

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение основная  
школа №19

Конференция НОУ «Интеллект»

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение  
Основная школа №19 п. Железнодорожный

Сравнение физических свойств бумаги используемой для производства  
ученических тетрадей.

Выполнили: Лобанова Лидия,

Хвастунова Яна

ученицы 7 класса

Научный руководитель:

Карманова О. В. ,

учитель физики и математики

МБОУ ОШ №19

п. Железнодорожный

2018

## Оглавление

	Стр.
Введение.....	3
1. Обзор источников информации.....	5
1.1. Физические свойства бумаги.....	5
1.1.3. Химические свойства .....	9
1.1.4. Микроскопические анализы .....	10
1.2. Виды Бумаги.....	10
1.3. Качество бумаги для школьной печатной продукции .....	11
1.4. Выводы по 1 главе .....	13
2. Материалы и методики исследования выбранных свойств бумаги .....	14
2.1. Выбор образцов для исследования .....	14
2.2. Материалы и оборудование .....	14
2.3. Методика проверки каждого свойства: .....	15
3. Результаты экспериментов.....	19
3.1. Масса 1 м <sup>2</sup> .....	19
3.2. Линейная деформация.....	19
3.3. Капиллярность и скорость впитывания.....	20
3.4. Светопроницаемость .....	20
3.5. Толщина, пухлость и объемная плотность .....	20
3.6. Зольность .....	21
3.7. Гладкость .....	22
3.8. Прочность на разрыв .....	22
3.9. Выводы по 3 главе .....	22
Заключение.....	24
Источники информации.....	25

## Введение

Сегодня можно без преувеличения сказать, что каждый человек использует бумагу или изделия из неё повсеместно. Даже при широком распространении радио, телевидения, компьютерной техники бумага, как средство хранения информации, не перестаёт играть важную роль.

Одним из потребителей бумаги являются российские школьники. По статистике, один российский школьник исписывает за год в среднем 70 тетрадок. По данным Госкомстата, в последнее время производство ученических тетрадей ежегодно увеличивается и к концу 2016 г составило 929 млн. шт. (табл. 1)

*Таблица 1*

Год	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Тетради школьные, млн. шт.	734	661	674	569	679	781	929

А качественная ли бумага, из которой делают тетради? Мы задумались над этим.

Нам стало интересно, какие ученические тетради лучше приобретать для школы. Многие люди в повседневной жизни сталкиваются с тем, что дорогие вещи часто не оправдывают себя. Не каждый замечает, как он переплачивает. А что на счет бумаги? Её мы используем каждый день в различных областях.

Целью нашей работы стало: сравнение физических свойств бумаги используемой для производства ученических тетрадей разных ценовых категорий. Оценить качество бумаги и соответствия ее ГОСТу. Выяснить обманывают ли нас производители, устанавливая высокую цену на свои изделия, объясняя это высоким качеством изделия

Для достижения цели мы поставили следующие задачи:

- Изучить литературу и источники информации, для выяснения основных видов и свойств бумаги на которые можно ориентироваться для оценки качества ученических тетрадей.

- Изучить требования, предъявляемые к качеству бумаги для ученических тетрадей.
- Выбрать те свойства бумаги, которые можно исследовать в условиях кабинета физики нашей школы.
- Провести эксперимент для определения выбранных свойств.
- Провести сравнительный анализ всех образцов тетрадей по каждому из проверенных свойств.

Гипотеза: мы предполагаем, что дорогие ученические тетради самые качественные.

В своей работе мы использовали следующие методы исследований: изучение научной литературы; моделирование; эксперимент; сравнительный анализ.

## 1. Обзор источников информации

### 1.1. Физические свойства бумаги

Правильный выбор бумаги по её свойствам позволяет получить необходимое качество конкретной полиграфической продукции. Показатели качества бумаги, определяющие её печатные свойства могут быть объединены в следующие группы:

#### 1.1.1. Структурно-механические:

- *Масса.* Массу бумаги относят к единице площади, т.к. бумагу используют в виде листа, и поэтому площадь в данном случае играет более важную роль, чем объём. По массе одного квадратного метра мелованного листа бумагу подразделяют на легкую (до  $60 \text{ г/м}^2$ ), средней плотности ( $70\text{—}150 \text{ г/м}^2$ ) и высокой плотности (более  $150 \text{ г/м}^2$ ).

- Толщина бумаги (мкм) является важным фактором в характеристике многих других видов бумаги и определяет как проходимость бумаги в печатной машине, так и потребительские свойства (в первую очередь прочностные) готового изделия.

- *Механическая прочность* — одно из основных и важных свойств большинства видов бумаги и картона. Стандарты на печатные виды бумаг предусматривают определённые требования механической прочности на разрыв.

- Достаточная *механическая прочность* бумаги Обычная бумага, изготовленная на бумагоделательной машине (БМ), отличается различными показателями прочности в машинном и поперечном направлении листа. В машинном направлении она больше, так как волокна в готовой бумаге ориентированы в машинном направлении.

- *Показатель сопротивления бумаги излому* — один из существенных показателей, характеризующих механическую прочность бумаги. Он зависит от длины волокон, из которых образована бумага, их прочности, гибкости и сил связи между волокнами. Поэтому наиболее

высоким сопротивлением излому отличается бумага, состоящая из длинных, прочных, гибких и прочно связанных между собой волокон.

- Показатель качества — *сопротивление продавливанию* — нельзя отнести к числу основных. Он предусматривает по действующим стандартам для сравнительно ограниченного количества видов бумаги. Важное значение этот показатель имеет для упаковочно-обёрточных видов бумаги. Этот показатель в некоторой степени связан с показателями разрывного груза бумаги и удлинения её при разрыве.

- *Сопротивление истиранию*. Для некоторых видов бумаги и картона показатель сопротивления поверхности этих материалов истиранию служит одним из критериев, определяющих потребительские свойства материала. Это относится к чертёжно-рисовальным и картографическим видам бумаги. Эти бумаги допускают без излишнего повреждения поверхности возможность удаления написанного, нарисованного или напечатанного путем подчистки резинкой, лезвием бритвы или ножа. Одновременно подобная бумага с хорошей поверхностной прочностью на истирание должна сохранять удовлетворительный внешний вид после повторного нанесения текста или рисунка на стёртом месте.

- *Влагопрочность*, или прочность во влажном состоянии — важный фактор большинства бумаг, особенно у бумаги, изготовленной на быстроходных бумагоделательных машинах, так как должна обеспечиваться бесперебойная работа БМ при переходе бумажного полотна из одной секции машины в другую. О влагопрочности бумаги судят по степени сохранения ею во влажном состоянии первоначальной своей прочности, т.е. той прочности, которую она имела до увлажнения, находясь в воздушно-сухом состоянии.

- *Удлинение бумаги до разрыва*, или её растяжимость характеризует способность бумаги растягиваться; особо важно для упаковочной бумаги, мешочной, бумаги и картона для производства штампованных изделий

(бумажные стаканы), основы парафинированной бумаги для автоматической заправки конфет (т.н. карамельной бумаги).

- *Линейная деформация при увлажнении*, выраженное в процентах по отношению к первоначальным размерам сухого листа, носит название линейной деформации при увлажнении. Значения деформации бумаги при намокании и остаточной являются важными показателями для многих видов бумаги (офсетной, диаграммной, картографической, основы фотоподложки, бумаги с водяными знаками). Высокие значения показателей деформации бумаги приводят к не совмещению контуров красок при печати и, как следствие, получению некачественной печати. Однако надо отметить, что ГОСТ предполагает очень жёсткие 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%.

- *Гладкость* характеризует состояние поверхности бумаги, обусловленное механической отделкой. Гладкость характеризует внешний вид бумаги; шероховатая бумага, как правило, на вид непривлекательна. Гладкость важна для писчих видов бумаги, для печатных бумаг, а также при склейке бумаги.

- *Просвет* бумаги характеризует степень однородности её структуры, т.е. степень равномерности распределения в ней волокон. О просвете бумаги судят по наблюдению в проходящем свете. Бумага с сильно облачным просветом крайне неоднородна. Её тонкие места являются и наименее прочными. Они оказывают меньшее сопротивление прохождению воды, чернил, печатной краски. Вследствие этого и печать на облачной бумаге оказывается низкого качества из-за неравномерности восприятия бумагой печатной краски.

- *Пухлость*. Важным геометрическим свойством бумаги, наряду с толщиной и массой,  $1 \text{ м}^2$ , является пухлость. Она характеризует степень спрессованности бумаги и очень тесно связана с такой оптической характеристикой, как непрозрачность: то есть чем пухлее бумага, тем она более непрозрачна при равном граммаже. Пухлость измеряется в кубических сантиметрах на грамм ( $\text{см}^3 / \text{г}$ ). Пухлость печатных бумаг колеблется в среднем от  $2 \text{ см}^3 / \text{г}$  (для рыхлых, пористых) до  $0,73 \text{ см}^3 / \text{г}$  (для высокоплотных каландрированных бумаг). На практике это означает, что если брать более пухлую бумагу меньшего граммажа, то при равной непрозрачности в тонне бумаги будет больше листов.

- *Пористость*. Пористость непосредственно влияет на впитывающую способность бумаги, то есть на ее способность воспринимать печатную краску, и вполне может служить характеристикой структуры бумаги.

### **1.1.2. Оптические свойства**

- *Истинная белизна* бумаги связана с её яркостью или абсолютной отражательной способностью, т.е. визуальной эффективностью. Белизна базируется на измерении отражения света белыми или почти белыми бумагами с одной длиной волны (ГОСТ предусматривает  $457$  миллимикрон, т.е. в видимом спектре). Белизна определяется как отношение количеств «упавшего» и распределено отражённого света (%).

- *Пожелтение бумаги* — это термин, которым условно называют снижение её белизны от воздействия световых лучей или повышенной температуры. От светового разрушения бумага может быть защищена хранением её в помещении без окон или с окнами, покрытыми плотными шторами.

- *Светонепроницаемость* — способность бумаги пропускать лучи света. Свойство непрозрачности бумаги определяется общим количеством пропускаемого света (рассеянного и нерассеянного). Непрозрачность обычно определяется степенью «проникновения» изображения в испытываемый материал, помещённый прямо против рассматриваемого предмета.



- *Прозрачность* определяется количеством света, который проходит без рассеивания. Коэффициент прозрачности является лучшей оценкой высокопрозрачных материалов (калек), тогда как измерение непрозрачности более пригодно для относительно непрозрачных бумаг.

- *Лоск (глянец)* является свойством бумаги, выражающим степень лощёности, глянца или способности поверхности отражать изображения. Лоск можно рассматривать, как свойство поверхности бумаги отражать свет под данным углом отражения в большей степени, чем рассеянное отражение света под тем же углом. Таким образом, лоск (глянец) — относительное количество света, отражённого в зеркальном направлении к количеству упавшего света.

### **1.1.3. Химические свойства**

Химические свойства бумаги в основном определяются видом применяемой древесины, методом и степенью варки и отбелки, а также типом и количеством добавленных неволокнистых компонентов. Эти свойства бумаги имеют важное значение, так как они влияют на её физические, электрические

Химические свойства имеют большое значение для следующих видов бумаги:

- фотографической (для репродукции);
- безопасной (в отношении подделок);
- для бумаги, от которой требуется высокая степень неизменяемости, электрической бумаги, предназначенной для пропитки смолами
- бумаги для упаковки пищевых продуктов.

Эти виды бумаги не должны содержать ядовитых веществ, а кислотность и наполнители в бумаге должны соответствовать ее назначению.

- *Влажность.* Соотношение целлюлоза/вода является наиболее важным фактором в химии бумаги. Количество воды, содержащейся в отдельных волокнах, влияет на их прочность, эластичность и

бумагообразующие свойства. Содержание влаги в бумаге влияет на её вес, прочность, неизменяемость, устойчивость размеров и электрические свойства; оно имеет очень важное значение при каландрировании, печатании, покрытии и пропитке. При испытании бумаги её обычно кондиционируют для того, чтобы создать во время испытания постоянную, predeterminedенную влажность во время испытаний.

- *Зольность бумаги* зависит в основном от количественного содержания наполнителей в её композиции. Бумага высокой прочности должна иметь низкое содержание золы, так как минеральные вещества уменьшают прочность бумаги. Высокое содержание золы нежелательно в таких видах бумаги, как фотографические, электроизоляционные, фильтровальные.

#### **1.1.4. Микроскопические анализы**

Кроме обычно применяемых химических, физических и оптических испытаний бумаги, важные сведения о её свойствах можно получить путём исследования под микроскопом. К числу важных областей применения микроскопа на практике относятся определения длины и вида волокна, состав по волокну, анализ загрязнений, пятен, определение степени обработки волокна, изучение смоляной и крахмальной проклейки и исследование бумаги в отношении наполнителей.

### **1.2. Виды Бумаги**

Всё многообразие видов бумаги, выпускаемой в России, согласно ГОСТ 17586—80 подразделяется на десять классов:

- Бумага для печатная — наиболее массовый вид бумаг, предназначенных для печатания различными методами издательской и изобразительной продукции.

- Декоративная — бумага, имеющая окрашенную гладкую поверхность, или поверхность, имитирующую бархат, мрамор, кожу, полотно;

- Бумага для письма, машинописи, черчения и рисования — писчая, писчая цветная, тетрадная, почтовая, чертежная, бумага ватман, бумажная калька, прозрачная чертежная бумага, рисовальная и др.

- Электротехническая бумага — электроизоляционная, телефонная, конденсаторная, кабельная, полупроводящая кабельная и др.
- Упаковочная и оберточная бумага — бумага для упаковки продуктов на автоматах, упаковочная бумага для "сахара, чая, фруктов и др.
- Светочувствительная бумага — светочувствительная, диапозитивная светочувствительная и фотографическая бумага, бумажная диапозитивная светочувствительная калька.
- Бумага для изготовления папирос и сигарет — курительная, папиросная и сигаретная.
- Впитывающая бумага — впитывающая бумага для хроматографии, промокательная, фильтровальная различного назначения.
- Промышленно-техническая бумага разного назначения для ртутно-цинковых элементов, химических источников тока, патронная, водорастворимая, перфокарточная, термореактивная, теплочувствительная, для электрографии, гуммированная бумага для переводных изображений и др.
- Бумага-основа — к ней относятся бумаги, используемые в качестве основы для производства многих видов бумаг, бумажных изделий и фибры.

### **1.3. Качество бумаги для школьной печатной продукции**

При всём разнообразии бумага должна иметь равномерную толщину; чистую, без морщин, пятен и др. повреждений гладкую поверхность, хорошо воспринимающую печатную краску; определённую белизну или однородный цвет; обладать непрозрачностью и светостойкостью, достаточной механической прочностью.

Особыми свойствами должна обладать бумага, используемая для обучения в школе. Мы остановимся на требованиях предъявляемых к качеству ученических тетрадей.

Школьные тетради представляют собой изделия объемом 12, 18, и 24 листа с различными видами линовки.

Последний раз ГОСТы пересматривались более 18 лет назад, и сейчас планируется, что в ближайшее время в них будут внесены изменения.

В современных условиях качеству школьных тетрадей предъявляются еще более жесткие требования: внешний вид и прочность обложки - она должна быть гладкой, и через нее не должен просвечивать текст; листы тетради должны быть белыми и прочными, авторучка - хорошо писать по поверхности листа, а чернила не растекаться по поверхности бумаги. Кроме того, обрез тетради должен быть качественным, должны соблюдаться перпендикулярность сторон и совпадение линий линовки на обеих сторонах листа, скобы должны быть точно по сгибу тетради и не ломаться при разгибании.

В настоящее время на российском рынке можно встретить тетради, сделанные из бумаги, начиная от серой, так называемой "типографской", и кончая супербелой с применением оптических отбеливателей.

В ГОСТ «12063-89 Тетради школьные» описано требование к разлиновке и упаковке стоп тетрадей, а так же скоб скрепления листов тетрадей.

Требования к бумаге же прописаны в «ГОСТ 18510-87 Бумага писчая», где требования к свойствам бумаги заключены в следующем:

- Для школьных тетрадей и дневников должна использоваться бумага без оптически отбеливающего вещества. Для изготовления школьных, общих тетрадей и дневников масса бумаги площадью 1 м<sup>2</sup>(номинальная) - 65, 70 и 80 г.

- Для изготовления школьных тетрадей 12-листных степень проклейки бумаги - не менее 1,4 мм

- Белизна бумаги писчей - не менее 65%.

В целом все школьные тетради по качеству и, соответственно, по цене можно разделить на 4 основные категории:

1. Серая бумага обложка в одну краску
2. Хорошая бумага (офсет № 1), обложка в одну краску.
3. Хорошая бумага (офсет № 1), обложка с полноцветной печатью

4. Бумага высшего качества, как правило, с оптическим отбеливателем, обложка из мелованной бумаги повышенной плотности с полноцветной печатью, скругленные углы

Основные производители школьных тетрадей –АО «Архангельский ЦБК», г. Новодвинск, ООО «Тетрапром», г. Брянск, ООО «Компания «БиДжи»», г. Москва.

#### **1.4. Выводы по 1 главе**

Ориентируясь на методики выявления свойств бумаги, мы выбрали следующие свойства, которые мы можем проверить в условиях кабинета физики и сравнить, используя определенный числовой коэффициент или видимую качественную характеристику. Итак, мы выбрали следующие свойства:

- масса  $1 \text{ м}^2$
- линейная деформация при увлажнении
- капиллярность и пористость
- светопроницаемость
- толщина
- объемная плотность
- пухлость
- зольность
- гладкость
- прочность на разрыв.

ГОСТ не регламентирует основных физических свойств писчей бумаги, поэтому, к сожалению, соответствие ГОСТУ мы имеем возможность проверить только массу бумаги  $1 \text{ м}^2$ .

## 2. Материалы и методики исследования выбранных свойств бумаги

### 2.1. Выбор образцов для исследования

Для анализа была сделана выборка тетрадей, содержащих 12 листов в блоке. Для того чтобы выяснить соответствует ли качество цене тетради, мы приобрели 4 вида тетрадей по разной стоимости. В таблице 2 представлены стоимости и производители исследуемых образцов тетрадей.

Таблица 2

Образец №	1	2	3	4
Цена, руб.	5	6	12	15
Производитель	АО «Архангельский ЦБК», г. Новодвинск	АО «Архангельский ЦБК», г. Новодвинск	ООО «Тетрапром», г. Брянск	ООО «Компания «БиДжи»», г. Москва.

На рисунке 1 представлен внешний вид образцов приобретенных тетрадей.

Рисунок 1



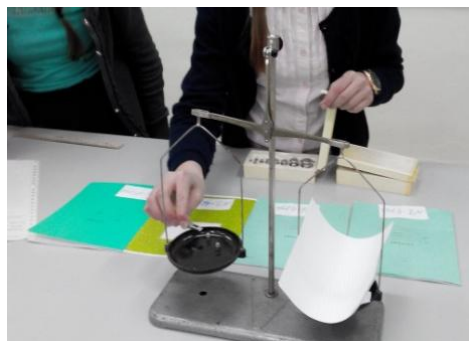
### 2.2. Материалы и оборудование

Для проведения исследования свойств бумаги мы располагаем следующим оборудованием: люксметр, рычажные весы, динамометр, штангенциркуль, линейка, спички, штатив с лапкой, набор грузов массой 102 г., набор разновесов, струбцины, микрометр.

### 2.3. Методика проверки каждого свойства

Для расчета массы  $1 \text{ м}^2$  мы определили массу 1 листа каждого образца с помощью рычажных весов. Разделив полученную массу на площадь каждого образца мы получили значения массы  $1 \text{ м}^2$ , по формуле  $m = m_1/s$ , где  $m$  – масса  $1 \text{ м}^2$  в г.,  $m_1$  масса одного листа изучаемого образца в г.,  $s$  – площадь листа в  $\text{м}^2$ .(рис.2)

Рисунок 2



Для определения линейной деформации, мы измерили длину и ширину листа каждого из образцов. Намочив каждый лист, мы повторили измерения. После этого мы нашли отношение разницы длины и ширины каждого образца, к соответствующим длинам и ширинам каждого образца в сухом состоянии, получив значение коэффициента линейной деформации при увлажнении в процентах. При расчете мы применили следующую формулу:  $k_1 = (l_1 - l)/l$ , где  $l$  длина(ширина) сухого листа в см.,  $l_1$  – длина (ширина ) увлажненного листа в см.

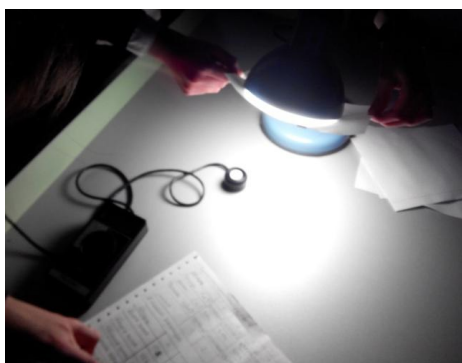
Так же мы изучили капиллярность каждого из образцов. Для этого полоски одинаковой площади, мы закрепили на штативах, свободный конец каждой полоски, опускался при этом в емкость с подкрашенной водой, эта установка оставлялась на 16 часов, после чего измерялась высота поднявшейся по полоске воды. Пористость мы проверили, измерив время впитывания капли воды, каждым из образцов (рис. 3).

*Рисунок 3*



Чтобы изучить светопроницаемость, исследования проводились в затемненном помещении. Перекрывая листом каждого образца плафон настольной лампы, мы измерили люксметром освещенность в самой освещенной точке стола в лк. (рис. 4)

*Рисунок 4*



Чтобы узнать пухлость и объемную плотность бумаги, мы использовали линейку и штангенциркуль для определения объема, рычажные весы, для измерения массы (рис. 5). Для определения объемной плотности мы использовали формулу:  $\rho = \frac{m}{V}$ , а для вычисления пухлости -  $k_2 = \frac{V}{m}$ , где  $\rho$  – объемная плотность в кг/ м<sup>3</sup>,  $m$  – масса образца в г.,  $V$  – объем образца в м<sup>3</sup>. Микрометр мы использовали для измерения толщины листа и для определения толщины 12 листового блока ( рис. 5).



Рисунок 5.



Коэффициент зольности вычисляется, как отношение массы золы от полностью сгоревшего листа к исходной массе листа. Измерив массу каждого образца на рычажных весах, мы сожгли, каждый лист (рис. 6) и измерили массу зольного остатка.

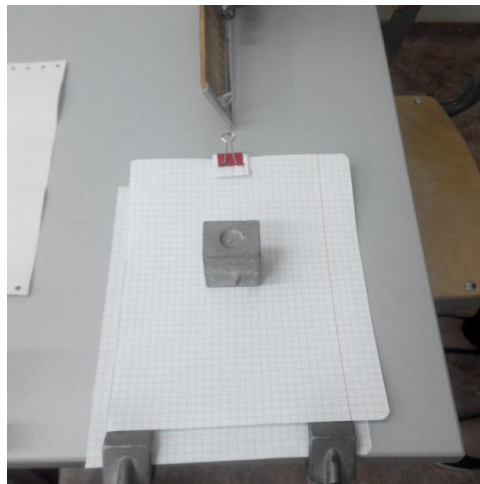
Рисунок 6



Вычислив соответствующие отношения, по формуле  $k_z = \frac{m}{m_2}$ , где  $m$  – масса образца в г.,  $m_1$  – масса золы в г. Нами были получены коэффициенты зольности каждого из исследуемых образцов.

Для сравнения гладкости всех четырех образцов бумаги удобно выразить их через измерение силы трения. Для этого, мы прикрепили один лист каждого из образцов бумаги к столу на струбцины и прижимая к нему лист грузом массой 102 г. равномерно протягивали динамометром верхний лист, получая тем самым величину силы трения, которая демонстрирует нам гладкость каждого из образцов лист бумаги, поставили на него груз (см. рис. 7).

*Рисунок 7*



Для того чтобы узнать прочность листа на разрыв, мы один конец тонкой полоски бумаги прикрепили к столу, а другой к динамометру, затем потянули за него, заметив при какой силе полоска разорвётся (рис. 8).

*Рисунок 8*



### 3. Результаты экспериментов.

#### 3.1. Масса 1 м<sup>2</sup>

Измерения массы 1 м<sup>2</sup> и рейтинг каждого из образцов продемонстрирован в таблице 3. Сопоставив полученные значения с требованиями ГОСТ 18510-87, мы выяснили, что только образец № 4 соответствует этим требованиям

Таблица 3

Образец	1	2	3	4
Площадь(м <sup>2</sup> )	0,05662	0,05662	0,05634	0,05662
Масса образца(г)	3,37	3,39	3,27	4
Масса (г/м <sup>2</sup> )	59,5196	59,8728	58,0384	70,6464
Рейтинг	3	2	4	1

#### 3.2. Линейная деформация

При измерении линейной деформации были получены результаты, отображенные в таблице 4.

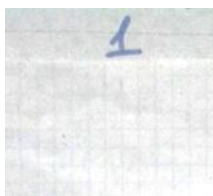


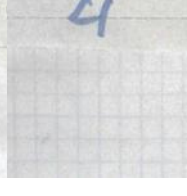
Таблица 4

Образец	1	2	3	4
Длина сухого образца(см)	19	19	19,7	19
Длина увлажненного образца(см)	19,7	19,6	20,4	19,5
Ширина сухого образца (см)	14,9	14,9	14,3	14,9
Ширина увлажненного образца (см)	15	15,1	14,5	15
Деформация(%)	0,6-3,6	1,3-3,1	1,3-3,5	0,6-2,6
Рейтинг	4	2	3	1

Кроме того был получен еще один результат. В процессе увлажнения образцов бумаги выяснилось, что линовка, нанесенная на каждый из них, смывается. Но смывание краски происходило по-разному, изучив интенсивность окраски оставшейся линовки, мы можем добавить еще один критерий для оценки качества изучаемых образцов. В таблице 5 по рейтингу

можно сказать, что образец №3 имеет худшую фиксацию краски используемой для линовки листа, образец № 4 наилучшую.

*Таблица 5*

Образец	1	2	3	4
Интенсивность окраски				
Рейтинг	3	2	4	1

### **3.3. Капиллярность и скорость впитывания**

Исследовав капиллярность, выяснилось, что все образцы можно отнести к микропористому виду бумаги, т. к. по истечении 16 ч. Эксперимента, столбец окрашенной воды поднялся над поверхностью воды не выше 1 мм. А время впитывания одной капли воды превысило 20 мин. По этому критерию все образцы претендуют на 1 место в рейтинге оценки качества.

### **3.4. Светопроницаемость**

Светопроницаемость исследуемых образцов бумаги представлена в таблице 6. Следует отметить, что наилучший показатель светопроницаемости принадлежит образцу №3, худший - образцу №1

*Таблица 6*

Образец	1	2	3	4
Светопроницаемость(лк)	1135	1095	825	1020
Рейтинг	4	3	1	2

### **3.5. Толщина, пухлость и объемная плотность**

Объемная плотность и пухлость, взаимно обратные величины, поэтому для рейтинга эти показатели можно объединить, в таблице №7 видно, что первое и второе место в рейтинге принадлежит самым дорогим образцам № 4 и № 3 соответственно.

*Таблица 7*

Образец	1	2	3	4
Длина (см)	20,5	20,6	20,2	20,6
Ширина (см)	16,8	16,9	16,4	15,5
Толщина (см)	0,1	0,1	0,08	0,1
Объем (см <sup>3</sup> )	34,44	34,81	26,5	31,93
Масса (г)	24,34	24,64	23,2	26,46
Объемная плотность (г/см <sup>3</sup> )	0,71	0,71	0,86	0,83
Пухлость (см <sup>3</sup> /г)	1,41	1,41	1,14	1,21
Рейтинг	3	3	1	2

Используя микрометр для измерения толщины одного листа, мы получили результаты, отображённые в таблице 8. Отметим, что разница в толщине листа исследуемых образцов незначительна.

*Таблица 8*

Образец	1	2	3	4
Толщина листа (мм)	0,08	0,08	0,075	0,08
Рейтинг	1	1	2	1

### **3.6. Зольность**

При измерении зольности выяснилось, что лидирующие образцы по предыдущему показателю, уступили более дешевым образцам №1 и №2 (см. табл. 9). Помимо численного показателя зольности, каждый образец при сгорании давал различное количество дыма. Образцы №1, №2 и №4 дали количество дыма, на выветривание которого ушло не более 5 минут. Чего нельзя сказать об образце №3, количество дыма при сжигании этого образца было таким, что на выветривание его потребовалось около 30 мин. Этот результат мы учтем при подведении итогов по всему исследованию.

Таблица 9

Образец	1	2	3	4
Масса бумаги (г)	4,7	4,7	3,84	4,52
Масса золы (г)	5,57	5,54	5,74	5,64
Зольность(%)	1,19	1,18	1,49	1,25
Рейтинг	1	1	3	2

### 3.7. Гладкость

Измерив силу трения по методике, описанной в предыдущей главе, мы получили результаты, представленные в таблице 10.

Таблица 10

Образец	1	2	3	4
Сила трения(Н)	0,5	0,7	0,6	0,7
Рейтинг	1	3	2	3

### 3.8. Прочность на разрыв

Один из важнейших показателей качества бумаги это прочность на разрыв. Он показывает, насколько долговечно будет изделие из данного типа бумаги, при интенсивной его эксплуатации. В таблице 10 показаны результаты измерений этого показателя. Худший показатель продемонстрировал образец № 3, лучший - образец №4

Таблица 10

Образец	1	2	3	4
Сила на разрыв (Н)	2,7	4,1	2,4	5
Рейтинг	3	2	4	1

### 3.9. Выводы по 3 главе

Все исследуемые свойства и рейтинговые места можно объединить. Усреднив рейтинги каждого образца можно получить итоговый, который будет

говорить о качестве бумаги используемой при изготовлении ученических тетрадей в целом. В сводной таблице рейтинга (табл. 11) мы видим, что лидирующую позицию рейтинга из четырех исследованных образцов занял самый дорогой образец №4, на второй позиции образец № 2 средней ценовой категории, на третьей самый дешевый образец №1, на четвертом образец №3, стоимость которого близка к самому дорогому из образцов.

*Таблица 11*

Образец	1	2	3	4
Стоимость образца, руб.	5	6	12	14
Масса 1 м <sup>2</sup>	3	2	4	1
Устойчивость краски к смыванию	3	2	4	1
Линейная деформация	4	2	3	1
Светопроницаемость	4	3	1	2
Количество дыма	1	1	2	1
Пухлость	3	3	1	2
Зольность	1	1	3	2
Толщина листа	1	1	2	1
Трение	1	3	2	3
Прочность на разрыв	3	2	4	1
Средний рейтинг	2,4	2	2,6	1,5
Итоговое место	3	2	4	1

## **Заключение**

В нашей работе нам удалось сравнить четыре образца бумаги ученических тетрадей. Сопоставив все свойства бумаги каждого из образцов, мы подтвердили наше предположение о том, что чем качественнее бумага, используемая для изготовления тетрадей, тем дороже это изделие, однако эта гипотеза подтверждена частично. Изучив детально образец №3, мы подтвердили второе предположение, что среди производителей тетрадей встречаются и откровенно недобросовестные. Образец тетради ООО «Тетрапром», г. Брянск, не качественное изделие, а может и опасное для здоровья школьника, об этом свидетельствует большой процент зольности и наличие густого и едкого дыма при сгорании образца.

Сопоставляя массу 1 м<sup>2</sup> каждого из образцов требованиям ГОСТ соответствует только самый дорогой образец ООО «Компания «БиДжи»», г. Москва. Проведя это исследование, мы получили инструмент для изучения качества бумаги используемой не только для производства тетрадей, теперь мы имеем возможность определять производителя выпускающего изделия лучшего качества.



### **Источники информации**

1. ОАО «Компьюарт» [сайт]. URL: <http://compuart.ru/article/14526> (дата обращения 12.12.2017).
2. Прохоров А. М. Советский энциклопедический словарь. М: Советская энциклопедия, 1990. 1632с.
3. Самые великие открытия и достижения человечества [сайт]. URL: <http://samogoo.net/samyie-velikie-otkryitiya-i-izobreteniya-chelovechestva.html> (дата обращения 06.12.2017).
4. ОАО «Русбумторг» [сайт]. URL: <http://rusbumtorg.ru/useful/osnovnye-svoystva-bumagi> (дата обращения 12.12.2017).
5. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии [сайт]. URL: <https://www.gost.ru/portal/gost/home/standarts/catalognational> (дата обращения 25.11.2017).
6. Федеральная служба государственной статистики [сайт]. URL: <http://www.gks.ru> (дата обращения 14.11.2017).