

УДК 686.1

**И. В. Марченко**, магистр технических наук, старший преподаватель (БГТУ);  
**О. П. Старченко**, кандидат технических наук, старший преподаватель (БГТУ)

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ СКРЕПЛЕНИЯ ЛИСТОВ В КОРЕШКЕ КНИЖНОГО БЛОКА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ PUR-КЛЕЯ

В статье рассматриваются результаты исследований технологического процесса изготовления книжного издания способом клеевого бесшвейного скрепления при использовании PUR-клея в условиях типографии «Поликraft». В результате эксперимента были получены и проанализированы данные зависимости удельной силы вырыва листа из блоков, скрепленных PUR-клеем и термоклеем от толщины блока для различных видов бумаги (мелованной и офсетной).

The article considers results of research of technological process of manufacturing of the bindings of the books with the use of PUR-glue in the conditions of the printing house «Polikraft». As a result of the experiment were obtained and analyzed data specific force removal of sheets of a block, corresponding PUR-glue and glue-melt on the thickness of the block for different kinds of paper (coated and offset).

**Введение.** Клеевое бесшвейное скрепление (КБС) в настоящее время является доминирующим способом при промышленном изготовлении книг и брошюр. Большая эффективность данного способа заключается в том, что клеевое скрепление обладает той же производительностью (блок/кинематический цикл), что и комплектовка блока, а также обрезка. Это дает возможность построения высокопроизводительных поточных линий. Снижение себестоимости продукции, сокращение этапов логистики, агрегатирование с офсетной и цифровой печатью позволяют способу КБС успешно конкурировать с другими способами скрепления.

Сущность способа заключается в полной срезке корешковых фальцев фрезой, дополнительном разрыхлении поверхности корешка (торшонировании) для увеличения площади склейки и однократном или двукратном нанесении клея. При производстве книжно-журнальной продукции используются три типа клея: поливинилацетатная дисперсия (ПВАД), термопластичные (термоклеи) и терморезактивные (полиуретановые) клеи, следовательно, три различные технологии [1].

Появление новых видов клея и совершенствование технологии скрепления позволяет работать практически с любой толщиной блоков, начиная от 2 мм.

**Основная часть.** Объектом исследования в работе является технологический процесс соединения листов в корешке книжного блока способом КБС с фрезерованием корешка и применением PUR-клея в условиях типографии «Поликraft». Предметом исследования являются книжные изделия, скрепленные по корешку PUR-клеем, и методы оптимизации параметров качества данной технологии.

Под оптимизацией параметров качества КБС понимается выделение основных факторов, влияющих на прочность скрепления,

а также определение их оптимальных количественных показателей, полученных в результате экспериментальных исследований.

Способ клеевого бесшвейного скрепления продолжает динамично развиваться, хотя очевидно, что он имеет ряд недостатков:

- зависимость прочностных показателей КБС от вида применяемой бумаги;
- необходимость правильного подбора клея к бумаге;
- строгость соблюдения технологии и режимов обработки полуфабрикатов на всех этапах подготовки поверхности корешка и процесса склеивания;
- недостаточная прочность и плохая раскрываемость книжного блока.

Усовершенствование технологии, повышение стабильности качества изготовления полиграфической продукции способом КБС являются приоритетными и актуальными. Новые возможности бесшвейного скрепления появились благодаря использованию полиуретановых клеев (PUR-клеи).

Исходя из поставленной задачи, в данной работе проведено исследование технологического процесса изготовления книжно-журнальной продукции способом КБС с фрезерованием корешка при использовании PUR-клея.

Существует ряд перспективных направлений, в которых PUR-клей незаменим:

- скрепление тяжелой бумаги, плотностью 200–300 г/м<sup>2</sup>;
- скрепления бумаги с УФ-лакированием, материалов с высоким содержанием наполнителей, бумаги с поперечным расположением волокон, сложных изданий с разными видами бумаги;
- изготовление каталогов с толщиной корешка до 80 мм;
- производство печатной продукции с длительным сроком использования;
- изготовление представительской продукции.

PUR-клей – это реакционный клей для бесшвейного скрепления книжно-журнальной продукции. Он полимеризуется в результате реакции с влагой (из бумаги и воздуха) за счет возникновения внутренних связей полимера. Основной реакционный компонент клея – изоцианат. Пленкообразующий компонент – полиуретан. Клей содержит реактивные форполимеры с концевыми изоцианатными группами, которые обеспечивают химическое отверждение клеевой пленки.

Полиуретановые клеи для клеевого бесшвейного способа скрепления при комнатной температуре находятся в твердом состоянии, при обработке расплавляются, как и остальные виды термоклеев. Принципиальным отличием от традиционных видов термоклеев является то, что после быстрого физического процесса отверждения происходит медленное химическое отверждение пленки [2].

Принцип работы полиуретанового клея заключается в следующем: клей разогревается в специальной установке до рабочей температуры – 130°C, после чего подается в клеевую ванну и валиком наносится на корешок либо наносится на корешок через специальную щелевую форсунку. Температура нанесения клея не должна превышать 120–130°C. Благодаря быстрому физическому отверждению через 1,5–2,5 мин продукт достигает такой твердости, которая позволяет выполнить трехстороннюю обрезку.

При попадании на бумагу клей начинает взаимодействовать с влагой, содержащейся в воздухе, и происходит полимеризация клея. Процесс полимеризации длится порядка 6 ч. За это время клей успевает проникнуть в бумагу и не оставляет пустот между бумагой и клеевой пленкой, тем самым обеспечивая высокую адгезию клея к бумаге [3].

Полная твердость посредством химического отверждения зависит от влажности окружающего воздуха, влажности материала и толщины блока. Она наступает только через два-три дня. Поэтому изменяются сроки контроля качества и отправки готовой продукции.

Для нанесения PUR-клея требуется специальное оборудование, где клей изолирован от контакта с воздухом (закрытые клеевые ванны и подача клея из узкого сопла), иначе произойдет его полимеризация под воздействием влаги, и он затвердеет. Клей поставляется в свечах по 2 кг или по 20 кг в фольгированной герметичной упаковке.

В цилиндрический клеевой бачок машины клей закладывается в упаковке-цилиндре из фольги, только снизу снимается наклейка и остаются открытыми 4 отверстия. Таким образом, в течение всего технологического процесса

клей находится в герметичной упаковке и не имеет контакта с воздухом. По мере выработки клея фольга постепенно сжимается под поршнем и, когда клей заканчивается, выбрасывается из бачка, и закладывается новая упаковка.

В термоклеевой машине Horizon типографии «Поликraft» применяется технология замены термоклеевой ванны на бункер подачи полиуретанового однокомпонентного клея. В этой модификации применяется система щелевых головок. Боковая промазка – также бесконтактна, с применением клеевых форсунок, наносящих термоклей с большим открытым временем.

Довершает список специальных устройств, присущих только полиуретановым машинам, система «мягкого» выклада готовой брошюры на приемный стапель. Такой выклад препятствует повреждению корешка и сохраняет товарный вид брошюры.

Контроль качества продукции, скрепленной клеевым бесшвейным способом, как в нашей стране, так и в европейских государствах производится по усилию вырыва листа из книжного блока. Эти испытания дают возможность даже на различных устройствах получать достоверные данные о качестве скрепления в отношении его прочности.

Признаками качества скрепления КБС книжных изделий являются:

- прочность скрепления;
- легкость раскрываемости книги/брошюры;
- плотность, сомкнутость, компактность книжного блока;
- невидимость клея;
- стабильность формы книги при пользовании ею.

Как способ скрепления, так и свойства подлежащих обработке и применяемых материалов (бумага, клей), а также внешние признаки продукта (формат, толщина блока) оказывают влияние на качество клеевого скрепления.

Используемый чаще всего метод оценки прочности блока – тест на натяжение. Это испытание при использовании соответствующего прибора отнимает немного времени и обеспечивает хорошую оценку прочности книг и брошюр при пользовании ими [4].

Для оценки прочности КБС следует определить удельное усилие вырыва одного листа из готовой книги. Прочность книг определяют не ранее чем через 3 ч после их изготовления.

В представленной работе для определения прочности скрепления из тиража отбирались по пять экземпляров книг, основные характеристики которых представлены в табл. 1. Из каждого образца вырывались по три листа: 15-й от начала, средний и 15-й от конца.

Таблица 1

## Характеристики испытываемых образцов книжных изданий

Наименование	Формат издания, см	Клей при КБС	Объем, с.	Бумага для блока	Толщина бумаги блока, мм	Бумага обложечная, г/м <sup>2</sup>
Образец № 1	70×100/16	PUR-клей	290	Офсетная, 65 г/м <sup>2</sup>	0,09	240
Образец № 2	60×90/8	PUR-клей	176	Мелованная, 90 г/м <sup>2</sup>	0,07	240
Образец № 3	70×108/24	Термоклей	96	Офсетная, 70 г/м <sup>2</sup>	0,08	250
Образец № 4	80×100/16	Термоклей	382	Мелованная, 100 г/м <sup>2</sup>	0,07	250

Испытания проводились на разрывной машине 2161 Р-5, развивающей усилие не менее 1 кН, с ценой деления шкалы не более 0,002 кН. Силоизмеритель – рычажно-маятниковый со сменными грузами и демпфированием в момент разрыва. Принцип работы разрывной машины 2161 Р-5 основан на растяжении образца, закрепленного в подвижном и неподвижном захватах. Машина снабжена специальными зажимами с длиной зажимных губок по 230 мм [5].

Прочностью книжно-журнальных изданий принято считать способность материалов и конструкции противостоять растягивающей силе, перпендикулярной к линии корешка. Мерой прочности является удельная сила  $F$  (Н/см) – отношение разрушающей силы к высоте книжного блока. Прочность на вырыв, или «пултест», применяется для определения прочности на вырыв листов и тетрадей из блока и блока из переплетной крышки [1].

Для оценки прочности КБС следует определить удельное усилие вырыва одного листа из готовой книги. Тест на натяжение состоит в том, что отдельный лист нагружается по всей его длине перпендикулярно корешку блока с определенной силой. Сила увеличивается равномерно до тех пор, пока лист не разорвется. Прочность КБС оценивается по удельной силе вырыва  $F$  и вычисляется по формуле

$$F = F_i / L, \quad (1)$$

где  $F_i$  – значение силы вырыва  $i$ -го листа, Н;  $L$  – высота блока, см.

Прочность клеевого бесшвейного скрепления единичного листа в блоке определяется средним арифметическим значением из полу-

ченных 15 результатов замеров по пяти отобранным для испытания блокам.

Для более полного сравнительного анализа прочности были взяты данные исследований из статьи [6] для книг, скрепленных клеевым бесшвейным способом термоклеем с характеристиками, представленными в табл. 2.

Результаты испытаний выбранных образцов изданий, скрепленных термо- и PUR-клеем, на прочность приведены в табл. 3. В ней представлены средние значения удельной силы вырыва листов из блока для образцов различной толщины.

Также результаты исследований можно представить в виде диаграммы зависимости удельной силы вырыва листа от толщины блока  $T_6$  (см. рисунок) для различных видов бумаги (мелованной и офсетной).

Анализ полученных данных показывает, что прочность книжных блоков на вырыв листа, скрепленных PUR-клеем, в несколько раз превышает показатели прочности блоков, скрепленных термоклеем.

А именно, при использовании офсетной бумаги прочность книжного блока на вырыв листа, скрепленных PUR-клеем, что соответствует образцу № 1:

– в 1,8 раз больше прочности образца № 3 (при этом толщина блока в 3,4 раза больше),

– в 2,3 раза прочнее образца № 5 (при этом толщина блока в 1,3 раза больше);

– в 2,8 раз больше прочности образца № 6 (при этом толщина блока в 1,2 раза меньше).

Образец № 2, изготовленный из мелованной бумаги и скрепленный PUR-клеем, в 2,2 раза прочнее аналогичного образца № 4 из мелованной бумаги, скрепленного термоклеем.

Таблица 2

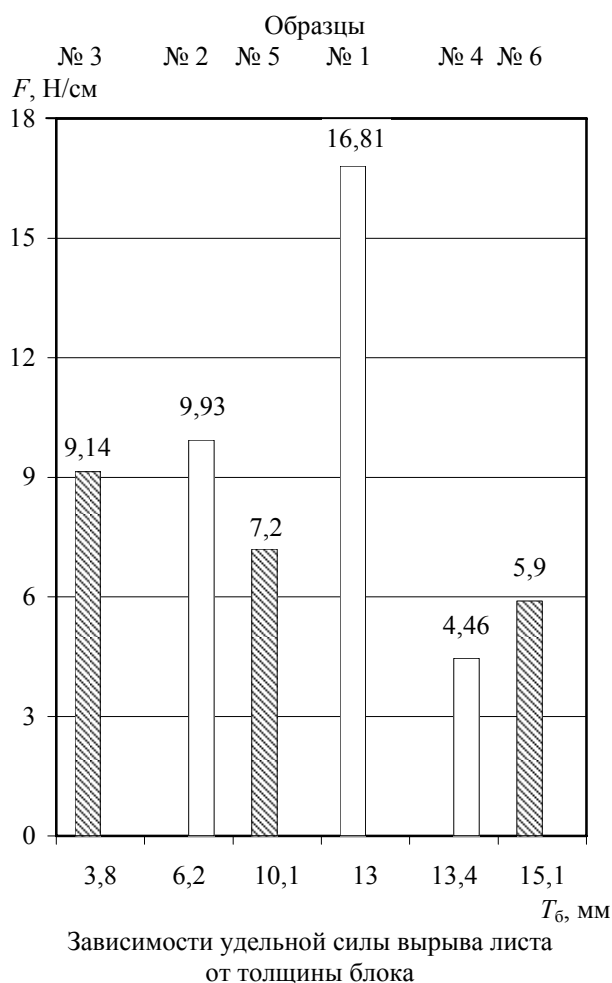
## Характеристики испытываемых образцов книжных изданий

Наименование	Формат издания	Клей при КБС	Объем, с.	Бумага для блока	Толщина бумаги блока, мм	Бумага обложечная, г/м <sup>2</sup>
Образец № 5	70×108/32	Термоклей	224	Офсетная, 60 г/м <sup>2</sup>	0,09	230
Образец № 6	84×108/16	Термоклей	336	Офсетная, 60 г/м <sup>2</sup>	0,07	250

Таблица 3

## Средние значения удельной силы вырыва листов из блока

Исследуемые книги	Клей при КБС	Формат издания, см	Толщина блока $T_b$ , мм	Длина корешка $L$ , см	Среднее значение силы вырыва $F$ , Н/см
Образец № 1	PUR-клей	70×100/16	13,0	24,0	16,81
Образец № 2	PUR-клей	60×90/8	6,2	29,5	9,93
Образец № 3	Термоклей	70×108/24	3,8	16,5	9,14
Образец № 4	Термоклей	80×100/16	13,4	21,5	4,46
Образец № 5	Термоклей	70×108/32	10,1	17,5	7,20
Образец № 6	Термоклей	84×108/16	15,1	27,0	5,90



Как видно из табл. 1–3, образцу № 1 из офсетной бумаги, скрепленному PUR-клеем, по техническим характеристикам больше всех соответствует образец № 6, так как из всех исследованных изделий он имеет самые близкие значения по длине и толщине корешка блока. При этом прочность изделия, скрепленного термоклеем, в 2,8 раза ниже прочности блока, скрепленного PUR-клеем.

**Вывод.** В ходе исследований был рассмотрен технологический процесс изготовления книжного издания способом клеевого бесшвейного скрепления при использовании PUR-клея в условиях типографии «Поликрафт». Были проведены испытания для оценки качества данного способа

скрепления книжных изданий, изготовленных из разного вида бумаги (офсетной и мелованной).

В ходе испытаний исследуемых образцов с помощью теста на натяжение было установлено, что наибольшую прочность скрепления имеют образцы № 1 и № 2, скрепленные PUR-клеем, образец № 4 имеет плохую (неудовлетворительную) прочность скрепления по нормативным показателям; образец № 6 имеет достаточную (удовлетворительную) прочность скрепления, а хорошую – образцы № 3 и № 5.

Можно отметить, что полученные значения удельной силы вырыва листа из блока в среднем превышают этот же показатель для блоков, скрепленных PUR-клеем, в 2–2,3 раза по сравнению с блоками, скрепленными термоклеем.

Книжные изделия, скрепленные КБС при использовании для блоков офсетной и мелованной бумаги, являются самым распространенным видом полиграфической продукции на белорусском рынке.

Прогноз прочности скрепления имеет при клеевом соединении особое значение, так как возможность недостаточной прочности всего блока не исключена. Испытания могут проводиться только после выполнения всего заказа. При этом изделия при испытании разрушаются. Общепринятый прогноз невозможен в связи с множеством факторов влияния. Поэтому для каждой машины должны быть выполнены отдельные испытания, и из данных этих испытаний сделаны выводы и подобраны методы усовершенствования технологии.

Создание новых видов печатной бумаги направлено на увеличение содержания наполнителя и использование мелованных сортов для улучшения качества печати при экономном использовании первичных волокон и снижении себестоимости производства. Однако при применении новых видов бумаги заметно уменьшается прогнозируемость прочности скрепления.

Решением проблемы является предварительное изготовление тестовых блоков из бумаги для заказа. Но это часто невозможно по причине дефицита времени. Целесообразной была бы разработка простого, быстро применимого и

дешевого тестового способа, который позволил бы переплетчику непосредственно перед клеевым скреплением оценить, исходя из свойств бумаги, прочность ее скрепления в блоке [4].

Совершенно очевидно, что клеевое скрепление за последние десятилетия превратилось из второстепенной в ведущую технологию изготовления издательской продукции и ее развитие успешно продолжается.

В Республике Беларусь технология изготовления книжно-журнальной продукции способом клеевого бесшвейного скрепления с фрезерованием корешка при использовании PUR-клея внедряется медленно, сказывается недостаток опыта у типографий и поставщиков оборудования. Однако преимущества данной технологии видны из оценки прочностных характеристик книжно-журнальных изделий, изготовленных при использовании самых «проблемных» для этого способа видов бумаги.

#### Литература

1. Воробьев, Д. В. Технология послепечатных процессов / Д. В. Воробьев. – М.: МГУП, 2000. – 394 с.

2. Либау, Д. Промышленное брошюровочно-переплетное производство / Д. Либау, И. Хайнце; пер. с нем. – М.: МГУП, 2007. – Ч. 1. – 422 с.

3. Декола Д. П. Применение в технологии клеевого бесшвейного скрепления полиуретанового клея / студент Д. П. Декола, науч. руковод. И. В. Марченко / Сборник научных работ: материалы 62-ой СНТК, Минск, 18–23 апр. 2011 г. / Белорус. Гос. технол. ун-т; редкол.: М. И. Кулак [и др.]. – Минск: БГТУ, 2011. – Ч. 3. – С. 26–29.

4. Киппхан, Г. Энциклопедия по печатным средствам информации. Технологии и способы производства / Г. Киппхан; пер. с нем. – М.: МГУП, 2003. – 1280 с.

5. Брошюровочно-переплетные процессы. Технологические инструкции / Н. А. Чернышова. – М.: Книга, 1982. – 440 с.

6. Авраменко, В. П. Исследование качества клеевого бесшвейного скрепления / В. П. Авраменко, Э. Э. Галева // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2011. – № 6/4 (54). – С. 86–90.

*Поступила 29.05.2013*