

ТЕХНОЛОГИИ И МАШИНЫ ЛЕСНОГО ДЕЛА

УДК 674.812-419

ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ АРМИРОВАННОЙ КОМПОЗИЦИОННОЙ ФАНЕРЫ

С. А. Угрюмов, А. В. Шеин

Костромской государственной технологической университет,
Российская Федерация, 156005, Кострома, ул. Дзержинского, 17
E-mail: ugr-s@yandex.ru

Изучены прочностные характеристики композиционной фанеры на основе шпона и древесно-клеевой композиции с армированием поверхностных слоёв стеклотканью. Оценен характер разрушения армированной фанеры при изгибе и перпендикулярном отрыве, оценена адгезионная прочность по границам армированных слоёв.

Ключевые слова: фанера; лущёный шпон; армирование; стеклоткань; древесно-клеевая композиция; прочность; структура пакета.

Введение. В настоящее время в целях обеспечения конкурентоспособности выпускаемой продукции перед предприятиями по производству фанеры остро стоит проблема снижения материалоемкости производства. В мировой практике функционирования фанерных предприятий при наличии операции окорки сырья образующиеся отходы перерабатываются в щепу и стружку и направляются в производство древесно-стружечных плит. При отсутствии операции окорки отходы сжигаются в топках котельных. Данные направления переработки образующихся отходов не являются достаточно эффективными, так как не влияют на показатель расхода фанерного сырья на изготовление единицы продукции.

В фанерном производстве неизбежно образуются отходы: отбракованные низкосортные круглые лесоматериалы и вырезки дефектных мест при раскросе сырья на чураки, отходы от лущения (шпон-ванина, обрезки кускового шпона), отхо-

ды от форматной обрезки готовой продукции и др. Одним из направлений эффективного использования древесных отходов фанерного производства является выпуск композиционной фанеры с наружными слоями из взаимно перпендикулярных слоёв лущёного шпона и внутренним слоем на основе измельчённых древесных отходов в смеси с клеем [1]. Вовлечение измельчённых отходов в производство композиционной фанеры позволит эффективно их утилизировать и улучшить экономические показатели работы фанерного производства – снизить расход сырья и себестоимость единицы продукции.

Композиционная фанера обладает высокими эксплуатационными характеристиками. Её основные свойства в зависимости от схем сборки освещены в работах [2, 3]. Прочностные показатели композиционной фанеры уступают показателям фанеры общего назначения, что объясняется наличием «слабого» внутреннего слоя из древесно-клеевой композиции.

Одним из основных видов нагружения фанеры при её эксплуатации является изгиб [4]. При воздействии изгибающей нагрузки слои в фанере (слои шпона, слой древесно-клеевой композиции) деформируются как однородный монолитный материал с одним общим нейтральным слоем (нейтральной линией), так как они соединены между собой адгезионными связями синтетического связующего.

Известно, что изгибающий момент, возникающий при изгибе, вызывает в поперечном сечении материала нормальные напряжения растяжения и сжатия вдоль волокон, а перерезывающая сила – касательные напряжения сдвига на скалывание вдоль волокон. Первые достигают максимальных значений в наружных слоях, наиболее удалённых от нейтральной плоскости, а вторые – в нейтральной зоне, которая теоретически располагается по середине высоты сечения [5, 6].

В целях упрочнения материала при формировании пакета композиционной фанеры листы шпона необходимо использовать как армирующие слои и располагать на поверхности композиционного материала для предотвращения разрушения от касательных напряжений, поскольку шпон обладает большей прочностью при изгибе по сравнению со слоями из древесно-клеевой композиции. Целесообразно также использовать в наружных слоях армирующие прослойки, например из стеклоткани. Армирующие слои обеспечивают особую структуру материалу, передачу напряжений, а также стойкость к различным внешним воздействиям [7].

Представляет практический интерес оценка прочностных характеристик композиционной фанеры с введением в её структуру армирующих прослоек из стеклоткани.

Цель работы – оценка прочностных характеристик композиционной фанеры на основе шпона, армированного стеклотканью и внутренним заполнением на основе древесно-клеевой композиции в зависимости от схем сборки.

Решаемые задачи: оценка предела прочности при изгибе, предела прочности при растяжении перпендикулярно к пласти, адгезионной прочности на границе соприкосновения с армирующей прослойкой композиционной фанеры с различными схемами сборки, рекомендация рациональной схемы сборки пакета фанеры.

Методика проведения экспериментальных исследований. Образцы композиционной фанеры форматом 400×400 мм были изготовлены по различным схемам сборки в лабораторном гидравлическом прессе П100-400. При проведении опытных запрессовок применялся клей на основе фенолформальдегидной смолы СФЖ-3014, в наружных и промежуточных слоях использовался берёзовый лущёный шпон номинальной толщиной 1,5 мм, в качестве армирующего слоя – стеклоткань полотняного переплетения, для внутреннего заполнения использовалась берёзовая специальная резаная стружка фракции 10/5. Внешний вид пакета до запрессовки представлен на рис. 1.



Рис. 1. Часть пакета композиционной фанеры до запрессовки: 1 – слой древесно-клеевой композиции; 2 – стеклоткань, 3 – шпон с нанесённым клеем

Формирование и горячее прессование образцов проводилось при следующих постоянных факторах:

- номинальная толщина фанеры 12 мм;
- температура прессования 130°С;
- удельное давление прессования 2 МПа;
- время выдержки под давлением 6 мин (0,5 мин/1 мм);
- расход связующего во внутреннем слое 12 % от массы абсолютно сухого наполнителя;

- расход связующего при контактном нанесении на поверхность шпона – 110 г/м^2 ;
 - заданная плотность внутреннего слоя 700 кг/м^3 .

Образцы композиционной фанеры изготавливались по схемам, представленным на рис. 2.

Готовые образцы композиционной фанеры кондиционировались в течение 1 суток, после чего раскраивались на соответствующие образцы для проведения испытаний.

Предел прочности при изгибе опреде-

лялся по ГОСТ 9625–87, предел прочности при отрыве перпендикулярно к пласти по ГОСТ 10636-90. Адгезионная прочность по границам контакта со стеклотканью определялась по методике оценки величины адгезионной прочности при отрыве листов шпона по ГОСТ 27325–87, применимой к композиционной фанере [3], с отрывом части наружного листа шпона.

Результаты проведения экспериментов. Сводные результаты оценки прочностных характеристик композиционной фанеры представлены в таблице.

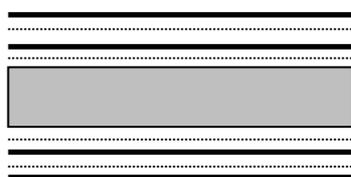


Схема № 1

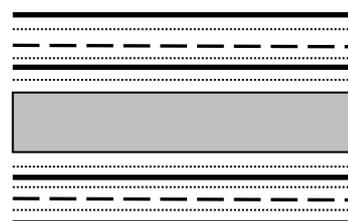


Схема № 2



Схема № 3

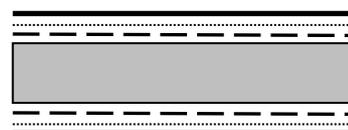


Схема № 4

Рис. 2. Схемы сборки пакетов композиционной фанеры:

— слои шпона; клеевая прослойка;
 ■ древесно-клеевая композиция; — — стеклоткань

Прочностные свойства композиционной фанеры

Номер схемы сборки	Предел прочности при изгибе, МПа	Предел прочности при растяжении перпендикулярно к пласти, МПа	Предел прочности при адгезионном отрыве, МПа
1	88,5	0,60	1,62 (по границам смежных листов шпона)
2	98,2	0,62	2,22 (по границе наружного листа шпона и стеклоткани)
3	79,7	0,58	1,36 (по границе наружного листа шпона и древесно-клеевой композиции)
4	87,8	0,58	2,11 (по границе наружного листа шпона и стеклоткани)

На рис. 3 представлен характерный вид разрушения образцов при изгибе.



Рис. 3. Характер разрушения образцов при изгибе

В схеме № 1 (с двумя взаимно перпендикулярными листами шпона в наружных слоях, без армирующих слоёв) происходит комплексное разрушение образцов от нормальных напряжений и межслойного сдвига, вызванного касательными напряжениями. В схеме № 3 (с одним листом шпона в наружных слоях, без армирующих слоёв) происходит разрушение образцов от доминирующих касательных напряжений. В схеме № 2 (с двумя взаимно перпендикулярными листами шпона в наружных слоях, с армирующими слоями) и в схеме № 4 (с одним листом шпона в наружных слоях, с армирующими слоями) происходит разрушение образцов, вызванное доминирующими нормальными напряжениями, при этом разрушения от касательных напряжений по границам слоёв шпона, армирующей прослойки и древесно-клеевой композиции не наблюдается. Таким образом, наличие ар-

мирующего слоя приводит к значительному упрочнению материала.

Разрушение при отрыве перпендикулярно к пласти происходит в основном по древесно-клеевому слою или по граничным слоям армирующей прослойки и древесно-клеевой композиции со значительным вырывом древесных частиц (рис. 4).

При адгезионном отрыве наружного слоя шпона наблюдается когезионный характер разрушения с захватом шпона или древесно-клеевой композиции (рис. 5), что свидетельствует о высокой прочности связывания армирующего слоя с листами шпона и древесно-клеевой композицией.

Полученные данные показывают, что при отрыве листов шпона в основном наблюдается когезионный по древесно-клеевой композиции или смешанный характер разрушения, что свидетельствует о высокой прочности межфазного соединения.



Рис. 4. Характер разрушения образцов при отрыве перпендикулярно к пласти

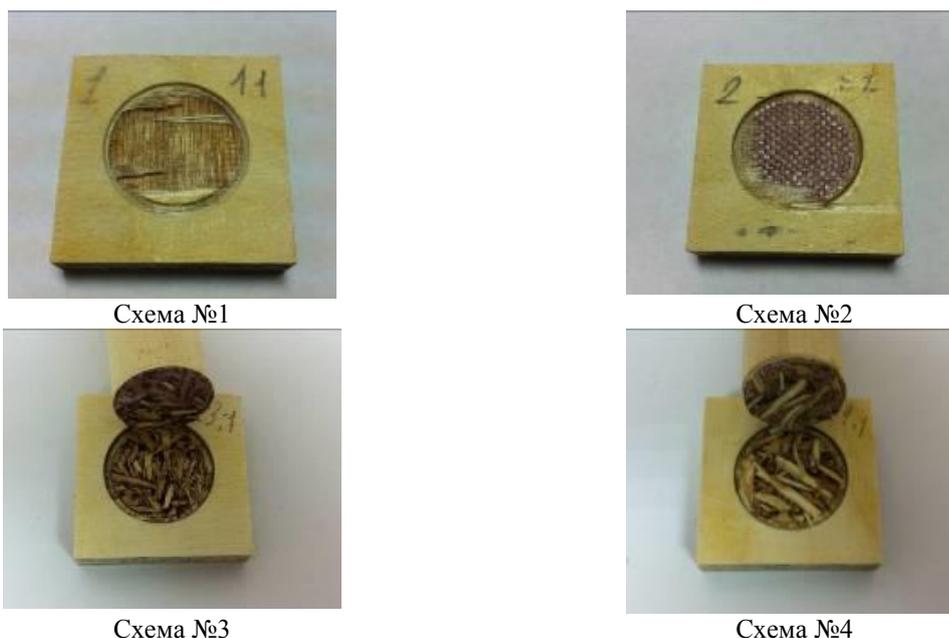


Рис. 5. Характер разрушения образцов при оценке адгезионной прочности по границам слоёв

Интерпретация результатов эксперимента. При действии изгибающего усилия на композиционную фанеру, армированную стеклотканью, происходит разрушение, вызванное доминирующими нормальными напряжениями, поверхностные слои при этом не разрушаются. При адгезионном отрыве поверхностных слоёв шпона по границе с армирующей прослойкой в основном наблюдается когезионное разрушение по древесно-клеевой композиции, что свидетельствует о высокой прочности на границах фаз. Таким образом, наличие армирующего слоя приводит к значительному упрочнению материала.

Максимальные прочностные характеристики имеет композиционная фанера со схемой сборки № 2, так как в её струк-

туре повышенное удельное содержание шпона и повышенное количество клеевых прослоек в поверхностных слоях. Композиционную фанеру, изготовленную по данной схеме, рекомендуется использовать в ответственных конструкциях. С точки зрения организации технологического процесса простотой формирования пакета обладает схема сборки № 4.

Выводы. Высокие прочностные показатели, высокое межфазное взаимодействие на границе раздела слоёв шпона, армирующей прослойки и древесно-клеевой композиции свидетельствуют о надёжности и достаточной несущей способности армированной композиционной фанеры, которая эффективно может использоваться в качестве конструкционного материала в различных сферах.

Список литературы

1. Угрюмов, С.А. Обоснование экономической эффективности производства композиционной фанеры / С.А. Угрюмов, А.С. Свешников // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Экономика и управление. – 2012. – № 2(16). – С. 38-45.
2. Угрюмов, С.А. Исследование свойств композиционной фанеры с внутренним слоем из древесной стружки / С.А. Угрюмов // Вестник КГТУ. – 2005. – № 11. – С. 110-111.
3. Угрюмов, С.А. Оценка адгезионной прочности и межфазного взаимодействия в структуре фанеры с внутренними слоями из древесно-клеевой композиции // С.А. Угрюмов, А.С. Свешников // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2014. – № 1 (21). – С. 53-61.
4. Сопротивление материалов / Н.А. Костенко, С.В. Балясникова, Ю.Э. Волошановская и др.;

под. ред. Н.А. Костенко. – М.: Высшая школа, 2000. – 430 с.

5. Справочник по сопротивлению материалов / Г.С. Писаренко, А.П. Яковлев, В.В. Матвеев; отв. ред. Г.С. Писаренко. – 2-е изд., перераб. и доп. – Киев: Наукова думка, 1988. – 736 с.

6. Феодосьев, В.И. Сопротивление материалов / В.И. Феодосьев. – 9-е изд., перераб. – М.: Наука, 1986. – 512 с.

7. Батаев, А.А. Композиционные материалы: строение, получение, применение / А.А. Батаев, В.А. Батаев. – М.: Логос, 2006. – 398 с.

Статья поступила в редакцию 29.09.14.

Ссылка на статью: Угрюмов С.А., Шейн А.В. Оценка прочности армированной композиционной фанеры // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2014. – № 4 (24). – С. 48-54.

Информация об авторах

УГРЮМОВ Сергей Алексеевич – доктор технических наук, профессор кафедры лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств, Костромской государственной технологической университет. Область научных интересов – техника и технологии производства синтетических олигомеров, клеёных древесных материалов. Автор 200 публикаций.

ШЕИН Андрей Вячеславович – студент, Костромской государственной технологической университет. Область научных интересов – производство древесных композиционных материалов. E-mail: mtd@kstu.edu.ru

ASSESSMENT OF THE REINFORCED COMPOSITE PLYWOOD STRENGTH

S. A. Ugryumov, A. V. Shein

Kostroma State University of Technology,
17, Dzerzhinskogo St., Kostroma, 156005, Russian Federation
E-mail: ugr-s@yandex.ru

Key words: *plywood; rotary cut veneer; reinforcement; fiberglass; wood adhesive composition; strength; circuit structure*

ABSTRACT

Introduction. Composite plywood is of good performance characteristics. However, its strength characteristics are inferior to plywood for general purposes, because of weak internal layer of wood-adhesive composition. In order to harden the material, a reinforcement layer (fiberglass, for instance) should be used in the outer layers. An assessment of the strength characteristics of composite plywood with the introduction in its structure of reinforcing layers of fiberglass is of practical interest. **The purpose of the work:** evaluation of strength characteristics of composite plywood on the basis of veneer, reinforced with fiberglass, and an inner filling on the basis of wood-adhesive composition depending on the schemes of the assembly. **Methodology for experiments conducting.** The samples of reinforced composite plywood were manufactured in laboratory conditions. The tensile strength in bending was determined according to GOST 9625-87, tensile strength at separation perpendicular to the layer was determined according to GOST 10636-90. The adhesion strength at the boundary of contact with the glass was determined by the method of estimation of the adhesion strength at the margin of the veneer sheets according to GOST 27325-87 with a margin of the outer side of the veneer sheet. **Experiment results.** Under the action of bending efforts on composite plywood without reinforcing layers, a complex destruction from the normal stress and interlaminar shear, induced by shear stresses, takes place. In reinforced plywood the destruction of the samples, caused by a dominant normal stresses, takes place but the effects of shear stresses on the boundary layers of veneer, a reinforcing layer and a wood-adhesive composition are not observed. Destruction at separation perpendicular to the layer occurs mainly on wood-adhesive layer or at the boundary layers of the reinforcement layer and the wood-adhesive compositions with significant digs wood particles. When the adhesive margin of the outer layer of veneer, cohesive nature of destruction with the capture of veneer or wood-adhesive composition, which indicates the high strength of bonding a reinforcing layer of veneer sheets and wood-adhesive composition, is observed. **Interpretation of the experiment results.** Under the action of bending efforts on composite plywood, reinforced fiberglass, destruction caused by the dominant normal stresses (surface layers are not destroyed) takes place. When the adhesive margin of the surface layers of veneer on the border with a reinforcing layer, cohesive destruction of the wood-adhesive compositions, indicating a high strength at the boundaries of the phases, is mainly observed. Thus, the presence of the reinforcing layer leads to a significant strengthening of the material. **Conclusion.** High strength characteristics, high interfacial interaction at the interface between the veneer layers, the reinforcement layer and the wood-adhesive compositions testify to the reliability and sufficient bearing capacity of the reinforced composite plywood, which can be effectively used as a structural material in various fields.

REFERENCES

1. Ugryumov S. A., Sveshnikov A.S. Obosnovanie ekonomicheskoy effektivnosti proizvodstva kompozitsionnoy fanery [Substantiation of Economic Efficiency of Composite Plywood Production]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser. Ekonomika i upravlenie* [Vestnik of Volga State University of Technology. Series: Economics and Management]. Yoshkar-Ola: VSUT, 2012. № 2 (16). Pp. 38-45.
2. Ugryumov S. A. Issledovanie svoystv kompozitsionnoy fanery s vnutrennim sloem iz drevesnoy struzhki [Investigation of the Properties of Composite Plywood with an Inner Layer of Wood Chips]. *Vestnik KGTU* [Vestnik of KSTU]. Kostroma: KSTU, 2005. No. 11. Pp. 110-111.
3. Ugryumov S. A., Sveshnikov A.S. Otsenka adgezionnoy prochnosti i mezhfaznogo vzaimodeystviya v structure fanery s vnutrennimi sloyami iz drevesno-kleevoy kompozitsii [Evaluation of the Adhesion Strength and Interfacial Interactions in the Structure of Plywood with Inner Layers of the Wood-Adhesive Compositions]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser. Les. Ecologiya. Prirodopolzovanie*. [Vestnik of Volga State University of Technology. Series: Forest. Ecology. Nature Management]. 2014. № 1 (21). Pp. 53-61.
4. Kostenko N.A., Balyasnikova S.V., Voloshanovskaya Yu. E., et al. *Soprotivlenie materialov: pod redaktsiyey N.A. Kostenko* [Strength of Materials: under the editorship of N.A. Kostenko]. Moscow: Vysshaya shkola, 2000. 430 p.
5. Pisarenko G. S., Yakovlev A. P., Matveev V.V. *Spravochnik po soprotivleniyu materialov: otvetstvennyy redaktor G. S. Pisarenko; 2-e izd., pererab.i dop.*[Reference Book on Resistance of Materials: editor-in-chief G. S. Pisarenko; 2d edition, revised and enlarged]. Kiev: Naukova Dumka, 1988. 736 p.
6. Feodosev V.I. *Soprotivlenie materialov: 9-e izdanie, pererab.* [Strength of Materials: 9th edition, revised]. Moscow: Nauka, 1986. 512 p.
7. Bataev A. A., Bataev V.A. *Kompozitsionnye materialy: stroenie, poluchenie, primeneniye* [Composite Materials: Structure, Synthesis, Application]. Moscow: Logos, 2006. 398 p.

The article was received 29.09.14.

Citation for an article: Ugryumov S.A., Shein A.V. Assessment of the reinforced composite plywood strength. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management.* 2014. No 4 (24). Pp. 48-54.

Information about the authors

UGRYUMOV Sergey Alexeyevich – Doctor of Engineering Sciences, Professor at the Chair of Timber Cutting and Wood Processing Industries, Kostroma State University of Technology. Research interests – techniques and technologies of production of synthetic oligomers, bounded wood products. The author of 200 publications.

SHEIN Andrey Vyacheslavovich – student, Kostroma State University of Technology. Research interests – production of wood composition material. E-mail: mtd@kstu.edu.ru