

ziatdinova2804@gmail.com; **Arslanova G.R.** - Assistant of the Department of Processing of wood materials, KNRTU, e-mail: 94arslanovagulshat@mail.ru; **Safina A.V.** – PhD in Engineering sciences, Associate Professor of the Department of Architecture and Design of Wood Products KNRTU, e-mail: alb_saf@mail.ru; **Valeev K.V.** – postgraduate student of the Department of Processing of wood materials, KNRTU, e-mail: kirval116@mail.ru.

УДК 674.07

ИССЛЕДОВАНИЕ АДГЕЗИОННОЙ ПРОЧНОСТИ ОБЛИЦОВАННЫХ ПРОФИЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗНЫХ КЛЕЕВЫХ СИСТЕМ

И.В. Яцун, Э.С. Масагутов, А.Л. Мамаев, М.В. Газеев

Профильные погонажные детали широко применяются в строительстве, в производстве окон, дверей и мебели. Существующие технологии формирования защитно-декоративных покрытий (ЗДП) таких деталей облицовыванием, отличаются друг от друга применяемым оборудованием, конструктивной особенностью их клеенаносящих узлов, способу подачи клея, а также применяемым клеевым материалам.

На отечественном рынке широко представлено оборудование реализующее технологию ракельного нанесения этиленвинилацетатных клеев. В связи с введенными в 2022 г санкциями поставка этих клеевых материалов на территорию России приостановлена. Производители вынуждены в сжатые сроки искать альтернативную замену импортным материалам. С этой целью в условиях ООО «Атомстройкомплекс-Технология» г. Екатеринбург были изготовлены опытные образцы погонажных деталей, облицованных пленочными материалами с применением различных клеевых систем и проведены исследования по определению адгезионных свойств, полученных ЗДП. Испытания адгезионной прочности ЗДП показали, что ЭВА клеевые системы можно ограниченно заменить клеями на основе ПВА.

Ключевые слова: адгезионная прочность облицованных погонажных деталей, облицованные профильные погонажные детали, технологии облицовывания погонажных деталей, определение адгезии облицованных профильных погонажных деталей методом решетчатых надрезов.

Введение

Потребность в длинномерных профильных погонажных деталях с качественными ЗДП на основе синтетических облицовочных материалов в настоящее время весьма высока, поскольку они технологичны и широко применяются в строительстве (плинтус, наличник, облицовка для стен), в производстве окон (облицованный профиль), дверных блоков и в изготовлении деталей мебели (карнизы, наличники, цоколи, рамки дверных фасадов, детали каркаса и т. п.).

В качестве основы для изготовления профильных деталей, как правило, используются древесноволокнистые плиты сухого способа производства средней плотности. Отделка поверхности осуществляется разнообразными синтетическими облицовочными материалами, позволяющими имитировать ценные породы древесины, бетон, камень, металлы и др. С этой целью производители облицовочных материалов постоянно разрабатывают новые технологии текстурирования, расширяют ассортимент декоров, благодаря чему появляются такие фантастические эффекты, что порой трудно отличить искусственный материал от натурального. В связи с этим применение профильных погонажных деталей на мебельных и деревообрабатывающих предприятиях набирают обороты, и в дальнейшем будет расти [1].

В настоящее время существует несколько технологий облицовывания погонажных деталей синтетическими облицовочными материалами. Отличаются они друг от друга способами подачи клея, клеенаносящих узлов и применяемым типом клеевого материала [2]. Сами же линии с прижимными валиками, дискретно, прикатывающими каждый свой участок профиля во всех технологиях одинаковые [3-6].

Технология дюзового нанесения с использованием полиуретанового (ПУР) клея-расплава. Клей разогревается в плавителе до температуры 120-140 °С, переходит в вязко-текучее состояние и подается через шланг на дюзу. Для компенсации воздействия высокой температуры на облицовочный материал, скорость прохождения его через дюзу должна быть высокой, что позволит избежать деформирования облицовочного материала. Но для облицовывания сложных профилей применение высокой скорости недопустимо.

К преимуществам данной технологии можно отнести то, что ПУР-клей дает высокую влагостойкость и прочность клеевого шва и минимальный расход клея (40 – 60 г/м²). Недостатки – дороговизна применяемого оборудования и клеевого материала, а также трудоемкость ухода за оборудованием.

Технология ракельного нанесения с использованием двухкомпонентного полиэфирного клея (ПЭ) или полиуретанового (ПУ) жидкого клея. Клеенаносящим узлом в этом случае является ванна со щелью (ракель), через которую клей самотеком попадает на облицовочный материал и наносится на него тонким равномерным слоем (расход клея составляет от 100 до 120 г/м²). Облицовочный материал с нанесенным клеем проходит через сушильный туннель, где, нагреваясь примерно до 50 °С и за счет испарения растворителя, клеевой слой высушивается. Затем облицовочный материал с высохшим клеем подается на линию, где осуществляется прикатывание облицовочного материала к заготовке.

Преимущество этой технологии заключается в том, что облицовочный материал практически не нагревается, следовательно, не деформируется. В данном случае, возможно применять облицовочные материалы различной толщины, как на низких (3-6 м/мин), так и на средних (10-12 м/мин) скоростях подачи линии. К преимуществам данного способа относится невысокая стоимость применяемого оборудования и простота ухода за ним. Недостатком является то, что применяемый клей на основе растворителей имеет резкий запах, поэтому в помещении, где происходит процесс облицовывания необходимо применение вентиляции. Также применяемые двухкомпонентные клеи имеют ограниченную жизнеспособность, которая в среднем составляет порядка 8 часов.

Технология ракельного нанесения с использованием этиленвинилацетатного (ЭВА) клея. Как и в рассмотренной выше технологии - клеенаносящий узел - ракель. Используется ЭВА клей – это однокомпонентный жидкий клеевой материал на водной основе белого цвета с высоким сухим остатком 70% не требующий приготовления. Клей непосредственно заливается в ракель и самотеком тонким слоем наносится на облицовочный материал (расход составляет около 80 - 100 г/м²). Облицовочный материал с нанесенным клеем подается на линию окутывания под прижимные ролики. В процессе окутывания облицовочный материал не перегревается и не деформируется. Окутывать можно облицовочными материалами любой толщины разные по геометрии профили.

Преимущества данного способа: низкая стоимость оборудования, простота в его обслуживании, а также для облицовывания применяется экологически чистый клей на водной основе, не требующий дополнительного приготовления и не имеющий запаха, как в первых двух случаях. Единственный минус – процесс облицовывания осуществляется на низких скоростях порядка до 10-12 м/мин.

На отечественном рынке широко представлено оборудование, реализующее технологию ракельного нанесения с использованием этиленвинилацетатных клеев. Преимуществом этого оборудования является простота конструкции и обслуживания и как следствие невысокая стоимость. В настоящее время в связи с введенными санкциями поставка этих клеевых материалов на территорию России приостановлена. Для того чтобы процесс производства погонажных деталей с ЗДП на основе синтетических облицовочных материалов не прекратился производители в сжатые сроки вынуждены искать альтернативную замену применяемым в этой технологии клеям.

Проведенный сравнительного анализа технических характеристик ЭВА- и ПВА-клеев позволяет сделать вывод о том, что по своим свойствам они достаточно близки. Поэтому встает вопрос о возможности замены одних клеевых материалов другими на операции облицовывания профильных погонажных деталей с ЗДП на основе синтетических облицовочных материалов. С этой целью в условиях ООО «Атомстройкомплекс-Технология» г. Екатеринбург были изготовлены опытные образцы и проведены исследования по определению адгезионных свойств, полученных ЗДП на профильных погонажных деталях.

Методы и материалы

Для изготовления образцов были использованы следующие материалы:

- древесноволокнистая плита сухого способа производства (ДВП СП) средней плотности (ГОСТ 32687-2014) [7];

- облицовочный материала на основе декоративных бумаг, пропитанная композицией синтетических смол РПЛ-П (ТУ 5456-011-00273258-95) категории А, производитель ООО «Schattdecor» (Россия, г. Чехов) [8];

- клеевые материалы: ПВА – клей Kleiberit 303.2 (страна – производитель Германия, фирма Kleiberit) [9] и ЭВА - клей Kestofol PH-R (страна – производитель Финляндия, фирма Killto) [10].

Для исследований было изготовлено 6 образцов. Первые три - с использованием ПВА-клея, а с четвертого по шестой - с использованием ЭВА - клея.

Образцы для исследований изготавливались следующим образом. Плиты ДВП СП размером 2150×1830×10 мм раскраивались на пильном центре Gabbiani P60(38) на кратные по ширине заготовки (ширина 67±1 мм). Фрезерование по продольным кромкам производилось на четырехстороннем продольно-фрезерном станке SuperSet XL (размеры сечения 65×10 мм).

Декоративный облицовочный материал нарезался в заданный размер на станке с перемоткой Div 1400 фирмы DITEK. Далее облицовывание заготовок осуществлялось на окутывающей линии WL-4000 фирмы «MasterPROFF». В процессе облицовывания первоначально с поверхности заготовок щётчным узлом удалялась пыль затем на облицовочный материал наносились ракелем клеевые материалы, с последующим прикатыванием обжимными роликами подаваемой заготовки. Режим облицовывания образцов представлен в табл. 1. Полученные погонажные детали с ЗДП поступали на технологическую выдержку (не менее 16 часов), а затем раскраивались на кратное по длине образцы (длина 25±1 мм) на круглопильном станке Altendorf WA6.

Таблица 1 – Режим облицовывания образцов

Наименование показателя	Значение
Температура клея, °С	20±2
Расход клея (опытным путем по гребенке), г/м ²	250±20
Способ нанесения клеевого материала	ракель, однослойное нанесение
Вязкость клея	согласно технической характеристике
Скорость подачи образцов, м/мин	4,4±0,1

Адгезионная прочность изготовленных образцов ЗДП проверялась согласно методике, приведенной в ГОСТ 31149-2014 (ISO 2409:2013, MOD) «Материалы лакокрасочные. Определение адгезии методом решетчатых надрезов» [11] и ТУ 5456-011-00273258-95 Материал облицовочный. Технические условия [8].

В лабораторных условиях испытания проводились в соответствии с ГОСТ 29317 при температуре (23 ± 2) °С и относительной влажности (50 ± 5) %. Перед испытанием облицованные образцы выдерживались при температуре (23 ± 2) °С и относительной влажности (50 ± 5) % не менее 16 ч.

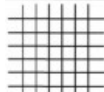
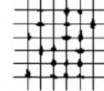

Испытания проводились не менее чем на трех участках образцов погонажных деталей с ЗДП.

В экспериментах использовалась следующая контрольно-измерительная аппаратура:

- адгезиметр РН «Градиент – Техно» ГОСТ 15140, ИСО 2409;
- лупа с 2,5 – 4-кратным увеличением;
- липкая лента марки «309 Т» фирмы 3М (адгезия к стали составляет 2,45 Н/см²);
- кисть волосяная.

Адгезию оценивали по внешнему виду поверхности надрезов исследуемого покрытия при хорошем освещении визуально (или используя лупу) по 3-бальной шкале (табл. 2.). При осмотре поверхностей надрезов пластина поворачивается таким образом, чтобы угол зрения и попадающий свет не ограничивались одним направлением. Поверхность испытываемого покрытия (облицовочной пленки) классифицировали в соответствии с данными табл. 2, путем сравнения с рисунком (при оценке результата допускалось поддевать края надреза режущим инструментом).

Таблица 2 – Оценочная шкала

Классификация в баллах	Описание	Внешний вид поверхности надрезов с отслаиванием (пример для шести параллельных надрезов)
0	Края надрезов полностью гладкие. Ни один из квадратов в решетке не отслоился	
1	Отслоение мелких чашуек покрытия на пересечении надрезов. Площадь отслоений намного превышает 5 % площади решетки	
2	Облицовка отслоилась вдоль краев и/или на пересечении надрезов. Площадь отслоений немного превышает 5 % площади решетки	

Результаты

Для достоверности полученных результатов исследований оценку адгезионных свойств образцов проводили с применением экспертной оценки. Результаты опроса 5 экспертов и средние баллы полученных результатов приведены на рисунке 1.

Эксперт 1					Эксперт 2				
Номер образца	Оценка в баллах			Средний балл	Номер образца	Оценка в баллах			Средний балл
	участок 1	участок 2	участок 3			участок 1	участок 2	участок 3	
1	0	0	0	0,00	1	0	0	1	0,33
2	1	2	0	1,00	2	1	1	0	0,67
3	0	0	1	0,33	3	0	0	1	0,33
4	2	2	0	1,33	4	2	2	1	1,67
5	2	2	0	1,33	5	2	2	0	1,33
6	0	0	0	0,00	6	0	0	0	0,00

Эксперт 3					Эксперт 4				
Номер образца	Оценка в баллах			Средний балл	Номер образца	Оценка в баллах			Средний балл
	участок 1	участок 2	участок 3			участок 1	участок 2	участок 3	
1	0	1	1	0,67	1	0	1	1	0,67
2	1	2	1	1,33	2	1	1	1	1,00
3	2	0	2	1,33	3	1	0	1	0,67
4	2	2	1	1,67	4	1	1	1	1,00
5	2	2	0	1,33	5	2	2	1	1,67
6	0	0	0	0,00	6	1	1	1	1,00

Эксперт 5				
Номер образца	Оценка в баллах			Средний балл
	участок 1	участок 2	участок 3	
1	0	1	0	0,33
2	1	2	0	1,00
3	1	2	1	1,33
4	2	2	1	1,67
5	1	2	2	1,67
6	0	1	1	0,67

Рис. 1. Результаты экспертного опроса

Результаты экспертного опроса обрабатывались методом ранговой корреляции [12]. При этом образец с наилучшими адгезионными свойствами получал ранг (оценку) 1, следующий – ранг 2 и т.д. в порядке убывания значимости (рис.2).

Эксперт	Номер образца					
	1	2	3	4	5	6
1	1	4	3	5	6	2
2	0	1	0,33	1,33	1,33	0
3	2	4	3	6	5	1
4	0,67	0,67	0,33	1,67	1,33	0
5	2	3	4	6	5	1
6	0,67	1,33	1,33	1,67	1,33	0
1	1	3	2	4	6	5
2	0,67	1	0,67	1	1,67	1
3	1	3	4	5	6	2
4	0,33	1	1,33	1,67	1,67	0,67

Рис. 2. Присвоение ранговых чисел

Далее для каждого из исследуемых образцов были определены нормированные ранги (рис.3). Предпоследняя строка в таблице на рис. 3 содержит суммы нормированных рангов для каждого исследуемого образца (u_{ij}). Поскольку образец с наилучшими адгезионными свойствами имеет меньший ранг, то образцу с наилучшими адгезионными свойствами будет соответствовать минимальная сумма нормированных рангов, т.е. все эксперты оценили этот критерий относительно небольшим числом.

Эксперт	Номер образца						T_i
	1	2	3	4	5	6	
1	1,5	4	3	5,5	5,5	1,5	12
2	2,5	4	2,5	6	5	1	6
3	2	4	4	6	4	1	24
4	1,5	4	1,5	4	6	4	30
5	1	3	4	5,5	5,5	2	6
$\sum_{i=1}^m u_{ij}$	8,5	19	15	27	26	9,5	78
Ранг	1	4	3	6	5	2	-

Рис. 3. Определение нормированных рангов

Степень согласованности мнений экспертов оценивается с помощью коэффициента конкордации Кендалла, который рассчитывается согласно:

$$W = \frac{12s}{m^2(n^3-n)-b} \tag{1}$$

где: m – количество экспертов;
 n – количество исследуемых образцов;
 s и b вычисляются следующим образом:

$$s = \sum_{j=1}^n \left\{ \sum_{i=1}^m u_{ij} - \frac{1}{2}m(n+1) \right\}^2; \tag{2}$$

$$b = m \sum_{i=1}^m T_i, \tag{3}$$

где величина T_i рассчитываются по формуле:

$$T_i = \sum (t_j^3 - t_j), \tag{4}$$

где t_i – число повторений j -го рангового числа в i -ой строке.

Результаты расчетов представлены на рисунке 4.

Определение коэффициента конкордации Кендалла	
$m=$	5
$n=$	6
$s=$	315,5
$b=$	420
$W=$	0,78

Рис. 4. Определение степени согласованности мнения экспертов

Заключение

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Так как по результатам экспертной оценки с применением метода ранговой корреляции коэффициент конкордации Кендалла получился 0,78, то мнение группы экспертов согласовано на 78%, следовательно, результаты опроса следует доверять.

2. Согласно полученным рангам адгезионные свойства образцов поганажных деталей облицованных с применением клеев на основе ПВА-дисперсии не уступают, а порой даже превышают, адгезионные свойства образцов, облицованных клеевыми материалами на основе ЭВА-дисперсии. Поэтому ЭВА клеевые системы можно ограниченно заменить ПВА клеями.

3. Скорость подачи заготовок при облицовывании погонажных деталей с применением клеевых материалов на основе ПВА-дисперсии ниже, но адгезионные свойства полученных образцов выше по сравнению с ЭВА-дисперсией.

4. В обоих случаях отрыв пленочного материала происходит не по клеевому слою (граница подложка - пленка), а идет расслоение самого облицовочного материала. Т.е. наблюдается когезионный отрыв, поскольку силы сцепления клеевого слоя выше, чем структура облицовочного материала по толщине (сечению).

Литература

1. Масагутов Э.С., Яцун И.В. Обзор способов облицовывания профильных погонажных изделий // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России // Материалы XVII Всероссийской научно-технической конференции. Екатеринбург, 2021. - С. 28-31.

2. Матюшенкова Е. Клеевые материалы для окутыwania погонажа. Часть 1 / ЛесПромИнформ, № 5 (79), 2011. – URL: <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=2364> (дата обращения 05.04.2022).

3. О подборке клея и технологии для окутыwania погонажа пленками ПВХ – URL: <http://www.tk-eurosnab.com/stati/okutyvianie-pogonazha-plenkami-pvx-140-mikron.html> (дата обращения 05.04.2022).

4. Доронин А. Облицовывание погонажных деталей / ЛесПромИнформ, № 3 (69), 2010. – URL: <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=1233> (дата обращения 05.04.2022).

5. Тарасенко М. Облицовка профилированных изделий. Часть 1 / ЛесПромИнформ, № 6 (104), 2014. – URL: <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=3829> (дата обращения 05.04.2022).

6. Тарасенко М. Облицовка профилированных изделий. Часть 2 / ЛесПромИнформ, № 7 (105), 2014. – URL: <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=3882> (дата обращения 05.04.2022).

7. ГОСТ 32687-2014 Плиты древесноволокнистые сухого способа производства, облицованные пленками на основе терморезактивных полимеров. Технические условия. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200110851> (дата обращения 05.04.2022).

8. ТУ 5456-011-00273258-95 Материал облицовочный. Технические условия. М.: АООТ «ВПКТИМ», 2000 – 24 с.

9. Клейберит 303.2. – URL: <https://www.tbmarket.ru/content/product/documents> (дата обращения 05.04.2022).

10. Дисперсионные клеи для бумаги и картона Kestofol PH-R. – URL: <https://www.kiilto.ru/product/kestofol-ph-r> (дата обращения 05.04.2022).

11. ГОСТ 31149-2014 (ISO 2409:2013, MOD) Материалы лакокрасочные. Определение адгезии методом решетчатых надрезов. М.: Стандартиформ, 2014. 12 с.

12. Яцун И.В. Основы управления качеством продукции лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств. Учебно-методическое пособие к выполнению практических работ для обучающихся по направлению 35.03.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств» профиль «Технология деревообработки». Екатеринбург: УГЛТУ, 2017. 60 с.

© Яцун И.В. – д-р техн. наук, профессор кафедры управления в технических системах и инновационных технологий ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет» (ФГБОУ ВО «УГЛТУ»), e-mail: iryatsun@mail.ru; Масагутов Э.С. – заместитель директора по деревообработке ООО «Атомстройкомплекс-Технология», e-mail: masagutov@atomsk.ru; Мамаев А.Л. – главный технолог ООО «Атомстройкомплекс – Технология», e-mail: pctb@atomsk.ru; Газеев М.В. – д-р техн. наук, доцент, заведующий кафедрой механической обработки древесины и производственной безопасности ФГБОУ ВО «УГЛТУ», e-mail: gazeev_m@list.ru.

UDC 674.07

INVESTIGATION OF ADHESIVE STRENGTH OF LINED PROFILE PARTS WHEN USING DIFFERENT ADHESIVE SYSTEMS

I.V. Yatsun, E.S. Masagutov, A.L. Mamaev, M.V. Gazeev

Profile mouldings with high-quality cladding are widely used in construction, in the manufacture of windows and in the manufacture of furniture parts. The existing technologies for lining such parts differ from each other in the ways of applying glue, glue-bearing nodes and the type of adhesive material used.

Equipment implementing the technology of squeegee application using ethylene vinyl acetate adhesives is widely represented on the domestic market. Due to the sanctions imposed, the supply of these adhesive materials to the territory of Russia has been suspended. Manufacturers in a short time are forced to look for an alternative replacement for it. For this purpose, in the conditions of Atomstroykompleks-Technologiya LLC, Yekaterinburg, prototypes were manufactured and studies were conducted to determine their adhesive properties by the method of mesh incisions. The tests have shown that EVA adhesive systems can be limited to PVA adhesives.

Key words: adhesive strength of lined mouldings, lined profile mouldings, technologies of facing mouldings, determination of adhesion of lined profile mouldings by the method of lattice incisions.

References

1. Masagutov E.S., Yatsun I.V. [Review of methods of facing profile mouldings] Scientific creativity of youth – to the forest complex of Russia. Materials of the XVII All-Russian Scientific and Technical Conference [Nauchnoe tvorchestvo molodezhi – lesnomu kompleksu Rossii. Materialy XVII Vserossijskoj nauchno-tehnicheskoy konferencii]. Yekaterinburg, 2021. - pp. 28-31 (InRuss.);
2. Matyushenkova E. [Adhesive materials for wrapping mouldings. Part 1] Lesprominform [LesPromInform] in 2011. № 5 (79) – URL: <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=2364> (date of application 05.04.2022). (InRuss.);
3. [About the selection of glue and technology for wrapping the mouldings with PVC films] – URL: <http://www.tk-eurosnaab.com/stati/okutyivanie-pogonazha-plenkami-pvx-140-mikron.html> (date of application 05.04.2022). (InRuss.);
4. Doronin A. [Facing of mouldings] Lesprominform [LesPromInform] in 2010. № 3 (69) – URL: <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=1233> (date of application 05.04.2022). (InRuss.);
5. Tarasenko M. [Facing of profiled products. Part 1] Lesprominform [LesPromInform] in 2014. № 6 (104) – URL: <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=3829> (date of application 05.04.2022). (InRuss.);
6. Tarasenko M. [Facing of profiled products. Part 2] Lesprominform [LesPromInform] in 2014. № 7 (105) – URL: <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=3882> (date of application 05.04.2022). (InRuss.);
7. [GOST 32687-2014 Wood-fiber plates of the dry production method, lined with films based on thermosetting polymers. Technical conditions] – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200110851> (date of application 05.04.2022). (InRuss.);
8. [TU 5456-011-00273258-95 Facing material. Technical conditions] AOOT «VPKTIM» [AOOT «VPKTIM»] Moscow, 2000. 24 P. (InRuss.);
9. [Kleiberite 303.2.] - URL: <https://www.tbmarket.ru/content/product/documents> (date of application 05.04.2022). (InRuss.);
10. [Dispersion adhesives for paper and cardboard Kestofol PH-R] - URL: <https://www.kiilto.ru/product/kestofol-ph-r> (date of application 05.04.2022). (InRuss.);
11. [GOST 31149-2014 (ISO 2409:2013, MOD) Paint and varnish materials. Determination of adhesion by the method of lattice incisions] Standartinform [Standartinform] Moscow, 2014. – 12 P. (InRuss.);
12. Yatsun I.V. [Fundamentals of product quality management of logging and wood processing industries. Educational and methodical manual for the implementation of practical work for students in the direction of 35.03.02 «Technology of logging and wood processing industries» profile «Woodworking technology»] Yekaterinburg: USFEU [Ekaterinburg: UGLTU] 2017. 60 P. (InRus.).

©**Yatsun I.V.** – Grand PhD in Engineering sciences, Professor of the Department of Management in Technical Systems and Innovative Technologies of the Ural State Forestry Engineering University (USFEU), e-mail: iryatsun@mail.ru; **Masagutov E.S.** – Deputy Director for Woodworking of Atomstroykompleks-Technologiya LLC, e-mail: masagutov@atomsk.ru; **Mamaev A.L.** – Chief Technologist of Atomstroykompleks – Technologiya LLC", e-mail: pctb@atomsk.ru; **Gazeev M.V.** – Grand PhD in Engineering sciences Associate Professor, Head of the Department of Mechanical Woodworking and Industrial Safety, USFEU, e-mail: gazeev_m@list.ru.