

Введение термина «коллоидно-химический регулятор» определяется также необходимостью различать поверхностно-активные вещества, присутствующие в системе, по природе и функциональному назначению. Эмульгатор, содержащийся в гидродисперсиях полимеров, предназначается для обеспечения его агрегативной устойчивости, а коллоидно-химический регулятор способствует достижению гетероадгезии. При оптимальном расходе регулятора проклейки обеспечиваются высшие показатели продукции для заданного расхода проклеивающего вещества, максимальное его удержание в бумаге или картоне, что делает качество клееной бумаги менее зависимым от скорости бумагоделательной машины, так как осадок фиксируется на волокне и не способен к миграции и провалу за счет отсылающего действия элементов конструкции регистровой и прессовой частей машины; заметно снижается разносторонность листа бумаги по степени проклейки; повышаются экономические и эксплуатационные характеристики всей технологии.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Колесников, В.Л. Бумага и картон из волокнисто-полимерных композиций. - Мн.: БГТУ, 2004. – 242 с.
2. Дерягин Б.В., Чураев М.В., Муллер В.М. Поверхностные силы. – М.: Наука, 1985. – 398 с.
3. Фляте Д.М. Технология бумаги. Учебник для вузов. -М.: Лесн. пром-сть, 1988. – 440 с.

УДК 62-784.43

Б.К. Дубовый, проф. д-р техн. наук,  
Н.А. Криницын, маг., Г.А. Суслов, маг.  
[dubovy2004@mail.ru](mailto:dubovy2004@mail.ru) (Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, г. Санкт-Петербург, Россия)

## УПРОЧНЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОЛОКОН

### *Введение*

Одной из основных проблем при производстве бумагоподобных композиционных материалов на основе минеральных волокон является достижение высоких прочностных характеристик при сохранении эксплуатационных свойств. В настоящее время композиты на основе минеральных волокон находят широкое применение во многих отраслях науки и промышленности таких, как нано-, био-, и сверхкритические технологии, энергетика, медицина, транспорт, электроника и многих других. [1]

Минеральные волокна обладают целым комплексом уникальных свойств: термо-, хемо-, биостойкость, устойчивость к воздействию агрессивных сред, но в отличие от волокон растительного происхождения не обладают способностью к связеобразованию. [2] Поэтому для достижения требуемых прочностных характеристик композиты на основе минеральных волокон необходимо использовать связующие в зависимости от условий эксплуатации и потребительских характеристик. В связи с этим целью работы явилось исследование упрочнения бумагоподобных композитов на основе минеральных волокон с использованием органических и неорганических связующих. [3]

Эксплуатация бумагоподобных композиционных материалов при температурах ниже 200 °С позволяет применять в качестве связующего различные виды целлюлозы, а использование их при повышенных температурах и в агрессивных средах, в том числе при постоянной работе во влажном состоянии, заставляет применять связующие неорганического происхождения. [4] Вода, как известно, является агрессивной средой, поэтому материалы, в композицию которых входят растительные волокна, при длительной эксплуатации подвержены биоразложению. Органическая основа во влажном состоянии способствует развитию различного рода мицелиярных грибов и бактерий.

#### *Экспериментальная часть.*

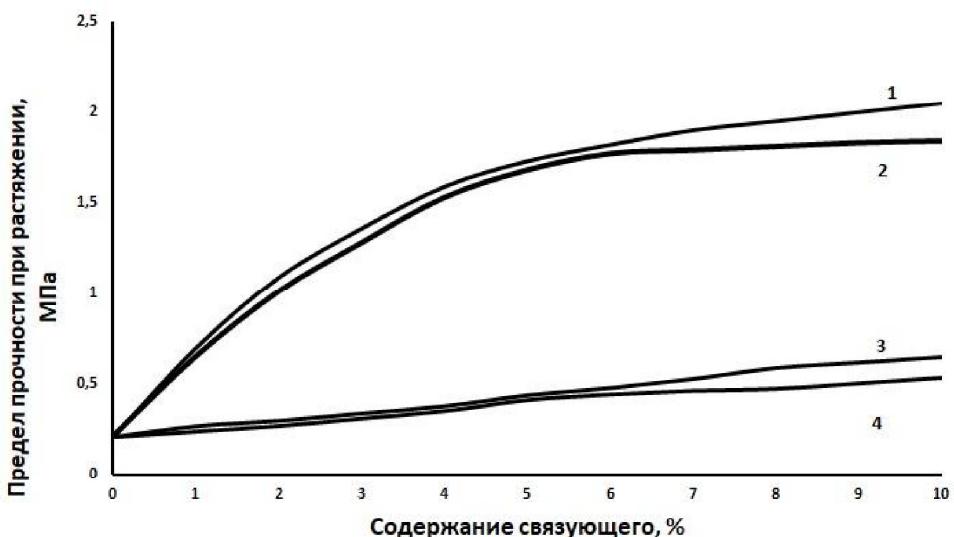
В качестве исходного сырья использовались микротонкие стеклянные волокна МТВ-025 со средним диаметром 0,25 мкм из стекла марки М20. Стеклянное волокно распускалось в лабораторном дезинтеграторе в течении 4 минут при 1500 об/мин. Концентрация волокнистой суспензии составляла 2,5 г/л. В качестве связующих использовались: хлопковая и сульфатная хвойная небеленая мерсеризованная целлюлоза с расходом от 0 до 10 %, хвойная сульфатная небеленая целлюлоза, со степенью помола  $48 \pm 2$  ° ШР. В качестве неорганического связующего использовались полиядерные комплексы алюминия полученные в результате гидролиза хлорида алюминия при pH среды 8.

Сульфатная небеленая целлюлоза, после замачивания в течении 6 часов распускалась в лабораторном дезинтегратаре при 1500 об/мин в течении 5 минут, после чего отправлялась в размалывающий аппарат. Размол целлюлозы проводился при концентрации целлюлозной массы 15 г в 1,7 л воды в течении 10 минут, после чего замерялась степень помола.

Изготовление лабораторных образцов массой  $100 \pm 5$  г/м<sup>2</sup> производилось на листоотливном аппарате “Rapid-Kethen”. Волокнистая масса при отливе разбавлялась в формующей колбе до 8 л. Получен-

ный образец помещался в сушильную камеру аппарата “Rapid-Kothen” и сушился до постоянной массы. Образцы кондекционировались в течение 24 часов, после чего определялась масса и толщина. Механическая прочность образцов испытывалась на вертикальной разрывной машине “Hounsfield” и полученные данные разрывного усилия (в Н) переводились с учётом толщины образцов в предел прочности при растяжении (в МПа).

На рисунке 1 представлены результаты исследования влияния содержания вида связующего на предел прочность при растяжении.



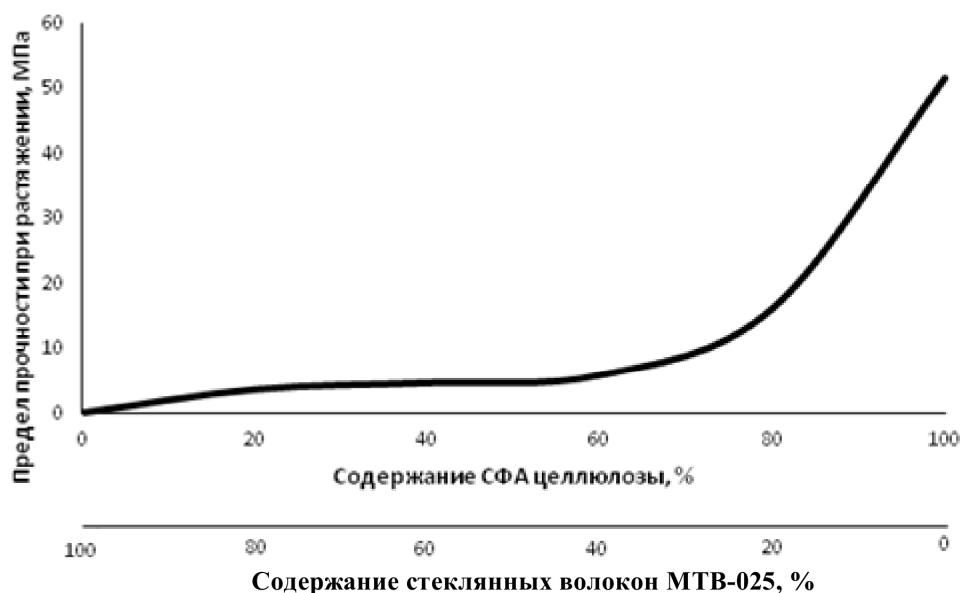
1 – Сульфатная хвойная небеленая целлюлоза; 2 – Хлопковая целлюлоза;  
3 – Хлорид алюминия в пересчете на  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; 4 – Сульфатная хвойная небеленая  
мерсеризованная целлюлоза

**Рисунок 1 – Зависимость влияния вида связующего  
на предел прочности при растяжении**

Результаты исследования свидетельствуют о том, что с увеличением в композиции содержания до 5% хвойной сульфатной небеленой и хлопковой целлюлозы прочность резко возрастает. Дальнейшее увеличение содержания в композиции данных волокнистых полуфабрикатов ведет к менее ярко выраженному увеличению прочности и при расходе 10% составляет соответственно 2,1 и 1,8 МПа. Кривые зависимости предела прочности при растяжении от расхода хлорида алюминия и сульфатной небеленой мерсеризованной целлюлозы имеют прямолинейный характер и с увеличением расхода связующего предел прочности при растяжении возрастает и при расходе в 10% составляет для хлорида алюминия 0,6 МПа, а для сульфатной небеленой мерсе-

ризованной 0,5 МПа. Наибольшей прочностью обладали композиционные материалы с использованием в композиции хвойной сульфатной небеленой целлюлозы. Поэтому дальнейшие исследования были направлены на изучение прочности композиционного материала с расширенным компонентным составом.

Представленные результаты исследования на рисунке 2 свидетельствуют, что с увеличением в композиции расхода сульфатной небеленой хвойной целлюлозы до 60% кривая зависимости имеет линейный характер и при расходе 60% составляет 6 МПа. Дальнейшее увеличение в композиции целлюлозы ведет к существенному увеличению прочности.



**Рисунок 2 – Влияние расхода сульфатной хвойной небеленой целлюлозы и стеклянных волокон МТВ-025 на предел прочности при растяжении**

Полученные материалы могут иметь различное использование. В частности могут использоваться в качестве сепарационных материалов для аппаратов охлаждения воздуха испарительного типа по энергосберегающей экологически безопасной технологии охлаждения воздуха. При этом они должны обладать высокой капиллярной впитываемостью. Дальнейшие исследования были направлены на изучения капиллярной впитываемости методом Клемма. В таблице 1 представлены результаты исследований.

Результаты исследования свидетельствуют, что полученные материалы обладают высокой капиллярной впитываемостью. Наилучшие результаты получены при использовании в качестве связующего хлорида алюминия. Количественные показатели капиллярной впиты-

ваемости и качественные характеристики связующего (неорганическая природа) позволяют использовать данный материал как охладительный элемент в аппаратах охлаждения воздуха испарительного типа. Использование компонентов органического происхождения, несмотря на хорошие показатели прочности и капиллярной впитываемости недопустимо в аппаратах охлаждения воздуха из-за возможности роста мицелярных грибов и бактерий которые ухудшают качество охлажденного воздуха и отрицательно влияют на безопасность жизнедеятельности человека.

**Таблица 1 – Влияние вида связующего на капиллярную впитываемость**

№ п/п	Вид связующего, при расходе 10%	Капиллярная впитываемость по Клемму, мм
1	Сульфатная хвойная небеленая целлюлоза	98
2	Хлопковая целлюлоза	100
3	Хлорид алюминия в пересчете на $\text{Al}_2\text{O}_3$	174
4	Сульфатная хвойная небеленая мерсеризованная целлюлоза	102

Некоторые недобросовестные производители охладительных аппаратов испарительного типа в частности компания «Ontel» производя аппарат «AA-MC4 Arctic Air Personal Space & Portable cooler» и используя в качестве охладительных элементов материалы на основе мерсеризованной целлюлозы подвергают опасности здоровье потребителей. Результаты многочисленных микробиологических исследований свидетельствуют о высокой концентрации мицелярных грибов и бактерий в охлажденном воздухе при эксплуатации вышеуказанного аппарата.

В аппаратах охлаждения воздуха выпускаемых под маркой «Evapolar» в качестве охладительных элементов используется материалы на основе минеральных волокон и неорганических связующих. Данные аппараты полностью соответствуют СанПиНам и обеспечивают комфортную и безопасную среду обитания человека [5].

#### *Выходы*

1. Использование в качестве связующего целлюлозных волокнистых полуфабрикатов ведет к увеличению предела прочности при растяжении.

2. Наилучшей прочностью обладают материалы с использованием сульфатной хвойной небеленой целлюлозы. Однако органическое происхождение связующего не позволяет использовать целлюлозу для аппаратов охлаждения воздуха из-за эксплуатации элементов охлаждения во влажном состоянии.

3. Добавка в композицию материала хлорида алюминия обеспечивает необходимую технологическую прочность и капиллярную впитываемость и дает возможность использовать данный композиционный материал в качестве охладительных элементов для аппаратов охлаждения воздуха испарительного типа в соответствии с СанПиНами.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Дубовый, В.К. Бумагоподобные композиционные материалы на основе минеральных волокон: дис. ... д-ра техн. наук. СПб., 2006. 370 с.
2. Безлаковский А.И., Дубовый В.К., Сысоева Н.В., Коваленко В.В. Связеобразование в системе «минеральное волокно–минеральное связующее» // Материалы XIX Менделеевского съезда по общей и прикладной химии. Волгоград, 2011. С. 32.
3. Дубовой, Е.В. Бумага на основе стеклянных волокон для аппаратов охлаждения воздуха испарительного типа: дис... к-та техн. Наук. СПб., 2017. 175 с.
4. Непенин, Ю.Н. Технология целлюлозы. В 3-х т. Т. II. Производство сульфатной целлюлозы: - 2-е изд., перераб. – М.: Лесная промышленность, 1990. 600 с. ISBN 5-7120-0266-3.
5. Дубовой Е.В., Свиридов Е.Б., Щербак Н.В., Дубовый В.К. Энергосберегающая экологически безопасная технология охлаждения воздуха аппаратами испарительного типа. Спб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2017. 286 с.

УДК 676.024.7:544.77

Н. В. Черная, проф., д-р техн. наук  
В.Л. Флейшер, доц., канд. техн. наук, О.А. Мисюров, соискатель  
[v\\_fleisher@list.ru](mailto:v_fleisher@list.ru), [omisurov@mail.ru](mailto:omisurov@mail.ru) (БГТУ, г. Минск)

## ОСОБЕННОСТИ КОЛЛОИДНО-ХИМИЧЕСКИХ ВЗАМОДЕЙСТВИЙ МЕЖДУ ЧАСТИЦАМИ ДИСПЕРСНОЙ ФАЗЫ ВЫСОКОСМОЛЯНЫХ И НЕЙТРАЛЬНЫХ ГИДРОДИСПЕРСИЙ МОДИФИЦИРОВАННОЙ КАНИФОЛИ И ГИДРОКСОСОЕДИНЕНИЯМИ АЛЮМИНИЯ $\text{Al(OH)}_6^{3+}$ , $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_5(\text{OH})^{2+}$ И $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_4(\text{OH})_2^+$

Известно [1], что для придания бумаге и картону гидрофобных свойств в волокнистую суспензию последовательно дозируют высокосмоляные или нейтральные гидродисперсии модифицированной канифоли (ГМК) и раствор электролита, содержащий различные формы