

Введение Растущие требования к качеству гофрированного картона как упаковочного материала заставляет производителей заниматься вопросом улучшения качества выпускаемой продукции путем совершенствования традиционной технологии производства. На сегодняшний день среди основных способов повышения механической прочности и влагопрочности гофрированного картона и его компонентов можно выделить следующие направления: поверхностная обработка бумажных материалов клеевыми и парафиновыми композициями; ламинирование полимерными пленками; введение химических веществ в состав бумажной массы и адгезива, применяемого для склеивания слоев гофрированного картона [1-3]. В то же время широкое развитие получили исследования, направленные на изучение электретов - диэлектрических материалов, обладающих постоянным электрическим полем [4]. Имеются данные о повышении механических свойств различных материалов при переводе их в электретное состояние [5-6]. Решение проблемы обеспечения стабильно высоких показателей механической прочности и влагопрочности гофрированного картона возможно за счёт внедрения прогрессивных методов в традиционные технологии производства, что представляет значительный научный и практический интерес. Это может привести не только к улучшению качества продукции, но и к приданию традиционному упаковочному материалу принципиально новых свойств. Так, имеются сведения об использовании электретных пленочных материалов в качестве упаковок, продлевающих срок хранения различных пищевых продуктов. Это происходит за счет угнетающего воздействия электрического поля упаковки на микроорганизмы, вызывающих порчу продуктов; влияния на равновесие коллоидных систем, какими являются многие пищевые продукты; создания оптимальной газовой среды внутри упаковки [7-8]. Данная работа направлена на создание и изучение материала на основе гофрированного картона и полимерной пленки с применением электретных технологий и исследования комплекса его свойств.

Экспериментальная часть В качестве объекта исследования в работе был использован картон гофрированный марки Т23 (ГОСТ Р 52901-2007). В качестве покрытия использовалась пленка из полиэтилена высокого давления (ГОСТ 16337-77) толщиной 10 мкм. Поверхностная обработка (ламинирование) образцов осуществлялась в термошкафу при температуре 150оС путем наложения пленки на поверхность целлюлозно-бумажного материала. Охлаждение образцов с поверхностной обработкой полимером проводилась при комнатной температуре. Часть образцов охлаждали в поле отрицательного коронного разряда для перевода их в электретное состояние. Для оценки качества исследуемого целлюлозно-бумажного материала использовались: комплексное изучение механических свойств материалов при приложении статических нагрузок (сопротивление торцевому сжатию (ГОСТ 20683-97), сопротивление продавливанию (ГОСТ 13525.8-86); определение адгезионной

прочности слоев гофрокартона в сухой и влажной среде (сопротивление расслаиванию (ГОСТ 22981-78), водостойкость клеевого соединения (ГОСТ 30758-2001)) осуществлялось согласно методикам испытаний. Краевой угол смачивания определялся методом сидящей капли. Электретную разность потенциалов поверхности измеряли компенсационным методом с помощью вибрирующего электрода по ГОСТ 25209-82. Результаты и их обсуждение

На первом этапе проводимых исследований представлялось целесообразным изучение электретных характеристик комбинированного гофрированного картона. Исследованиями было установлено, что начальное значение электретной разности потенциалов для образцов с поверхностной обработкой полиэтиленом составило 0,5 кВ. Для проверки предположений о роли влияния электретирования на свойства целлюлозно-бумажного материала с поверхностной обработкой полиэтиленом были проведены исследования по изучению комплекса показателей его качества (табл. 1). Таблица 1 - Физико-механические свойства гофрокартона с поверхностной обработкой полиэтиленом до и после электретирования

Наименование показателя	Значения для комбинированного материала	Значения для электретированного комбинированного материала	Изменение показателя при электретировании
Сопротивление торцевому сжатию, кН/м	4,43	4,62	+4 %
Сопротивление продавливанию, кгс/см <sup>2</sup>	8,02	8,39	+5 %
Сопротивление расслаиванию, кН/м	0,33	0,40	+21 %
Водостойкость клеевого соединения, сек	391	400	+2 %

Видно (табл. 1), что факт увеличения механических свойств (сопротивление торцевому сжатию, сопротивление продавливанию) гофрированного картона с полимерным покрытием при переводе материала в электретное состояние экспериментально подтверждается. На жесткость гофрированного картона большое влияние оказывает молекулярная ориентация волокон. Можно предположить, что увеличение жесткости комбинированного материала при электретировании связано с упорядочиванием как молекулярной структуры полимерного покрытия, так и с возможной ориентацией элементов структуры целлюлозно-бумажного материала - сегментов макромолекул целлюлозы, крахмала. Также одним из факторов наблюдаемого эффекта может быть реализация сил электростатических связей между волокнами и другими структурными элементами в картоне [9, 10]. Следующая серия экспериментов была посвящена определению влияния электретирования на прочность адгезионного соединения слоев гофрированного картона. Из табл. 1 видна разница в сопротивлениях расслаиванию гофрокартона с поверхностной обработкой и электретированного комбинированного материала. Влияние электретного состояния на эту адгезионную характеристику гофрированного картона обусловлено усилением двойного электрического слоя, возникающего на границе адгезив - субстрат. Согласно электрической теории адгезии, нарушение адгезионной связи совершается против действия электростатических сил [11]. Наличие двойного

электрического слоя затрудняет разрушение адгезионного контакта при воздействии нагрузок и обуславливает увеличение работы отслаивания. Электрические явления не только сопутствуют отслаиванию пленки, но и служат важнейшим фактором, определяющим сопротивление пленок отрыву даже в том случае, когда он не чисто адгезионного, а смешанного характера. В работе [12] на примере двухслойных пленочных полимерных материалов на основе полиэтилена и сополимер этилена с винилацетатом показана усиливающая роль электростатического состояния в продвижении двойного электрического слоя на границе раздела пленок к металлической подложке. Это может наблюдаться и в исследуемых нами материалах. При электретировании образцов гофрированного картона с поверхностной обработкой полиэтиленом происходит поляризация поверхностных полярных элементов. Ориентация структурных элементов комбинированного материала приводит к тому, что на границе раздела фаз «картон - крахмал» возникает двойной электрический слой. Как следствие, повышается работа, которую необходимо совершить, для отделения лайнера от флютинга, что и наблюдается на практике (табл. 1). Кроме этого, на возрастание водостойкости клеевого соединения влияет снижение гигроскопичности картонно-бумажного материала, что связано с замедлением скорости диффузии молекул воды в объем картона [10]. При изучении гигроскопичности комбинированного гофрокартона важно было установить характер растекания воды по поверхности обработанного материала, который был проанализирован при определении краевого угла смачивания. Анализ полученных данных показал увеличение краевого угла смачивания водой материала при электретировании на  $30$  (с  $65$  до  $68^\circ$ ), что обусловлено образованием энергетического барьера, на преодоление которого расходуется движущая сила растекания [13]. Таким образом, электретиование комбинированного материала «гофрированный картон - полиэтилен» можно рассматривать как способ его упрочнения. При этом значения механических характеристик материала возрастают на 4-5 %, адгезионных - на 21 %, водостойкость - на 2 %. Наблюдаемое связано с ориентацией структурных элементов целлюлозно-бумажного материала и с влиянием электрического поля полученного электрестатического материала на процессы адгезии и смачивания