \frac{m}{V}, \text{ г/см}^3$$

Для расчета плотности бумаги следует использовать значения массы квадратного метра и толщины бумаги, определенные в работе №2. Тогда  $m$  равна массе квадратного метра в граммах, а объем  $V$  (см<sup>3</sup>) равен произведению площади листа бумаги  $S$  (в см<sup>2</sup>) на среднюю толщину  $h_{\text{ср}}$  (в см):

$$V = S \cdot h_{\text{ср}}, \quad \text{где}$$

$$S = 1 \text{ м}^2 = 10\,000 \text{ см}^2$$

**3. ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

1) Калькулятор.

**4. ЗАДАНИЕ НА ЛАБОРАТОРНУЮ РАБОТУ**

Для фрагмента бумаги из предыдущей лабораторной работы определяется плотность с обязательным указанием размерности и сравнивается с нормативными значениями.

**5. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

Определить плотность бумаги, используя значения полученные в предыдущей работе.

**6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА**

Отчетом по лабораторной работе служит заполненный бланк рабочего журнала из приложения 1.

## 7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1) Как определяется плотность бумаги?
- 2) На какие параметры влияет плотность?

## 8. БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1) Вилсон, Л.А. Что полиграфист должен знать о бумаге / Л.А. Вилсон ; пер. с англ., науч. ред. Е.Д. Климовой.— М.: ПРИНТ-МЕДИА-центр, 2005 .— 358 с.
- 2) Стефанов, С. Бумага и картон / С.Стефанов.— М.: Репроцентр-М, 2003 .— 52с.
- 3) Упаковка на основе бумаги и картона / М.Д. Кирван (ред.); пер. с англ. В.Е. Ашкинази; под науч. ред. Э.Л. Акима, Л.Г. Махотиной .— СПб.: Профессия, 2008.— 488с.

Таблица 3.1 – Вес 1000 листов бумаги (кг) в зависимости от формата и плотности.

Формат, см плотность, г/кв.м	21x29,7 А4	29,7x42 А3	33*45	43*61	47*65	50*70	52*72	62*94	64*92	64*94	70*100	70*102	72*102	72*104	72*104
70	4,37	8,73	10,40	18,36	21,39	24,50	26,21	40,80	41,22	42,11	49,00	49,98	51,41	52,42	54,43
75	4,68	9,36	11,14	19,67	22,91	26,25	28,08	43,71	44,16	45,12	52,50	53,55	55,08	56,16	58,32
80	4,99	9,98	11,88	20,98	24,44	28,00	29,95	46,62	47,10	48,13	56,00	57,12	58,75	59,90	62,21
90	5,61	11,23	13,37	23,61	27,50	31,50	33,70	52,45	52,99	54,14	63,00	64,26	66,10	67,39	69,98
100	6,24	12,47	14,85	26,23	30,55	35,00	37,44	58,28	58,88	60,16	70,00	71,40	73,44	74,88	77,76
115	7,17	14,35	17,08	30,16	35,13	40,25	43,06	67,02	67,71	69,18	80,50	82,11	84,46	86,11	89,42
120	7,48	14,97	17,82	31,48	36,66	42,00	44,93	69,94	70,66	72,19	84,00	85,68	88,13	89,86	93,31
130	8,11	16,22	19,31	34,10	39,72	45,50	48,67	75,76	76,54	78,21	91,00	92,82	95,47	97,34	101,09
135	8,42	16,84	20,05	35,41	41,24	47,25	50,54	78,68	79,49	81,22	94,50	96,39	99,14	101,09	104,98
150	9,36	18,71	22,28	39,35	45,83	52,50	56,16	87,42	88,32	90,24	105,00	107,10	110,16	112,32	116,64
170	10,60	21,21	25,25	44,59	51,94	59,50	63,65	99,08	100,10	102,27	119,00	121,38	124,85	127,30	132,19
190	11,85	23,70	28,22	49,84	58,05	66,50	71,14	110,73	111,87	114,30	133,00	135,66	139,54	142,27	147,74
200	12,47	24,95	29,70	52,46	61,10	70,00	74,88	116,56	117,76	120,32	140,00	142,80	146,88	149,76	155,52
205	12,79	25,57	30,44	53,77	62,63	71,75	76,75	119,47	120,70	123,33	143,50	146,37	150,55	153,50	159,41
215	13,41	26,82	31,93	56,39	65,68	75,25	80,50	125,30	126,59	129,34	150,50	153,51	157,90	160,99	167,18
220	13,72	27,44	32,67	57,71	67,21	77,00	82,37	128,22	129,54	132,35	154,00	157,08	161,57	164,74	171,07
225	14,03	28,07	33,41	59,02	68,74	78,75	84,24	131,13	132,48	135,36	157,50	160,65	165,24	168,48	174,96
235	14,66	29,31	34,90	61,64	71,79	82,25	87,98	136,96	138,37	141,38	164,50	167,79	172,58	175,97	182,74
240	14,97	29,94	35,64	62,95	73,32	84,00	89,86	139,87	141,31	144,38	168,00	171,36	176,26	179,71	186,62
250	15,59	31,19	37,13	65,58	76,38	87,50	93,60	145,70	147,20	150,40	175,00	178,50	183,60	187,20	194,40
255	15,90	31,81	37,87	66,89	77,90	89,25	95,47	148,61	150,14	153,41	178,50	182,07	187,27	190,94	198,29
270	16,84	33,68	40,10	70,82	82,49	94,50	101,09	157,36	158,98	162,43	189,00	192,78	198,29	202,18	209,95
275	17,15	34,30	40,84	72,13	84,01	96,25	102,96	160,27	161,92	165,44	192,50	196,35	201,96	205,92	213,84
285	17,78	35,55	42,32	74,76	87,07	99,75	106,70	166,10	167,81	171,46	199,50	203,49	209,30	213,41	221,62
300	18,71	37,42	44,55	78,69	91,65	105,00	112,32	174,84	176,64	180,48	210,00	214,20	220,32	224,64	233,28
315	19,65	39,29	46,78	82,62	96,23	110,25	117,94	183,58	185,47	189,50	220,50	224,91	231,34	235,87	244,94
320	19,96	39,92	47,52	83,94	97,76	112,00	119,81	186,50	188,42	192,51	224,00	228,48	235,01	239,62	248,83
350	21,83	43,66	51,98	91,81	106,93	122,50	131,04	203,98	206,08	210,56	245,00	249,90	257,04	262,08	272,16
375	23,39	46,78	55,69	98,36	114,56	131,25	140,40	218,55	220,80	225,60	262,50	267,75	275,40	280,80	291,60
400	24,95	49,90	59,40	104,92	122,20	140,00	149,76	233,12	235,52	240,64	280,00	285,60	293,76	299,52	311,04
405	25,26	50,52	60,14	106,23	123,73	141,75	151,63	236,03	238,46	243,65	283,50	289,17	297,43	303,26	314,93

Лабораторная работа № 4 (2 часа)  
**РАСЧЕТ ПОРИСТОСТИ БУМАГИ**

**1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ**

**Цель работы:** изучение особенностей структуры бумаги как капиллярно-пористого материала.

**Задачи работы:** ознакомление с методикой расчета пористости и оценка структуры бумаги, с которой проводятся исследования. При теоретической проработке задания студенты изучают способы, применяемые при производстве бумаги для придания ей требуемой пористости. При этом основное внимание уделяется усвоению того, какие рабочие свойства бумаги или картона связаны с их пористостью, какие требования предъявляются к пористости бумаги различного назначения (например, газетная бумага и бумага для иллюстрационных изданий).

**2. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ**

Пористость бумаги определяется по прохождению сквозь нее воздуха. Знать, какова пористость бумаги, очень важно, если печатающий аппарат оснащен вакуумным податчиком. Высокая пористость приводит к пропускам подачи или подаче одновременно двух листов, появлению пятен и размытию плашек. Бумага с низкой пористостью легче изгибается, изображение на ней часто получается смазанным.

Размер пор измеряется в мкм. Пористость – это объем пор, содержащихся в 1 см<sup>3</sup> бумаги. Она определяется расчетным способом:

$$\Pi = \frac{V_n}{V_б} \cdot 100\%, \quad \text{где}$$

$V_n$  – объем пор.

$V_б$  – объем бумаги.

Приведенную формулу в развернутом виде можно представить следующим образом:

$$\Pi = \frac{V_б - V_в - V_n}{V_б} \times 100\%, \quad \text{где}$$

$V_б$  – объем бумаги, см<sup>3</sup>;

$V_в$  – объем волокнистого материала, см<sup>3</sup>;

$V_n$  – объем наполнителя, см<sup>3</sup>.

Из этой формулы видно, что расчет пористости производится путем сопоставления значения плотности бумаги (объемной массы) и плотности материалов, входящих в состав бумаги (волокнистых материалов и наполнителя). Волокнистые материалы (целлюлоза, древесная масса и др.) имеют плотность, примерно равную 1,5 г/см<sup>3</sup>, а плотность бумаги определена в работе 3. В простейшем случае (когда бумага не содержит наполнителя) масса листа бумаги равна массе волокнистого материала  $m_б = m_в$ .

Обычно же бумага содержит наполнитель, объем которого должен учитываться при расчете пористости. Для этого нужно знать количество наполнителя, содержащегося в бу-

маге, знать, какой именно наполнитель и какова его плотность. В учебной работе принимается, что в бумаге в качестве наполнителя содержится каолин, плотность которого 2,6 г/см<sup>3</sup>. Расчет пористости ведется для образца массой 100 г. Количество наполнителя (Н) в 100 г бумаги определяется по зольности с учетом потери массы при прокаливании (см. работу 4). Объем наполнителя в 100 г бумаги определяется по формуле:

$$V_H = \frac{H}{2,6}, \text{ см}^3$$

Объем волокнистого материала в 100 г бумаги:

$$V_B = \frac{m_e}{d_e} = \frac{100 - H}{1,5}, \text{ см}^3$$

Объем 100 г бумаги:

$$V_6 = \frac{100}{d_6}, \text{ см}^3$$

### **3. ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

1) Калькулятор.

### **4. ЗАДАНИЕ НА ЛАБОРАТОРНУЮ РАБОТУ**

Производятся расчеты и результаты расчетов пористости с обязательным указанием размерности. Затем следует произвести оценку полученного результата, учитывая, что пористость обычных видов печатной бумаги колеблется в пределах от 30 до 65%. Полученный результат заносят в сводную таблицу и сопоставляют с другими показателями структуры и свойств бумаги.

### **5. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

Произвести расчет пористости бумаги согласно выданному заданию.

### **6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА**

Отчетом по лабораторной работе служит заполненный бланк рабочего журнала из приложения 1.

### **7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

- 1) Какова структура бумаги, если средний радиус пор её составляет 0,03 мкм? 0,3 мкм?
- 2) Какова структура бумаги, если её пористость  $P=35\%$ ?  $P=60\%$ ?
- 3) Какие рабочие свойства бумаги зависят от пористости?
- 4) Какими средствами обеспечивается изготовление бумаги с макропористой структурой? Микропористой?

### **8. БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

- 1) Вилсон, Л.А. Что полиграфист должен знать о бумаге / Л.А. Вилсон; пер. с англ., науч. ред. Е. Д. Климовой. — М.: ПРИНТ-МЕДИА-центр, 2005. — 358 с.
- 2) Стефанов, С. Бумага и картон / С. Стефанов. — М.: Репроцентр-М, 2003. — 52 с.
- 3) Упаковка на основе бумаги и картона / М.Д. Кирван (ред.); пер. с англ. В.Е. Ашкинази; под науч. ред. Э.Л. Акима, Л.Г. Махотиной. — СПб.: Профессия, 2008. — 488 с.

Лабораторная работа № 5 (3 часа)  
**ИЗУЧЕНИЕ ВПИТЫВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ  
БУМАГИ (ПО КСИЛОЛУ)**

**1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ**

**Цель работы:** практическое наблюдение впитывающей способности бумаги при взаимодействии ее с маловязким летучим растворителем – ксилолом.

**Задачи работы:** изучение сущности процесса впитывания и влияющих на него факторы.

**2. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ**

За характеристику впитывающей способности принимается время (с), в течение которого исчезнет блеск капли ксилола, нанесенного на бумагу. Испытание проводят на приборе ПВБ (рис.8).

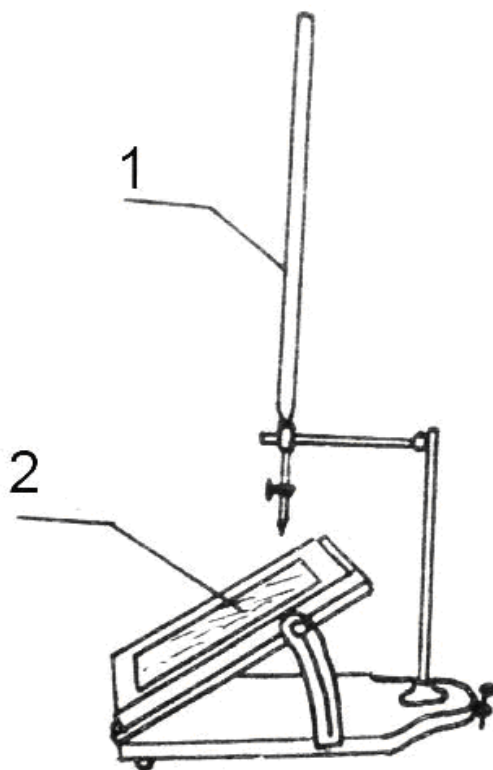


Рисунок 7.1. Прибор для определения впитывающей способности бумаги по ксилолу.

Он состоит из основания, на котором под углом  $30^\circ$  расположена подставка 2. На стойке закреплена бюретка 1. Конец ее находится на расстоянии 10 см от поверхности подставки.

**3. ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ.**

- 1) Ксилол.
- 2) Образцы бумаги.
- 3) Секундомер.
- 4) Ножницы.

#### **4. ЗАДАНИЕ НА ЛАБОРАТОРНУЮ РАБОТУ**

Определяют результаты испытания по каждой стороне бумаги в секундах.

#### **5. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

В бюретку налит ксилол, подкрашенный нефтяным битумом.

Образец бумаги размером 195 × 195 мм кладется на подставку и закрепляется на ней.

Из бюретки осторожно капают на бумагу одну каплю ксилола и тотчас же включают секундомер.

Капля жидкости постепенно растекается в блестящее пятно.

Когда исчезнет блеск (когда вся жидкость впитается), секундомер останавливают и замечают время впитывания. Испытанию подвергают обе стороны бумаги.

#### **6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА**

Отчетом по лабораторной работе служит заполненный бланк рабочего журнала из приложения 1.

#### **7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

- 1) Что такое влажность бумаги?
- 2) Как определяется впитывающая способность бумаги?
- 3) На какие факторы при печати влияет впитывающая способность?

#### **8. БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

- 1) Вилсон, Л.А. Что полиграфист должен знать о бумаге / Л.А. Вилсон; пер. с англ., науч. ред. Е.Д. Климовой.— М.: ПРИНТ-МЕДИА-центр, 2005 .— 358 с.
- 2) Стефанов, С. Бумага и картон / С.Стефанов.— М.: Репроцентр-М, 2003 .— 52с.
- 3) Упаковка на основе бумаги и картона / М.Д. Кирван (ред.); пер.с англ. В.Е. Ашкинази; под науч. ред. Э.Л. Акима, Л.Г. Махотиной .— СПб.: Профессия, 2008 .— 488с.

## **ИЗУЧЕНИЕ ЛИНЕЙНОЙ ДЕФОРМАЦИИ БУМАГИ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ЕЕ ВЛАЖНОСТИ**

### **1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ**

**Цель работы:** практическое наблюдение влияния изменения влажности на линейную деформацию

**Задачи работы:** определение линейной деформации бумаги после намокания и высушивания.

### **2. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ**

Увеличение размеров увлажненного листа бумаги по его ширине и длине, выраженное в процентах по отношению к первоначальным размерам сухого листа, называется линейной деформацией при увлажнении. Значения деформации бумаги при намокании и остаточной деформации являются важными показателями для многих видов бумаги (для офсетной, диаграммной, картографической, для основы фотоподложки, для бумаги с водяными знаками). Высокие значения этих показателей приводят к несовмещению контуров красок при печати и, как следствие, к получению некачественной печати. Однако следует отметить, что в ГОСТе заложены очень жесткие условия испытаний (намокание калиброванной полоски бумаги в течение определенного времени), использование которых для большинства печатных видов бумаги нецелесообразно. Европейские нормы предполагают использование термина «влагорасширение», определяющего изменение линейных размеров полоски бумаги при изменении влажности воздуха от 30 до 80 %.

Бумаги, предназначенные для плоской печати, должны иметь минимальную деформацию при увлажнении, так как по условиям технологии печатного процесса они соприкасаются увлажненными поверхностями. Бумага — материал гигроскопичный: при увеличении влажности ее волокна набухают и расширяются — главным образом по диаметру. Бумага теряет форму, коробится и морщится, а при высушивании происходит обратный процесс: бумага дает усадку, в результате чего меняется формат. Повышенная влажность резко снижает механическую прочность бумаги на разрыв, бумага не выдерживает высоких скоростей печатания и рвется. Изменение влажности бумаги в процессе многокрасочной печати приводит к несовмещению красок и нарушению цветопередачи.

### **3. ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ.**

- 1) Контрольная линейка.
- 2) Кювета с дистиллированной водой.

### **4. ЗАДАНИЕ НА ЛАБОРАТОРНУЮ РАБОТУ**

Определить изменение линейных размеров бумаги при изменении её влажности.

### **5. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

На листе бумаги вычерчивают квадрат со сторонами 100 мм. Находят центр квадрата и через него проводят две взаимно перпендикулярные линии, параллельные сторонам квадрата. На этих линиях обозначают машинное и поперечное направления, затем квадрат вырезают.



Контрольной линейкой измеряют длину проведенных линий с точностью до десятой доли миллиметра (цена деления контрольной линейки составляет 0,2 мм).

Квадрат на 30 минут погружают в кювету с дистиллированной водой, имеющей температуру  $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ .

По истечении указанного времени образец вынимают из кюветы, излишек воды удаляют фильтровальной бумагой и той же линейкой измеряют длину контрольных линий.

После этого образец высушивают.

Вновь измеряют длину контрольных линий.

## **6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА**

Отчетом по лабораторной работе служит заполненный бланк рабочего журнала из приложения 1.

## **7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

- 1) Как влияет на механические свойства бумаги изменение ее влажности?
- 2) Обобщите основные особенности механических свойств бумаги. Объясните, как они согласуются с ее структурой.

## **8. БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

- 1) Вилсон, Л.А. Что полиграфист должен знать о бумаге / Л.А. Вилсон; пер. с англ., науч. ред. Е.Д. Климовой.— М.: ПРИНТ-МЕДИА-центр, 2005.— 358 с.
- 2) Стефанов, С. Бумага и картон / С.Стефанов.— М.: Репроцентр-М, 2003.— 52с.
- 3) Упаковка на основе бумаги и картона / М.Д. Кирван (ред.); пер.с англ. В.Е. Ашкинази; под науч. ред. Э.Л. Акима, Л.Г. Махотиной.— СПб.: Профессия, 2008.— 488с.

Лабораторная работа № 7 (3 часа)  
**ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ ПРОКЛЕЙКИ БУМАГИ**

**1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ**

**Цель работы:** ознакомление с влиянием степени проклейки бумаги на ее печатные свойства.

**Задачи работы:** определение степени проклейки бумаги стандартным чернильно-штриховым методом.

**2. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ**

Степень проклейки бумаги выражают в миллиметрах ширины последнего штриха, не расплывающегося по поверхности и не проходящего на другую сторону образца. Если испытуемый образец выдерживает штрих шириной 2 мм, то степень проклейки бумаги принимают больше 2 мм. Испытывают не менее пяти листов. За результат принимают наиболее часто встречающийся показатель.

На степень проклейки бумаги повышение температуры сушильной поверхности сказывается неоднозначно. Если влажную бумагу в самом начале процесса сушки подвергнуть действию высокой температуры, то образовавшееся большое количество паров воды разрыхляет структуру бумаги. В результате увеличивается ее пористость и впитывающая способность. К тому же под влиянием повышенной температуры сушки усиливается миграция и укрупнение клеевых частиц. Совокупность всех этих явлений приводит к снижению степени проклейки бумаги. Если же бумагу подвергнуть действию повышенной температуры во второй половине сушильного процесса, когда она в значительной степени подсохла, то отрицательные воздействия высокой температуры сушки практически не имеют места.

Определение степени проклейки бумаги или картона производится штриховым методом или методом сухого индикатора. Наиболее распространенным является штриховой метод.

При определении степени проклейки бумаги методом сухого индикатора из испытуемых листов вырезают пять образцов размером 50 x 50 мм, замеряют их толщину и сгибают вверх края шириной 5 мм. На дно образовавшейся коробочки насыпают через сетку № 24 тонким слоем сухой индикатор. Индикатор состоит из 9 частей сахарной пудры, 1 части крахмала и 0,2 части красителя основного фиолетового К. Затем составляют смесь, тщательно перемешивая компоненты, высушивают в течение 30 мин и опять просеивают через ту же сетку. Смесь должна храниться в склянке с притертой пробкой.

Указанные методы определения степени проклейки бумаги основаны на различных физических принципах измерений и поэтому результаты, полученные разными методами испытаний, непосредственно несопоставимы. В каждом отдельном случае нужно выбирать метод определения степени проклейки наиболее соответствующий потребностям условиям использования бумаги.

Наибольшее влияние на высыхание краски оказывает степень проклейки бумаги, а также когезия и длина волокон, образующих бумагу. Очень пористая бумага, такая, как газетная или фильтровальная, впитывает краску полностью, тогда как глянцевая бумага, типографская или офсетная поглощает едва 50 % связующего. Кажущиеся преимущества пористой бумаги не всегда бесспорны.

Из этой формулы видно, что степень проклейки бумаги будет зависеть как от ее структуры, так и от природы жидкости.

### **3. ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

- 1) Стандартные чернила.
- 2) Рейсфедер.
- 3) Линейка.
- 4) Микроскоп Издательства ТулГУ (50×).

### **4. ЗАДАНИЕ НА ЛАБОРАТОРНУЮ РАБОТУ**

Определить степень проклейки бумаги посредством нанесения чернильных штрихов разной ширины.

### **5. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

Для проведения испытания на бумагу стандартными водными чернилами наносят штрихи длиной около 75 мм с помощью рейсфедера и линейки. Ширина первого штриха 0,5 мм, а каждого последующего возрастает на 0,5 мм.

Ширину штриха увеличивают до тех пор, пока чернила не начнут расплываться или проходить на оборотную сторону бумаги.

Измеряют наибольшую ширину штриха, при которой еще не наблюдается расплывание и пробивание на оборотную сторону. Для этой цели пользуются измерительной линейкой.

С помощью микроскопа визуально оценить внешний вид штриха с лицевой и оборотной сторон листа бумаги.

### **6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА**

Отчетом по лабораторной работе служит заполненный бланк рабочего журнала из приложения 1.

### **7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

- 1) Для чего бумага проклеивается?
- 2) Какие виды проклейки Вы знаете?
- 3) Как характеризуется и чем выражается степень проклейки?
- 4) Как подразделяется бумага по степени проклейки?

### **8. БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

- 1) Вилсон, Л.А. Что полиграфист должен знать о бумаге / Л.А. Вилсон; пер. с англ., науч. ред. Е. Д. Климовой.— М.: ПРИНТ-МЕДИА-центр, 2005.— 358 с.
- 2) Стефанов, С. Бумага и картон / С.Стефанов.— М.: Репроцентр-М, 2003 .— 52с.
- 3) Упаковка на основе бумаги и картона / М.Д. Кирван (ред.); пер.с англ. В.Е. Ашкинази; под науч. ред. Э.Л. Акима, Л.Г. Махотиной .— СПб.: Профессия, 2008. — 488с.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Тульский государственный университет»

Политехнический институт  
Кафедра «Технологические системы пищевых, полиграфических  
и упаковочных производств»

**РАБОЧИЙ ЖУРНАЛ**

по дисциплине

**"Материаловедение в полиграфическом и упаковочном производстве"**

Выполнил ст. гр. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ ( И.О. Фамилия)  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Проверил. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ ( И.О. Фамилия)  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Тула 20\_\_

**ОТЧЕТ**  
**по лабораторной работе № 1**

**1. Приборы и принадлежности:**

---

---

---

**2. Материалы:**

---

**3. Проведение работы:**

**3.1. Способ:**

---

---

---

---

---

---

**3.2. Результаты:**

---

---

---

---

**ОТЧЕТ**  
**по лабораторной работе № 2**

**1. Приборы и принадлежности:**

---

---

---

**2. Материалы:**

---

---

**3. Проведение работы:**

**3.1. Определение толщины бумаги  $h$ :**

№ п/п	Наименование бумаги	$h$ 1, 2, 3, 4, 5 по прибору, мм	$h_{\text{ср}}$ , мм	$h_{\text{ср}}$ , м (СИ)
1				
2				

Точность измерения  $h = 0,01$  мм

Точность определения  $h_{\text{ср}} = 0,01$  мм

**3.2. Определение массы квадратного метра  $M$ :**

№ п/п	Наименование бумаги	$M_0$ по прибору, г/0,01 м <sup>2</sup>	$M$ , г/м <sup>2</sup>	$M_0$ , кг/м <sup>2</sup> (СИ)
1				
2				

Точность измерения  $M_0 = 0,1$  г/0,01 м<sup>2</sup>       $M = M_0 \times 10$

**ОТЧЕТ**  
**по лабораторной работе № 3**

**1. Приборы и принадлежности:**

---

---

---

**2. Материалы:**

---

---

**3. Проведение работы:**

**3.1. Расчет плотности бумаги  $d_B$ :**

$$d_B = \frac{M}{V} \quad V = S \times h \quad S = 1\text{ м}^2 = 10000\text{ см}^2$$

№ п/п	Наименование бумаги	M, г/м <sup>2</sup>	h <sub>ср</sub> , см	V, см <sup>3</sup>	d <sub>Б</sub> , г/см <sup>3</sup>	d <sub>с</sub> , кг/м <sup>3</sup> (СИ)

Точность расчета  $d_B = 0,01\text{ г/см}^3$        $d_c = d_B \times 10^3$

**ОТЧЕТ**  
**по лабораторной работе № 4**

**1. Приборы и принадлежности:**

**2. Материалы:**

**3. Проведение работы:**

**3.1. Расчет пористости бумаги П (масса бумаги 100 г.):**

$$П = \frac{V_n}{V_{\delta}} \times 100\% = \frac{V_{\delta} - V_{\epsilon} - V_n}{V_{\delta}} \times 100\%$$

$$V_{\delta} = \frac{m_{\delta}}{d_{\delta}} = \frac{100}{d_{\delta}}$$

$$V_{\epsilon} = \frac{m_{\epsilon}}{d_{\epsilon}} = \frac{100 - H}{1,5}$$

$$V_n = \frac{m_n}{d_n} = \frac{H}{2,6}$$

№ п/п	Наименование бумаги	m <sub>δ</sub> , г	m <sub>н</sub> , г	m <sub>в</sub> , г	d <sub>δ</sub> , г/см <sup>3</sup>	d <sub>в</sub> , г/см <sup>3</sup>	d <sub>н</sub> , г/см <sup>3</sup>	V <sub>δ</sub> , см <sup>3</sup>	V <sub>в</sub> , см <sup>3</sup>	V <sub>н</sub> , см <sup>3</sup>
1										
2										

Точность расчета П = 1 %

П<sub>1</sub> = ..... X 100 =

П<sub>2</sub> = ..... X 100 =

**3.2. Определение среднего размера пор r<sub>ср</sub>:**

Время впитывания, мин	Высота поднятия, l			
	l, мм		l <sup>2</sup> , мм <sup>2</sup>	
	1	2	1	2
1				
5				
10				
15				
20				

Точность измерения l = 1 мм

$$r = \frac{l^2 \times 2\eta}{\sigma \times \cos\theta \times t} = \frac{l^2 (\text{мм}^2) \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-3}}{27 \times 10^{-3} \times t(c)} = \frac{l^2 (\text{мм}^2) \times 10^{-6} \times 2}{27 \times t(c)}$$

η = 0,001 Па × с – вязкость уайт – спирита

σ = 27 × 10<sup>-3</sup> Н/м – поверхностное натяжение уайт – спирита

t – время поднятия, с

l – высота поднятия уайт-спирита, мм

Cosθ – косинус краевого угла смачивания = 1

r – средний радиус пор, м

Конечный результат перевести в микрометры, 1мкм = 10<sup>-6</sup> м



№ п/п	Наименование бумаги	$r_1$ , мкм	$r_5$ , мкм	$r_{10}$ , мкм	$r_{15}$ , мкм	$r_{20}$ , мкм	$r_{cp}$ , мкм	$r_{cp}$ , (СИ) м
1								
2								

Точность расчета  $r = 0,01$  мкм

**ОТЧЕТ**  
**по лабораторной работе № 5**

**1. Приборы и принадлежности:**

---

---

---

**2. Материалы:**

---

---

**3. Проведение работы:**

**3.1. Изучение впитывающей способности бумаги (по ксилолу),  $V_k$ :**

№ п/п	Наименование бумаги	$V_k$ лицев., с	$V_k$ сет., с	$V_k$ ср., с
1				
2				

Точность измерения  $V_k = 1$  с.      Точность расчета  $V_k$  ср. = 1 с.

**ОТЧЕТ**  
**по лабораторной работе № 6**

**1. Приборы и принадлежности:**

---

---

---

**2. Материалы:**

---

---

**3. Проведение работы:**

**3.1. Определение линейной деформации бумаги E:**

№ п/п	Показатели	Бумага		Бумага	
		машинное	поперечное	машинное	поперечное
1	$l_o$ , мм				
2	$l_{вл}$ , мм				
3	$l_{вл} - l_o$ , мм				
4	$E_{вл}$ , %				
5	$l_{сух}$ , мм				
6	$l_{сух} - l_o$ , мм				
7	$E_{сух}$ , %				

Точность измерения  $l = 0,01$  мм.

Точность расчета  $E = 0,1\%$

$$E = \frac{l - l_o}{l_o} \times 100$$