

Г. М. ГОРСКИЙ

ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ СТРУКТУРОЙ И СВОЙСТВАМИ БУМАГИ ИЗ СИНТЕТИЧЕСКИХ ВОЛОКОН

Бумага определяется как сетка (ткань) из волокон и фибрилл, которые связаны вместе поверхностными силами. В бумаге из растительных волокон связывание последних между собой осуществляется за счет функциональных групп самой целлюлозы и тех компонентов, которые присутствуют в целлюлозе. Здесь связующим является само целлюлозное волокно, подвергнутое размолу.

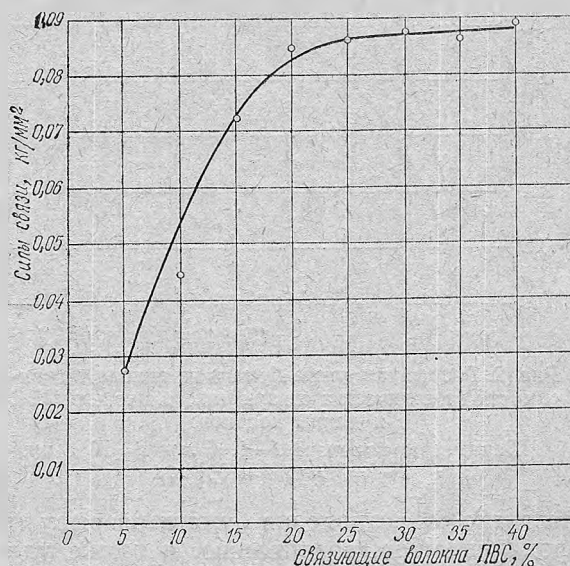


Рис. 1. Силы связи между волокнами в бумаге из 100% вишюла в зависимости от количества связующих волокон из ПВС.

Параметры волокон: $l = 6$ мм; $d = 20$ мк.

Бумага из синтетических волокон обладает совершенно иной структурой, чем обычная целлюлозная бумага. Это обусловлено тем, что синтетические волокна при размолу не расщепляются, не фибриллируются, а следовательно, не гидратируются подобно растительным волокнам и не освобождают каких-либо функциональных групп, которые при листообразовании и сушке на бумагоделательной машине могли бы связать волокна между собой. Поэтому необходимо в бумажную массу или готовую сформированную бумагу вводить специальные связующие вещества. В бумаге из синтетических волокон следует четко различать два компонента: сами волокна и связующие вещества.

Проведенные нами работы [1—2] показали возможность получения новых видов бумаги из синтетических волокон с использованием в качестве связующего свежеформованных волокон из поливинилового спирта (ПВС). При этом было установлено влияние структурно-размерных параметров синтетических волокон и количества связующего на физико-механические свойства бумаги из синтетических волокон.

Цель данной работы — рассмотреть развитие основных свойств готовой бумаги из винола различной длины и диаметра в соответствии с развитием сил связи между волокнами и изменением соотношения между связующим и синтетическим волокном в композиции бумаги.

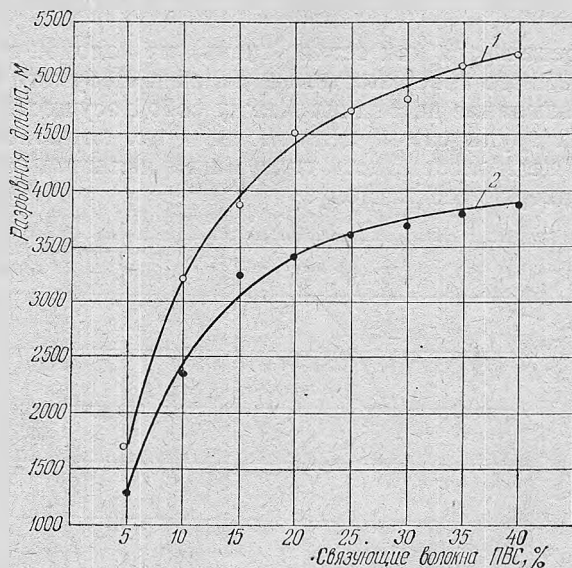


Рис. 2. Разрывная длина бумаги из винола в зависимости от количества связующих волокон из ПВС и длины волокон.

Параметры волокон: 1— $l=6$ мм; $d=16,1^2$ мк;
2— $l=3$ мм; $d=16,1$ мк.

Типичное развитие сопротивления бумаги разрыву (разрывная длина), излому, продавливанию, раздиранию, а также удлинения бумаги при разрыве показано на рисунках 2—10. На рис. 1 нанесена для сравнения кривая изменения сил связи в бумаге из винола, определенных путем расслаивания двухслойной бумаги на сдвиг, в зависимости от количества волокон из ПВС в ее композиции.

Прежде всего следует отметить, что между приведенными кривыми механической прочности бумаги из винола и обычными кривыми, отражающими развитие основных свойств целлюлозной бумаги, происходящее в процессе размла исходной целлюлозы, существует большое сходство [3]. Так же как и у целлюлозной бумаги, кривая сопротивления излому бумаги из винола достигает своего максимума значительно позднее (соответственно большему содержанию волокон из ПВС), чем кривая сопротивления раздиранию. Кривая разрывной длины, хотя и не имеет переломной точки, но очень напоминает кривую разрывной длины целлюлозной бумаги при степени размла исходной целлюлозы до 60° ШР. Все это заставляет предположить, что развитие кривых механи-

ческой прочности бумаги из синтетических волокон с увеличением в ее композиции количества связующих волокон из ПВС объясняется, как и для целлюлозной бумаги, развитием сил связи между волокнами и средней длиной волокна.

Как видно из рис. 1, силы сцепления между волокнами очень быстро растут при увеличении количества связующих волокон из ПВС до 20% от исходных волокон винола, достигая своего максимума при величине порядка 0,085—0,09 кг/см². При увеличении количества связующего более 20% его влияние на силы связи сильно уменьшается и кривая зату-

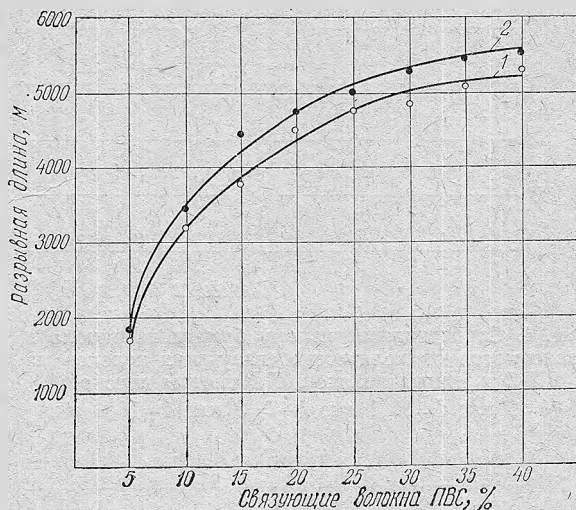


Рис. 3. Разрывная длина бумаги из винола в зависимости от количества связующих волокон из ПВС и толщины волокон. Параметры волокон: 1— $l=6$ мм; $d=16,1$ мк; 2— $l=6$ мм; $d=9,5$ мк.

хает. По-видимому, этот момент соответствует тому положению, когда почти все волокна в бумажном листе связаны. После этого дальнейшее повышение содержания связующего лишь уменьшает число синтетических волокон в бумаге, несущих в ней нагрузку, что и приводит в общем итоге лишь к незначительному повышению прочности.

На рис. 2—3 показано, что разрывная длина возрастает в соответствии с ростом сил связи между волокнами, причем определенную роль в получаемой абсолютной величине ее играют длина и диаметр исходных синтетических волокон. В бумаге из более длинных волокон (6 мм) вероятность того, что некоторые из них не будут связаны в полотне, мала. Здесь каждое синтетическое волокно обуславливает конечную высокую прочность листа, чего нельзя сказать о более коротких волокнах (3 мм), и разрывная длина такой бумаги при прочих равных условиях значительно меньше. С уменьшением диаметра исходных волокон при постоянной их длине и весе 1 м² бумаги число волокон в поперечном сечении листа увеличивается, создается больше возможностей для связи волокон друг с другом, что и сказывается на некотором увеличении разрывной длины.

Сопротивление излому является сложной функцией сил сцепления между волокнами, количества исходных синтетических волокон в компо-

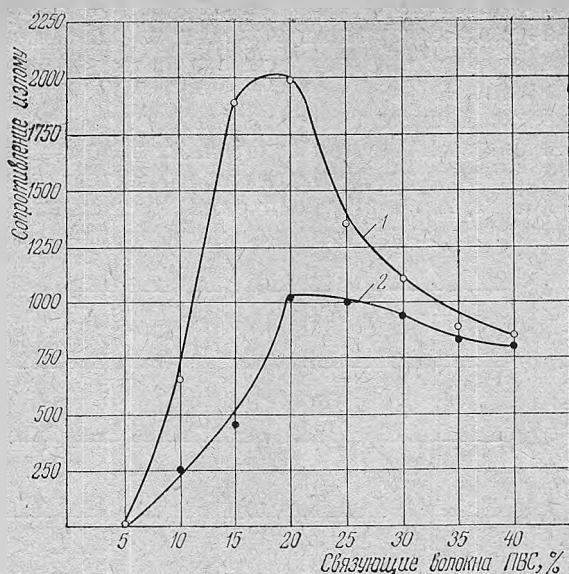


Рис. 4. Сопротивление излому бумаги из винола в зависимости от количества связующих волокон из ПВС и длины волокон. Параметры волокон: 1— $l=6$ мм; $d=16,1$ мк; 2— $l=3$ мм; $d=16,1$ мк.

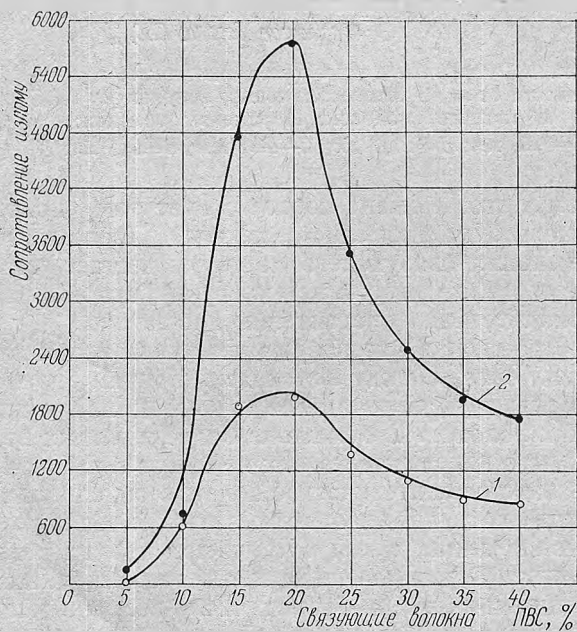


Рис. 5. Сопротивление излому бумаги из винола в зависимости от количества связующих волокон из ПВС и толщины волокон. Параметры волокон: 1— $l=6$ мм; $d=16,1$ мк; 2— $l=6$ мм; $d=9,5$.

зиции бумаги, их диаметра, длины и прочности. Если соотношение первых двух факторов обуславливает наличие переломной точки на кривых рис. 4, 5 при содержании связующего 20%, то последние три влияют в

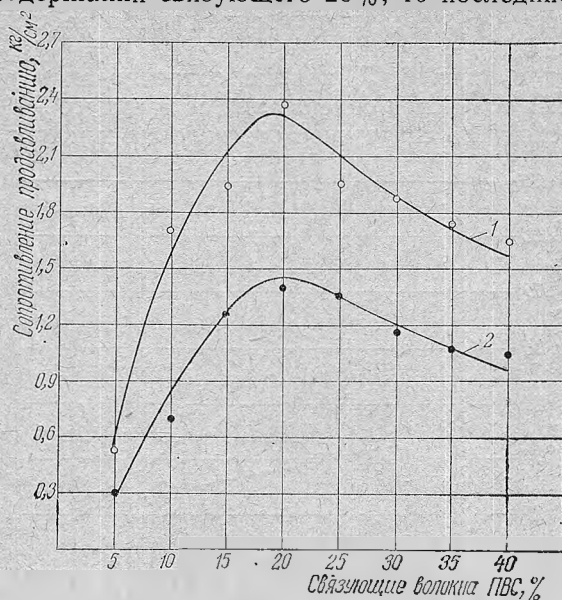


Рис. 6. Сопротивление продавливанию бумаги из винола в зависимости от количества связующих волокон из ПВС и длины волокон. Параметры волокон: 1— $l=6$ мм; $d=16,1$ мк; 2— $l=3$ мм; $d=16,1$ мк

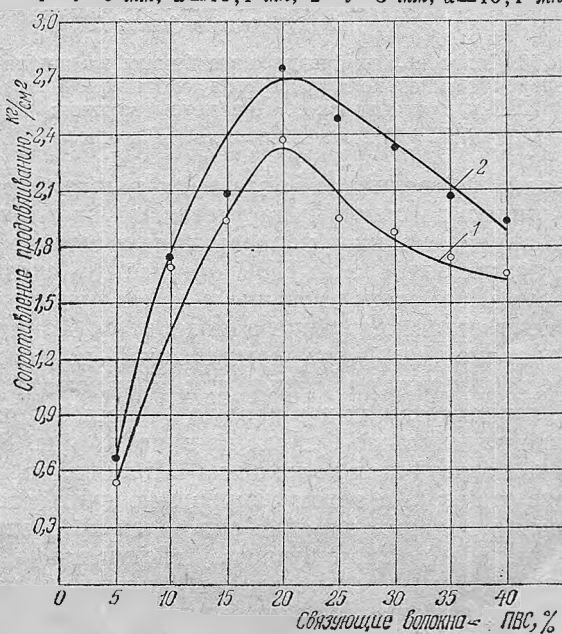


Рис. 7. Сопротивление продавливанию бумаги из винола в зависимости от количества связующих волокон из ПВС и толщины волокон. Параметры волокон: 1— $l=6$ мм; $d=16,1$ мк; 2— $l=6$ мм; $d=9,5$.

основном на абсолютную величину излома. Известно [4], что чем тоньше синтетические волокна, тем больше их устойчивость к многократным изгибам, и, по-видимому, это свойство элементарного волокна в полной мере сказывается на бумаге, изготовленной из более тонких и длинных волокон (см. рис. 5).

Как следует из рис. 6, 7, кривые сопротивления продавливанию имеют переломные точки при содержании связующего 20%. Причем чем больше длина исходного синтетического волокна и меньше его диаметр,

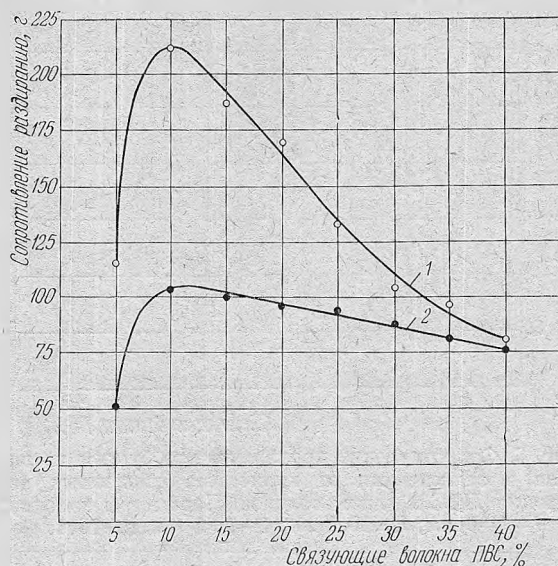


Рис. 8. Сопротивление раздиранию бумаги из винола в зависимости от количества связующих волокон из ПВС и длины волокон. Параметры волокон: 1— $l=6$ мм; $d=16,1$ мк; 2— $l=3$ мм; $d=16,1$ мк.

тем выше по абсолютной величине показатели сопротивления продавливанию. Подъем кривых до максимума указывает на влияние сил связи на сопротивление продавливанию; последующее снижение с увеличением содержания связующих волокон из ПВС может быть связано с увеличением жесткости бумаги и соответственно с уменьшением растяжимости из-за большого количества связующего материала. Таким образом, сопротивление продавливанию — это комплексный показатель, который объединяет в себе показатели разрывной длины, излома и растяжимости, а следовательно, зависит от них и в первую очередь от двух последних.

Сопротивление раздиранию бумаги из винола (рис. 8, 9) в зависимости от количества связующих волокон из ПВС быстро достигает максимума (10% связующего), а затем непрерывно снижается, что указывает на относительно меньшее влияние сил связи по сравнению с влиянием длины волокна и структуры бумаги. Действительно, если при увеличении сил связи все механические показатели растут (при постоянной длине волокна), то показатель сопротивления раздиранию растет только при небольшом увеличении сил связи, что говорит о малом значении для него сил связи. При дальнейшем же увеличении связующего и сил связи сопротивление раздиранию всегда снижается, так же как и при уплотнении мокрого листа прессованием и каландрированием (хотя раз-

рывная длина, сопротивление продавливанию и излому в этих условиях будут расти). Это объясняется в первую очередь уменьшением зоны разрыва у листа бумаги с большим количеством сил связи.

Следует отметить, что показатель сопротивления раздиранию у бумаги из синтетических волокон по абсолютной величине значительно выше аналогичного показателя целлюлозных бумаг, даже изготовленных из крафт-целлюлозы. Это связано с тем, что силы сцепления в листе бумаги из волокон винола проявляются в основном в отдельных точках

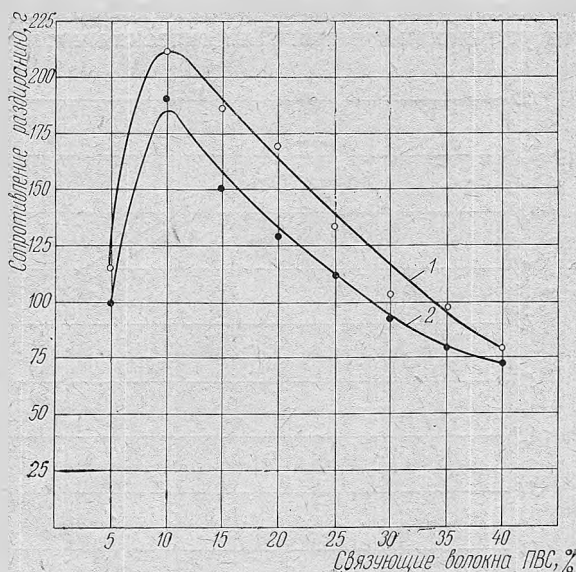


Рис. 9. Сопротивление раздиранию бумаги из винола в зависимости от количества связующих волокон из ПВС и толщины волокон. Параметры волокон: 1— $l=6$ мм; $d=16,1$ мк; 2— $l=6$ мм; $d=9,5$ мк.

на поверхности последних (в узлах переплетения), благодаря чему волокна могут вытягиваться в направлении прикладываемого к ним усилия и, следовательно, присущие им физические свойства будут сильно влиять на сопротивление раздиранию. К таким свойствам относятся прочность, растяжимость волокна и, конечно, его диаметр и длина. Для синтетических волокон, имеющих большую длину, прочность и растяжимость, усилие при испытании будет распределяться в листе бумаги на большую площадь, что и приводит к значительной величине сопротивления раздиранию.

Удлинение бумаги из синтетических волокон является весьма важной ее характеристикой. На рис. 10 показано, что удлинение растет с увеличением количества связующего в листе бумаги до 20%, несмотря на повышение количества связей и жесткости бумаги. Дальнейшее повышение количества связующего ведет к снижению растяжимости бумаги. Процесс удлинения бумаги как упруго-вязкого тела при разрыве сопровождается комплексом сложных деформаций: чисто упругой, высокоэластической и пластической при разрыве. На величину упругой части деформации, протекающей мгновенно и связанной с небольшим изменением

расстояния между структурными элементами как в волокнах, так и в бумаге, число связей не должно оказывать заметного влияния. На высокоэластическую деформацию, протекающую во времени и связанную относительно большим изменением взаимного расположения структурных элементов, число связей, т. е. количество связующего, выше некоторого предела будет оказывать весьма большое влияние. По-видимому, до 20% содержания связующего в бумаге образовавшиеся межволоконные связи заметно не препятствуют возникновению высокоэластической деформации волокон в бумаге, однако дальнейшее повышение количества связующего ведет к резкому снижению этого вида деформации, т. е. к уменьшению величины удлинения бумаги. Пластическая часть деформации не

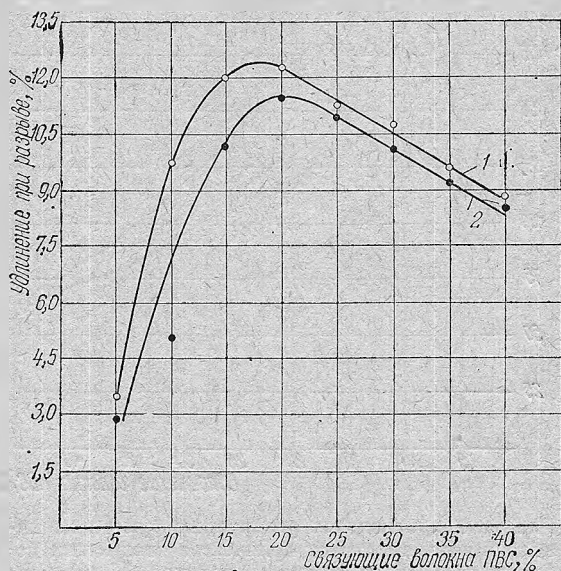


Рис. 10. Удлинение при разрыве бумаги из винола в зависимости от количества связующих волокон из ПВХ и длины волокон. Параметры волокон: 1— $l=6$ мм; $d=16,1$ мк; 2— $l=3$ мм; $d=16,1$ мк.

должна оказывать большого влияния на величину удлинения, так как она является необратимой (остаточной) и ее появление ведет к разрыву бумаги.

Растяжимость бумаги зависит от длины и в меньшей степени от диаметра волокон. Она больше для бумаги с более длинными волокнами и меньше для бумаги с более тонкими волокнами. Вероятно, это связано и с растяжением структуры волокна — его решетки.

Выводы

1. Основным фактором, обеспечивающим прочность бумаги из синтетических волокон, являются силы связи между волокнами типа «синтетическое волокно — связующее — синтетическое волокно». При применении в качестве связующего волокон из ПВХ связь между синтетическими волокнами в листе устанавливается через эти термопластические волокна [5, 6].

2. В целом поверхность синтетических волокон, на которой действуют силы сцепления, значительно меньше аналогичной поверхности целлюлозных волокон. Это приводит к тому, что структурно-размерные параметры синтетических волокон в значительной степени обуславливают прочность получаемой бумаги.

Л и т е р а т у р а

- [1] С. Н. Иванов, Г. М. Горский. Бум. пром., 1, 4 (1964). [2] С. Н. Иванов, Г. М. Горский. Бум. пром., 11, 7 (1964). [3] С. Н. Иванов. Технология бумаги. М., 1960, 26. [4] Э. А. Роговин. Основы химии и технологии химических волокон. Т. П. М., 1965. [5] S. Machida, S. Nishikiori, T. Weno. I. Soc. Text. and Cellulose Inds. Japan, 19, 3, 205 (1963). [6] T. Sekki. I. I. Techn. Assoc. Pulp, and Paper. Ind., 15, 12, 791 (1961).